

EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EL ALUMBRADO PÚBLICO

(REFORMA AL PÚBLICO EN PETRA)

1.- Introducción

El alumbrado público tiene por objeto la creación de un ambiente visual nocturno que permite una visibilidad clara e identificación precisa de las personas y objetos en las vías transitadas, lo que trae consigo una reducción del riesgo de accidentes de vehículos y peatones durante las horas nocturnas y permite la supervisión y seguridad de las vías, permitiendo además una mayor y más fácil utilización de los servicios y usos existentes.

En los últimos años se ha llevado a cabo un esfuerzo inversor importante por parte del Excmo. Ayuntamiento de Petra para dotar, renovar y mejorar la insuficiencia de este servicio en numerosas vías, calles, plazas,...de acuerdo con las especificaciones de ciertas Normas y Recomendaciones de carácter internacional en las que se indican las condiciones que deben reunir las instalaciones de alumbrado público. Sin embargo, esta normativa presenta algunas carencias que limitan su uso y eficacia al no precisar aspectos lumínicos y características de los materiales y condiciones de ejecución, así como la no incorporación de las nuevas tecnologías, que exige un mayor grado de calidad. En base a ello consideramos la utilidad de una norma que recoja la experiencia municipal acumulada con el fin de cumplimentar adecuadamente los objetivos de las instalaciones de Alumbrado Público, en relación con la prestación de un mejor servicio de calidad al ciudadano.

La cantidad de energía utilizada en un ayuntamiento, se reduce básicamente al transporte, ya sea de vehículos o de personas, y para poder entender el comportamiento de un plan de movilidad, y en este caso de adecuación de las infraestructuras (alumbrado público), hay que pensar que está influida por los siguientes factores:

Normativa sobre utilización del suelo
Gestión de la movilidad / modalidades de movilidad
Eficiencia de los medios de transporte
Consumo de energía de las infraestructuras

La mayoría de los ayuntamientos no son conscientes de la gran cantidad de recursos que dedican en forma de energía, y que se utiliza básicamente en la iluminación de las infraestructuras de transporte (viales, etc..). Por consiguiente, los métodos que permitan incrementar la eficiencia energética de estas instalaciones, servirá también para reducir los costes y las emisiones de CO₂, así como para mejorar la calidad de vida de los ciudadanos.

Los principales elementos que contribuyen a un uso tan elevado de energía en las infraestructuras de una ciudad tipo serían los siguientes:

- Alumbrado público
- Semáforos
- Alumbrado de Navidad
- Alumbrado exterior general
- Parquímetros

Teniendo en cuenta la casuística del ayuntamiento objeto de nuestro proyecto, nos centraremos en el apartado de alumbrado público, y en las siguientes páginas se tratará de definir las condiciones básicas del concepto de instalación y se describirán tecnologías y medidas que permitan mejorar la eficiencia energética de la red de alumbrado público.

Por otro lado, el problema de la contaminación lumínica existe hoy en día prácticamente en todas partes, incluyendo la "part forana" de la isla, y es un problema que sigue creciendo a un ritmo rápido. Los cielos oscuros van desapareciendo debido al resplandor de los cada vez más extensos núcleos urbanos. En gran parte, el motivo principal de este problema radica en que el alumbrado público existente es un alumbrado de baja calidad,

y bastante antiguo. Para intentar mejorar el rendimiento lumínico, y en el fondo para el que existen algunas posibles soluciones intentaremos:

- Diseño de calidad
- Control de la emisión de luz
- Control del tiempo y periodo de funcionamiento del alumbrado
- Minimizar el resplandor mediante un rediseño del alumbrado
- Fuentes luminosas de eficiencia energética (lámparas de sodio a baja presión)

La Comisión Internacional de la Iluminación (CIE) y otras muchas organizaciones a nivel internacional nacional y autonómico han coordinado comisiones técnicas para tratar estos temas, cuyos informes y recomendaciones reúnen directrices básicas a la hora de diseñar instalaciones de este tipo.

3.- Criterios Lumínicos

3.1.- Consideraciones generales

Los alumbrados públicos deben ser proyectados ajustándose a los siguientes factores que determinan las características mínimas que debe satisfacer el alumbrado nocturno de las vías y espacios públicos.

- En los viales con tráfico motorizado los niveles lumínicos se obtendrán en luminancia en cd/m² y en pasajes, paseos peatonales, jardines y demás sectores sin tráfico motorizado se calculará el nivel de iluminación en lux.
- Para determinar los valores de los parámetros del alumbrado se ha de considerar el cumplimiento de las Recomendaciones de la Comisión Internacional de Iluminación (CIE) del Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE) y en el CTE, ajustadas en estas Instrucciones las peculiaridades de esta encantadora población de Mallorca.
- En las instalaciones de alumbrado público en vías con tráfico motorizado tipo autopistas, autovías, el nivel de luminancia será único no incorporándose a los equipos auxiliares de encendido dispositivo alguno para alumbrado reducido, ni se instalarán en cabeza reductores de tensión. En el resto de las instalaciones en vías con tráfico motorizado se instalarán dispositivos para alumbrado reducido.
- El factor de luminancia a aplicar en los cálculos lumínicos será el que corresponda al tipo de pavimento del vial.
- El factor de mantenimiento a aplicar en los cálculos lumínicos será de 0.7 en todos los casos.

- Se establece en 1 cd/m² el valor mínimo aceptable para obtener una visión satisfactoria en el alumbrado a nivel reducido.

- En tramos singulares, es decir, aquellos en los que los vehículos tienen que realizar por la complejidad del tráfico maniobras, dificultosas o con problemas de visión. Enlaces e intersecciones. Glorietas y rotondas. Zonas de reducción de número de carriles o disminución del ancho de calzada. Áreas en las que se forman embotellamientos. Curvas y viales sinuosos en pendientes. Zonas de incorporación de nuevos carriles. Pasos subterráneos. Pasos elevados. Pasos a nivel de ferrocarriles. Sectores de gran dificultad frecuentados por peatones, ciclistas u otros usuarios. Al objeto de mejorar en todo lo posible la visibilidad del conductor en dichos tramos, se aumentará la luminancia entre un 20 y 50 % sobre la iluminación de la vía de enlace de mayor luminancia que confluye en el cruce y en caso de no poderse calcular la luminancia, se elevará en el mismo porcentaje la iluminación hasta un máximo de 50 lux.

- Los alumbrados especiales, como pueden ser los de túneles, monumentos, fuentes, sectores históricos-artísticos, etc. tendrán un tratamiento específico independiente de acuerdo con los criterios que se estimen por el Excmo. Ayuntamiento de Petra.

- En las zonas o sectores sin tráfico motorizado el nivel de iluminación estará comprendido entre 20 y 30 lux de media, instalándose el nivel reducido en los equipos auxiliares o en su caso reductor de tensión en cabecera junto al centro de mandos. La uniformidad media será de 0.35 como mínimo.

- Cuando se varía la clase de alumbrado de una vía para adaptarse a los cambios de densidad de tráfico o bien por cambio de uso del viario, la instalación se debe de adaptar a las nuevas condiciones.

3.2.- Consideración del resplandor luminoso nocturno

Con el fin de reducir la contaminación luminosa en los distintos alumbrados se implantarán luminarias con reducida emisión de luz por encima del plano horizontal debiéndose utilizar reflectores que dirijan el flujo luminoso al área que pretenda iluminar.

La limitación del resplandor luminoso nocturno no sólo implica la reducción de la contaminación lumínica sino también el mejor aprovechamiento del flujo luminoso y por tanto mayor eficiencia energética.

En casos de alumbrados en calles peatonales, inclusive las del Centro Histórico, el flujo hemisférico superior instalado será inferior al 25% del total. De acuerdo con lo expuesto las luminarias han de ir provistas de bloque óptico o reflector de lamas de forma que se controle la emisión de luz, aumente el factor de utilización y eficacia luminosa, disminuyendo el deslumbramiento.

En la iluminación de fachadas y monumentos, a ser posible, los proyectores se instalarán a altura adecuada para que la emisión de luz sea en sentido descendente o lo menos vertical que sea factible.

A los proyectores se les incorporará rejillas, paralúmenes etc. para evitar la dispersión del haz luminoso y se procurará que permanezcan ocultos a la visión directa.

3.3.- Parámetros Luminotécnicos

Los parámetros a considerar en los cálculos luminotécnicos en los viales con tráfico motorizado son los siguientes:

- Luminancia (L) media mantenida de la superf. de la calzada en cd/m^2 .
- Uniformidad global (U_0)
- Uniformidad longitudinal (U_l)
- Incremento de Umbral (T.I.)
- Relación de alrededores (SR) o relación de iluminación entre calzada y acera (RAC)

A continuación se da una descripción detallada de estos parámetros teniendo en cuenta que los valores que constan en el cuadro que se acompaña son de aplicación a calzadas secas.

Luminancia media de la superficie de calzada L.

Este es el valor mínimo que ha de mantenerse a lo largo de la vida de la instalación. Depende de la distribución luminosa de la luminaria, del flujo luminoso de las lámparas, de la geometría de la instalación y de las propiedades de reflexión de la superficie de la calzada. Son aceptables niveles mayores cuando pueden ser económicamente justificados.

Los valores calculados deben tener en cuenta los factores de mantenimiento de la lámpara y de la luminaria. Los factores de mantenimiento de la luminaria varían de acuerdo con los intervalos entre limpiezas, la magnitud de contaminación atmosférica y la calidad de cierre hermético del alojamiento de la lámpara y en la luminaria. Sus valores pueden ser establecidos por mediciones de campo. Los factores de mantenimiento del flujo de lámpara varían según el tipo de lámpara y su potencia. Estos valores normalmente se consiguen solicitándolos a los fabricantes de lámparas.

Uniformidad global de luminancia de calzada U_0 .

Esta es la relación entre la luminancia mínima en un punto de la retícula y la luminancia media de la superficie de la calzada.

Incremento de umbral TI.

Esta es una medida de la pérdida de visibilidad causada por el deslumbramiento perturbador procedente de las luminarias de alumbrado viario instaladas. La fórmula a partir de la cual se calcula está basada sobre el incremento porcentual en la diferencia de luminancia necesaria para hacer el objeto visible en presencia de deslumbramiento cuando el objeto es justamente visible en la ausencia de deslumbramiento, es decir, cuando las luminarias están apantalladas de la vista del observador. El procedimiento matemático está dado en CIE 31-1976, y el cálculo está hecho para una luminaria limpia equipada con una lámpara que emite el flujo luminoso inicial.

El deslumbramiento perturbador resulta de la dispersión de la luz dentro del ojo, lo que reduce el contraste de la imagen sobre la retina. El efecto puede ser explicado por la superposición de una luminancia de velo uniforme sobre la escena, la cual es cuantificada como la luminancia de velo equivalente. La magnitud de ésta depende de la iluminación sobre el ojo del conductor procedente de las luminarias de los ángulos a los que se ven. Mientras el grado de deslumbramiento perturbador aumenta con la luminancia de velo equivalente, disminuye en función de la luminancia media de calzada.

TI está calculado para las condiciones peores, que es con una luminaria limpia y el flujo inicial de la lámpara.

Uniformidad longitudinal de luminancia de la superficie de calzada $U_{l,-}$

Esta es la relación de la luminancia mínima a la luminancia máxima a lo largo de una línea o líneas paralelas al sentido de circulación de la carretera. Es calculada y medida de acuerdo con CIE 30.02.1982, y su valor depende de los mismos factores que la L.

Este es fundamentalmente un criterio relativo al confort y su propósito es impedir que le repetido diseño de altas y bajas luminancias sobre una línea de la calzada iluminada resulte demasiado pronunciado. Esto solamente se aplica a grandes secciones de calzada ininterrumpidas.

Relación de entorno SR.

Uno de los principales propósitos de iluminar vías públicas es crear una superficie de calzada brillante contra la cual los objetos puedan ser vistos. No obstante, las partes superiores de objetos altos en la calzada y los objetos situados hacia el lado de la calzada, particularmente en secciones curvas, son vistos contra los alrededores ayuda al conductor a percibir más del entorno y a hacer ajustes de la velocidad en el tiempo.

La función de la relación de entorno es para asegurar que la luz dirigida a los alrededores es suficiente para que los objetos sean revelados. La luz es también un beneficio para los peatones cuando hay presente una acera.

En situaciones en las que los alrededores están ya iluminados el uso de la relación de entorno es innecesario.

La relación de entorno es la iluminancia media en bandas, de 5 m. de ancho, o menos si el espacio no lo permite, que son adyacentes de la calzada de 5 m de ancho o de la mitad del ancho de la misma, el de menor magnitud en la calzada. Para calzadas de doble sentido de circulación, ambos carriles juntos son tratados como una sola calzada a menos que estén separados en más de 10 m.

Luminancia de velo

Como luminancia de velo, L_v , se entiende la luminancia resultante de la difusión de la luz en el ojo.

En una instalación, la luminancia de velo total se obtiene por la suma de las luminancias individuales. Se considera un ángulo de visión desde el interior del vehículo de 20°, no evaluándose los puntos de luz exteriores a este campo de visión.

Incremento umbral, TI , es el aumento de contraste necesario para que un objeto pueda ser visto bajo las condiciones de deslumbramiento. Se calcula a partir de la luminancia de velo total y la luminancia media de la calzada:

$$L_v$$
$$TI = 65 \cdot (\%) \frac{L_v}{L_{med}^{0.8}}$$

3.4.- Niveles de Iluminación en función del tipo de vía

De acuerdo con la clasificación general de las vías urbanas se establece el nivel de iluminación.

- **A.** Autopistas y Autovías, que reúnen las características de constar de calzadas separadas por cada sentido de circulación, con accesos completamente controlados, y sin cruces a nivel. Estas vías tendrán un nivel único de iluminación.
- **B.** Vías urbanas principales, de intensidad de tráfico importante, y calles colectoras y distribuidoras. Llevarán instalación de alumbrado de doble nivel, normal y reducido.

- C. Vías secundarias de carácter local, de baja intensidad de tráfico. Llevarán instalación de alumbrado de doble nivel, normal y reducido.

3.5.- Disposición de las luminarias (puntos de luz)

3.5.1.- Disposición para Vía Pública

Hay cuatro formas de disposición de luminarias que han sido reconocidas como aptas para las vías públicas con tráfico motorizado.

Unilateral

Esta disposición, que consiste en la colocación de todas las luminarias a un mismo lado de la calzada, se utiliza solamente en el caso de que el ancho de la vía sea igual o inferior a la altura de montaje de las luminarias. La luminancia de la vía en el lado opuesto a la fila de luminarias será inevitablemente menor comparada con la del lado donde han sido colocadas aquellas.

Tresbolillo

Esta disposición, consiste en la colocación de las luminarias en ambos lados de la vía al tresbolillo o en zigzag y se emplea principalmente si el ancho de la vía es de 1,0 o 1,5 veces la altura de montaje. Hay que prestar cuidadosa atención a la uniformidad de las luminancias en la vía, ya que alternadas manchas brillantes y oscuras pueden producir un efecto molesto de zigzag.

En oposición (pareadas)

Esta disposición, con luminarias colocadas una opuesta a la otra se utiliza ante todo cuando el ancho de la vía es mayor de 1,5 veces la altura de montaje.

Suspendidas en la mitad de la vía

Esta disposición, con las luminarias suspendidas a lo largo del eje de la vía, se utiliza para vías estrechas con edificios en ambos lados que permiten la suspensión de las luminarias en cables anclados en ellos.

Se emplean también combinaciones de estas cuatro disposiciones básicas.

Existen también disposiciones especiales con luminarias montadas a baja altura con el fin de proveer orientación visual. En este caso la luminancia de la vía será muy baja debido a las sombras producidas por otros vehículos que pasan y a la degradación debida al polvo acumulado en las luminarias.

Las luminarias (con espacios de 10 a 20 metros entre sí) están suspendidas de un cable montado a lo largo de la vía, encima de la mediana. Los postes que soportan el cable quedan bastante distanciados (60 a 90 metros). La disposición en catenaria ofrece:

- Excelente orientación visual.
- Excelente uniformidad.
- Menor deslumbramiento que cualquier otro sistema (puesto que las luminarias se ven longitudinalmente).
- Mejor visibilidad, que se hace destacable especialmente si el tiempo es malo.

Bifurcaciones o confluencias

En cruces, glorietas y vías de acceso la disposición de las luminarias debe ser tal que la bifurcación sea claramente visible a distancia. El alumbrado debería contribuir también a

la prevención de congestiones de tráfico ayudando a los conductores en la selección de la salida conveniente.

Esta ayuda, especialmente durante la noche, se hace efectiva:

- Dando a la vía una luminancia mayor en las zonas de bifurcación.
- Utilizando fuentes de luz con distinta apariencia de color.
- Utilizando luminarias de tipo distinto y en disposiciones diferentes para vías principales y secundarias.

Alumbrado con postes altos

Se prefiere la iluminación desde postes altos (de 16 metros o más) a la clásica en bifurcaciones complejas de vías principales y en nudos de autopistas. Las hileras de luminarias del alumbrado clásico pueden producir un efecto de desorientación, especialmente en interconexiones de vías de diferentes niveles. A partir de 16 de altura se dispondrá de sistema automático de bajada de las luminarias y equipos de encendido.

Con un número reducido de luminarias de alta potencia en postes altos es posible imitar la uniformidad de la luz diurna. Al diseñar una instalación de esta índole se debe planificar cuidadosamente la posición de los postes y la selección de las luminarias a emplear.

Curvas

Las curvas de radio grande (del orden de los 300 metros) pueden tratarse como vías rectas y colocarse las luminarias según uno de los esquemas anteriormente descritos. En curvas de radio más reducido las luminarias deben colocarse de forma que haya una adecuada luminancia de la vía y eficiente orientación visual. Si el ancho de la vía es menor de 1,5 veces la altura de montaje, las luminarias deben colocarse a lo largo del lado exterior de la curva, en disposición unilateral. En vías más anchas se debe aplicar la disposición pareada. La disposición al tresbolillo no da ninguna orientación visual y debe, por consiguiente, evitarse.

En todas las curvas, la separación de las luminarias depende del radio de la curva: cuanto menor sea éste menor debe ser la separación. Como regla general, la distancia entre luminarias en las curvas debe reducirse entre 0.5 y 0.75 en relación con un tramo similar de una vía recta.

4.- Instalación de Alumbrado Público Propuesta

El coste del alumbrado público (suministro y mantenimiento incluidos) puede suponer un gasto más que significativo para los ayuntamientos, por lo que resulta interesante aprovechar las diferentes oportunidades que puedan surgir para mejorar su eficiencia. Los fabricantes están continuamente desarrollando productos de mayor eficiencia energética y rentabilidad. Las nuevas opciones desarrolladas cubren todas las aplicaciones, pero no todo es tan sencillo. Si a esto le sumamos el crecimiento del tráfico, la demanda de una mayor seguridad, las normativas cada vez más numerosas y unos presupuestos cada vez más limitados, nos encontramos con que cada vez es más complicado tomar decisiones sobre cómo mejorar el uso y la eficiencia en el campo de la energía.

4.1.- Medidas

De entre todas las medidas disponibles, interesará combinar algunas de las siguientes:

- Reducir las horas de funcionamiento
- Reducir la potencia y/o el número de farolas en funcionamiento
- Sustituir las fuentes luminosas ineficientes por otras eficientes
- Sustituir los aparatos de iluminación / luminarias
- Mejorar el sistema de control
- Mejorar las prácticas de mantenimiento

Horas de funcionamiento

Los ayuntamientos tienen la obligación de facilitar un sistema de iluminación de las calles durante las horas de oscuridad, lo que deja pocas oportunidades de planificar el ahorro en este aspecto. Sin embargo, resulta importante garantizar que las luces están en funcionamiento únicamente cuando es necesario, y que sólo estén en funcionamiento cuando la cantidad de luz diurna sea inferior a un nivel determinado. Esto se puede lograr utilizando y optimizando un sistema de conmutación fotoeléctrica, que deberá encontrarse en buen estado para su correcto funcionamiento. Petra cuenta con un valor medio de 3.000 horas de funcionamiento por año, un dato que viene marcado por las condiciones climáticas. En 2007, el ayuntamiento de Petra ya decidió que el alumbrado público se encendiera 5 minutos más tarde por la noche y se apagara 5 minutos antes por la mañana, lo que supuso un ahorro en el gasto eléctrico del 1,5%.

Número de farolas

La cantidad de luz necesaria en los viales del casco urbano depende de varias cosas, algunos requisitos legales, del tipo de asfalto, del volumen de tráfico, del tipo de vía, del límite de velocidad así como de otros factores. Si uno de estos parámetros cambia durante la noche (por ejemplo, el volumen de tráfico o el límite de velocidad), se puede reducir el flujo luminoso. Esto se puede conseguir reduciendo la potencia (mediante reductores de flujo) de las farolas o apagándolas del todo. Sin embargo, la reducción del voltaje viene condicionada por la caída de tensión física, que a su vez depende de la longitud del cableado, esto es, el factor que condiciona que las farolas se enciendan al final del cableado. Para poder calcular el ahorro se deberá analizar concretamente el montaje de las instalaciones en cuestión de manera individual.

Fuentes luminosas y lámparas

Existen varias familias de lámparas que se utilizan para la iluminación de la calzada, y cada una tiene sus propias características. Tradicionalmente, los principales factores que se han tenido en cuenta a la hora de determinar qué sistemas se utilizaban eran la tecnología disponible y los costes. Utilizando fuentes luminosas más eficientes se podría reducir el número de farolas en funcionamiento sin alterar el nivel de iluminación. Por lo general las lámparas y balastos que se utilizan para un sistema no se pueden intercambiar con los de otro, y el reajuste no suele ser rentable económicamente en la mayoría de los casos. Para poder cambiar el tipo de fuente luminosa es necesario cambiar la luminaria completa.

Para su elección se tendrá en cuenta:

- Su resistencia contra la humedad, polvo atmosférico, efectos mecánicos y eléctricos.
- Su protección a los agentes atmosféricos garantizando de fábrica su duración por un periodo mínimo de 5 años.
- Han de ser fáciles de montar, desmontar, limpiar y asegurar una cómoda y fácil reposición de la lámpara y demás accesorios.
- Debe venir de fábrica con el equipo auxiliar de encendido montado.
- Sus características técnicas y fotométricas han de ser las óptimas para el mejor aprovechamiento del flujo luminoso de las lámparas a utilizar teniendo en cuenta la geometría y estética de la zona a iluminar.
- Su capacidad para desalojar el calor producido por los diversos elementos del punto de luz.

De entre los diferentes tipos de luminaria posible que hay, vamos a repasar sus características:

- Incandescencia

Las lámparas incandescentes son bien conocidas en todas las casas. Proporcionan una luz puntual que puede controlarse y dirigirse fácilmente con un soporte. El 90% de la energía que consumen se convierte en calor, lo que deja sólo un 10% para producir la luz.

- Lámparas fluorescentes

Estas lámparas son mucho más eficientes que las incandescentes, ya que fundamentalmente se invierte la proporción de uso energético en calor y luz. La vida útil de

la lámpara es de unas 20000 20.000 horas. La eficiencia disminuye a menor temperatura. La tecnología actual (T-8, T-5) y los balastos electrónicos pueden sustituir a los antiguos equipos de balasto magnético (T-12) y permitir un ahorro energético del 30-40%.

- Sodio a baja presión

Estas lámparas tienen una vida larga (18.000 horas) y son muy eficientes. Sin embargo, su rendimiento en color da un amarillo monocromo, lo que hace que los colores de los vehículos, de la ropa y de las señales de tráfico lleguen a confundirse, y resultan válidas únicamente en casos muy contados (ciertos tipos de autopista, etc.).

- Sodio a alta presión

Estas lámparas emiten una luz dorada y son las más eficientes para el alumbrado público. Están disponibles en una gran variedad de formas y tamaños, son aptas para muchos tipos de aparatos y tienen unas características de control óptico muy buenas.

- Halogenuro metálico

Estas lámparas son también muy eficientes y permiten un control óptico bueno. Emiten una luz blanca y su rendimiento en color es bueno. La vida útil es de unas 10.000 horas, duración que se ha visto incrementada con la nueva tecnología "Pulse Start".

- Vapor de mercurio

Ésta fue la primera luz "blanca" de descarga de alta intensidad utilizada para el alumbrado de calzadas y de exterior. Está comprobado que estas lámparas siguen funcionando una vez finalizada su vida útil. Proporcionan luz suficiente para ver que están encendidas, pero no proporcionan una luz útil para una superficie de trabajo situada debajo y no resultan aptas para un alumbrado eficiente en términos energéticos.

Tipo de lámpara	Margen de potencia [W]	Luminosidad [lm/m²]
Incandescencia	15...150	9....15
Tubo fluorescente	18...58	43...76
Vapor de mercurio	50...400	30...49
Sodio a alta presión	50...400	67...128
Sodio a baja presión	18...180	69...152

Por lo visto, las unidades de alumbrado disponibles lo están en una variedad de formas que dirigen la luz hacia donde es necesaria y más allá. Las unidades con lámparas de sodio a alta presión han sido las de más utilizadas para el alumbrado público durante muchos años. Estos aparatos descargan la luz hacia abajo, proporcionando más iluminación a la calzada, sin deslumbrar y sin emitir luz parásita (esto es, en direcciones no deseadas). Las nuevas unidades son por lo general más eficientes en términos luminoso, lo que permite utilizar fuentes luminosas con menor potencia.

La instalación de luminarias del tipo "cut-off" ha recibido en algunos casos una respuesta negativa por parte de algunos ciudadanos, dado que la ausencia de resplandor en la distancia crea la sensación de un alumbrado insuficiente.

El diseño de las luminarias debe permitir poder realizar el cambio de lámpara con facilidad. La calidad del sellado es sumamente importante para evitar que entren insectos y suciedad, lo que podría afectar al rendimiento óptico y a los costes de mantenimiento.

En nuestro caso, la luminaria a sustituir es la clásica luminaria FUMASA con emisión hacia el hemisferio superior del 60% (FHS), por lo que tenemos un nivel de contaminación lumínica muy elevado, además esta luminaria no dispone de condensador, derivando por tanto en un importante coste en energía reactiva adicional. La luminaria a montar en el nuevo sector de

Petra, será de lámparas de VSAP de una potencia de 100w y con un flujo lumínico de 9.500 lumens.

Sistema de control

El sistema de control digital más actual consiste de tres elementos:

- Unidad de control en la luminaria
- Regulador de flujo
- Módulo UCP y GSM en cada uno de los cuadros de distribución de la instalación
- Procesador remoto de datos para la gestión y control de las instalaciones de manera independiente

Estos sistemas permiten controlar cada luminaria de la instalación de manera independiente, e incluso facilitan información en línea sobre el estado de cada luminaria y de sus componentes, incluyendo la detección pormenorizada de fallos. El ahorro potencial es de un 30% del suministro eléctrico y un 40% de los costes de mantenimiento. El coste de inversión de estos sistemas, especialmente en el caso de modernización de sistemas ya instalados, es elevado, y los costes de ciclo vital deberán calcularse de manera independiente para obtener una estimación del período de amortización.

Para su encendido, el sistema contará con un reloj astronómico y un sensor de luminosidad en forma de interruptor crepuscular, que permita una pequeña histéresis sobre la fecha y hora de la puesta en marcha y el apagado de los circuitos. A la vez que el cuadro incorporará un interruptor de flujo (estabilizador) que permitirá reducir el flujo luminoso de una manera proporcional a la luminosidad del entorno, estabilizando también las tensiones recibidas de la red de suministro, especialmente en horarios nocturnos.

Cumpliendo con la normativa vigente, además de los elementos de control comentados, en el cuadro eléctrico se dispondrán los elementos de protección adecuados, que consisten en una protección magneto-térmica y diferencial, con la sensibilidad adecuada. El relé diferencial será re-armable automáticamente, en caso de que desaparezca el defecto, y dispondrá de entradas y salidas auxiliares para poder conectarlo a cualquier tipo de sistema de control o telemando.

Mantenimiento

Es necesario un correcto mantenimiento de todas las instalaciones de alumbrado para que éstas alcancen un rendimiento óptimo. La suciedad en una lente, en un panel o en los reflectores disminuye el flujo luminoso de la luminaria. Además hay que tener en cuenta que las lámparas fallan a unos intervalos razonablemente predecibles, hecho que permite planificar la sustitución de todas las lámparas a intervalos programados antes de que fallen en lugar de sustituirlas puntualmente una vez se produce el fallo. Otra manera de reducir los costes es limitar el número de tipos de aparatos y de lámparas, de manera que se puedan obtener mejores condiciones de compra, además de facilitar las tareas de almacenaje. Una gestión de datos informatizada ayuda a conocer el número y tipos de lámparas y de aparatos.

El coste total de una instalación de alumbrado público típica durante un periodo de 25 años supone un 85% de mantenimiento y suministro eléctrico y sólo un 15% de costes de inversión. Por consiguiente, resulta de suma importancia cuidar el diseño y la selección de tipos de lámpara y de luminarias de la instalación.

La distribución del suministro eléctrico por fachada se realizará en el sistema trifásico con conductores multipolares de cobre de 0.6/1 kv de aislamiento y 6 mm² de sección mínima de acuerdo con el R.E.B.T.vigente.

En los proyectos se aportarán los cálculos de las secciones de los conductores con sus correspondientes esquemas de circuitos.

Los vanos en las líneas aéreas se fijarán mediante tornillos-argollas pasante, tensores y cable fiador de acero de 6 mm. de diámetro, con anillado de plástico cada 25 cms.

En fachada el conductor irá grapeado a intervalos de 25 cms. En la subida a fachada se protegerá el conductor mediante tubo galvanizado de 1" de diámetro, forrado interiormente, con sus correspondientes curvas y abrazaderas; siendo la altura mínima del tubo de 2 metros desde al cota del suelo.

Las conexiones a la caja de derivación se realizará según plano de detalle que se acompaña, instalándose en dichas cajas fusibles calibrados de 6 A para protección de circuito y receptores.

La puesta a tierra de los elementos metálicos accesibles de la instalación se realizará mediante conductor de cobre de 35 mm² de sección conexas a pica de acero cobreado de 14 mm de diámetro y 2 m. de longitud mínima que se clavará totalmente en el fondo terrizo de la arqueta instalándose a través de un tubo corrugado colocado según plano que se aporta.

En caso de que este tipo de puesta a tierra sea insuficiente a causa de la resistividad del terreno, será necesario instalar a lo largo de los diversos circuitos una línea equipotencial de cobre desnudo, conexas a los distintos elementos metálicos mediante bornas y a cuantas picas de puesta a tierra fuesen necesarias de acuerdo con el R.E.B.T. vigente.

El valor de la resistencia a tierra nunca será superior a 20 ohmios.

Las puestas a tierra, conforme al R.E.B.T., se comprobarán anualmente en la época que el terreno esté más seco. La tensión de defecto no será superior a 24 voltios a causa de la instalación de interruptores diferenciales.

En caso de conexión a tierra de un brazo mural, el conductor irá protegido hasta 2 m. de altura mínima por tubo de acero galvanizado con forro interior de 1" de diámetro con sus correspondientes curvas y abrazaderas.

5.- Normativa de aplicación

Además de lo que se establece en esta instrucción, la normativa a considerar fundamentalmente la siguiente:

- Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (Decreto 842/2002 de 2 de agosto de 2002) e Instrucciones Técnicas Complementarias.
- Normas de la Compañía suministradora de Energía Eléctrica.
- Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el Trabajo. (Decreto 406/1975 de 7 de marzo)
- Ley de Prevención de Riesgos Laborales 31/1995 de 8 de noviembre, el RD 486/1997, de 14 de abril, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo, y las disposiciones mínimas

de seguridad y salud en las obras de construcción R.D. 1627/1997 de 24 de octubre.

- Ordenanzas municipales vigentes del Excmo. Ayuntamiento de Petra.
- Documento DB SÚ del CTE (Código Técnico de la Edificación) en lo referente a seguridad de utilización.
- Documento DB HS del CTE (Código Técnico de la Edificación).

6.- Conclusión

Una iluminación más adecuada y mejor orientada que la actual podría rebajar en más de un 40% tanto el consumo anual de energía como el coste económico que destina Petra al alumbrado público nocturno de la nueva zona donde pretendemos desarrollar este proyecto. Desde un profundo repaso al concepto de la contaminación lumínica y a su influencia en el medio ambiente y en las emisiones de CO₂, y con las consideraciones sobre el uso racional de la energía y la contaminación lumínica en las instalaciones de alumbrado exterior, ofrece las soluciones al despilfarro de luz que se produce cada día en nuestras calles y alerta de la importancia de intervenir con responsabilidad en esta materia, cuyo desarrollo puede tener influencia directa en los objetivos establecidos por Kioto.

Este concepto debería servir para constatar el uso poco efectivo que en general se realiza de la energía, y que evidencian la necesidad tanto de contener la demanda energética para reducir los impactos medioambientales derivados del sector, como de impulsar la eficiencia energética, es decir, la cobertura de los mismos servicios con un consumo menor de electricidad.

En las nuevas zonas del pueblo se pretende instalar equipos altamente eficientes (VMCC) que permitan no desaprovechar gran parte de la energía, bien porque lancen la luz fuera de la zona adecuada, o bien porque la enfoquen directamente al cielo o al horizonte. Evitando de esta manera la luz perdida. En cuanto a las lámparas, se utilizarán las más eficientes, no tanto desde el punto de vista de rendimiento, sino como conjunto teniendo en cuenta la relación rendimiento-precio-consumo, que permita un compromiso sostenible desde el punto de vista técnico-económico. Para ello se tendrá en cuenta el nivel de luminosidad deseado, para evitar el despilfarro y la contaminación lumínica no deseada, evitando así las consecuencias que de ello se deriva, que por cierto son múltiples: exceso innecesario del consumo energético, aumento injustificado del gasto eléctrico, alteración excesiva de la oscuridad natural, agravamiento de la contaminación causada por las centrales térmicas de combustión (petróleo, carbón o gas) o por las centrales nucleares a causa de la mayor demanda social... Cabe subrayar, en relación a este último punto, que la electricidad suministrada a la red procede en un 55% de las centrales térmicas y ciclos combinados, en un 25% de las centrales nucleares, en un 15% de las hidroeléctricas y en un 5% de las fuentes de energía renovables (eólica, principalmente).

Dado que, como recoge este último, el modelo actual de consumo energético se basa principalmente en la conversión de recursos naturales no renovables, el mal uso de de la energía supone un despilfarro de los mismos. Además, en los procesos de generación de energía y su posterior consumo se generan residuos que contaminan gravemente al medio ambiente y que, poco a poco, alteran el equilibrio climático. Efectos importantes que agravan las consecuencias de esta contaminación que, en opinión de los especialistas, es "perfectamente equiparable a la emisión de humos hacia la atmósfera o al vertido de contaminantes en los ríos".

La solución por tanto es sencilla. Consiste en utilizar sistemas correctos de alumbrado. Además, entre otras medidas de eficiencia y de ahorro, se contempla el ajuste de los sistemas de encendido y apagado, la instalación de sistemas que disminuyan el nivel luminoso durante las horas de menor tráfico y la selección de la tarifa de contratación más

adecuada a cada instalación. Como ejemplo de lo sencillo que resultaría cambiar la actual tendencia, cabe subrayar que bastaría con no lanzar luz por encima de la horizontal, dirigiéndola allí donde es realmente necesaria para disminuir la contaminación lumínica en más de un 80%.

Por otro lado, el acondicionamiento de globos y farolas supone un ahorro de energía próximo al 40%, y del 70% en el caso de que se sustituya una lámpara de vapor de mercurio por otra de vapor de sodio (estas últimas, especialmente las de baja presión, son las menos contaminantes; en el lado opuesto se sitúan las incandescentes, halógenas y fluorescentes).

El **presupuesto** por desmontaje de la luminaria existente y colocar una lámpara de vapor de sodio de 100 W con su correspondiente reactancia, incluido el 19 % de GG. Y BI, asciende a 500 € + 16% IVA.

El **número de luminarias que se pretenden modificar** para su ahorro energético es de 250 ud, dichas luminarias se localizan en un parte de la zona conocida como Es Cos.

El presupuesto de contrata asciende a 145.000 € (125.000 € + 16% IVA)

Petra, Julio de 2008

El Ingeniero Técnico Industrial
Francisco Marcos Gil
C.O.E.T.I.B. nº789