

**Guía técnica
Verificaciones, inspecciones y
mantenimiento de instalaciones
de alumbrado público**



FEMPA
FEDERACIÓN DE EMBESARIOS DEL
METAL DE LA PROVINCIA DE ALICANTE



CENTRO PARA EL FOMENTO
DEL EMPLEO Y EL DESARROLLO
TECNOLÓGICO DEL SECTOR METAL



GENERALITAT VALENCIANA

CONSELLERIA DE ECONOMÍA, INDUSTRIA Y COMERCIO

Guía técnica

Verificaciones, inspecciones y mantenimiento de instalaciones de alumbrado público

Edita

Federación de Empresarios del Metal de la Provincia de Alicante – **FEMPA**
C/ Benjofar, 4-6. Pol. Ind. Agua Amarga. 03008 Alicante

ISBN /

Autores

Sergio Valero Verdú

Rafael Muñoz Gómez

Juan Carlos Brotons Sanchez

Proyecto cofinanciado por la Conselleria de Economía, Industria y Comercio de la Generalitat Valenciana, en el marco de las ayudas para el desarrollo de acciones de promoción de actividades destinadas a la mejora de la seguridad industrial.

**Guía técnica
Verificaciones, inspecciones y
mantenimiento de instalaciones
de alumbrado público.**

Continuando con las guías técnicas editadas por FEMPA, esta publicación pretende informar sobre los preceptos de seguridad industrial, legislación y aspectos técnicos que giran en torno a las instalaciones de alumbrado público.

Las características propias de estas instalaciones, que iluminan las vías de circulación o espacios comprendidos entre edificaciones, hacen necesario un mayor cuidado en su mantenimiento y en la propia instalación del alumbrado, debido a que están sometidas a una gran diversidad de variables con relación directa a la seguridad o al correcto funcionamiento de las mismas.

Los condicionantes atmosféricos, la interrelación con las personas o el desconocimiento por parte de los titulares de la propiedad del alumbrado público de sus obligaciones, ha llevado a FEMPA a recoger en la presente publicación la vasta información sobre verificaciones, inspecciones y mantenimiento de instalaciones de alumbrado público, que se desprende de los dos importantes reglamentos, el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión, y el Reglamento de Eficiencia Energética en Instalaciones de Alumbrado Exterior, que regulan estas instalaciones.

Esta guía está dirigida a las empresas instaladoras y mantenedoras, para que puedan proporcionarles a sus técnicos un manual de cómo deben realizar mantenimientos e instalaciones de alumbrado público, y al usuario final, titular y propietario de ese alumbrado público para que conozcan el alcance de sus responsabilidades, fomentando la seguridad de estas instalaciones y contribuyendo al ahorro energético mediante la correcta utilización y conservación de las mismas.

Luis Rodríguez González
Secretario General de FEMPA

1. ALUMBRADO PÚBLICO. CONCEPTOS GENERALES, ESPECIFICACIONES TÉCNICAS Y COMPONENTES DE LA INSTALACIÓN.

1.1 Conceptos generales.

- 1.1.1 Grados de protección IP/IK.
- 1.1.2 Clasificación de receptores.
- 1.1.3 Sistema de conexión TT.
- 1.1.4 Contactos directos e indirectos.
- 1.1.5 Ejemplo de cálculo de caída de tensión.

1.2 ICT-BT-09 Instalaciones de alumbrado exterior.

- 1.2.1 Campo de aplicación.
- 1.2.2 Acometidas desde redes C. Distribuidora.
- 1.2.3 Dimensionamiento de instalaciones.
- 1.2.4 Cuadros de protección, medida y control.
- 1.2.5 Redes de alimentación.
- 1.2.6 Soporte de luminarias
- 1.2.7 Luminarias.
- 1.2.8 Equipos eléctricos de los puntos de luz.
- 1.2.9 Protección contactos directos e indirectos.
- 1.2.10 Puesta a tierra.

1.3 Componentes de la instalación.

- 1.3.1 Lámparas.
- 1.3.2 Sistemas de control, encendido y apagado.
- 1.3.3 Luminarias.
- 1.3.4 Sistemas de regulación del nivel luminoso.
- 1.3.5 Equipos auxiliares.
- 1.3.6 Soportes.

2. CONSERVACIÓN DE LAS INSTALACIONES DE ALUMBRADO PÚBLICO.

2.1 Objeto.

2.2 Introducción.

2.3 Planteamiento del problema.

2.4 Mantenimiento y normativa de apoyo a la empresa instaladora.

2.5 Verificaciones.

2.6 Medidas a efectuar en las instalaciones de alumbrado público.

- 2.6.1 Medida de continuidad de los conductores de protección.
- 2.6.2 Medida de la resistencia de puesta a tierra.
- 2.6.3 Medida de la resistividad del terreno.
- 2.6.4 Medida de la resistencia de aislamiento de los conductores.
- 2.6.5 Medida de las corrientes de fuga.
- 2.6.6 Comprobación de la intensidad de disparo de los diferenciales.
- 2.6.7 Medida de la impedancia de bucle.

3. VERIFICACIONES, INSPECCIONES Y MANTENIMIENTO DE ACUERDO AL REGLAMENTO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN INSTALACIONES DE ALUMBRADO EXTERIOR.

3.1 Introducción.

3.2. Índice de consumo energético (ICE).

- 3.2.1. Definiciones.
- 3.2.2. Calificación energética de las instalaciones de alumbrado.
- 3.2.3. Datos a completar en la memoria técnica de diseño.
- 3.2.4. Ejemplo de cálculo del ICE de la instalación de alumbrado de un vial funcional.
- 3.2.5. Ejemplo de cálculo del ICE de la instalación de alumbrado de un vial ambiental.

3.3. Documentación técnica, verificaciones e inspecciones.

- 3.3.1. Documentación técnica.
- 3.3.2. Verificación e inspección de las instalaciones.
- 3.3.3. Equipos de medición.

3.4. Mantenimiento de la eficiencia energética de las instalaciones.

- 3.4.1. Factor de mantenimiento.
- 3.4.2. Operaciones de mantenimiento y su registro.

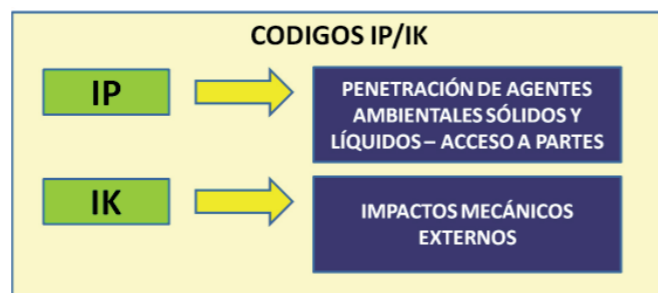
4. CONTRATACIÓN DEL SUMINISTRO ELÉCTRICO ALUMBRADO PÚBLICO: DISCRIMINACIONES HORARIAS.

1.1 Conceptos generales

Para el adecuado seguimiento de esta guía y comprensión de su contenido es necesario conocer previamente una serie de conceptos generales que se detallan a continuación.

1.1.1 Grados de protección IP/IK

El grado de protección que las envolventes de los equipos eléctricos presentan contra la penetración de agentes ambientales sólidos y líquidos y contra los impactos mecánicos externos evitando deterioros que puedan afectar a la seguridad de los usuarios o al funcionamiento y vida útil del aparato, queda definido con la utilización de los códigos IP e IK.



Las Normas Técnicas (UNE - EN) existentes definen el grado de protección de las envolventes estimando los siguientes conceptos:

- ▶ Protección contra penetración de una parte del cuerpo humano o de un objeto cogido por una persona.
- ▶ Protección contra la penetración de objetos sólidos extraños.
- ▶ Protección contra la penetración de agua.
- ▶ Protección contra los impactos mecánicos.

Para cada uno de estos conceptos se establecen unos índices de protección en función del nivel de estanqueidad y robustez que proporcione la envolvente.

Normas aplicables :

- ▶ Código IP: UNE 20324 (equivalente a la norma europea EN 60529).
- ▶ Código IK: UNE-EN 50102.

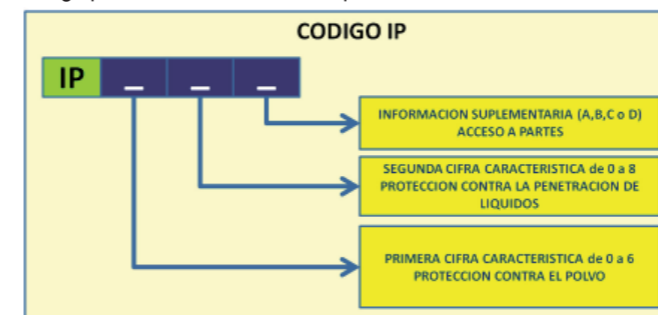
Además de en las citadas normas, en el Anexo I de la "GUÍA TÉCNICA VERIFICACIONES, INSPECCIONES Y MANTENIMIENTO DE INSTALACIONES DE ALUMBRADO PÚBLICO." se encuentra una descripción detallada de los mismos

Código IP

Indica los grados de protección proporcionados por la envolvente contra:

- ▶ Acceso a las partes peligrosas.
- ▶ Penetración de cuerpos sólidos extraños.
- ▶ Penetración de agua.

El código IP está formado por dos números de una cifra cada uno, situados inmediatamente después de las letras "IP" y que son independientes uno del otro. Es posible utilizar opcionalmente letras al final del código para añadir información suplementaria.



Primera cifra característica

La primera "cifra característica" indica la protección contra el polvo y contra la penetración de cuerpos sólidos extraños.

Posibles valores desde 0 (cero) hasta 6 (seis).

Valores altos indican que el tamaño del cuerpo sólido que la envolvente

permite penetrar es menor, por lo que a mayor valor mayor es la protección.

Cifra	Grado de protección	
	Descripción abreviada	Indicación breve sobre los objetos que no deben penetrar en la envolvente
0	No protegida	Sin protección particular
1	Protegida contra los cuerpos sólidos de más de 50 mm	Cuerpos sólidos con un diámetro superior a 50 mm.
2	Protegida contra los cuerpos sólidos de más de 12 mm.	Cuerpos sólidos con un diámetro superior a 12 mm.
3	Protegida contra cuerpos sólidos de más de 2,5 mm.	Cuerpos sólidos con un diámetro superior a 2,5 mm.
4	Protegida contra cuerpos sólidos de más de 1 mm.	Cuerpos sólidos con un diámetro superior a 1 mm.
5	Protegida contra la penetración de polvo	No se impide totalmente la entrada de polvo, pero sin que el polvo entre en cantidad suficiente que llegue a perjudicar el funcionamiento satisfactorio del equipo.
6	Totalmente estanco al polvo	Ninguna entrada de polvo.

Tabla 1. Grados de protección indicados por la primera cifra característica

Segunda cifra característica

La "segunda cifra característica" valora la protección de la envolvente contra la penetración de agua.

Posibles valores desde 0 (cero) hasta 8 (ocho).

Valores altos indican que la envolvente protege contra mayor cantidad de agua y que además se proyecta en más direcciones. Por ejemplo la cifra 1 indica que la protección es frente a caída de gotas en vertical y la cifra 4 indica que la protección es frente a proyecciones de agua en todas direcciones.

Cifra	Grado de protección	
	Descripción abreviada	Indicación breve sobre los objetos que no deben penetrar en la envolvente
0	No protegida	Sin protección particular
1	Protegida contra los cuerpos sólidos de más de 50 mm	Cuerpos sólidos con un diámetro superior a 50 mm.
2	Protegida contra los cuerpos sólidos de más de 12 mm.	Cuerpos sólidos con un diámetro superior a 12 mm.
3	Protegida contra cuerpos sólidos de más de 2,5 mm.	Cuerpos sólidos con un diámetro superior a 2,5 mm.
4	Protegida contra cuerpos sólidos de más de 1 mm.	Cuerpos sólidos con un diámetro superior a 1 mm.
5	Protegida contra la penetración de polvo	No se impide totalmente la entrada de polvo, pero sin que el polvo entre en cantidad suficiente que llegue a perjudicar el funcionamiento satisfactorio del equipo.
6	Totalmente estanco al polvo	Ninguna entrada de polvo.
7	Protegida contra los efectos de la inmersión	Quando se sumerge la envolvente en agua en unas condiciones de presión y con una duración determinada, no deberá ser posible la penetración de agua en el interior de la envolvente en cantidades perjudiciales
8	Protegida contra la inmersión prolongada	El equipo es adecuado para la inmersión prolongada en agua bajo las condiciones especificadas por el fabricante NOTA – Esto significa normalmente que el equipo es rigurosamente estanco. No obstante para ciertos tipos de equipos, esto puede significar que el agua pueda penetrar pero solo de manera que no produzca efectos perjudiciales

Los procedimientos especializados de limpieza no están cubiertos por los grados de protección IP. Se recomienda que los fabricantes suministren, si es necesario, una adecuada información en lo referente a los procedimientos de limpieza. Esto esta de acuerdo con las recomendaciones contenidas en la CEI 60529 para los procedimientos de limpieza especiales.

Tabla 2. Grados de protección indicados por la segunda cifra característica

Información suplementaria

La información proporcionada por la primera y segunda cifra característica puede, opcionalmente, completarse con el grado de protección de las personas contra el acceso a partes peligrosas. Esta información se estructura con letras adicionales (A, B, C o D) que indican el impedimento de la accesibilidad de determinados objetos o partes del cuerpo a las partes peligrosas en el interior de la envolvente.

Letra	La envolvente impide la accesibilidad a partes peligrosas con:
A	Una gran superficie del cuerpo humano tal como la mano (pero no impide una penetración deliberada). <i>Prueba con: Esfera de 50 mm.</i>
B	Los dedos u objetos análogos que no excedan en una longitud de 80 mm. <i>Prueba con: Dedo de $\phi 12$ mm y L= 80 mm</i>
C	Herramientas, alambres, etc., con diámetro o espesor superior a 2,5 mm. <i>Prueba con: Varilla de $\phi 2,5$ mm y L= 100 mm</i>
D	Alambres o cintas con un espesor superior a 1 mm. <i>Prueba con: Varilla de $\phi 1$ mm y L= 100 mm</i>

Tabla 3. Descripción de la protección proporcionada por las letras adicionales.

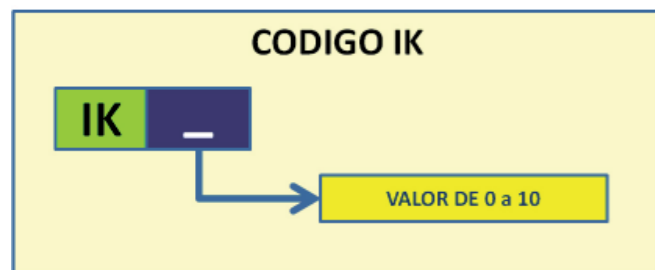
Código IK

Indica el grado de protección proporcionado por la envolvente contra impactos mecánicos.

El código IK se designa con un número graduado de cero (0) hasta diez (10).

Mayor valor indica protección frente a impactos de mayor energía.

Este número siempre se muestra formado por dos cifras. Por ejemplo, el grado de protección IK 05, significa que es el número 5.



En la tabla siguiente se indican los diferentes grados de protección IK con la energía del impacto asociada a cada uno además de reseñar la equivalencia en peso y altura de caída de la pieza de golpeo asociada a la energía del impacto.

Por ejemplo, un grado de protección IK 07 es aquel en el que la envolvente soportaría un impacto de una pieza de poliamida o de acero redondeada, de peso 500 g y que cayera desde una altura de 400 mm, impacto con una energía equivalente de 2 Julios.

Grado IK	IK 00	IK 01	IK02	IK03	IK04	IK05	IK06	IK07	IK08	IK09	IK10
Energía (J)	--	0,15	0,2	0,35	0,5	0,7	1	2	5	10	20
Masa y altura de la pieza de golpeo	--	0,2 kg 70 mm	0,2 kg 100 mm	0,2 kg 175 mm	0,2 kg 250 mm	0,2 kg 350 mm	0,5 kg 200 mm	0,5 kg 400 mm	1,7 kg 295 mm	5 kg 200 mm	5 kg 400 mm

Tabla 4. Grados de Protección IK.

1.1.2 Clasificación de receptores

En la ITC-BT-43 del Reglamento Electrotécnico Para Baja Tensión se establece la clasificación de los receptores en lo relativo a la protección contra los choques eléctricos.

Esta clasificación en "Clases" se realiza atendiendo a sus características de aislamiento y medios de puesta a tierra indicando además las precauciones de seguridad para cada una de las clases.

	Características principales de los aparatos	Precauciones de seguridad
Clase 0	Sin medios de protección por puesta a tierra (la protección se basa solamente en el aislamiento funcional).	Se necesita un entorno aislado de tierra
Clase I	Previstos medios de conexión a tierra (mediante un conductor de protección).	Conectar a la toma de tierra de protección
Clase II	Aislamiento de protección suplementario pero sin medios de protección por puesta a tierra.	No es necesaria ninguna otra protección
Clase III	Previstos para ser alimentados con muy bajas tensiones de seguridad (MBTS).	Conexión a muy baja tensión de seguridad

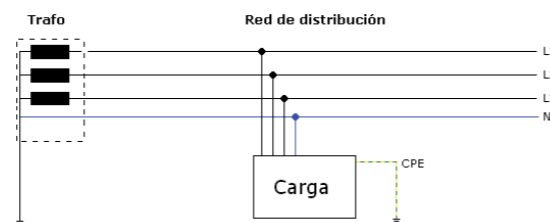
Esta clasificación no implica que se pueda utilizar cualquiera de dichos tipos de receptor. Las condiciones de seguridad pueden imponer restricciones al uso de alguna de estas clases.

Tabla 5. Clasificación de los receptores según su protección contra contactos eléctricos.

1.1.3 Sistema de conexión TT

Según se indica en apartado 1.4 de la ITC-BT-08 del Reglamento Electrotécnico Para Baja Tensión el esquema de distribución obligatorio para instalaciones receptoras alimentadas directamente desde una red de distribución pública en baja tensión es el esquema "TT".

En este esquema el neutro de la alimentación está conectado directamente a tierra en el centro de transformación y las masas de la instalación receptora están conectadas a una toma de tierra separada de la toma de tierra de la alimentación a través de un conductor de protección (CPE).



En este esquema de distribución la protección frente a defectos a masa se garantiza con la utilización de dispositivos de corriente diferencial.

En el caso de un defecto a masa el dispositivo de corriente diferencial detecta la diferencia de corriente entre los conductores fase y neutro provocada al establecerse una corriente a través del terreno y desconecta la carga del circuito, así mismo la tensión de defecto queda limitada por la toma de tierra del receptor a un valor igual a la resistencia de la puesta a tierra por la intensidad de defecto.

1.1.4 Contactos directos e indirectos

El Reglamento Electrotécnico Para Baja Tensión en su ITC-BT-01 define los conceptos de "Contacto Directo" y "Contacto Indirecto".

CONTACTO DIRECTO.

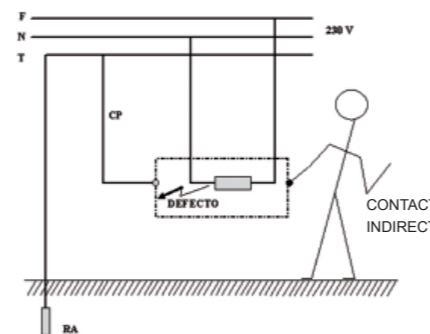
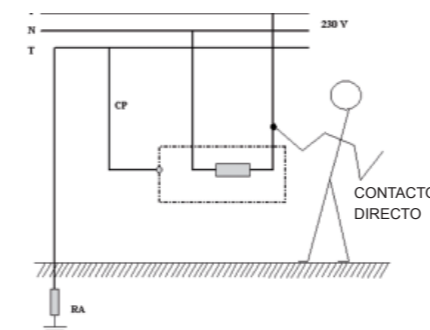
Contacto de personas o animales con partes activas de los materiales y equipos.

CONTACTO INDIRECTO.

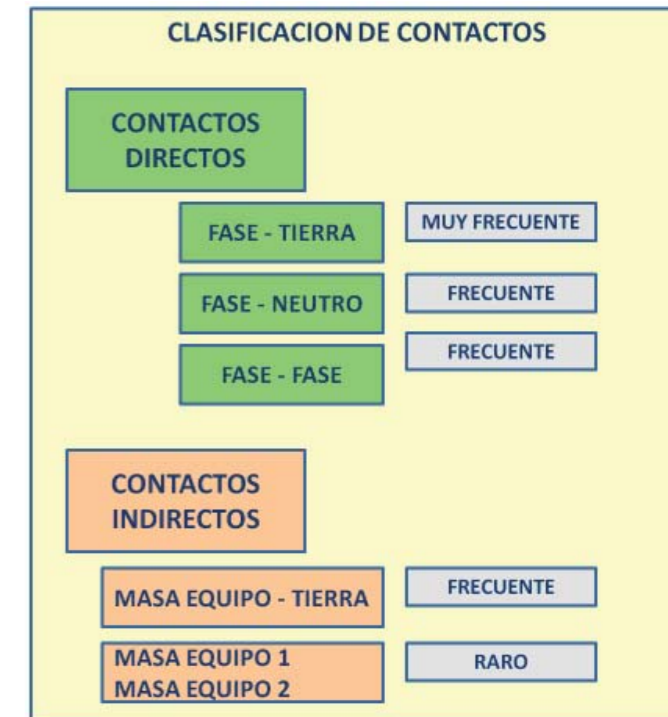
Contacto de personas o animales domésticos con partes que se han puesto bajo tensión como resultado de un fallo de aislamiento.

El contacto directo es generalmente consecuencia de descuidos, negligencias y/o no observar las necesarias medidas de seguridad.

En cambio los contactos indirectos van asociados a defectos en el aislamiento de partes puestas en tensión.



Los contactos directos/indirectos pueden clasificarse dependiendo de cuales sean los dos elementos a distinto potencial que se pongan en contacto con la persona.



1.1.5 Ejemplo de cálculo de la caída de tensión de una línea monofásica que alimenta a una lámpara de descarga

Características de la línea:

- ▶ Línea eléctrica monofásica de 80 metros de longitud que alimenta a un punto de luz con una lámpara de descarga de 1000 w.
- ▶ Formada por cables unipolares con conductor de cobre y aislamiento de polietileno reticulado (XLPE) y tensión asignada de 0,6/1kV.
- ▶ Los cables irán enterrados y entubados.
- ▶ La máxima caída de tensión permitida es un 3% de acuerdo a la ITC-BT-09.
- ▶ Las condiciones de la instalación para el cálculo son:
 - Temperatura ambiente del terreno: 25 °C.
 - Conductividad térmica del terreno 1K·m/W.
 - Un sólo circuito de cables unipolares en contacto, bajo tubo.

- ▶ El factor de potencia considerado para la instalación es de 0,9.

La fórmula de la caída de tensión para una línea monofásica de corriente alterna donde solo se tiene en cuenta el factor resistivo para su cálculo es la siguiente:

$$\Delta V = \frac{2 \cdot I \cdot P \cdot \rho}{S \cdot V_a} = (\text{voltios})$$

Siendo:

- ▶ ΔV = caída de tensión en voltios al final de línea, en el receptor.
- ▶ I = longitud en metros de la línea, desde el origen hasta el receptor.
- ▶ P = potencia del receptor (mayorada según el caso para cada tipo de instalación y receptor de acuerdo al REBT).
- ▶ S = sección en mm² del conductor.
- ▶ V_a = tensión de alimentación.
- ▶ ρ = resistividad del cobre.

La máxima caída de tensión permitida de acuerdo a la ITC-BT-09 será del 3%, es decir $(230 \cdot 3) / 100 = 6,9$ voltios.

Para calcular la corriente que pasa por la línea despejamos la misma de la ecuación:

$$P = V \cdot I \cdot \cos\theta \rightarrow I = \frac{P}{V \cdot \cos\theta} = (\text{Amperios})$$

El valor de la corriente será por tanto: $I = (1000 \cdot 1,8) / (230 \cdot 0,9) = 8,69$ A, considerando la potencia "P" como 1000 w por el factor de mayoración 1,8 de la ITC-BT-09.

La temperatura que alcanzará el cable debido al paso de esta corriente vendrá definido por la siguiente fórmula:

$$T = T_0 + (T_{max} - T_0) \cdot \left(\frac{I}{I_{max}} \right)^2$$

Siendo:

- ▶ T = temperatura real estimada en el conductor
- ▶ T_0 = temperatura ambiente del conductor.
- ▶ T_{max} = temperatura máxima admisible para el conductor según su tipo de aislamiento.
- ▶ I = intensidad prevista para el conductor.
- ▶ I_{max} = intensidad máxima admisible para el conductor según el tipo de instalación.

Para una línea con conductor de cobre de sección 6 mm² con aislamiento de XLPE la I_{max} de acuerdo a la Tabla A de la ITC-BT-09 es $58 \times 1,225 = 71,05$ A.

La intensidad prevista (I) que pasa por la línea es 8,69 A, siendo T_{max} del cable para el tipo de aislamiento es 90° C, siendo T_0 ambiente es igual a 25°, correspondiente a la temperatura del terreno de acuerdo al enunciado.

Sustituyendo en la fórmula se obtiene una temperatura real estimada del conductor de 26°C.

Por tanto, la resistividad del cobre a 26°C vendrá determinada por:

$$\rho_\theta = \rho_{20} [1 + \alpha (\theta - 20)]$$

Siendo:

- ▶ α = coeficiente de variación de resistencia específica por temperatura del conductor en °C⁻¹, en nuestro caso es 0,00392 por ser el conductor de cobre.
- ▶ ρ_θ = resistividad del conductor a la temperatura θ , en nuestro caso $\theta = 26^\circ$ C.
- ▶ ρ_{20} = resistividad del conductor a 20°C, cuyo valor es 0,018 (ohm x mm² /m).

Sustituyendo en la ecuación obtenemos un valor de $\rho_\theta = 0,0184$ (ohm x mm² /m).

Por último sustituimos en la expresión inicial de la caída de tensión este valor, junto con la longitud, la potencia, la sección considerada en este ejemplo (6 mm²) y el valor de la tensión a principio de línea.

$$\Delta V = \frac{2 \cdot I \cdot P \cdot \rho}{S \cdot V_a} = (\text{voltios})$$

$$\Delta V = \frac{2 \cdot 80 \cdot 1800 \cdot 0,0184}{6 \cdot 230} = 3,84 \text{ v} < 6,9 \text{ v (de c. d. t. máxima)}$$

Cumple.

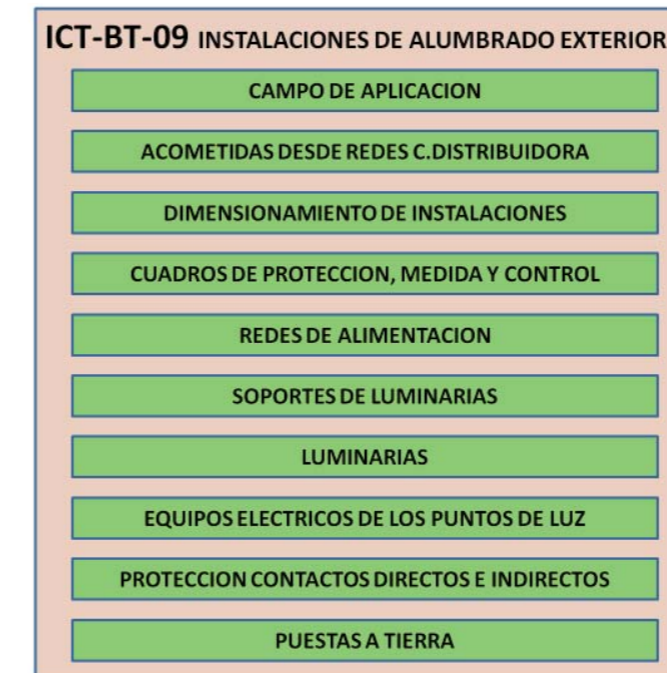
1.2 ICT-BT-09 Instalaciones de alumbrado exterior

El Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión (REBT) en su artículo 9 define las instalaciones de alumbrado exterior como:

"...las que tienen por finalidad la iluminación de las vías de circulación o comunicación y las de los espacios comprendidos entre edificaciones que, por sus características o seguridad general, deben permanecer iluminados, en forma permanente o circunstancial, sean o no de dominio público."

Debido a la situación general de intemperie de estas instalaciones así como el que parte de ellas sean fácilmente accesibles, hace que sus características técnicas eléctricas queden definidas en una Instrucción Técnica Complementaria específica (ICT-BT-09) del citado Reglamento.

El presente apartado pretende dar una visión general de la ICT-BT-09



1.2.1 Campo de aplicación

Instalaciones de alumbrado exterior destinadas a alumbrar zonas de dominio público o privado como son:

- ▶ Autopistas.
- ▶ Carreteras.
- ▶ Calles, Plazas, Jardines.
- ▶ Pasos Elevados/subterráneos.

También se incluyen las instalaciones de alumbrado para:

- ▶ Cabinas Telefónicas.
- ▶ Anuncios Publicitarios.
- ▶ Mobiliario Urbano (*).

(*): Los soportes de alumbrado público (columnas, báculos y brazos) no se consideran mobiliario urbano, sino parte integrante de la instalación de alumbrado exterior.

Exclusiones:

- ▶ Fuentes.
- ▶ Piscinas.
- ▶ Semáforos y Balizas completamente autónomos.

1.2.2 Acometidas desde las redes de distribución de la compañía suministradora

Debe de realizarse de acuerdo con las prescripciones particulares establecidas por la Compañía Distribuidora de la zona.

Podrán ser :

- ▶ Aéreas.
- ▶ Subterráneas.
- ▶ Mixtas.

Siempre con cables o conductores aislados.

No se permiten acometidas con cables desnudos

La acometida finalizará en la Caja General de Protección (CGP), a partir de la cual se colocará el equipo de medida correspondiente.

1.2.3 Dimensionamiento de las instalaciones



Carga de las líneas de alimentación

Las líneas de alimentación a los distintos puntos de luz se han de dimensionar teniendo en cuenta la carga debida a:

- ▶ Receptores.
- ▶ Elementos Asociados.
- ▶ Corrientes armónicas, de arranque y de desequilibrio de fases.

Cuando no se conozca la carga de todos estos elementos, se considerará **1,8 veces la potencia nominal** de las lámparas o tubos de descarga para el cálculo de la carga en la línea de alimentación.

Factor de potencia

El factor de potencia de cada punto de luz, deberá corregirse hasta un valor mayor o igual a 0,90.

Caída de Tensión

La máxima caída de tensión entre el origen de la instalación y cualquier otro punto de la instalación, será menor o igual que 3%.

Se define como origen de la instalación de alumbrado exterior el cuadro de protección, medida y control.

En el caso de instalaciones de alumbrado con un gran número de puntos de luz, se recomienda que para el cálculo de la caída de tensión se considere también la originada en la acometida.

Varios niveles de iluminación

En las instalaciones de alumbrado público, en general y siempre que sea posible, se proyectarán con dispositivos o sistemas para regular el nivel luminoso.



Se desaconseja el apagado alternativo ya que este sistema da lugar a cambios alternativos de zonas de contraste positivo con zonas de contraste negativo, lo que provoca fatiga visual y pone en riesgo la seguridad.

1.2.4 Cuadros de protección, medida y control

Las líneas de alimentación a los puntos de luz y de control, cuando existan, partirán desde un cuadro de protección y control.

Características de la protección de las líneas de alimentación y del cuadro correspondiente:

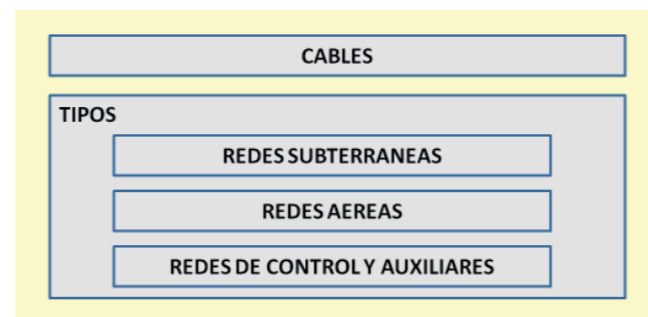
- ▶ Protección individual con corte omnipolar contra corrientes de defecto a tierra (y contra sobretensiones cuando los equipos instalados lo precisen).
- ▶ Protección diferencial con el siguiente umbral de desconexión:
 - 300mA si Resistencia de Puesta a Tierra inferior o igual a 30Ω.
 - 500mA si Resistencia de Puesta a Tierra inferior o igual a 5Ω.
 - 1A si Resistencia de Puesta a Tierra inferior o igual a 1Ω.
- ▶ Existirá un control manual del accionamiento del sistema en el caso de utilizar interruptores horarios o crepusculares.

Grado mínimo de protección de la envolvente: IP55 e IK10.

- ▶ Cuadro con sistema de cierre y puerta situada a una altura entre 2m y 0,3m.

Las partes metálicas del cuadro irán conectadas a tierra.

1.2.5 Redes de alimentación



Cables

Características básicas:

- ▶ Multipolares o unipolares de cobre o aluminio.
- ▶ Tensión asignada 0,6/1Kv.
- ▶ Cables o conductores aislados. No se permiten las redes aéreas con conductores desnudos.
- ▶ Se recomienda limitar la sección máxima a 25 mm² al objeto de poder manipular adecuadamente los conductores.
- ▶ El conductor neutro de cada circuito no podrá ser usado por ningún otro circuito.

Tipos

Redes Subterráneas

Características básicas:

- ▶ Sistemas y materiales análogos a las redes subterráneas de distribución (ICT-BT-07).

- ▶ Tubos enterrados a una profundidad mínima de 0,4m y diámetro interior no inferior a 60mm.
- ▶ Sección mínima en los conductores (incluido el neutro) de 6mm².
- ▶ Para secciones de fase superiores se estará en lo dispuesto en la ICT-BT-07 para la sección del neutro.
- ▶ Empalmes y derivaciones: En cajas de bornes a una altura mínima de 0,3 m sobre suelo o en arqueta registrable.

Intensidad máxima admisible, en amperios, para cables con conductores de cobre en instalación enterrada entubada (servicio permanente).

SECCIÓN NOMINAL mm ²	Tema de cables unipolares (1) (2)		1 cable tripolar o tetrapolar (3)	
	XLPE	PVC	XLPE	PVC
6	58	50	53	45
10	77	68	70	60
16	100	88	92	78
25	128	112	120	100
35	152	136	144	120

temperatura ambiente del terreno: 25 °C, conductividad térmica del terreno 1K·m/W, un sólo circuito de cables unipolares en contacto, bajo tubo

(1) incluye el conductor neutro.
 (2) para el caso de dos cables unipolares, la intensidad máxima admisible será la correspondiente a la columna de la tema de cables unipolares de la misma sección y aislamiento, multiplicada por 1,225
 (3) para el caso de un cable bipolar, la intensidad máxima admisible será la correspondiente a la columna del cable tripolar o tetrapolar de la misma sección y aislamiento, multiplicada por 1,225

Tabla 6. Intensidad máxima admisible, en amperios, para cables con conductores de cobre en instalación enterrada entubada (servicio permanente).

Redes Aéreas

Características básicas:

- ▶ Sistemas y materiales análogos a las redes subterráneas de distribución (ICT-BT-06).
- ▶ Cables posados en fachadas o tensados sobre apoyos.
- ▶ Sección mínima en los conductores (incluido el neutro) de 4mm².
- ▶ En distribuciones trifásicas tetrapolares con conductores de fase de sección superior a 10 mm², la sección del neutro será como mínimo la mitad de la sección de fase.

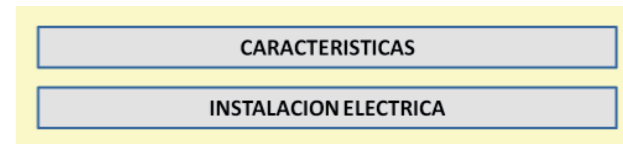
Número de conductores por sección mm ²	Intensidad máxima en A	
	Posada sobre fachada	Tendida con fiador de acero
2 x 4 Cu	45	50
4 x 4 Cu	37	41
2 x 6 Cu	57	63
4 x 6 Cu	47	52
2 x 10 Cu	77	85
4 x 10 Cu	65	72
4 x 16 Cu	86	95

Tabla 7. Intensidad máxima admisible en amperios a temperatura ambiente de 40°C.

Redes de Control y Auxiliares

Se emplearán sistemas y materiales similares a los indicados para los circuitos de alimentación, la sección mínima de los conductores será 2,5 mm².

1.2.6 Soportes de luminarias



Características

Se dimensionarán de forma que resistan las solicitaciones mecánicas, particularmente teniendo en cuenta la **acción del viento, con un coeficiente de seguridad no inferior a 2,5**, considerando las luminarias completas instaladas en el soporte.

Cuando se requiera deberán disponer de abertura para acceder a los equipos de protección y maniobra con las siguientes características:

- ▶ Tamaño adecuado que permita acceder al equipo eléctrico.
- ▶ Situada a una altura mínima de 0,30m de la rasante.
- ▶ Puerta o trampilla con grado de protección(*) IP44 – IK 10.

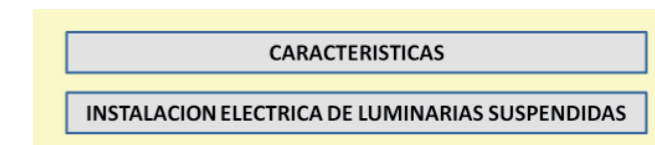
(*) Se refiere al grado de protección a proporcionar al equipo eléctrico, por lo que también es posible obtener el grado de protección indicado mediante la utilización suplementaria de una caja u otra envolvente alojada en el interior del soporte.

Instalación Eléctrica

En la instalación eléctrica en el interior de los soportes, se deberán respetar los siguientes aspectos

- ▶ Conductores de Cobre, de sección mínima 2,5 mm², y de tensión mínima asignada 0,6/1kV.
- ▶ Sin empalmes en el interior de los soportes.
- ▶ Protección mecánica en los puntos de entrada de los cables al interior de los soportes.

1.2.7 Luminarias



Características

Grados de protección:

- ▶ Mínimo: IP23.
- ▶ Recomendable en ambientes con contaminación o corrosivos:
 - IP66 para la Óptica.
 - IP44 para el Equipo Auxiliar.
- ▶ Resistencia mecánica:
 - IK04 para las partes frágiles (cierres de vidrio, metacrilato, etc).
 - IK05 para el resto de partes.

Instalación Eléctrica de luminarias suspendidas

Conexión mediante cables flexibles con holgura suficiente para evitar esfuerzos mecánicos.

Suspensión de luminarias realizada con cables de acero resistente a la corrosión.

La altura mínima sobre el suelo será de 6 m.

1.2.8 Equipos eléctricos de los puntos de luz

Los equipos eléctricos destinados al control de los puntos de luz (balasto, arrancador, condensador, etc) cumplirán con las características siguientes:

- ▶ Podrán ser de interior o exterior.
- ▶ Montaje exterior:
 - Protección mínima IP54 – IK8.
 - Altura mínima de 2,5m sobre suelo.
- ▶ Montaje interior:
 - No precisan que se exija grado de protección IP e IK, ya que las envolventes donde están ubicados ya lo poseen.
- ▶ Compensación individual del factor de potencia para no superar 0,90.
- ▶ Cada punto de luz deberá estar protegido contra sobrintensidades (interruptor automático o fusible) de acuerdo a lo establecido en la ITC-BT-22.

1.2.9 Protección contra contactos directos e indirectos

Las luminarias serán de Clase I o de Clase II

Clase I. Previstos medios de conexión a tierra. Se han de conectar a la toma de tierra de protección.

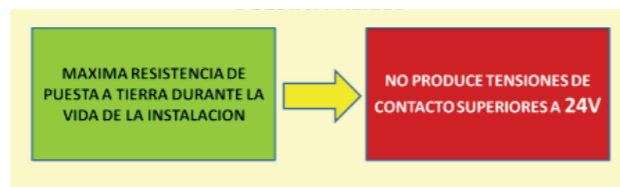
Clase II. Doble aislamiento o aislamiento reforzado. No es necesaria ninguna protección como medida de seguridad.

Las partes metálicas accesibles de los soportes de luminarias estarán conectadas a tierra (salvo las de Clase II que no sean accesibles al público en general).

Cuando las luminarias sean de Clase I, deberán estar conectadas al punto de puesta a tierra del soporte, mediante cable unipolar aislado de tensión asignada 450/750V con recubrimiento de color verde-amarillo y sección mínima 2,5 mm² en cobre.

1.2.10 Puestas a tierra

Características básicas de la red de puesta a tierra:



La puesta a tierra de los soportes se realizará por conexión a una red de tierra común para todas las líneas que partan del mismo cuadro de protección, medida y control.

En las redes de tierra, se instalará como mínimo un electrodo de puesta a tierra cada 5 soportes de luminarias, y siempre en el primero y en el último soporte de cada línea.

Conductores de la red de tierra:

- ▶ Desnudos:
 - Cobre de sección mínima 35mm².
- ▶ Aislados:
 - Cables de tensión mínima asignada de 450/750V.
 - Conductores de cobre sección mínima 16mm²

El conductor de protección que une cada soporte con el electrodo o con la red de tierra, será de cable unipolar aislado, de tensión asignada 450/750 V, con recubrimiento de color verde-amarillo y sección mínima de 16 mm² de cobre.

1.3 - Componentes de la instalación.

1.3.1 - Lámparas



Las diversas tecnologías utilizadas en las lámparas de alumbrado exterior pueden clasificarse en tres grandes grupos:

I Incandescencia

- ▶ Incandescencia estándar.
- ▶ Incandescencia halógenas.

Incandescencia estándar

La lámpara incandescente produce luz por medio del calentamiento eléctrico de un filamento a alta temperatura de forma que se emite radiación en el campo visible del espectro.

Son las más antiguas fuentes de luz conocidas con las que se obtiene la mejor reproducción de los colores y con una luz muy cercana a la luz natural del sol.

Ventajas: Bajo coste y no necesitar la utilización de equipos auxiliares. Sus inconvenientes son su alto consumo, baja eficiencia y baja vida útil.

Incandescencia halógenas

Tienen un funcionamiento similar al de las lámparas incandescentes estándar pero deben su nombre a que se incorpora un gas halógeno en la ampolla que aumenta la vida útil del filamento. De esta forma se aumenta también su eficiencia luminosa, además de reducir el tamaño manteniendo una reproducción del color excelente

II Descarga

- ▶ Fluorescentes (vapor de mercurio a baja presión).
- ▶ Vapor de mercurio a alta presión.
- ▶ Luz mezcla.
- ▶ Halógenos metálicos.
- ▶ Vapor de sodio a baja presión.
- ▶ Vapor de sodio a alta presión.
- ▶ Inducción.

Las lámparas de descarga basan su funcionamiento en la luminiscencia (radiación luminosa con escaso aumento de temperatura) que produce un gas cuando se ioniza mediante una descarga eléctrica.

Las lámparas de descarga se pueden clasificar según el gas utilizado (vapor de mercurio o sodio) o la presión a la que este se encuentre (alta o baja presión). Las propiedades varían mucho de unas a otras y esto las hace adecuadas para unos usos u otros.

Fluorescentes (vapor de mercurio a baja presión)

Produce la luz mediante la activación de polvos fluorescentes, gracias a la energía ultravioleta generada en la descarga. Tiene una eficacia luminosa mayor que las incandescentes normales y su consumo de energía es más bajo, pero su costo de adquisición e instalación es elevado. No posee una eficiente reproducción del color.

Vapor de mercurio a alta presión

En este tipo de lámpara la descarga se produce en un tubo con una pequeña cantidad de mercurio y un gas inerte, cuya función es asistir el encendido. Una parte de la radiación de la descarga ocurre en la región visible del espectro en forma de luz, pero la restante se

emite en la región ultravioleta. Con la aplicación de un polvo fluorescente en la superficie interior de la ampolla, esta radiación ultravioleta se convierte en radiación visible.

Luz mezcla

Este tipo es una adaptación de las lámparas de mercurio de alta presión, pero mientras que la lámpara de mercurio depende de un balasto externo para estabilizar la corriente, la mezcladora posee uno incorporado, que es un filamento de tungsteno conectado en serie con el tubo de descarga.

La luz de descarga del mercurio y la del filamento caldeado se combinan, o se mezclan, para lograr una lámpara con características operativas totalmente diferentes a aquellas que poseen tanto una lámpara de mercurio puro como una incandescente. La principal ventaja es que concentra las ventajas de ambos tipos

Halógenos metálicos

Es de construcción similar a la de mercurio de alta presión. La diferencia principal entre ambos tipos es que el tubo de descarga contiene, además del mercurio, una cantidad de haluros metálicos.

Históricamente se han considerado lámparas con color inestable, precios elevados y poca vida. Hoy en día han mejorado aumentando su eficacia lumínica y mejorando el índice de reproducción del color, punto débil en el resto de lámparas de descarga

Vapor de sodio a baja presión

Es muy similar a la de mercurio de baja presión, pero emplea sodio por lo que producirá un luz de color amarillo, ya que en casi la totalidad de su espectro predominan las frecuencias cerca del amarillo. La reproducción de color no es buena pero sin embargo es la lámpara de mayor eficiencia luminosa y larga vida.

Vapor de sodio a alta presión

Su principal diferencia con las lámparas anteriores es la presión del sodio en el tubo de descarga, lo que hace que tanto la temperatura del color como su reproducción mejoren notablemente con respecto a las lámparas de baja presión, manteniendo a la vez las ventajas de eficiencia energética y larga vida útil.

Inducción

Basada en el principio de descarga de gas a baja presión, pero su principal característica es que prescinden de los electrodos para originar la ionización, pues utilizan una antena interna, cuya potencia proviene de un generador externo de alta frecuencia, que permite crear un campo electromagnético dentro del recipiente de descarga y esto es lo que induce la corriente eléctrica en el gas al originar su ionización. La ventaja principal que ofrece este avance es el enorme aumento en la vida útil de la lámpara.

III LED

Las normas aplicables a los distintos tipos de lámparas son las siguientes.

- ▶ Fluorescentes UNE-EN 60.081, UNE-EN 60.091, UNE-EN 60.968, UNE-EN 60.969.
- ▶ Vapor de mercurio a alta presión UNE-20.354.
- ▶ Vapor de sodio a baja presión UNE-EN 60.192.
- ▶ Vapor de sodio a alta presión UNE-EN 60.662.
- ▶ Halogenuros metálicos UNE-EN 61.167.

Basadas en la tecnología de “Estado Solido” donde un semiconductor emite radiación luminosa a baja temperatura y con un consumo reducido de energía.

Este nuevo tipo de sistema de alumbrado tiene la gran ventaja de reducir hasta un 80% su consumo de energía y rebajar en un 65% las emisiones de CO2 a la atmósfera.

Aunque su coste supera de momento a otras tecnologías, su larga vida útil, su consumo reducido y su constante renovación tecnológica hacen que sea una tecnología emergente y a tener en cuenta en el alumbrado exterior

Características principales de los distintos tipos de lamparas

Tipo de lámpara	Apariencia de color	Temperatura de color	Rendimiento (lm/w)	Reproducción de color	Vida útil
Incandescente estándar	Blanco cálido	2.600 K	7-11	Ra 100	1.000 h
Incandescente halógena	Blanco	29.000 K	10-20	Ra 100	2.000 - 5.000 h
Fluorescente	Blanco		36-91	Ra 50 - Ra 95	10.000 h
Mercurio de alta presión	Blanco	4.000 K	40-63	Ra 45	16.000 h
Mezcladora	Blanco	3.600 K	19-28	Ra 60	6.000 h
Halogenuro metálico	Blanco frío	4.800-6.500 K	75-95	Ra 65 - Ra 95	9.000 h
Sodio de baja presión	Amarillo	1.800 K	100-183	NA	14.000 h
Sodio de alta presión	Blanco amarillento	2.000-2.500 K	70-130	Ra 25 - Ra 60	16.000 h
Inducción electromagnética	Diferentes blancos	2.700-4.000 K	70-95	Ra 60	60.000 h
LED	Blancos		100	Ra 50 - Ra 95	40.000 - 60.000 h

Criterios de selección

Los siguientes criterios sirven como guía para la elección de la lámpara adecuada al uso específico de la misma :



Requerimientos

▶ Alumbrado vial:

- Iluminación suficiente de la calzada.
- Alta eficacia luminosa.
- Aceptable rendimiento de color.
- No deslumbrar.
- Posibilidad de sistema de regulación.

Lámparas adecuadas: sodio baja presión para zonas no peatonales, sodio alta presión, mercurio alta presión y LEDs.

▶ Alumbrado ornamental:

- Crear una imagen atractiva del objeto a iluminar (edificio, fuente, etc.).
- Buen rendimiento de color.
- Alta eficacia lumínica.

Lámparas adecuadas: Incandescentes Halógenas, Halogenuros Metálicos, Sodio Alta-Baja Presión, Leds.

Aplicaciones mas comunes

Tipos	Aplicaciones más comunes
Incandescente estándar	Alumbrados de interior (hogar, hoteles, comercios, etc) Alumbrado de acentuación, casos de muy buena reproducción cromática
Incandescente halógena	Alumbrado decorativo (viviendas, tiendas, oficinas, hoteles, restaurantes, ...) Alumbrado intensivo para tareas específicas, Alumbrado de zonas públicas, factorías y pabellones deportivos (alta potencia).
Fluorescente	Alumbrado interior (Oficinas, tiendas, colegios, hoteles, industria, ...).
Mercurio de alta presión	Sustituyen a incandescentes en aplicaciones que no necesitan gran rendimiento de color. Exteriores e interiores.

Tipos	Aplicaciones más comunes
Mezcladora	Alumbrado deportivo u ornamental.
Halogenuro metálico	Alumbrado deportivo u ornamental.
Sodio de baja presión	Alumbrado de seguridad y alumbrado de túneles.
Sodio de alta presión	Alumbrado exterior, interior, industrial, túneles.
Inducción electromagnética	Alumbrado público exterior, industrial y en lugares de difícil acceso.
LED	Progresiva introducción en alumbrado exterior e interior.

1.3.2 Sistemas de control, encendido y apagado

Para que el alumbrado público sea eficaz se ha de garantizar que el horario de funcionamiento se adapte perfectamente al ciclo de iluminación natural, con el fin de evitar la iluminación innecesaria en ciertos momentos del día, como la reducción del nivel luminoso a altas horas de la madrugada.

Para adaptar el encendido y apagado al régimen horario adecuado existen tres sistemas fundamentales:

- ▶ Células fotoeléctricas.
- ▶ Relojes astronómicos.
- ▶ Sistema centralizado inteligente.

Las **células fotoeléctricas** dependen de la luminosidad ambiental y su funcionamiento está en base a niveles de luminosidad fijados con antelación. Tiene especial relevancia para su buen funcionamiento la elección del lugar de instalación además de contar con un mantenimiento constante. Su funcionamiento no es exacto ya que en general tienen cierta inercia (histéresis) y sus características varían a lo largo del tiempo debiendo sustituirse regularmente.

Por el contrario, los **relojes astronómicos** funcionan con una programación previa que determina las horas en las que el sistema debe iniciar su funcionamiento y en qué momento debe éste detenerse. Son los sistemas mas utilizados ya que a pesar de su precio elevado no necesitan mantenimiento y su funcionamiento es mas exacto.

Respecto al **sistema centralizado inteligente** se basa en equipos de telecontrol adaptados a las peculiaridades de funcionamiento de las redes de alumbrado público. Siendo sus principales ventajas el control centralizado y la utilización eficiente de las instalaciones.

1.3.3 Luminarias

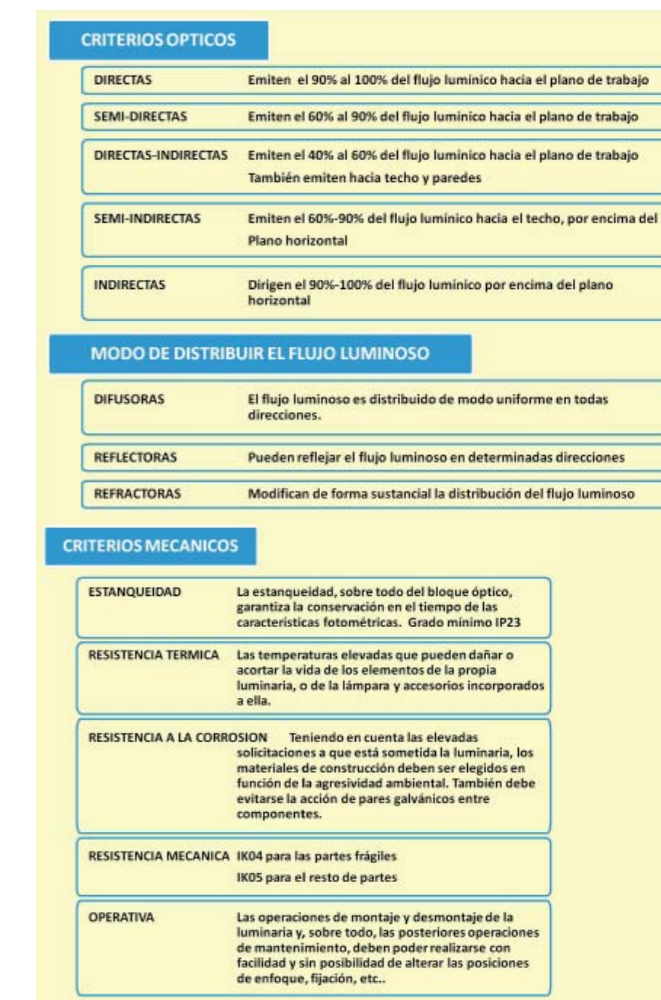
Luminaria es un conjunto óptico, mecánico y eléctrico, equipado para recibir una o varias lámparas, que se compone de cuerpo o carcasa, portalámparas y bloque óptico. Puede también incluir elementos auxiliares (balasto, arrancador y condensador) instalados generalmente en un compartimento de la luminaria.

Ópticamente la luminaria es responsable del control y la distribución de la luz emitida por la lámpara.

Aunque la lámpara sea el elemento determinante de la cantidad de luz original, la luminaria condicionará el aprovechamiento final de esta luz, en cantidad, por su mayor o menor rendimiento, y en cualidad por la configuración espacial en que se distribuya.

Además de esta función luminotécnica principal, la luminaria cumple también una función mecánica de soporte y protección de la lámpara y conjunto óptico que determina en gran manera la fiabilidad de funcionamiento de la instalación y su aprovechamiento útil a lo largo del tiempo.

La clasificación de las luminarias puede establecerse en función de criterios óptico, mecánicos y eléctricos.



1.3.4. Sistemas de regulación del nivel luminoso

Con objeto de eliminar el riesgo de seguridad que implica la técnica del apagado alternativo de los puntos de luz para reducir el flujo lumínico, se han desarrollado otros sistemas, utilizados actualmente, basados en la utilización de equipos eléctricos y electrónicos de control llamados "balastos".

Las lámparas de descarga presentan una impedancia "negativa" cuando se produce la ionización del gas por lo que se hace necesaria la utilización de un elemento estabilizador que contrarresta la tendencia al crecimiento de la intensidad consumida por la lámpara evitando su destrucción. Habitualmente, se utiliza como estabilizador una inductancia por lo que el balasto es también conocido con el nombre de reactancia.

- ▶ Balasto electromagnéticos de doble nivel.
- ▶ Balasto electrónicos de doble nivel.
- ▶ Reguladores - Estabilizadores en cabecera de línea.

Los dos tipos de balastos se basan en el mismo principio: *reducir la potencia de las lámparas durante los períodos de ahorro disminuyendo el flujo luminoso en aproximadamente un 50%*.

Balasto electromagnéticos de doble nivel

Existen dos tipos :

- ▶ Con línea de mando.
- ▶ Sin línea de mando (temporizados).

La línea de mando es la que permite conmutar entre los dos niveles de flujo luminoso, por lo que en una instalación con equipos auxiliares de doble nivel con línea de mando, el control del número de horas en las que las lámparas funcionan a nivel máximo o a nivel reducido, se realiza desde el reloj del cuadro de maniobra.

Con este tipo de equipos se necesita una línea de mando desde el cuadro hasta cada punto de luz.

Los equipos auxiliares de doble nivel sin línea de mando disponen de un temporizador interno, por defecto programado a 4 horas, tiempo durante el cual las lámparas funcionan a nivel máximo. El resto del tiempo funcionan a nivel reducido. Son equipos más caros pero no necesitan línea de mando.

Balasto electrónicos de doble nivel

Los balastos electromagnéticos son menos eficientes que los electrónicos debido a que trabajan a la frecuencia de la red (50Hz). El balasto electrónico enciende y regula las lámparas en altas frecuencias (generalmente superiores a 20kHz) usando componentes electrónicos en vez de la reactancia tradicional. Esto proporciona mayor eficiencia así como menor peso y menor volumen del equipo a cambio de un mayor coste.

El funcionamiento en alta frecuencia de los balastos electrónicos mejoran las prestaciones en los siguientes aspectos:

- ▶ Arranque sin parpadeo en menos de un segundo.
- ▶ Funcionamiento sin parpadeo del cátodo.
- ▶ Cebado en caliente prolongando la duración de vida de la lámpara y minimizando el ennegrecimiento de los electrodos.
- ▶ Posibilidad de eliminar los efectos estroboscópicos.

Los balastos electrónicos cumplen la misión de limitar la intensidad de corriente, al tiempo que realizan las funciones de los arrancadores y condensadores de compensación del factor de potencia.

Reguladores - Estabilizadores en cabecera de línea.

Los reguladores estabilizadores en cabecera de línea estabilizan y reducen la tensión de alimentación al conjunto lámpara – reactancia.

En la actualidad son equipos electrónicos estáticos que actúan de forma independiente sobre cada una de las fases de la red, al objeto de estabilizar la tensión de cada una de éstas respecto al neutro común en el circuito de salida o utilización, y disminuir el nivel de dicha tensión a partir de la orden apropiada, para finalmente producir una reducción del flujo luminoso de la lámpara y el consiguiente ahorro energético.

Se instalan en cabecera de línea, alojándose junto al armario de maniobra y medida. Las líneas eléctricas han de estar bien dimensionadas (secciones adecuadas), para evitar apagados en los puntos de luz más alejados del regulador-estabilizador en cabecera, debidos a la caída de tensión en las líneas.

Ventajas:

- ▶ Estabilización de la tensión en los dos niveles de potencia, por lo que no existe exceso de consumo por sobre-potencia además de alargar la vida útil de la lámpara.
- ▶ Implantación sencilla y económica en sistemas existentes de alumbrado.

Inconvenientes:

- ▶ La reducción del valor instantáneo de la tensión de la red unida al incremento de la tensión de arco de la lámpara debido a su envejecimiento, da lugar a un cierto recorte de la vida útil de las lámparas.
- ▶ Esta reducción hay que ponderarla, no obstante, frente al alargamiento de la vida útil derivado de la estabilización de la tensión.

En equipos con poca precisión podrían producirse apagados aleatorios de las lámparas más alejadas del cuadro de control.

1.3.5 - Equipos Auxiliares

La utilización de balastos electromagnéticos hace necesaria la compensación del factor de potencia para adecuarlo a los límites especificados en el ICT-BT-09 del REBT (factor de potencia superior a 0,9).

El condensador es el elemento destinado a corregir el bajo factor de potencia propio del circuito formado por las lámparas y el balasto inductivo, evitando la sobrecarga de las redes y el consumo de energía reactiva.

Las características más importantes a considerar son:

- ▶ La tensión nominal debe ser superior a la de la red a la que estará conectado.
- ▶ La capacidad debe corresponder a la exigida por el conjunto de balasto electromagnético y la lámpara.
- ▶ Debe tener un aislamiento adecuado y la suficiente refrigeración para evitar calentamientos que reduzcan su vida útil.

Además algunas lámparas de descarga, necesitan incorporar un **arrancador** que proporcione en el instante del encendido, la alta tensión necesaria para el cebado de la corriente de arco de la lámpara.

1.3.6 - Soportes

Son los elementos tales como brazos, báculos, columnas, etc destinados a mantener la luminaria en la posición deseada.

Como características principales cabe destacar las siguientes:

- ▶ Realizados en materiales resistentes a las acciones de la intemperie.
- ▶ No permitirán la entrada de agua de lluvia ni la acumulación de agua de condensación.
- ▶ Deberán resistir las sollicitaciones mecánicas, particularmente teniendo en cuenta la acción del viento, con un coeficiente de seguridad no inferior a 2,5.
- ▶ Dispondrán de espacio y accesibilidad para la instalación y mantenimiento del aparellaje interior.

2.1 Objeto

Este capítulo pretende ser una guía respecto a las **obligaciones** que adquiere el **titular** de una instalación de **alumbrado público** o también llamada de **alumbrado exterior**, en tres conceptos diferentes:

- ▶ Su uso.
- ▶ Su mantenimiento, revisiones e inspecciones.
- ▶ Su eficiencia.

Cuando la instalación de alumbrado público o exterior pertenece a una Comunidad de Propietarios¹ (Imagen1), el mantenimiento de la instalación es responsabilidad de la misma. Existen casos especiales en los cuales se considera también alumbrado exterior, aún con un solo propietario de una vivienda². Pero en la mayoría de los casos, cuando nos referimos a alumbrados públicos, nos estamos refiriendo a alumbrados exteriores que son titularidad de los Ayuntamientos y en otros casos de otras Administraciones Autonómicas o Nacionales.



Imagen 1 . Interior de una urbanización en la cual el alumbrado interior tiene la consideración de exterior. Según el REBT'02 ITC - BT 09.

¹ Ejemplo de instalación de alumbrado exterior con 25 puntos de luz, perteneciente al interior de una urbanización privada.

² Vivienda unifamiliar con al menos 5 puntos de luz exteriores fuera de fachada

La legislación de referencia en esta materia, tiene dos vertientes, aunque concurrentes, muy distintas desde el punto de vista de su aplicación y cumplimiento. Nos estamos refiriendo a:

- ▶ La legislación de **Seguridad Industrial** dada por el Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión (B.O.E. Número 224 de 18/9/2002) y posteriores modificaciones (REBT'02).
- ▶ La legislación de **Ahorro y Eficiencia Energética**, dada por Real Decreto 1890/2008, de 14 de noviembre, por el que se aprueba el Reglamento de Eficiencia Energética en Instalaciones de Alumbrado Exterior (REEIAE) y sus Instrucciones Técnicas Complementarias EA-01 a EA-07, B.O.E. Núm. 279 de 19/11/2008.

Respecto a la elaboración de esta guía, nos hemos centrado en la **Seguridad Industrial**, dejando para posteriores ediciones, el amplio abanico de la eficiencia energética. Ni que decir tiene, que **uno de los principales GASTOS en una Administración Local, es el correspondiente al alumbrado exterior**.

Por tanto esta guía, tendrá un destino definido: las **empresas eléctricas de baja tensión**, las **comunidades de propietarios**, las **administraciones locales, diputaciones, etc.**, los **organismos de control** y en definitiva todo **usuario** que sea o quiera ser conocedor de la materia de **seguridad Industrial en alumbrado Público**.

Cuando un usuario adquiere un bien, a modo de ejemplo un vehículo de cuatro ruedas, queda obligado a sus **revisiones periódicas reglamentarias** en la ITV, etc., a su "entretenimiento", cambio de filtros de aire, de combustible, de aceite, etc. Por el mismo motivo, cuando un usuario es propietario de una instalación de alumbrado exterior o público, queda obligado a su **MANTENIMIENTO**, a su **REVISIÓN** e **INSPECCIÓN reglamentaria** en su caso y, máxime cuando dichas instalaciones pueden afectar negativamente a los viandantes en forma de contactos directos e indirectos.

A modo de ilustración, un diferencial de 300 mA, que no disparara o no funcionara en el tiempo reglamentado 200 ms o dicho coloquialmente "no saltara", y que el viandante mantuviese contacto indirecto con un báculo metálico de un alumbrado exterior, dependería "su vida" del valor de puesta a tierra de dicho báculo, del tipo de calzado que llevara ese día, del grado de sudoración, etc. A modo de ejemplo con valores de 1 a 10 ohmios de puesta a tierra, probablemente salvaría su vida y con un valor de alrededor de 500 ohmios, difícilmente podría seguir viviendo, sobre todo si el interruptor, como todo elemento mecánico que es, "fallara".

¿ Y todo esto de qué o de quién depende?

1. Como principio básico, del **LEGISLADOR**, que en este caso es el Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, a través del REBT '02.

2. En **primer lugar**, por supuesto del buen cálculo de la instalación de alumbrado público, que si se trata de potencias límites hasta 5 Kw, es competencia de una **Empresa Instaladora Autorizada** y si es mayor de 5 Kw de un Técnico Titulado Competente.

3. En **segundo lugar**, por supuesto de una buena instalación y ejecución de la misma. Aunque la supervisión, en el caso de las de más de 5 Kw es responsabilidad del Director Facultativo o **Técnico Titulado Competente** (ya que existe proyecto), en el resto de los casos, la **RESPONSABILIDAD JURÍDICA**, corresponde a la Empresa Instaladora de Baja Tensión.

4. Pero en ambos casos, si no existe un buen **MANTENIMIENTO** de la instalación, de nada sirve un buen reductor de flujo, o una lámpara con un rendimiento del 99'9 %. Y en este caso corresponde a los Titulares de dichas instalaciones el cumplimiento de la legislación vigente.



Si cuando, por circunstancias, se ejecuta una obra, de las muchas que se suelen hacer en las calzadas municipales, y por ejemplo se corta con una "retro" la red de puesta a tierra de 35 ó 16 mm² que enlaza con los báculos, la puesta a tierra no será próxima a 500 ohmios, sino que será de valor infinito. Lo que quiere decir que ante cualquier fallo del interruptor diferencial, el viandante o peatón **FALLECERÍA AL INSTANTE POR ELECTROCUCIÓN**.

Antes indicábamos que por normativa, un interruptor diferencial debe de saltar antes de 200 ms. Pues supongamos el ejemplo siguiente. Una instalación de alumbrado público, de las muchas que hay, protegidas por un interruptor diferencial de 300 mA. El REBT'02, en su Instrucción Técnica Complementaria ITC BT 09 p.4 establece que en los alumbrados exteriores, protegidos con interruptores diferenciales de 300 mA, su puesta a tierra debe de ser como máximo de 30 ohmios.

¿ Por qué esta limitación es tan importante ?

Vamos a ir analizando diferentes conceptos:

Por la ley de Ohm, la intensidad de un circuito es igual a la diferencia de potencial entre dos puntos (voltaje) e inversamente proporcional a la impedancia del circuito¹.

Despreciando los valores de reactancia capacitativa y de reactancia inductiva, podemos en el caso de un circuito, tal y como queremos demostrarm que la resistencia es prácticamente igual que la impedancia.

Por tantom con una protección de 300 mA y 30 Ω de resistencia de puesta a tierra de báculo, la tensión a la que está sometido un viandante es de 9 V, esto es $V=300\text{ mA}\cdot 30\ \Omega=9\text{ V}$, inferior a los 24 voltios que indica el REBT'02 para zonas húmedas o mojadas.

Esto realmente no es así. Cuando se instala un alumbrado exterior, pocas veces se termina la instalación y pruebas en los meses lluviosos, o dicho de otra manera, **dichos valores de puesta a tierra hay que mantenerlos durante todo el periodo o vida útil de una instalación de alumbrado exterior.**

Veamos la influencia con otros valores. Suponiendo un día seco, que no haya llovido desde hace tiempo, nos podemos encontrar con una puesta a tierra, en la misma instalación que estamos analizando de 50 Ω. Y ahora tendríamos $V=300\text{ mA}\cdot 50\ \Omega=15\text{ V}$. De aquí deducimos, que el valor de la tensión aplicada a un viandante, es también proporcional a la climatología.

Ahondando en el problema, antes del REBT'02 existían muchas instalaciones con picas independientes para el alumbrado exterior² las cuales no están unidas con conductores equipotenciales de puesta a tierra, ya que no era obligatorio. Por tanto, nos podemos encontrar un báculo con una puesta a tierra de 500 Ω. Veamos cuál es su tensión aplicada. $V=300\text{ mA}\cdot 500\ \Omega=150\text{ V}$, tensión casi siete veces superior a la permitida. El viandante, podría sufrir lesiones severas, e incluso fallecer. Recordar que la tensión de seguridad máxima que contempla el REBT es de 24 V en zonas húmedas, en este caso es casi mejor decir mojadas y en algunos casos terrenos inundados.

¹ La ley de Ohm de un circuito viene dada por **Intensidad** =
$$\frac{\text{tensión}}{\text{impedancia}} = \frac{V}{Z} = \frac{V}{\sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}} = \frac{V}{\sqrt{R^2 + (\omega L - \frac{1}{\omega C})^2}}$$
 suponiendo y despreciando la inducción y la capacidad del circuito equivalente, la ley de ohm la podemos simplificar a **Intensidad** =
$$\frac{\text{tensión}}{\text{resistencia}} = \frac{V}{R}$$

² Con el nuevo REBT'02 existe una obligación de unir equipotencialmente todos los báculos, ya sea con un conductor de 35 mm² de cobre desnudo o con un conductor de 16 mm² aislado. Pero con el reglamento de 1973 las instalaciones no se ejecutaban así. Con el REBT'02 existe obligación de poner cada 5 báculos pica de puesta a tierra, así como una al final y al inicio de la instalación. Con ello se pretende aumentar la probabilidad de que se corte por cualquier circunstancia la puesta a tierra.

³ Por eso llevan botón de prueba o test y se les tienes que hacer revisiones o inspecciones periódicas.

Otra circunstancia a tener en cuenta es que los interruptores diferenciales son elementos mecánicos y pueden fallar³. Supongamos que de momento el interruptor automático diferencial no falla. Según normativa del REBT'02, el tiempo máximo de disparo es de 200 ms. Pues bien analicémoslo. En un báculo con una puesta a tierra de 30 ohmios, según normativa, y protegido con un interruptor diferencial de 300 mA, puede darse el caso de que el diferencial falle y no salte. Estaríamos según imagen 2 en el punto marcado A en color rojo. En estos casos "normalmente no cabe esperar daños orgánicos. Aunque sí la posibilidad de contracciones musculares parecidas a calambres y dificultad para respirar; alteraciones reversibles del ciclo cardiaco, incluyendo fibrilación ventricular y paro cardiaco transitorio sin fibrilación ventricular que aumenta con la magnitud de la corriente y el tiempo". Vemos que está muy próxima a la zona 4 "además de los efectos de la zona 3, la probabilidad de fibrilación ventricular aumenta hasta aproximadamente el 5% (curva C2), el 50% (curva C3) y por encima del 50% más allá de la curva C3. Pueden producirse efectos fisiopatológicos como paro cardiaco, paro respiratorio y quemaduras graves al aumentar la corriente y el tiempo de exposición..."

Para ello expliquemos brevemente unos conceptos de los efectos de la corriente eléctrica sobre el cuerpo humano.

► **Umbral de percepción:** es el valor mínimo de la corriente que provoca una sensación en una persona, a través de la que pasa esta corriente. En corriente alterna esta sensación de paso de la corriente se percibe durante todo el tiempo de paso de la misma. Sin embargo, con corriente continua sólo se percibe cuando varía la intensidad, por ello son fundamentales el inicio y la interrupción del paso de la corriente, ya que entre dichos instantes no se percibe el paso de la corriente, salvo por los efectos térmicos de la misma. Generalizando, la Norma CEI 479-11994 considera un valor de 0,5 mA en corriente alterna y 2 mA en corriente continua, cualquiera que sea el tiempo de exposición.

► **Umbral de reacción:** es el valor mínimo de la corriente que provoca una contracción muscular.

► **Umbral de no soltar:** cuando una persona tiene sujetos unos electrodos, es el valor máximo de la corriente que permite a esa persona soltarlos. En corriente alterna se considera un valor máximo de 10 mA, cualquiera que sea el tiempo de exposición. En corriente continua, es difícil establecer el umbral de no soltar ya que sólo el comienzo y la interrupción del paso de la corriente provocan el dolor y las contracciones musculares.

► **Umbral de fibrilación ventricular:** es el valor mínimo de la corriente que puede provocar la fibrilación ventricular. En corriente alterna, el umbral de fibrilación ventricular decrece considerablemente si la duración del paso de la corriente se prolonga más allá de un ciclo cardiaco. Adecuando los resultados de las experiencias efectuadas sobre animales a los seres humanos, se han establecido unas curvas, por debajo de las cuales no es susceptible de producirse. La fibrilación ventricular está considerada como la causa principal de muerte por choque eléctrico.

Veamos también otros conceptos básicos de la imagen 2. Dicha gráfica, es la relación entre el tiempo en milisegundos de una corriente

eléctrica que pasa por el cuerpo humano, en unas determinadas circunstancias, que quedan fuera del alcance de esta guía. Se aprecia que dicha gráfica queda dividida en 4 zonas fundamentalmente.

zona	Efectos de la corriente
1	Normalmente ninguna reacción.
2	Normalmente ningún efecto dañino.
3	Normalmente no cabe esperar daños orgánicos. Posibilidad de contracciones musculares parecidas a calambres y dificultad para respirar; alteraciones reversibles del ciclo cardiaco, incluyendo fibrilación ventricular y paro cardiaco transitorio sin fibrilación ventricular que aumenta con la magnitud de la corriente y el tiempo.
4	Además de los efectos de la zona 3, la probabilidad de fibrilación ventricular aumenta hasta aproximadamente el 5% (curva C2), el 50% (curva C3) y por encima del 50% más allá de la curva C3. Pueden producirse efectos fisiopatológicos como paro cardiaco, paro respiratorio y quemaduras graves al aumentar la corriente y el tiempo de exposición.

Tabla 1. Efectos de la corriente eléctrica alterna sobre el organismo. Intensidad de corriente versus tiempo de exposición.

Los efectos de esa corriente eléctrica al paso sobre el organismo, de carácter básico pueden ser:

Tetanización: los músculos afectados por el paso de la corriente se contraen involuntariamente, y es difícil soltar las piezas conductoras que se han agarrado. Normalmente, las corrientes muy elevadas no inducen tetanización porque, cuando el organismo entra en contacto con ellas, la contracción muscular es tan sostenida que los movimientos musculares involuntarios suelen alejar a la persona de la pieza conductora.

Paro respiratorio: si la corriente circula a través de los músculos que controlan el sistema respiratorio, la contracción involuntaria de estos músculos altera el proceso respiratorio normal, y es posible que la persona muera debido a asfixia o que sufra las consecuencias de traumatismos provocados por la asfixia.

Quemaduras: se deben al calentamiento derivado, por efecto Joule, de la corriente que pasa por el organismo.

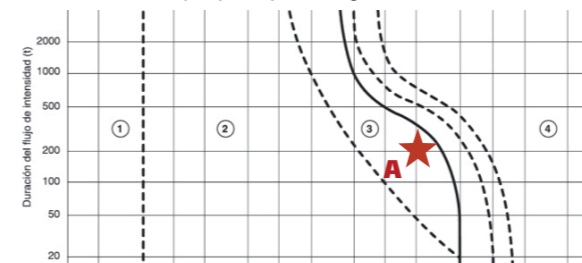


Imagen 2. Influencia en el cuerpo humano de la intensidad de corriente en función de su duración.

2.2 Introducción

El reglamento de baja tensión, dado por el Real Decreto 842/2002, es una normativa de **OBLIGADO CUMPLIMIENTO** para todo el territorio español. En concreto, en la ITC- BT 04 establece las instalaciones que precisan **Proyecto o Memoria** Técnica de Diseño (MTD), como veremos y analizaremos en la siguiente tabla.

GRUPO	TIPO DE INSTALACIÓN	POTENCIA
A	Industrias, en general	Mayor de 20 K_{W}
B	Locales húmedos, polvorientos o con riesgo de corrosión; Bombas de extracción o elevación de agua, sean industriales o no.	Mayor de 10 K_{W}
C	Locales mojados; generadores y convertidores; conductores aislados para caldeo, excluyendo las de viviendas.	Mayor de 10 K_{W}
D	de carácter temporal para alimentación de maquinaria de obras en construcción. de carácter temporal en locales o emplazamientos abiertos;	Mayor de 50 K_{W}
E	Las de edificios destinados principalmente a viviendas, locales comerciales y oficinas, que no tengan la consideración de locales de pública concurrencia, en edificación vertical u horizontal.	Mayor de 100 kW por CGP
F	Las correspondientes a viviendas unifamiliares	Mayor de 50 K_{W}
G	Las de garajes que requieren ventilación forzada	Cualquiera que sea su ocupación
H	Las de garajes que disponen de ventilación natural	De más de 5 plazas de estacionamiento
I	Las correspondientes a locales de pública concurrencia;	Sin límite
J	Las correspondientes a: Líneas de baja tensión con apoyos comunes con las de alta tensión; Máquinas de elevación y transporte; Las que utilicen tensiones especiales; Las destinadas a rótulos luminosos salvo que se consideren instalaciones de Baja tensión según lo establecido en la ITC-BT 44; Cercas eléctricas; Redes aéreas o subterráneas de distribución;	Sin límite de potencia
K	Instalaciones de alumbrado exterior.	Mayor de 5 Kw
L	Las correspondientes a locales con riesgo de incendio o explosión, excepto garajes	Sin límite
M	Las de quirófanos y salas de intervención	Sin límite
N	Las correspondientes a piscinas y fuentes.	Mayor de 5 K_{W}
O	Todas aquellas que, no estando comprendidas en los grupos anteriores, determine el Ministerio de Ciencia y Tecnología, mediante la oportuna Disposición	Según corresponda

Tabla 2. Necesidades de MTD o Proyecto. (P= Potencia prevista en la instalación, teniendo en cuenta lo estipulado en la ITC-BT-10)

Para el entendimiento de este punto de la guía, debemos describir brevemente los actores jurídicos de este tipo de instalaciones (Tabla 3):

- ▶ **Técnico Titulado Competente (TTC)**. Es la persona, debidamente titulada, responsable de la elaboración de un proyecto y en su caso una dirección técnica de la obra.
- ▶ **Empresa Instaladora Autorizada (EIA)**. Es la que materialmente ejecuta la instalación, la que la mantiene, o la que la verifica. Debe estar debidamente acreditada o autorizada por los Organismos Competentes.
- ▶ **Organismo de Control Autorizado (OCA)**. Son entidades generalmente privadas, que tienen encargada en algunas materias, la verificación de las instalaciones.
- ▶ **Titular de la Instalación de Alumbrado Exterior (TIAE)**. Es la persona o entidad que recibe la instalación y que queda obligada a que se cumpla la legislación vigente (mantenimientos, verificaciones, etc.)

Como puede observarse de la Tabla 2, existen instalaciones que precisan **siempre** de proyecto, ¿POR QUÉ? El legislador entiende que existe un **elevado riesgo o probabilidad de accidente**, y si este existe, afectaría a **muchas personas**.

Este es el caso de los **Locales de Pública Concurrencia (LPC)** que siempre (salvo excepciones que salen del alcance de esta guía) requieren de proyecto. Los LPCs están sometidos también a inspección inicial y revisiones periódicas (ver ITC BT 05).

Actor jurídico	Acción	OBLIGACIÓN / RESPONSABILIDAD		
TTC	Proyecta y calcula			
EIA	Ejecuta la instalación	Mantenimiento	Verificación	
OCA				Inspección
TIAE	Obligación	Mantenimiento	Verificación	Inspección

Tabla 3. Agentes jurídicos que intervienen en la ITC BT 09

Las **industrias**, entendiendo por ellas, en las que se produce una obtención, reparación, mantenimiento, transformación o reutilización de productos industriales, el envasado y embalaje, así como el aprovechamiento, recuperación y eliminación de residuos o subproductos, cualquiera que sea la naturaleza de los recursos y procesos técnicos utilizados, tienen un **límite** fijado en **20 Kw**. En el caso de que la potencia supere los 100 Kw, estará sometido también a **inspección inicial**.

Si seguimos avanzando en la tabla, podemos ver también las instalaciones con riesgo de **incendio o explosión**, en este caso (salvo alguna excepción) es necesaria **siempre** la presentación de Proyecto por TTC.



Imagen 3. Algunos fallos en algunos alumbrados exteriores vienen de que la portezuela está a menos de 30 cm, con lo cual a veces penetra el agua de lluvia.

Después de estas tipologías de instalaciones, nos encontramos con otro bloque, las **piscinas, fuentes y alumbrados exteriores**. Dichas instalaciones se encuentran limitadas a **5 Kw**. El legislador aquí lo que pretende es que exista en la mayoría de los casos un Proyecto hecho por TTC, y si esto es así, también de una Dirección Técnica de Obra por el TTC, pero claro está también llevará como documentación básica el “boletín del instalador” ahora llamado coloquialmente “CERTIN”, que no es otra cosa que una Certificación de la obra que ha ejecutado la EIA. Pero es más, si la potencia por ejemplo fuera de 6 Kw, se necesitaría aparte una inspección inicial de OCA. Pero lo que debería de estar claro, es que ...

Todos los alumbrados exteriores tendrían que tener CONTRATO DE MANTENIMIENTO

Unos en su caso presentados ante la Administración Competente y en otros casos mediante contrato entre partes EIA-TIAE.

Ahora bien, ¿qué se entiende por **ALUMBRADO EXTERIOR?**, con la legislación en materia de **seguridad industrial**, la normativa de aplicación es el REBT'02 y en él se entiende que son instalaciones de alumbrado exterior las destinadas a iluminar zonas de dominio público o privado.

El anterior Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión de 1973 empleaba otra terminología, llamaba **ALUMBRADO PÚBLICO** a las instalaciones que tenían como finalidad la iluminación de las vías de circulación o comunicación y las de los espacios comprendidos entre edificaciones que por sus características o seguridad general debían de permanecer iluminadas, en forma permanente o circunstancial, fueran o no de dominio público. Por tanto **alumbrado público y exterior en esta guía será empleado de forma similar**.

Pero lo que se desprende de la limitación de los 5 Kw es que **las instalaciones de alumbrado público o exterior son o pueden ser peligrosas**. Por tanto deben estar sometidas a una serie de **CONTROLES**. Dichas instalaciones están sometidas a una serie de puntos que aumentan en cuanto a la magnitud del peligro ya que:

- 1) Están sometidas al exterior.
- 2) Son tocadas por las personas, entrando entonces en posibles contactos indirectos.
- 3) Están sometidas a ampliaciones, cambios de lámparas, etc.
- 4) Los vehículos pueden sufrir choques con sus soportes.
- 5) Pueden verse afectadas por inundaciones.

Por tanto podemos afirmar que son unas instalaciones potencialmente peligrosas, si no se toman las precauciones necesarias

2.3 Planteamiento del problema

Tal y como se ha visto en la Tabla 2 punto K los **alumbrados exteriores** tienen dos posibilidades en cuanto a su potencia prevista:

- ▶ Tener una potencia **hasta 5 Kw**.
- ▶ O **superar** dicha potencia.

Hemos hablado ya varias veces de los 5 Kw de potencia. Veamos el significado de estos 5 Kw, en cuanto al número de luminarias a tener en cuenta en una instalación.

Si tomáramos por ejemplo un alumbrado exterior de uso habitual, elegimos una lámpara de vapor de mercurio de 125 vatios de potencia nominal de la lámpara. Sin entrar en tecnicismos o cálculos con coeficientes correctores, etc. tomaríamos el número total de luminarias multiplicado por la potencia, en este caso de 125 vatios.

Así, queremos calcular la potencia de la instalación de una calle o urbanización interior con 39 lámparas de 125 Kw cada una. Tendríamos 39 unidades x 125W/unidad hacen un total de 4.875 vatios, que en principio no necesitaría proyecto. Pero si cambiamos, por cualquier causa,

las lámparas de vapor de sodio de alta presión o halógenos metálicos y la lámpara fuera de 150 vatios, nos encontraríamos que la potencia final es de 5.850 vatios, lo que ya requiere proyecto, inspección inicial e inspección periódica.



Imagen 4. Báculo de un alumbrado exterior sin portezuela. Posibilidad de contacto directo con un viandante

Pero como se adelantaba esto no es así exactamente, si leemos el REBT'02 ITC 09 el punto 3 “Dimensionamiento de las instalaciones”:

“Las líneas de alimentación a puntos de luz con lámparas o tubos de descarga, estarán previstas para transportar la carga debida a los propios receptores, a sus elementos asociados, a sus corrientes armónicas, de arranque y desequilibrio de fases. Como consecuencia, la potencia aparente mínima en VA, se considerará 1'8 veces la potencia en vatios de las lámparas o tubos de descarga.”



Imagen 5. Arqueta de un alumbrado exterior sin cinta de vulcanizado y con humedad, mal drenaje y sin obturar los tubos.

Por tanto repetamos el cálculo anterior con este factor que impone el REBT'02, salvo justificaciones basadas en la seguridad equivalente.

Caso primero, 39 lámparas de 125 vatios x f.c. 1'8 hace una potencia prevista para la instalación de 8.875 vatios, para las lámparas de vapor de mercurio.

Para el segundo caso, 39 lámparas de 150 vatios x f.c. 1'8 hace una potencia prevista para la instalación de 10.530 vatios, para las lámparas de vapor de sodio de alta presión o halogenuros metálicos.

Como se puede ver en ambos casos necesitaríamos, a priori, proyecto de TTC, inspección inicial de OCA e inspección periódica de OCA cada 5 años.

Para un alumbrado exterior con 23 lámparas de 125 W de vapor de mercurio o 19 lámparas de 150 vatios de vapor de sodio de alta presión o halogenuros metálicos, sería necesario presentación de proyecto por TTC, inspección inicial de OCA e inspección periódica de OCA cada 5 años.

Para entender la **problemática real**, desde el punto de vista de la **seguridad industrial** de estas instalaciones, es necesario un previo análisis de unos artículos del REBT'02. En concreto si vemos el artículo 2.

“Artículo 2. Campo de aplicación.

1. El presente Reglamento se aplicará a las instalaciones que distribuyan la energía eléctrica, a las generadoras de electricidad para consumo propio y a las receptoras, en los siguientes límites de tensiones nominales:

- a) Corriente **alterna**: igual o inferior a 1.000 voltios.
- b) Corriente **continua**: igual o inferior a 1.500 voltios.

2. El presente Reglamento se aplicará:

- a) A las **nuevas instalaciones**, a sus **modificaciones** y a sus **ampliaciones**.
- b) A las **instalaciones existentes** antes de su entrada en vigor que sean objeto de **modificaciones de importancia**, **reparaciones de importancia** y a sus **ampliaciones**.
- c) A las **instalaciones existentes** antes de su entrada en vigor, en lo referente al régimen de inspecciones, si bien los criterios técnicos aplicables en dichas inspecciones serán los correspondientes a la **reglamentación con la que se aprobaron**.

Se entenderá por **modificaciones** o **reparaciones de importancia** las que afectan a más del **50 por 100 de la potencia instalada**. Igualmente se considerará **modificación de importancia** la que afecte a líneas completas de procesos productivos con nuevos circuitos y cuadros, aún con **reducción de potencia**.

3. Asimismo, se aplicará a las instalaciones **existentes** antes de su entrada en vigor, cuando su estado, situación o características impliquen un **riesgo grave** para las personas o los bienes, o se produzcan perturbaciones importantes en el normal funcionamiento de otras instalaciones, a juicio del **Órgano Competente de la Comunidad Autónoma**.”

Sólo este artículo del REBT'02 da mucho de sí. Procedamos a su análisis. En primer lugar centraremos sólo la aplicación de este artículo a los alumbrados exteriores.

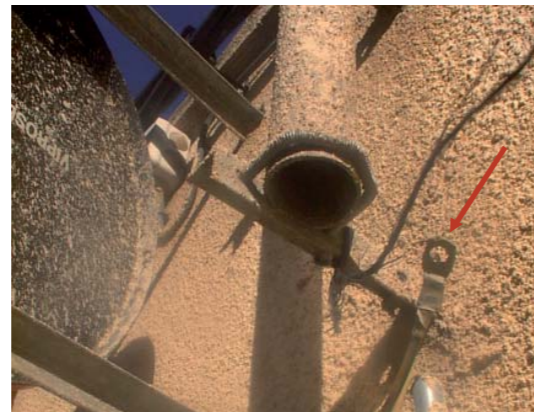


Imagen 6. Puesta a tierra de un soporte de una luminaria aérea, próxima a un balcón con la puesta a tierra rota.

Lo que sí que está claro, es que si pretendemos hacer un alumbrado exterior nos encontraremos, tal y como hemos dicho antes con un punto límite, los 5 Kw. Por tanto, iremos poniendo ejemplos de aplicación directa.

► **Instalación nueva de AP con 3 Kw.** Éste es un caso fácil, la instalación se tendrá que hacer en su totalidad conforme al REBT'02. Cuando se produzca una **modificación**, por ejemplo de 1 Kw será, conforme al REBT'02 y también la efectuará una EIA. No tendrá inspección inicial de OCA, y tampoco inspecciones periódicas de OCA.



Imagen 7. Arqueta mal construida. Antes de poner los conductores, bajo la acción de la lluvia, la arqueta no drena.

Si como es habitual, se construye una acera nueva y, por tanto, se amplía ese alumbrado público desde ese centro de mando y control, pueden suceder dos cosas, que conviene reglamentariamente que se sepan:

- a) Si la ampliación es de sólo 1 Kw, no pasa nada ya que estamos por debajo de los 5 Kw, en concreto 4 Kw. No se necesitaría proyecto por TTC pero sí la presentación de una nueva MTD por EIA.
- b) Si se amplía en 3 Kw, se necesitaría, según dispone el REBT'02, de un **proyecto**, de una dirección técnica del TTC de una **inspección inicial** de OCA y, además, cada 5 años, de una **inspección periódica** de OCA, ya que su potencia instalada es 3+3 = 6 Kw y es mayor a los 5 Kw que marca el REBT'02.

Sigamos en nuestro análisis. Supongamos ahora una **instalación antigua de 3 KW**, con el Reglamento electrotécnico para baja tensión de 1973 (**REBT'73**). Ahora la cosa se complica:

- a) Supongamos que dicha instalación no se ha modificado. Por tanto, **NO** está sometida a **revisiones periódicas** ni **verificación reglamentaria alguna**, ya que es menor de 5 Kw.
- b) Si dicha instalación se amplía, tenemos que considerar dos puntos:

I. **Reforma o modificación de importancia.** Para ello el reglamento establece que son las que afectan a más del **50%** de su **potencia instalada**. Por tanto, en el momento que superáramos el 50% de 3 Kw, que es 1'5 Kw, la instalación (4'5 Kw) tendría que ser adaptada en su totalidad al REBT'02.

Ni que decir tiene, que la **“picaresca”** de hacer en pequeñas potencias las ampliaciones, queda fuera de la legislación vigente. También está contemplada esa posibilidad en el REBT'02. En el momento que la suma de las ampliaciones o modificaciones superaran los límites, debería aplicarse lo anterior.

II. Ampliación de la instalación inicial de 3 Kw. Reforma, modificación o reparación de importancia y encima superara los 5 Kw. Como puede ser una instalación de 3 Kw del REBT'73 que se amplía en 4 Kw (3+4 = 7 Kw). Éste es el caso, es reforma de importancia, es ampliación y por tanto, la instalación **en su totalidad** se tendría que adaptar al REBT'02, se tendría que presentar un **proyecto** de todo, y estaría sometida a **inspección inicial de OCA** y a sus **inspecciones periódicas** cada 5 años.

Evidentemente, el REBT'02 podía haber dejado más claro el tema de verificaciones e inspecciones periódicas y haber incluido un párrafo más que dijera...

Las instalaciones de alumbrado exterior independientemente de su potencia y del reglamento con el cual fueron autorizadas serán objeto de una VERIFICACIÓN periódica de forma anual.



Imagen 8. Conductor sin aislamiento de 0'6/1 Kv posado y alimentando alumbrado exterior. Posibilidad de contacto directo e indirecto.

2.5 Mantenimiento y normativa de apoyo a la empresa instaladora

Cuando hablamos de mantenimiento de una instalación, la gente no cualificada supone a veces que se trata de la acción de “echarle aceite al coche” un bricolaje o entretenimiento que le llaman en otras profesiones cercanas. Nada tiene que ver con ello cuando hablamos de legislación en materia de **seguridad industrial**. En eso es muy clara dicha legislación. Reproducimos una serie de puntos concretos de la misma:

► Lej 54/1997, de 27 de noviembre, del Sector Eléctrico. BOE número 285 de 28/11/1997 y sus modificaciones posteriores.

“Artículo 49 Potestad inspectora.”

Los órganos de la Administración Competente dispondrán, de oficio o a instancia de parte, la práctica de cuantas inspecciones y verificaciones se precisen para comprobar la regularidad y continuidad en la prestación de las actividades necesarias para el suministro, así como para garantizar la seguridad de las personas y de las cosas.”

► Lej 21/1992, de 16 de julio, de Industria. BOE número 285 de 28/11/1997 y sus modificaciones posteriores.

“Artículo 9. Objeto de la seguridad.”

1. La seguridad industrial tiene por objeto la prevención y limitación de riesgos, así como la **protección contra accidentes** y siniestros capaces de producir **daños** o perjuicios a las **personas**, flora, fauna, bienes o al medio ambiente, derivados de la actividad industrial o de la **utilización**, funcionamiento y **mantenimiento** de las **instalaciones** o equipos y de la producción, uso o consumo, almacenamiento o desecho de los productos industriales.

► Lej 38/1999, de 5 de noviembre, de Ordenación de la Edificación. BOE número 266 de 6/11/1999.

“Artículo 16. Los propietarios y los usuarios.

1. Son **obligaciones** de los **propietarios** conservar en buen estado la edificación mediante un adecuado uso y **mantenimiento**, así como recibir, conservar y transmitir la documentación de la obra ejecutada y los seguros y garantías con que ésta cuente.

2. Son **obligaciones** de los **usuarios**, sean o no propietarios, la **utilización** adecuada de los edificios o de parte de los mismos de

conformidad con las instrucciones de uso y **mantenimiento**, contenidas en la documentación de la obra ejecutada.”



Imagen 9. Alumbrado exterior con elementos con tensión, al paso por el balcón. Caja de fusible al alcance de la mano.

Y como legislación de desarrollo en baja tensión, solamente:

El Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el reglamento electrotécnico para baja tensión. BOE número 224 de 18/9/2002.

En este Reglamento, se introduce la figura de la inspección periódica a las instalaciones de especial consideración desde el punto de vista de la seguridad. Dichas inspecciones periódicas e iniciales, las efectúan los Organismos de Control autorizados y acreditados por ENAC (Entidad Nacional de Acreditación). Pero en cuanto al **usuario o titular** de la instalación sigue teniendo la **obligación de mantenerlas en buen estado**.

“RD 842/2002. Artículo 1. Objeto.

El presente Reglamento tiene por objeto establecer las condiciones técnicas y garantías que deben reunir las **instalaciones eléctricas** conectadas a una fuente de suministro en los límites de **baja tensión**, con la finalidad de:

- ▶ *Preservar la seguridad de las personas y los bienes.*
- ▶ *Asegurar el normal funcionamiento de dichas instalaciones y prevenir las perturbaciones en otras instalaciones y servicios.*
- ▶ *Contribuir a la fiabilidad técnica y a la eficiencia económica de las instalaciones.”*

Para ser conocedor de su instalación y poder mantener o mejor dicho usar dichas instalaciones, el usuario de cualquier instalación englobada dentro del REBT'02 recibir unas instrucciones de uso.

“Artículo 19. Información a los usuarios.

Como anexo al certificado de instalación que se entregue al titular de cualquier instalación eléctrica, la empresa instaladora deberá confeccionar unas instrucciones para el correcto uso y mantenimiento de la misma. Dichas instrucciones incluirán, en cualquier caso, como mínimo, un esquema unifilar de la instalación con las características técnicas fundamentales de los equipos y materiales

eléctricos instalados, así como un croquis de su trazado.”

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

Por tanto en las instalaciones de alumbrado público dispondremos de **inspecciones previas o iniciales**, antes de la puesta en marcha de la instalación por parte de un OCA, cuando la potencia de la instalación eléctrica supere los 5 Kw.

Así mismo se realizará una **inspección periódica** por OCA, en todas las instalaciones superiores a 5 Kw, en las que será necesario **mantener** las instalaciones en buen estado de funcionamiento por parte del **titular** de la Instalación.

Pero cierto es que....

Todos los alumbrados públicos, por el riesgo intrínseco que conllevan, tendrían que tener suscrito **CONTRATO DE MANTENIMIENTO** para verificar los puntos fundamentales en materia de seguridad

Para ello, debemos de distinguir entre verificación e inspección. Las Verificaciones las efectúan las Empresas Instaladoras Autorizadas y las inspecciones la propia Administración, cuando lo considere conveniente o en algunas materias delegadas a los OCA, como es el caso de los alumbrados públicos al inicio de la instalación y cada 5 años.

Por tanto se propone una Tabla 4 resumen de acciones, que el titular de los alumbrados exteriores o públicos, debiera de cumplir para la seguridad de las personas.

Tipo de instalación (Grupo según ITC-BT-04)	
Instalaciones de alumbrado exterior: destinadas a iluminar zonas de dominio público o privado:	Igualmente se incluyen las instalaciones de alumbrado de fachadas de edificios, de monumentos, cabinas telefónicas, kioscos públicos, marquesinas, carteles de señalización, parquímetros, aseos públicos, anuncios publicitarios, mobiliario urbano, señales de tráfico luminosas, balizas luminosas, así como otros receptores que se conecten a la red de alumbrado exterior.
(Grupo k según ITC-BT-04)	
Ejemplos: Autopistas, auto-vías, carreteras, avenidas, viales, calles, pasajes, caminos, paseos peatonales, plazas, parques y jardines.	
Potencia	
HASTA 5 KW	MAYOR DE 5 KW

Contrato de mantenimiento	
SIEMPRE	SIEMPRE
Verificación empresa instaladora	
SI	SI
Inspección inicial oca	
NO	SI
Inspección periódica (cada 5 años)	
NO	SI

Tabla 4. Propuesta de verificaciones e inspecciones para alumbrado de exteriores.

2.5 Verificaciones

Seguidamente, estableceremos una tabla a modo de comprobación, efectuada desde la normativa que establece la legislación de **OBLIGADO CUMPLIMIENTO** nacional, en referencia a la seguridad industrial en las instalaciones de alumbrado exterior. Se ha marcado la opción reglamentaria o más favorable desde el punto de vista de la seguridad. Se ha intentado hacer el resultado siempre en valor positivo, dejando la negación para casos excepcionales o de peligros.

ACCIÓN A REVISAR / VERIFICAR / INSPECCIONAR	Resultado favorable
CAMPO DE APLICACIÓN	
Instalación dentro del ámbito de aplicación de alumbrado exterior, destinadas a iluminar zonas de dominio público o privado, tales como autopistas, carreteras, calles, plazas, parques, jardines, pasos elevados o subterráneos para vehículos o personas, caminos, etc. Instalaciones que se conecten a la red de alumbrado exterior: mobiliario urbano (anuncios publicitarios, marquesinas, cabinas telefónicas, carteles de señalización, equipamientos diversos), edículos en vía pública (kioscos, aseos públicos), iluminación ornamental (iluminación de monumentos, fachadas de edificios, construcciones singulares, etc. que puede ser integrada en el monumento o accesible desde la vía pública), balizas luminosas (Soportes luminosos cuya función es el guiado visual tanto para la circulación de vehículos como de peatones), señalización luminosa no autónoma para la regulación de tráfico, así como otros receptores.	<input checked="" type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO

Instalación de piscinas, pediluvios, fuentes, instalaciones eléctricas temporales de ferias, exposiciones, muestras, stands, alumbrados festivos de calles, verbenas, instalaciones de alumbrado exterior de viviendas unifamiliares, cuando tengan menos de 5 puntos de luz exteriores, sin contabilizar los puntos de luz instalados en fachadas.

SI
 NO

ACOMETIDA	
La acometida es subterránea o aérea con cables aislados.	<input checked="" type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO
La acometida es con conductores aislados.	<input type="checkbox"/> SI <input checked="" type="checkbox"/> NO
El sistema de régimen de neutro es TT o TN.	<input checked="" type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO
Existe continuidad del neutro del transformador hasta el receptor de alumbrado.	<input checked="" type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO

DIMENSIONAMIENTO DE LAS INSTALACIONES	
En los cálculos se ha multiplicado por 1'8 la potencia en vatios que figura en la lámpara o tubo de descarga.	<input checked="" type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO
Se ha regulado el coseno de phi o factor de potencia de la lámpara o tubo de descarga hasta valores de 0'9 o mayor.	<input checked="" type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO
Si el reparto es trifásico, se ha repartido uniformemente las luminarias o lámparas entre las tres fases R S y T.	<input checked="" type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO
Se ha tenido en cuenta en los cálculos la caída de tensión máxima del 3% al origen de la instalación.	<input checked="" type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO
Se han tenido en cuenta medidas de ahorro y eficiencia energética en la instalación.	<input checked="" type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO

CUADROS DE PROTECCIÓN, MEDIDA Y CONTROL	
Existe protección individual de cada línea que sale del cuadro, con corte omnipolar del interruptor magnetotérmico.	<input checked="" type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO

Existe protección diferencial con cada línea que sale del cuadro. SI
 NO

Existe protección contra sobretensiones de los receptores de la instalación (a determinar por el TTC o EIA, en general para instalaciones fuera del núcleo urbano, se aconseja su instalación). SI
 NO

Los interruptores automáticos diferenciales, tienen de sensibilidad 10, 30 ó 300 mA como máximo. SI
 NO

En caso de que el diferencial instalado sea de 500 mA, la puesta a tierra de todos los báculos, en las peores condiciones (día seco, etc.) es menor de 5 ohmios. SI
 NO

En caso de que el diferencial instalado sea de 1 A, la puesta a tierra de todos los báculos, en las peores condiciones (día seco, etc.) es menor de 1 ohmio. SI
 NO

Existe accionamiento manual del encendido de las lámparas o tubos de descarga. SI
 NO

Existe encendido por cédula fotoeléctricas, reloj astronómico o similar de la instalación. SI
 NO

El grado de protección del cuadro es IP55 e IK10. SI
 NO

Dispone el cuadro de cierre y apertura con solo útiles especiales (cuadrado, triangular, etc.). SI
 NO

Si el cuadro es metálico está conectado a tierra. SI
 NO

La altura del cuadro en su parte más baja está situado entre 30 y 200 cm. SI
 NO

REDES DE ALIMENTACIÓN

CABLES

Los cables o conductores de alimentación son multipolares (manguera) o unipolares (un solo cable por fase). SI
 NO

La tensión nominal o asignada del cable es 0'6/1 Kv. SI
 NO

El conductor neutro alimenta a otros circuitos RST. SI
 NO

Los conductores de alimentación son de cobre o aluminio. SI
 NO

Los conductores aéreos si existen, son aislados. SI
 NO

La sección de las líneas de distribución son de secciones 6,10,16 ó 25 mm². SI
 NO

REDES SUBTERRÁNEAS

Todos los conductores subterráneos van bajo tubo y en zanja. SI
 NO

Todos los tubos van a una profundidad mínima de 40 cm por debajo del suelo. SI
 NO

Para los cruzamientos el tubo está como mínimo a 50 cm bajo el suelo. SI
 NO

El diámetro del tubo es de mínimo 60 mm. SI
 NO

Lleva cinta de señalización la canalización enterrada. SI
 NO

La cinta de señalización está comprendida entre 10 y 25 cm por encima del tubo. SI
 NO

En los cruzamientos con la calzada se ha previsto un tubo de reserva. SI
 NO

En los cruzamientos los conductores y el tubo van en instalación hormigonada. SI
 NO


La sección mínima de los conductores de distribución es de 6 mm². SI
 NO

Las secciones del conductor neutro en cobre se corresponden con 6 F y 6 N; 10 F y 10 N; 16 F y 10 N; 25 F y 16 N. SI
 NO

Las secciones del conductor neutro en aluminio se corresponden con 16 mm² para la fase y neutro. SI
 NO

Los conductores son de VV policloruro de vinilo o RV polietileno reticulado. SI
 NO

La intensidad máxima admisible de los conductores enterrados de cobre está por debajo de la siguiente tabla. SI
 NO

SECCIÓN NOMINAL mm ²	Terna de cables unipolares (1) (2)		1 cable tripolar o tetrapolar (3)	
				
	TIPO DE AISLAMIENTO			
	XLPE	PVC	XLPE	PVC
6	58	50	53	45
10	77	68	70	60
16	100	88	92	78
25	128	112	120	100
35	152	136	144	120

Los empalmes y las derivaciones de los conductores están hechos dentro de cajas estancas IP X7 y situadas dentro de la base de la luminaria. SI
 NO

Los empalmes y las derivaciones están dentro de arquetas registrables, con cinta vulcanizada o similar, que se garantice su estanqueidad. SI
 NO

Los empalmes y derivaciones, están por encima del nivel del suelo o cota inundable por lo menos 30 cm. SI
 NO

La arqueta dispone de drenaje, o tiene grava gruesa en el fondo o similar que garantice su drenaje. SI
 NO

Los conductores están sellados en las arquetas con poliuretano o similar. SI
 NO

REDES AÉREAS

Si los conductores van sobre fachada son de tensión nominal 0'6/1 Kv. SI
 NO

Guardan distancias de seguridad a balcones, ventanas, terrazas y en general a sitios accesibles con normalidad. SI
 NO

Los cables tensados sobre apoyos llevan neutro fiador o fiador de acero. SI
 NO

Las secciones de todos los conductores aéreos sobre fachada o poste es como mínimo de 4 mm². SI
 NO

La sección mínima para los conductores de control y sistemas auxiliares es como mínimo de 2'5 mm². SI
 NO

En general los conductores posados deberá respetar una altura mínima al suelo de 2'5 metros. SI
 NO

Los conductores posados sobre fachada serán de tipo RZ o cuando estén bajo tubo o canal protector de VV-K o RV-K SI
 NO

Las intensidades máximas medidas en los conductores sobre fachada o aéreos estarán por debajo de los siguientes valores. SI

Aplicar valores correctores de 0'9 para exposición directa al sol. NO

Número de conductores por sección mm ²	Intensidad máxima en A	
	Posada sobre fachada	Tendida con fiador de acero
2 x 4 Cu	45	50
4 x 4 Cu	37	41
2 x 6 Cu	57	63
4 x 6 Cu	47	52
2 x 10 Cu	77	85
4 x 10 Cu	65	72
4 x 16 Cu	86	95

En las proximidades de aberturas en fachadas deben respetarse las siguientes distancias mínimas:

- Ventanas: 30 cm al borde superior de la abertura y 50 cm al borde inferior y bordes laterales de la abertura.
- Balcones: 30 cm al borde superior de la abertura y 100 cm a los bordes laterales del balcón.

SI
 NO

Distancia mínima de 5 cm a los elementos metálicos presentes en las fachadas, tales como escaleras, a no ser que el cable disponga de protección.

SI
 NO

La distancia mínima de los conductores aéreos será de 4 m.

SI
 NO

BÁCULOS Y SOPORTES DE LUMINARIAS

CARACTERÍSTICAS

Los soportes y báculos de las luminarias son resistentes a la acción de la intemperie y están protegidos contra la entrada de lluvia y la acumulación de agua por condensación.

SI
 NO

Los anclajes, cimentaciones, teniendo en cuenta la acción más desfavorable del viento tiene un coeficiente de seguridad no inferior a 2'5.

SI
 NO

Los báculos y soportes tienen el marcado "CE" colocado al menos en uno de los siguientes lugares: en el propio báculo, en una etiqueta adherido al mismo, en su embalaje o en la documentación que se adjunta con él.

SI
 NO

La parte inferior de la puertezuela o trampilla del báculo debe abrirse con útiles especiales.

SI
 NO

La parte inferior de la puertezuela o trampilla del báculo debe estar como mínimo a 30 cm sobre la rasante del suelo para evitar el contacto con el agua.

SI
 NO

La parte inferior de la puertezuela o trampilla del báculo debe ser IP 3X e IK 08.

SI
 NO

Cada báculo o luminaria lleva protección independiente contra sobre cargas y cortocircuitos.

SI
 NO

Los equipos eléctricos situados en el interior de la trampilla o puertezuela tienen un IP 44 e IK 10.

SI
 NO

El borne de puesta a tierra del báculo se ve correctamente sujeto a él.

SI
 NO

INSTALACIÓN ELÉCTRICA

Los conductores eléctricos en el interior de los báculos y soportes de las luminarias tienen una sección mínima de 2'5 mm².

SI
 NO

Los conductores eléctricos en el interior de los báculos y soportes de las luminarias tienen una tensión nominal de 0'6/1 Kv como mínimo.

SI
 NO

En los puntos de entrada de los cables al interior de los soportes, los cables tienen una protección suplementaria de material aislante mediante la prolongación del tubo u otro sistema que lo garantiza.

SI
 NO

La conexión a los terminales, está hecha de forma que no ejerce sobre los conductores ningún esfuerzo de tracción.

SI
 NO

Para las conexiones de los conductores de la red con los del soporte, se utilizan elementos de derivación que contienen los bornes apropiados, en número y tipo, así como los elementos de protección necesarios para el punto de luz.

SI
 NO

LUMINARIAS

INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE LUMINARIAS SUSPENDIDAS

Tiene las luminarias un grado de protección mínimo de IP 23.

SI
 NO

Si los arrancadores, balasto o condensador vienen o NO puestos por el fabricante, se ha revisado su correcta instalación.

SI
 NO

En zonas industriales, urbanas o cerca de la costa los valores para el compartimiento óptico son IP 66.

SI
 NO

En zonas industriales, urbanas o cerca de la costa los valores para el para el alojamiento del equipo auxiliar IP44 mínimo..

SI
 NO

Las partes frágiles de la luminaria (cierres de vidrio, metacrilatos, etc.) son IK 04 como mínimo.

SI
 NO

El resto de las partes de la luminaria son IK 05 como mínimo.

SI
 NO

Si las luminarias están colocadas a menos de 1'5 m del suelo el grado IK es mínimo 08.

SI
 NO

Para luminarias suspendidas, los conductores son flexibles.

SI
 NO

Se han utilizado elementos IP X3 para la conexión de las luminarias.

SI
 NO

Los conductores empleados son VV-K (aislamiento y cubierta de policloruro de vinilo) o RV-K (polietileno reticulado para el aislamiento y policloruro de vinilo para la cubierta).

SI
 NO

EQUIPOS ELÉCTRICOS DE LOS PUNTOS DE LUZ

El equipo eléctrico utilizado en montaje exterior tiene un grado mínimo de IP 54 e IK 08.

SI
 NO

El equipo eléctrico utilizado van instalados a una altura mínima de 2'5 m sobre el nivel del suelo.

SI
 NO

Los cables entran y salen por la parte inferior de la envolvente.

SI
 NO

Existe una protección contra sobre intensidades y cortocircuitos para cada punto de luz (fusible o magnetotérmico).

SI
 NO

Existe un elemento que compense la energía reactiva y el valor del factor de potencia sea como mínimo de 0'9).

SI
 NO

PROTECCIÓN CONTRA CONTACTOS DIRECTOS E INDIRECTOS

Las luminarias son de clase I o clase II.

SI
 NO

Las partes metálicas accesibles (a menos de 2'5 m) están colocadas a tierra correctamente.

SI
 NO

Las luminarias instaladas a menos de 3 m requieren útiles especiales para acceder a su interior.

SI
 NO

Alrededor y a menos de 2 m, existen partes metálicas como kioscos, cabinas de teléfono, etc. En este caso están conectadas a tierra dichas partes metálicas

SI
 NO

Alrededor y a menos de 2 m, existen partes metálicas como kioscos, cabinas de teléfono, etc. En este caso tiene interruptor diferencial de 30 mA dichas instalaciones.

SI
 NO

Alrededor y a menos de 2 m, existen partes metálicas como kioscos, cabinas de teléfono, etc. En este caso tiene protección contra sobre intensidades, adecuada a la sección de alimentación dichas instalaciones.

SI
 NO

Alrededor y a menos de 2 m, existe otro báculo. En dicho caso deben de quedar conectados equipotencialmente.

SI
 NO

Si la luminaria es de clase I, está conectada a tierra con conductor mínimo de 2'5 mm² y de tensión asignada mínimo 450/750 V.

SI
 NO

PUESTA A TIERRA

Existe una/s pica/s de puesta a tierra en el primer y último báculo del alumbrado exterior.

SI
 NO

Existe una/s pica/s de puesta a tierra máximo cada 5 báculos. SI NO

Se garantiza mediante cálculos que la tensión de defecto en el caso más desfavorable es de 24 V. SI NO

La tierra de conductor desnudo a aislada es común para todas las líneas que parten del mismo cuadro. SI NO

El conductor de puesta a tierra que une las picas de puesta a tierra entre si es de una sección de 35 mm² para conductor desnudo y va en contacto con el terreno (fuera del tubo). SI NO

El conductor de puesta a tierra que une las picas de puesta a tierra entre si es de una sección de 16 mm² para conductor aislado y va dentro del tubo. SI NO

El conductor de protección que une cada soporte con el electrodo o con la red de tierra, es de cable unipolar aislado, de tensión asignada 450/750 V, con recubrimiento de color verde-amarillo y de sección mínima de 16 mm² de cobre. SI NO

Tabla 5. Propuesta de verificaciones o puntos básicos o comprobar en una instalación de alumbrado exterior.

2.6 Medidas a efectuar en las instalaciones de alumbrado público

En este punto, se quiere indicar las principales mediciones que debe efectuar una empresa instaladora o mantenedora de instalaciones eléctricas a las instalaciones de alumbrado exterior. Las posibles tipologías pueden variar, así como en unos casos puede ser importantes las que se van a enumerar y describir, pero en otras circunstancias la trascendencia podría variar e importar más otras medidas o verificaciones.

1. Medida de continuidad de los conductores de protección.
2. Medida de la resistencia de puesta a tierra.
3. Medida de la resistividad del terreno.
4. Medida de la resistencia de aislamiento de los conductores.
5. Medida de las corrientes de fuga.
6. Comprobación de la intensidad de disparo de los diferenciales.
7. Medida de la impedancia de bucle

2.6.1 Medida de continuidad de los conductores de protección.

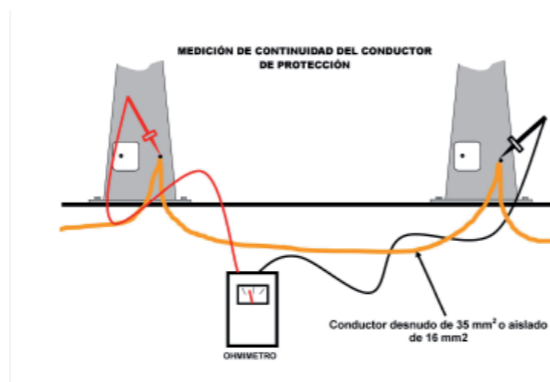


Imagen 10. Medición de la continuidad del conductor de protección.

Esta es una comprobación (imagen 10) fundamental que debe efectuarse en todos los báculos de la instalación de alumbrado público. Debemos efectuar dicha medición preferentemente sin tensión. Consiste, mediante un polímetro de precisión (ohmímetro), en comprobar que efectivamente existe continuidad en el conductor de protección. Con el valor de dicha medición y como sabemos las conductividades del cobre, podemos calcular fácilmente los metros de conductor que tenemos de puesta a tierra. Así y como elemento fundamental de la medición, saber si la conexión entre el conductor "terminal" de 35 mm² y el báculo sigue en buen estado.

Técnicamente consiste en aplicar una corriente continua del orden de unos 0,2 amperios y un pequeño voltaje de continua. Con estos dos valores, deduciremos fácilmente y leeremos en pantalla el valor de la resistencia total del conductor de conexión equipotencial.

2.6.2 Medida de la resistencia de puesta a tierra

Esta es una comprobación (imagen 11) muy importante y en orden de darle una puntuación, la primera. Tanto es así, que el REBT'02 en la ITC BT 18 establece una **periodicidad de medida anual**:

"Personal técnicamente competente efectuará la comprobación de la instalación de puesta a tierra, al menos anualmente, en la época en la que el terreno esté más seco. Para ello, se medirá la resistencia de tierra, y se repararán con carácter urgente los defectos que se encuentren."

¿Pero, cuántos titulares de instalaciones de baja tensión y más de alumbrado exterior solicitan que una empresa instaladora de baja tensión le revisen las puestas a tierra de sus instalaciones anualmente?

Esta medición es obligatoria efectuarla por la empresa instaladora de baja tensión antes de la puesta en marcha de la instalación y en presencia del director facultativo para instalaciones de más de 5 Kw.

Evidentemente lo que propone el REBT'02 de valores máximos de puesta a tierra de 1, 30 ohmios, etc. es en condiciones más desfavorables. Es por ello que se **debe hacer mediciones periódicas de las puestas a tierra**. El REBT'02 propone cada año dicha medición, **"ACERTADAMENTE"**.

Seguidamente diremos, de forma práctica y sin entrar en tecnicismos la forma de proceder con dicha medición.

Para ello emplearemos un aparato llamado telurómetro, inyectando una corriente alterna que entra por la puesta a tierra del mismo báculo y retorna por los electrodos o picas de puesta a tierra.

Debe tenerse en cuenta que las distancias entre los electrodos sean del orden de los 20 metros y clavar suficientemente las picas y de la forma más recta posible entre ellas.

Conocida la corriente entrante I y medida la tensión entre el báculo PT y la pica A, podemos deducir el valor de la puesta a tierra en la pantalla del telurómetro. **Un valor empleado frecuentemente en la práctica es de 10 a 12 Ω , aún con diferenciales de 30 mA.**

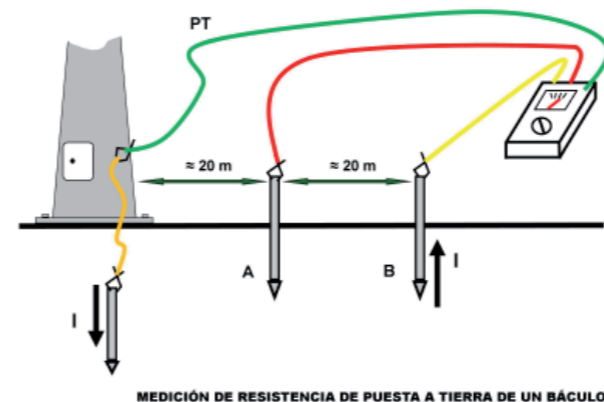


Imagen 11. Medición del valor de puesta a tierra del báculo de un alumbrado exterior.

2.6.3 Medida de la resistividad del terreno

Esta medición (Imagen 12), debe ser previa a todas. Con ella podemos calcular el número de picas necesarias a instalar. Sin una medición de este valor, debemos ser expertos en tipología de terrenos, para acertar en los cálculos.

Consiste en clavar cuatro picas más o menos de forma lineal o sea de la manera más recta posible e hincada a la misma profundidad y mediante un aparato, en pantalla, nos dará el valor final de la resistividad.

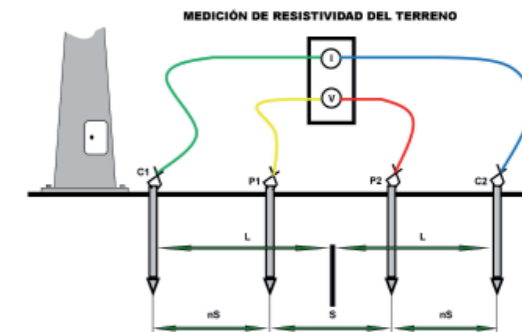


Imagen 12. Método Wenner o de las 4 picas para la medición de la resistividad del terreno.

Para ello el aparato inyecta una corriente por los electrodos exteriores C₁ y C₂ generalmente de corriente alterna y se toma lectura de la tensión entre P₁ y P₂.

Para que el método de medición funcione, es necesario que las distancias L sean grandes y nS y S prácticamente iguales.

2.6.4 Medición de la resistencia de aislamiento

Para ello (imagen 13), es bueno hacer esta medida en distancias no superiores a 100 metros. Por tanto, desconectaremos los fusibles del báculo en esas longitudes. Es fundamental en esta medición, no tener los receptores conectados, pueden sufrir daños. Se hará una vez pasados los conductores por las canalizaciones e inmediatamente antes de poner las lámparas y sin tensión.

El aparato empleado se suele llamar megóhmetro y en realidad lo que mide es una resistencia de aislamiento entre conductores inyectando una corriente continua. Para una mejor lectura el conductor neutro, debe estar desconectado de tierra (refuerzos de neutro, etc.).

La medida de la resistencia de aislamiento de la instalación eléctrica tiene como finalidad comprobar que siguen estando en buen estado los conductores y sus aislantes. Su verificación ayuda a excluir la posibilidad de un cortocircuito o de una derivación a tierra.

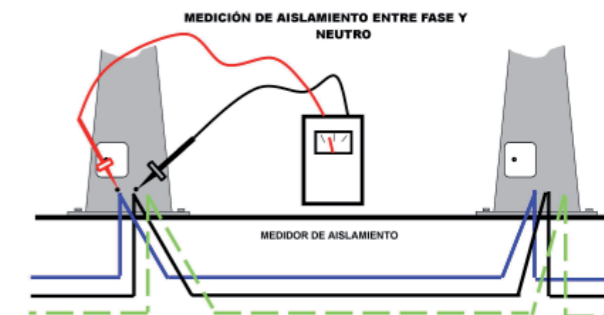


Imagen 13. Medición del aislamiento entre conductores.

El valor obtenido debe ser como mínimo de 500 ohmios para tensiones de 400 V entre fases o tensión compuesta, y 230 V de tensión simple o entre fase y neutro.

2.6.5 Medición de la corriente de fuga

Es conveniente (Imagen 14), sobre todo en alumbrados públicos, efectuar esta verificación. Con ésta podemos detectar si una instalación tiene un defecto de aislamiento que haga que posteriormente los interruptores diferenciales salten por corrientes de fuga. Puede darse el caso de que no exista defecto en la instalación y se produzca el disparo de su interruptor diferencial por un exceso de corrientes de fuga.

Para dicha medición, es necesario disponer de una pinza amperimétrica con precisión (mA). La medida se hace "pinzando" la fase y el neutro. Lo que realmente se hace es una suma vectorial, si la resultante no es cero, existe una fuga en la instalación.

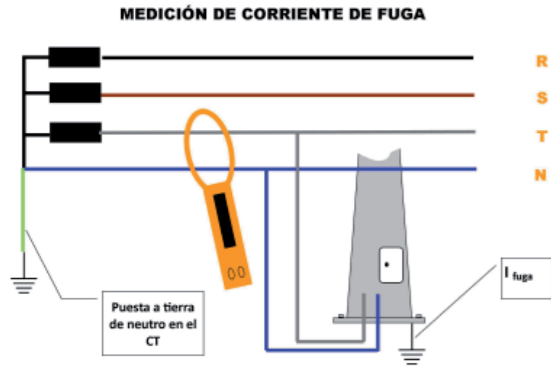


Imagen 14. Comprobación con una pinza amperimétrica de precisión la existencia de corriente de fuga.

2.6.6 Comprobación de los interruptores diferenciales

Para comprender esta medición, debemos de explicar algunos términos básicos. Los sistemas de distribución convencionales en alumbrados públicos son los TT, dejando para otros tipos los IT, TN, etc. asociados a interruptores diferenciales, para la protección contra contactos indirectos.

En esta tipología de instalación debemos de cumplir:

$$R_A \cdot I_N = U_L$$

R_A : es la suma de las resistencias de la toma de tierra de la instalación y de los conductores de protección de las masas.

I_N : es la corriente que asegura el funcionamiento automático del ID, esto es, su sensibilidad nominal o más técnicamente, su corriente diferencial-residual asignada.

U_L : es la tensión de contacto límite convencional (50 V, 24 V, u otras, según los casos).

La comprobación de diferenciales se hace con un aparato especial para ello. **No es significativo apretar el botón de prueba de dicho interruptor diferencial y afirmar que está bien.** Es necesario ensayarlo en relación con el tiempo de respuesta del mismo (Imagen 15).

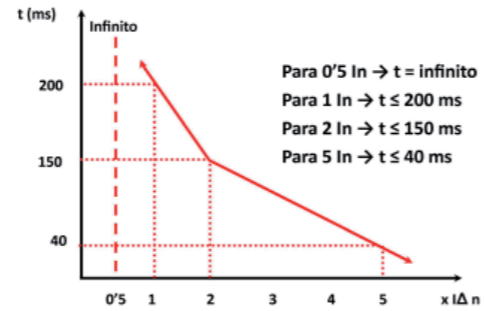


Imagen 15. Curva I-t característica de respuesta de un interruptor automático diferencial.

Para hacer la prueba, el aparato conecta, por ejemplo, al cuadro de mando, en un enchufe con toma de tierra lateral, estando la instalación en servicio. Cuando el diferencial dispare, el aparato nos indicará en el tiempo en el que lo ha hecho en milisegundos (ms).

Las pruebas que se suelen hacer con una semionda positiva (prueba a 0°) y con corrientes de defecto que comienzan en la semionda negativa (prueba a 180°).

Las pruebas habituales para comprobar el funcionamiento de un diferencial del tipo general son las siguientes:

- ▶ Se inyecta una intensidad mitad de la intensidad diferencial residual asignada, con un ángulo de fase de corriente respecto de la onda de tensión de 0°, y el diferencial no debe disparar.
- ▶ Se repite la prueba anterior con un ángulo de fase de 180° y el diferencial no debe disparar.
- ▶ Se inyecta una intensidad igual la intensidad diferencial residual asignada, con un ángulo de fase de corriente respecto de la onda de tensión de 0°, y el diferencial debe disparar en menos de 200 ms.
- ▶ Se repite la prueba anterior con un ángulo de fase de 180° y el diferencial debe disparar en menos de 200 ms.
- ▶ Se inyecta una intensidad igual al doble de la intensidad diferencial residual asignada, con un ángulo de fase de corriente respecto de la onda de tensión de 0°, y el diferencial debe disparar en menos de 150 ms.
- ▶ Se repite la prueba anterior con un ángulo de fase de 180° y el diferencial debe disparar en menos de 150 ms.
- ▶ Se inyecta una intensidad igual a cinco veces la intensidad diferencial residual asignada, con un ángulo de fase de corriente respecto de la onda de tensión de 0°, y el diferencial debe disparar en menos de 40 ms.
- ▶ Se repite la prueba anterior con un ángulo de fase de 180° y el diferencial debe disparar en menos de 40 ms.

2.6.7 Medida de la impedancia de bucle

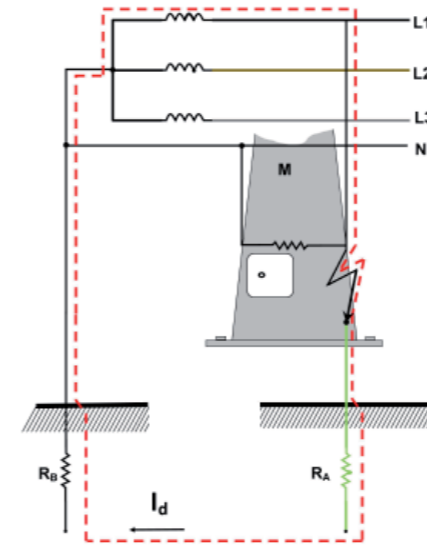


Imagen 16. Medida de la impedancia de bucle en una instalación de alumbrado exterior.

Esta medida (imagen 16 e imagen 17) en los alumbrados públicos es vital. Con ello se comprueba el correcto funcionamiento de las instalaciones eléctricas frente a contactos indirectos, que son los más habituales en alumbrados públicos. El valor máximo de tensión de contacto para los alumbrados exteriores es de 24 voltios. Este sistema de medida, también sirve para conocer el valor de la puesta a tierra. Lo único es que debemos saber lo que estamos midiendo, que es en realidad la resistencia de bucle.

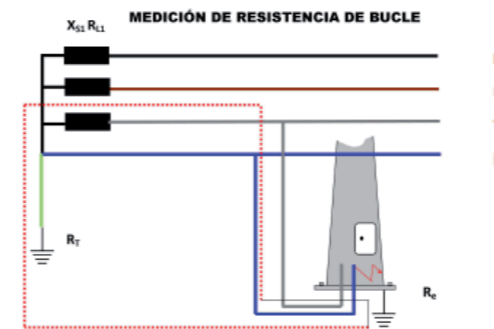


Imagen 17. Medición de la resistencia de bucle en una instalación de alumbrado exterior.

Por tanto lo que estamos midiendo es la resistencia 2 de bucle $R_B = R_E + R_T + X_{SI} + R_{LI}$. Este método es bueno también para detectar valores de resistencia de puesta a tierra de neutro en el centro de transformación, ya que si la puesta a tierra del báculo, medida con un telurómetro es buena y con un medidor de resistencia de bucle la resistencia es alta, su significado es que la puesta a tierra del neutro del transformador es mala.

2 Hemos despreciado en el cálculo el valor de la Reactancia inductiva del conductor de puesta a tierra

3.1. Introducción

El Real Decreto 1890/2008, de 14 de noviembre aprueba el Reglamento de Eficiencia Energética en Instalaciones de Alumbrado Exterior (REEIAE) y sus Instrucciones técnicas complementarias EA-01 a EA-07:

- ▶ ITC-EA-01: Eficiencia energética.
- ▶ ITC-EA-02: Niveles de iluminación .
- ▶ ITC-EA-03: Contaminación luminosa.
- ▶ ITC-EA-04: Componentes.
- ▶ ITC-EA-05: Documentación técnica, verificaciones e inspecciones.
- ▶ ITC-EA-06: Mantenimiento.
- ▶ ITC-EA-07: Mediciones.

El 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:

- ▶ a) Mejorar la eficiencia y ahorro energético, así como la disminución de las emisiones de gases de efecto invernadero.
- ▶ b) Limitar el resplandor luminoso nocturno o contaminación luminosa y reducir la luz intrusa o molesta.

Su ámbito de aplicación son 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, que son las 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.

El reglamento considera los siguientes tipos de alumbrado:

- ▶ a) Vial (funcional y ambiental).
- ▶ b) Específico.
- ▶ c) Ornamental.

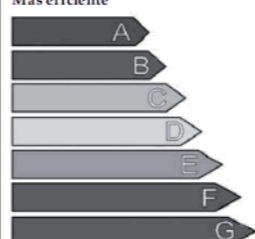
- ▶ d) Vigilancia y seguridad nocturna.
- ▶ e) Señales y anuncios luminosos
- ▶ f) Festivo y navideño.

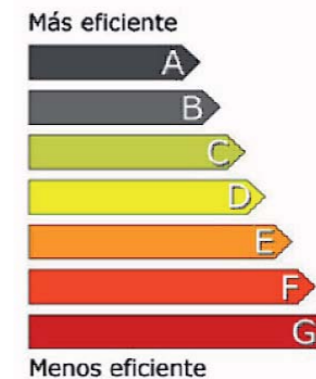
3.2. Índice de consumo energético (ICE).

La ITC-EA-01 del REEIAE recoge que todas las instalaciones de alumbrado exterior deben tener 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. Entre la información que se debe entregar a los usuarios de la instalación 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:

3.2.1. Definiciones

Calificación Energética de las Instalaciones de Alumbrado	
<p>Más eficiente</p>  <p>Menos eficiente</p>	
<p>Instalación:</p> <p>Localidad / calle:</p> <p>Horario de funcionamiento:</p> <p>Consumo de energía anual (kWh/año):</p> <p>Emisiones de CO₂ anual (kgCO₂/año):</p> <p>Índice de eficiencia energética (I_{ϵ}):</p> <p>Iluminancia media en servicio E_m (lux):</p> <p>Uniformidad (%):</p>	



Para poder calcular el índice de consumo energético de la instalación (ICE) es necesario conocer los diferentes factores que afectan a la eficiencia energética de una instalación de alumbrado exterior.

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.

Siendo:

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

\mathcal{E} = eficiencia energética de la instalación de alumbrado exterior.

$$\left(m^2 \cdot \frac{\text{lux}}{W} \right)$$

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

\mathcal{E}_L = eficiencia de la lámparas y equipos auxiliares $(lum/w \left(\frac{m^2 \text{ lux}}{W} \right) =)$

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

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

$$\mathcal{E} = \mathcal{E}_L \cdot f_m \cdot f_u \left(\frac{m^2 \text{ lux}}{W} \right)$$

3.2.2 Requisitos mínimos

Dependiendo del tipo de vial, es decir, si es vial funcional o ambiental será necesario consultar unas tablas u otras con la finalidad de conocer la eficiencia energética mínima que tenemos que cumplir en relación a la iluminancia media en servicio de la instalación en cuestión. En este sentido, el REEIAE clasifica las instalaciones de alumbrado vial en:

- ▶ Instalaciones de alumbrado vial funcional.
- ▶ Instalaciones de alumbrado vial ambiental.

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, es decir de acuerdo a la siguiente clasificación:

Clasificación	Tipo de vía	Velocidad del tráfico rodado (km/h)
A	de alta velocidad	$v > 60$
B	de moderada velocidad	$30 < v \leq 60$

Los requisitos mínimos de eficiencia energética, que deberán cumplir las instalaciones de alumbrado vial funcional, con independencia del tipo de lámpara, pavimento y de las características o geometría de la instalación son las que recoge la Tabla 1 de la ITC-EA-01:

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
$\leq 7,5$	9,5

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

Instalaciones de alumbrado vial ambiental

Las denominadas instalaciones de alumbrado vial ambiental son las que se ejecutan 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., y son las consideradas en la Instrucción Técnica Complementaria ITC-EA-02 como situaciones de proyecto C, D y E.

Clasificación	Tipo de vía	Velocidad del tráfico rodado (km/h)
C	Carriles bici	--
D	de baja velocidad	$5 < v \leq 30$
E	vías peatonales	$v \leq 5$

Las instalaciones de alumbrado vial ambiental, con independencia del tipo de lámpara y de las características o geometría de la instalación o de las 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 siguiente tabla:

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 obtendrá por interpolación lineal.

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.

Instalaciones de alumbrado festivo y navideño

La potencia asignada de las lámparas incandescentes utilizadas para este tipo de instalaciones de alumbrado 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.

3.2.3. Calificación energética de las instalaciones de alumbrado

Las instalaciones de alumbrado exterior, excepto las de alumbrados de señales y anuncios luminosos, festivo y navideño, 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 (\mathcal{E}) y el valor de la eficiencia energética de referencia (\mathcal{E}_R) en función del nivel de iluminancia media en servicio proyectada, tal como recoge la siguiente Tabla:

$$I_E = \frac{\mathcal{E}}{\mathcal{E}_R}$$

Alumbrado vial funcional		Alumbrado vial ambiental y otras instalaciones de alumbrado	
Iluminancia media en servicio proyectada E_m (lux)	Eficiencia energética de referencia $\left(\frac{m^2 \cdot lux}{W}\right)$	Iluminancia media en servicio proyectada E_m (lux)	Eficiencia energética de referencia $\left(\frac{m^2 \cdot lux}{W}\right)$
≥ 30	32	--	--
25	29	--	--
20	26	≥ 20	13
15	23	≥ 20	11
10	18	10	9
$\leq 7,5$	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 obtendrá por interpolación lineal.

Por último tras calcular el I_E tan sólo queda por determinar el Índice de Consumo de la Instalación (ICE) y cumplimentar la etiqueta con los datos que caracterizan el consumo de energía de la instalación, tal como se ha descrito al comienzo de este apartado.

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

En la siguiente tabla quedan recogidos los valores definidos por las respectivas letras de consumo energético, en función de los índices de eficiencia energética declarados.

Tabla eficiencia energética

Clasificación 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 $\geq 5,00$	$I_E \leq 0,20$

3.2.4. Datos a completar en la memoria técnica de diseño

En la página 2 de la Memoria Técnica de Diseño (MDT) para instalaciones incluidas en el RD 1890/2008 de eficiencia energética, aparecen los apartados a cumplimentar con diferentes parámetros recogidos en el REEIAE.

En el apartado C-9 se ha de indicar la relación de luminarias, lámparas y equipos auxiliares que forman parte de la instalación de alumbrado indicando para cada uno de ellos la potencia, la eficiencia energética de las lámparas y equipos auxiliares, así como el rendimiento de las luminarias.

En el apartado C-10, punto 10.1, se ha de cumplimentar para alumbrado exterior y fuentes, entre otros parámetros los siguientes:

- ▶ F_u : factor de utilización de la instalación.
- ▶ FHS_{msl} : flujo hemisférico superior instalado.
- ▶ F_m : factor de mantenimiento.
- ▶ Cálculo de la eficiencia energética de la instalación (ver los dos ejemplos de cálculo en los siguientes apartados).
- ▶ Calificación energética de la instalación que es la letra asociada al ICE (índice de consumo energético de la instalación) y que puede ser A, B, C, D, E, F y G, siendo A la de mayor eficiencia y la G la de menor eficiencia. (ver los dos ejemplos de cálculo en los siguientes apartados).
- ▶ 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 y molesta.

RELACION DE LUMINARIAS, LÁMPARAS Y EQUIPOS AUXILIARES			
TIPO (1)	POTENCIA	EFICIENCIA DE LÁMPARAS Y EQUIPOS AUXILIARES	RENDIMIENTO DE LUMINARIAS
(1) Indicar si se trata de luminaria, lámpara o equipo auxiliar.			
C-10 CARACTERÍSTICAS GENERALES			
10.1 PARA ALUMBRADO EXTERIOR Y FUENTES			
Factor de utilización de la instalación (Iu):	Factor de mantenimiento de la instalación (fm):		
Flujo hemisférico superior instalado (FHSinst):	<input type="checkbox"/> Oposición <input type="checkbox"/> Trespiloto <input type="checkbox"/> Unilateral <input type="checkbox"/> Otros:		
Cálculo de la eficiencia energética de la instalación:	Disposición espacial de las luminarias		
Calificación energética de la instalación:	Régimen de funcionamiento previsto:		
Descripción de los sistemas de accionamiento de la instalación:			
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 y molesta:			
10.2 PARA ALUMBRADO FESTIVO Y NAVIDEÑO			
Porcentaje de la potencia instalada correspondiente a lámparas incandescentes convencionales:			
Potencia de las lámparas incandescentes utilizadas:			
Anchura de la calle:	Potencia máxima instalada, por unidad de superficie de calle:		

3.2.5. Ejemplo de cálculo del índice de consumo energético de la instalación de alumbrado de un vial funcional

Dada una instalación de alumbrado vial funcional de velocidad moderada y con una superficie de 800 m², con una potencia total instalada de 1043,478 W y una iluminación media en servicio de la instalación de 30 Lux.

Se pide obtener:

- ▶ a) Clasificación del tipo de vía.
- ▶ b) Comprobar si la instalación cumple los requisitos de Eficiencia Energética Mínima.
- ▶ c) Calificación Energética de la instalación.

Solución:

- ▶ a) Clasificación del tipo de vía

Teniendo en cuenta los datos del enunciado nos damos cuenta que este apartado se resolverá directamente en la tabla de clasificación y tipo de vía del REEIAE:

Clasificación	Tipo de vía	Velocidad del tráfico rodado (km/h)
A	de alta velocidad	v > 60
B	de moderada velocidad	30 < v ≤ 60

- ▶ b) Comprobamos si la instalación cumple los requisitos de Eficiencia Energética Mínima utilizando la fórmula que nos proporciona la ITC -EA-01 del REEIAE:

$$\mathcal{E} = \frac{S \cdot E_m}{P} = \frac{800 \cdot 30}{1043.478} = 23 \left(\frac{\text{m}^2 \text{ lux}}{\text{W}} \right)$$

Una vez hemos obtenido este dato, nos iremos a comprobar si cumple a la Tabla de requisitos mínimos de eficiencia energética, que deberán cumplir las instalaciones de alumbrado vial funcional, correspondiente a la tabla 1 de la ITC-EA-01:

Iluminancia media en servicio E _m (lux)	eficiencia energética mínima $\left(\frac{\text{m}^2 \text{ lux}}{\text{W}} \right)$
≥ 30	22
25	20
20	17,5
15	15
10	12
≤ 7,5	9,5

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

En este caso nuestra instalación cumple, por poco, con los requisitos de Eficiencia Energética Mínima (22 < 23)

- ▶ c) Obtención de la Calificación Energética de la instalación.

- El procedimiento sería el siguiente:
- 1- Obtener índice de eficiencia energética (I^ε).
 - 2- Índice de Consumo Energético (ICE).
 - 3- Clasificación.

1-Obtención del índice de eficiencia energética:

$$I_{\mathcal{E}} = \frac{\mathcal{E}}{\mathcal{E}_R}$$

ε = eficiencia energética de la instalación de alumbrado exterior.

ε_R = eficiencia energética de referencia.

Lo obtendremos mirando la Tabla Valores de eficiencia energética de referencia, correspondiente a la Tabla 3 de la ITC-EA-01 del REEIAE:

Alumbrado vial funcional		Alumbrado vial ambiental y otras instalaciones de alumbrado	
Iluminancia media en servicio proyectada E _m (lux)	Eficiencia energética de referencia $\left(\frac{\text{m}^2 \text{ lux}}{\text{W}} \right)$	Iluminancia media en servicio proyectada E _m (lux)	Eficiencia energética de referencia $\left(\frac{\text{m}^2 \text{ lux}}{\text{W}} \right)$
≥ 30	32	--	--
25	29	--	--
20	26	15	11
15	23	15	11
10	18	10	9
≤ 7,5	14	7,5	7
--	--	≤ 5	5

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

$$\mathcal{E}_R = 32 \left(\frac{\text{m}^2 \text{ lux}}{\text{W}} \right)$$

Por lo que

$$I_{\mathcal{E}} = \frac{\mathcal{E}}{\mathcal{E}_R} = \frac{23}{32} = 0.71$$

2- Obtenemos el ICE:

$$\text{ICE} = \frac{I}{I_{\mathcal{E}}} = \frac{1}{0.71} = 1.40$$

3- La Calificación Energética será:

Una vez obtenido este índice nos vamos a la Tabla de Clasificación Energética, correspondiente a la Tabla 4 de la ITC-EA-01, y, directamente identificamos la calificación energética

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

La Calificación Energética de nuestra instalación es la D

3.2.6. Ejemplo de cálculo del índice de consumo energético de la instalación de alumbrado de un vial ambiental

Dada una instalación de alumbrado vial ambiental de 1500 m², con una potencia total instalada de alumbrado de 1800 W y una iluminación media en servicio de la instalación de 20 Lux.

Se pide obtener:

- ▶ a) Clasificación del tipo de vía.
- ▶ b) Comprobar si la instalación cumple los requisitos de Eficiencia Energética Mínima.
- ▶ c) Calificación Energética de la instalación.

Solución:

- ▶ a) Clasificación del tipo de vía

Ya que el enunciado no lo especifica podría ser cualquiera de estos tipos de vía.

Clasificación	Tipo de vía	Velocidad del tráfico rodado (km/h)
C	carriles bici	--
D	de baja velocidad	5 < v ≤ 30
E	vías peatonales	v ≤ 5

- b) Comprobamos si la instalación cumple los requisitos de Eficiencia Energética Mínima utilizando la fórmula que nos proporciona la ITC -EA -01:

$$\mathcal{E} = \frac{S \cdot E_m}{P} = \frac{1500 \cdot 20}{1800} = 16,66 \left(\frac{m^2 \text{ lux}}{W} \right)$$

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 en instalaciones de alumbrado vial ambiental que se fijan en la tabla 2 de la ITC-EA-01 del REEIAE:

Iluminancia media en servicio $E_m(\text{lux})$	eficiencia energética mínima $\left(\frac{m^2 \text{ lux}}{W} \right)$
≥ 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 obtendrá por interpolación lineal.

Nuestra instalación cumple por tanto con los requisitos mínimos de eficiencia energética mínima, ya que, para una Iluminancia media en servicio de 20 Lux la eficiencia mínima debe ser de 9, nuestra eficiencia es de 16,66 por lo que finaliza la comprobación con resultado **positivo**.

- c) Obtención de la Calificación Energética de la instalación.

El procedimiento sería el siguiente:

- 1- Obtener índice de eficiencia energética ($I_{\mathcal{E}}$)
- 2- Índice de Consumo Energético (ICE)
- 3- Clasificación

1-Obtención del índice de eficiencia energética:

$$I_{\mathcal{E}} = \frac{\mathcal{E}}{\mathcal{E}_R}$$

\mathcal{E} = eficiencia energética de la instalación de alumbrado exterior.

\mathcal{E}_R = eficiencia energética de referencia.

Consultamos en la Tabla de Valores de eficiencia energética de referencia, correspondiente a la tabla 3 de la ITC-EA-01 del REEIAE.

Alumbrado vial funcional		Alumbrado vial ambiental y otras instalaciones de alumbrado	
Iluminancia media en servicio proyectada $E_m(\text{lux})$	Eficiencia energética de referencia $\left(\frac{m^2 \text{ lux}}{W} \right)$	Iluminancia media en servicio proyectada $E_m(\text{lux})$	Eficiencia energética de referencia $\left(\frac{m^2 \text{ lux}}{W} \right)$
≥ 30	32	--	--
25	29	--	--
20	26	≥ 20	13
15	23	15	11
10	18	10	9
$\leq 7,5$	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 obtendrá por interpolación lineal.

El \mathcal{E}_R lo obtendremos mirando la Tabla 3 de la ITC-EA-01

$$\mathcal{E}_R = 13 \left(\frac{m^2 \text{ lux}}{W} \right)$$

Por lo que:

$$I_{\mathcal{E}} = \frac{\mathcal{E}}{\mathcal{E}_R} = \frac{16,66}{13} = 1,282$$

2- Obtenemos el ICE:

$$ICE = \frac{1}{I_{\mathcal{E}}} = \frac{1}{1,281} = 0,78$$

Una vez obtenido este índice nos vamos a la tabla de Clasificación Energética de la instalación, correspondiente con la tabla 4, de la ITC-EA-01, y, directamente identificamos la calificación energética.

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

La calificación energética de nuestra instalación es la A.

3.3. Documentación técnica, verificaciones e inspecciones.

3.3.1. 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.

En el caso de realizar la Memoria Técnica de Diseño (MTD), por ser la instalación de una potencia igual o inferior a 5 kW, en ella 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_i}) y de mantenimiento (f_{m_i}) 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_{msl}) 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 ($I_{\mathcal{E}}$).
La memoria técnica de diseño se complementará con los anexos relativos a los cálculos luminotécnicos de iluminancia con sus uniformidades.
- 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.

Para instalaciones de alumbrado exterior con potencia superior a 5 kW se deberá redactar un proyecto 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 los datos a incluir están los mismos que los descritos en los apartados a), b), c), d), g), h) e i) de la MTD y cambiando los apartados e) y f) por los siguientes:

- e) Factor de utilización (f_{u_i}) y de mantenimiento (f_{m_i}) 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_{msl}), 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.
Además 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.

3.3.2. Verificación e inspección de las instalaciones

Régimen de verificaciones e inspecciones

Las verificaciones e inspecciones, que serán realizadas, respectivamente, por instaladores autorizados de acuerdo con el Reglamento Electrotécnico para de 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.

Mediciones

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. 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%.
- ▶ 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.
- ▶ 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.

En el caso de 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:
- ▶ d) 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.
- ▶ e) Deslumbramiento perturbador y relación entorno SR.

A partir de las medidas anteriores, se determinarán la eficiencia energética (ϵ) y el índice de eficiencia energética ($I\epsilon$) 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 ($I\epsilon$) deberá coincidir con la proyectada.

Procedimiento de Evaluación

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 atenderán 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.
- ▶ c) Negativa: Cuando se observe, al menos, un defecto muy grave.

3.3.3. Equipos de medición

A continuación se muestran ejemplos de equipos de medición:

Luxómetro

Luxmetro o light meter es un instrumento de medición que permite medir de forma simple y rápida la iluminancia real de un ambiente. La unidad de medida es lux (lx) y contiene una célula fotoeléctrica que capta la luz y la convierte en impulsos eléctricos. Estos impulsos son interpretados por el aparato el cual representa en un display la correspondiente escala de luxes.



Multímetro

Los multímetros son aparatos que sirven para medir magnitudes eléctricas y que combinan diferentes modos de funcionamiento y rangos de medida en un solo aparato. Permiten medir tensiones e intensidades en c.c. y en c.a. (en corriente continua y en alterna) en diferentes escalas de medición. También permiten la medición de valores de resistencia y, por lo general también una medición de continuidad eléctrica con señal acústica. En algunos aparatos es posible conectar, además de los conectores o punteros de medición de tensión, pinzas amperimétricas para medir la corriente. Los multímetros más modernos también permiten efectuar mediciones adicionales, como mediciones de frecuencia, capacidad y temperatura, etc.



Analizador de redes

Estos aparatos disponen de una elevada tecnología y son capaces de medir una gran variedad de parámetros eléctricos. La principal utilidad de estos equipos es obtener un análisis completo de todos los parámetros eléctricos de una instalación con la finalidad de mejorar el control y la gestión de la misma y permitir por tanto optimizar al máximo los costes energéticos. Entre las ventajas de estos aparatos a la hora de realizar estudios de ahorro energético están:

- ▶ Detectar y prevenir el exceso de consumo (kW h) por anomalías.
- ▶ Analizar curvas de carga para ver dónde se produce la máxima demanda de energía y decidir si adaptar el consumo.
- ▶ Detectar la necesidad de instalación de una batería de condensadores para corregir el factor de potencia, así como su potencia.



Luminancímetro

Es un instrumento de medida digital más complejo que el luxómetro y permite medir el nivel de luminancia en candela/m^2 , representando la cantidad de luz reflejada en una superficie. El luminancímetro está diseñado por tanto para medir la luminancia media sobre un área especificada. Posee un sistema óptico que enfoca la imagen sobre un detector. Mirando a través del sistema óptico el operador puede identificar el área sobre la que está midiendo la luminancia, y muestra la luminancia promedio sobre esta área. Las características más importantes de los luminancímetros son su respuesta espectral, su sensibilidad y la calidad de su sistema óptico.

3.4. Mantenimiento de la eficiencia energética de las instalaciones.

Las prestaciones de una instalación de alumbrado exterior se modifican y degradan a lo largo del tiempo. La ITC-EA-06 del Reglamento de Eficiencia Energética de Instalaciones de Alumbrado Exterior especifica la necesidad de realizar un mantenimiento de las instalaciones de alumbrado para mantener la calidad y los niveles de eficiencia, calculados y definidos inicialmente, tras la puesta en marcha de la instalación. 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.

3.4.1. Factor de mantenimiento

El factor de mantenimiento (f_m) es la relación entre la iluminancia media en la zona iluminada después de un determinado periodo 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 (iluminancia 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 ($f_m < 1$) pero interesará que resulte lo más elevado posible para una frecuencia de mantenimiento lo más baja que pueda llevarse a cabo. El factor de mantenimiento está en función de:

- ▶ a) El tipo de lámpara y de la 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. En este sentido el grado de protección IP e IK de la luminaria determinará su grado de estanqueidad y protección frente a agentes externos.
- ▶ 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. No es lo mismo el alumbrado de un túnel que de una urbaniza-

ción residencial a las afueras de un núcleo urbano con poco tráfico.

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:

$$f_m = FDFL \times FSL \times FDLU$$

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:

$$f_m = FDFL \times FSL \times FDLU \times FDSR$$

Cabe recordar que la eficiencia energética de una instalación de alumbrado exterior viene definida también como:

$$\mathcal{E} = \mathcal{E}_L \cdot f_m \cdot f_u \left(\frac{m^2 \text{ lux}}{W} \right)$$

Dónde:

- ▶ \mathcal{E}_L = eficiencia de la lámparas y equipos auxiliares (lum/W =)
 $\left(\frac{m^2 \cdot \text{lux}}{W} \right)$
- ▶ f_m = factor de mantenimiento de la instalación (en valores por unidad)
- ▶ f_u = factor de utilización de la instalación (en valores por unidad)

Los valores de los coeficientes correspondientes a los factores de depreciación y supervivencia máximos admitidos se indican en las tablas 1, 2 y 3 de la ITC-EA-06 y así como la especificación y definición de los distintos grados de contaminación: alto, medio y bajo.

3.4.2. Operaciones de mantenimiento y su registro

Para garantizar en el transcurso del tiempo el valor del factor de mantenimiento de la instalación calculado inicialmente, se realizarán las operaciones de reposición de lámparas y limpieza de luminarias con la periodicidad determinada por el cálculo del factor. En este sentido 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.

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.

El registro podrá realizarse en un libro u hojas de trabajo, o en 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:

- ▶ g) Consumo energético anual.
- ▶ h) Tiempos de encendido y apagado de los puntos de luz.
- ▶ i) Medida y valoración de la energía activa y reactiva consumida, con discriminación horaria y factor de potencia.
- ▶ j) 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.

La utilización de la Discriminación Horaria supone que el precio aplicable al kWh consumido sufre un recargo en determinadas horas del día a cambio de aplicar precios reducidos en el resto de horas.

Generalmente las horas donde el precio del kWh es reducido coinciden con las de utilización del alumbrado público por lo que es altamente recomendable la contratación en la modalidad de Discriminación Horaria en este tipo de suministros.

El pasado 1 de octubre de 2011 entró en vigor una nueva modalidad de Discriminación Horaria aplicable a los suministros en baja tensión con potencia contratada inferior o igual a 15 kW.

Esta nueva discriminación, denominada DHS o Supervalve, se suma a la ya existente de dos periodos y amplía las posibilidades de ahorro en el coste de la factura eléctrica sobre todo en suministros cuyo consumo principal se efectúa en horario nocturno.

Las Tarifas de Acceso correspondientes a suministros en baja tensión son las siguientes :

Tarifa 2.0A

Para suministros con potencia contratada igual o inferior a 10kW.

Estos suministros tienen derecho a la Tarifa de Ultimo Recurso (TUR) lo que supone la aplicación de precios aprobados por la Administración y revisables cada tres meses.

Así mismo, pueden optar por contratar en Libre Mercado con cualquiera de las comercializadoras que actualmente operan en el Mercado Eléctrico Español.

Es posible la contratación del suministro con Discriminación Horaria de dos periodos (DH) o tres periodos (DHS).

No se aplican recargos por energía reactiva y la potencia demandada se controla mediante ICP siendo posible la contratación con maxímetro (Modo 2) en suministros que no deban ser interrumpidos (RD 1164/2001 Art. 9 -1.2.a.1).

Tarifa 2.1A

Para suministros con potencia contratada superior a 10kW e igual o inferior a 15kW.

Estos suministros no tienen derecho a la Tarifa de Ultimo Recurso (TUR) por lo que obligatoriamente han de contratar en Libre Mercado, en caso contrario están sometidos a una penalización de precio consistente en aplicarles el precio de la Tarifa de Ultimo Recurso incrementada en un 20%

Las condiciones de aplicación del término de potencia, recargos por reactiva y discriminación horaria son las mismas que para la Tarifa de Acceso 2.0A

Tarifa 3.1A

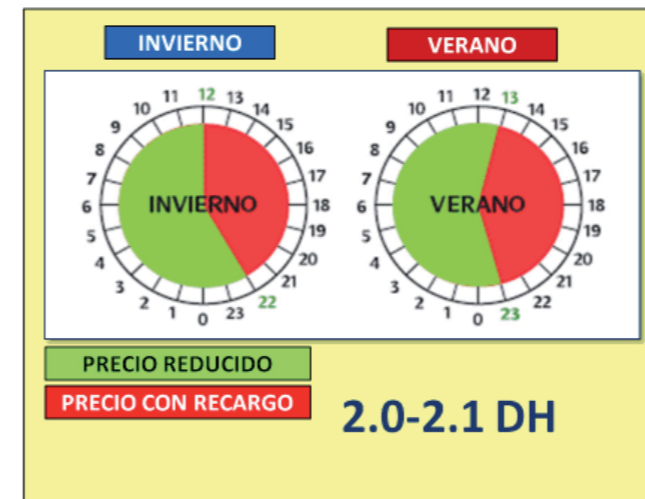
Para suministros con potencia contratada superior a 15kW.

En estos suministros no hay posibilidad de elegir entre distintas discriminaciones horarias, siendo la única aplicable la de tres periodos Punta Llano Valle.

La potencia demandada se controla mediante maxímetro (Modo2) y existen penalizaciones por consumo de energía reactiva en punta y en llano siempre que este sea superior al 33% de la energía activa consumida (Factor de potencia inferior a 0,95).

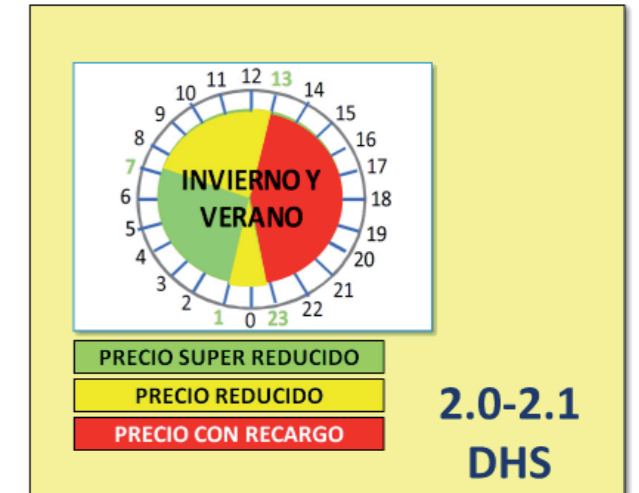
Horario discriminación horaria dos periodos tarifas de acceso 2.0A - 2.1A Baja Tensión Potencias ≤ 10 kW

		BT		
		POTENCIA (kW)		
		≤ 10	10 < Pc ≤ 15	> 15
POT. A FACTURAR	→	Pot. Contratada	Pot. Contratada	Maxímetro (PI)
REACTIVA	→	No se mide	No se mide	Penaliza si Er > 33% Ea
		DH		DH
		NO	SI	NO
		TUR		3 periodos
		2.0A	2.0 DHA	2.0 DHS
		2.1A	2.1 DHA	2.1 DHS
		3.0A		



Horario discriminación horaria tres periodos tarifas de acceso 2.0A - 2.1A Baja Tensión Potencias > 10kW y ≤ 15 kW

Nueva discriminación horaria aplicable desde el 1 de octubre de 2011 y que no está afectada de estacionalidad de forma que los horarios son los mismos tanto en verano como en invierno.



Horario discriminación horaria tres periodos tarifas de acceso 3.1A Baja Tensión Potencias > 15 kW

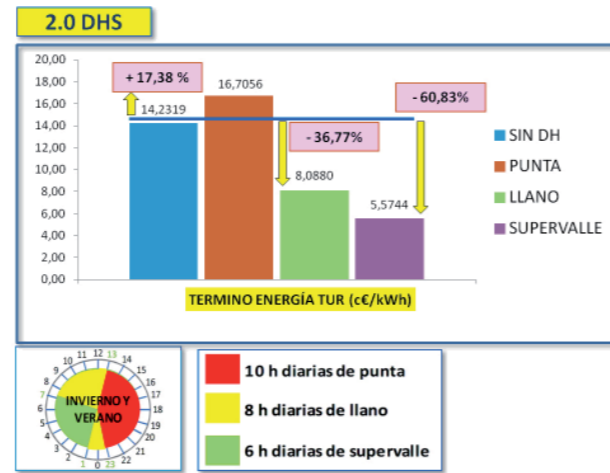
	ENERO	FEB	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPT	OCT	NOV	DIC
01.01.11												
01.02.11												
01.03.11												
01.04.11												
01.05.11												
01.06.11												
01.07.11												
01.08.11												
01.09.11												
01.10.11												
01.11.11												
01.12.11												
01.01.12												
01.02.12												
01.03.12												
01.04.12												
01.05.12												
01.06.12												
01.07.12												
01.08.12												
01.09.12												
01.10.12												
01.11.12												
01.12.12												
01.01.13												
01.02.13												
01.03.13												
01.04.13												
01.05.13												
01.06.13												
01.07.13												
01.08.13												
01.09.13												
01.10.13												
01.11.13												
01.12.13												
01.01.14												

Análisis de ahorros previstos utilizando las diferentes Discriminaciones Horarias

Para estimar el ahorro en gasto eléctrico que supone la contratación con Discriminación Horaria es preciso conocer los precios de la energía aplicables en los distintos periodos tarifarios

Estos precios dependen de las condiciones pactadas con el comercializador salvo en la Tarifa de Último Recurso (TUR) que son publicados por la Administración.

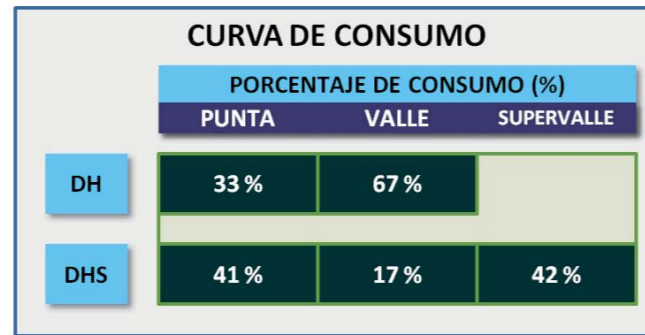
Se va a limitar el análisis a suministros que estén contratados en TUR ya que los precios aplicables son conocidos. Los resultados pueden ser extrapolados a suministros contratados en Libre Mercado sin que el error sea significativo ya que, aunque los precios puedan variar respecto a la TUR, generalmente la proporción entre recargos y descuentos en los distintos periodos se mantiene.



COMPARACION COSTE DEL kWh

	Coste kWh €/kWh	Ahorro
TUR sin DH	0,142319	
TUR con DH	0,099773	-39,5%
TUR con DHS	0,105655	-36,8%

Consideramos un suministro de alumbrado público acogido a la TUR y cuya utilización se ajusta a los porcentajes siguientes (*):

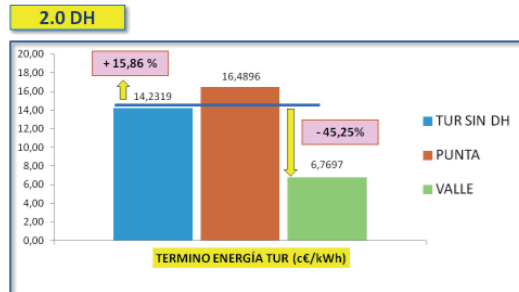


(*): Se han supuesto 12 horas de utilización en los meses de invierno con inicio a las 18:00 horas y fin a las 06:00 horas.

Los precios medios resultantes de aplicar la modulación de consumos indicada a los precios publicados para la tarifa TUR en el último trimestre de 2011 significan que la elección de cualquiera de las dos discriminaciones horarias supone un ahorro en el coste del kWh superior al 35%.

PRECIOS TUR 1 de Octubre 2011

Tp	€/kW año	Te €/kWh		
		sin DH	Periodo 1	Periodo 2
TUR sin DH	20,633129	0,142319		
TUR con DH	20,633129		0,164896	0,067697
TUR con DHS	20,633129		0,167056	0,080880
				0,055744





Proyecto cofinanciado por la Conselleria de Economía, Industria y Comercio de la Generalitat Valenciana, en el marco de las ayudas para el desarrollo de acciones de promoción de actividades destinadas a la mejora de la seguridad industrial.

