



ESTUDIO SOBRE INSTALACIONES DE ALUMBRADO PÚBLICO CON TECNOLOGÍA LED EN NAVARRA

RESUMEN

Diciembre de 2011

> SITUACIÓN

Sangüesa, Falces, Barasoain, Bera, Berriozar, Olite, Castejón, Cintruenigo, Tafalla, Sesma, Isaba y Artajona

> AUTORES

Iñigo Sánchez Semberoiz
Ingeniero Industrial
Desarrollos Urbanos
Sostenibles S.L.

Jesús Arbizu Txurio
Ingeniero Industrial

Carlos Ros Zuasti
Ingeniero Industrial
Carlos Ros Ingenieros
S.L.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN, OBJETIVOS Y ÁMBITO DEL ESTUDIO.....	1
2. DIAGNÓSTICO Y ANÁLISIS DE LOS FABRICANTES IMPLICADOS.....	3
3. DIAGNÓSTICO Y ANÁLISIS DE LAS INSTALACIONES.....	5
4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	6
4.1. RESPECTO A LOS FABRICANTES Y LOS MATERIALES.....	6
4.2. RESPECTO AL CUMPLIMIENTO DE NORMATIVAS Y TRAMITACIÓN ADMINISTRATIVA.....	6
4.3. RESPECTO A INCIDENCIAS, AVERÍAS Y MANTENIMIENTO	7
4.4. RESPECTO A LA CALIDAD LUMÍNICA	7
4.5. RESPECTO AL AHORRO Y EFICIENCIA ENERGÉTICA.....	8
4.6. RESPECTO LA REGULACIÓN Y CONTROL	8
4.7. RESPECTO AL IMPACTO MEDIOAMBIENTAL Y CONTAMINACIÓN LUMÍNICA..	9
4.8. RESPECTO A LA GESTIÓN MUNICIPAL.....	9
4.9. RESPECTO A LA SATISFACCIÓN CIUDADANA.....	9
4.10. RESPECTO AL PRESCRIPTOR DE LA ACTUACIÓN.....	10
4.11. RECOMENDACIONES GENERALES	10
5. REFERENCIAS, NORMATIVA Y BIBLIOGRAFÍA.....	12
6. ANEXO. INFORMES TÉCNICOS COMPLEMENTARIOS.....	13
6.1. LA CONTAMINACION LUMINICA	13
6.1.1. INTRODUCCIÓN.....	13
6.1.2. EMISIÓN AL HEMISFERIO SUPERIOR INSTALADO FHSINST.....	13
6.1.3. RADIACIÓN EMITIDA POR LAS LÁMPARAS.....	13
6.2. LA EFICIENCIA ENERGETICA EN EL ALUMBRADO EXTERIOR	13
6.3. LA LUZ BLANCA Y LOS LEDS.....	15

1. INTRODUCCIÓN, OBJETIVOS Y ÁMBITO DEL ESTUDIO

El desarrollo de la tecnología LED, para su uso tanto en iluminación de interior como en el alumbrado exterior, está suponiendo una auténtica revolución y cambio de filosofía de los fabricantes de luminarias. La presencia de ayudas públicas para su implantación unida a la necesidad de las entidades locales de reducir sus gastos corrientes, y en particular y en gran medida el de electricidad, ha aumentado la demanda de este tipo de soluciones que si bien presentan un potencial de ahorro muy atractivo, a día de hoy adolecen de ciertos inconvenientes que recomiendan cuestionar su uso generalizado para comprobar la conveniencia o no de su instalación con mayor rigor y profundidad.

Estos últimos años muchos han sido los ayuntamientos que motivados por la presencia de subvenciones públicas (planes "E"; IDAE-Gobierno de Navarra; Infraestructuras Locales; etc) y persuadidos por fabricantes de estas modernas y atractivas tecnologías se han animado a renovar las instalaciones de alumbrado público de sus municipios en muchos casos sin el debido asesoramiento y rigor técnico suficiente.

Al objeto de obtener conclusiones y recomendaciones sobre las diferentes tecnologías y reformas que se han efectuado en Navarra con tecnología LED, la mayoría de ellas beneficiadas por algún tipo de subvención pública, el Gobierno de Navarra encargó la realización de un total de 12 auditorías energéticas de instalaciones de alumbrado exterior LED.

Elaboradas por las consultoras Yako Ingenieros, Durso y Carlos Ros Ingenieros, las auditorías han contemplado las siguientes tareas:

- Diagnóstico y análisis de los fabricantes participantes.
- Diagnóstico técnico de las instalaciones seleccionadas.
- Diagnóstico del grado de satisfacción de los diferentes agentes implicados y de la ciudadanía.
- Análisis técnico de las instalaciones
- Obtención de conclusiones y elaboración de recomendaciones generales.
- Colaboración con el Gobierno de Navarra para la mejora en la elaboración de pliegos para ayudas en materia de alumbrado.

A la hora de seleccionar los municipios se priorizó a aquellos que cumpliesen en la medida de lo posible los siguientes requisitos:

- Modelos de luminarias y marcas de fabricantes diferentes.
- Reforma de importancia por importe económico o impacto mediático.
- Dispersión territorial dentro de la comunidad foral Navarra.

Los municipios finalmente auditados fueron los siguientes:

LISTADO DEFINITIVO ENTIDADES AUDITADAS				
ENTIDAD	MATERIAL	PRESCRIPTOR	INSTALADOR	AUDITOR
Sangüesa	Philips	Durso	TELMAN	Durso
Falces	Lidolight	Lidolight	Escuela Taller de Falces	Durso
Barasoain	Philips	Durso	Electricidad Beorlegui SL	Durso
Bera	Ekoleds	Ekoleds	Tximistindar Andueza E Iriarte SL	Durso
Berriozar	Daled	Amador Autor	Montajes Eléctricos NOI SAL	Yako Ingenieros
Olite	General Electric	Julio Laita Zabalza	Electricidad Orduña SL	Yako Ingenieros
Castejón	Iguzzini	Amador Autor	Enel-Endesa	Yako Ingenieros
Cintruenigo	Socelec	Socelec	-	Yako Ingenieros
Tafalla	Daled	Amador Autor	TELMAN	Carlos Ros Ingenieros
Sesma	GCE Solar	Jesús Amézqueta Morrás	Javier Bea Raón	Carlos Ros Ingenieros
Isaba	Luix	J. Manuel Iturrarte Álvarez (LKS)	Montajes Eléctricos NOI SAL	Carlos Ros Ingenieros
Artajona	Daled	Montajes Eléctricos Gil-Esparza	Montajes Eléctricos Gil-Esparza	Carlos Ros Ingenieros

2. DIAGNÓSTICO Y ANÁLISIS DE LOS FABRICANTES IMPLICADOS

Para realizar o reformar una instalación de iluminación, es preciso disponer previamente de información técnica del material que se pretende instalar. Partiendo de esta información, es posible:

- Dimensionar correctamente las instalaciones.
- Justificar el cumplimiento de las normativas vigentes en materia de alumbrado.
- Justificar la validez del material prescrito y el cumplimiento de las diferentes normas que le afectan.

Previendo que muchas de las instalaciones a auditar se ejecutaron sin haberlas dotado de la correcta documentación técnica requerible, se decide en primer lugar solicitar a cada fabricante y/o prescriptor que aporte, con tiempo suficiente, la información técnica esencial y de carácter público, del material instalado. Como referencia de los aspectos técnicos solicitados se siguieron las recomendaciones del IDAE, la Asociación Española de Fabricantes de Iluminación (Anfalum) y del Comité Español de Iluminación (CEI), que exigen requerir:

- Declaración del fabricante o certificado de laboratorio acreditado firmado y sellado especificando:

- Flujo total útil de la luminaria en lúmenes.
- Flujo hemisférico superior instalado (FHSinst). Por tanto variará según los ángulos de instalación.
- Potencia nominal del sistema de leds (nº de leds, intensidad y su potencia nominal individual).
- Potencia total consumida por la luminaria.
- Eficacia de la luminaria en lúmenes por watio.
- Rendimiento de la luminaria en su conjunto.
- Factor de utilización.
- Factor de mantenimiento a considerar y su justificación.
- Temperatura de color de los LEDs.
- Índice de reproducción cromática (IRC).
- Características fotométricas de lámparas y luminarias según UNE-EN 13032 (gráficas y en soporte informático para cálculo con Dialux o Calculux).
- Vida útil del sistema de leds montado en la luminaria para L70.
- Vida media del equipo electrónico de alimentación.
- Rango de temperatura ambiente para el correcto funcionamiento de la luminaria de forma permanente sin que se vean alteradas sus especificaciones. Indicar si tiene algún sistema de seguridad por temperatura máxima.
- Grado IP e IK de la luminaria, del bloque óptico y del equipo.

- Otros certificados:

- Declaración de conformidad a normas de la luminaria.

- Declaración de conformidad a normas del equipo electrónico que la alimenta.
- Certificado de compatibilidad electromagnética incluyendo las condiciones de instalación según EMC 2004/108/EC.
- Certificado de cumplimiento con la norma general de luminarias UNE-EN 60598.
- Certificado de cumplimiento con la norma de seguridad de módulos LEDs UNE-EN 62031 y de radiación óptica UNE-EN 62471.

3. DIAGNÓSTICO Y ANÁLISIS DE LAS INSTALACIONES

De cada una de las instalaciones seleccionadas se realizó el siguiente diagnóstico técnico:

- Cumplimiento de la normativa aplicable.
- Comprobación de lo ejecutado frente a lo previsto o proyectado. Identificación de ineficiencias y de medidas correctoras.
- Análisis del material y del fabricante.
- Diagnóstico eléctrico y lumínico.
- Diagnóstico medioambiental. Contaminación lumínica y deslumbramientos.
- Grado de satisfacción ciudadana y de los agentes implicados (alcaldes, ingenieros, mantenedores, instaladores, etc).
- Conclusiones generales al diagnóstico.

En base a los resultados obtenidos, se obtuvieron una serie de conclusiones y recomendaciones al respecto, que se resumen a continuación.

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. RESPECTO A LOS FABRICANTES Y LOS MATERIALES

- En algunos casos se ha constatado que los datos técnicos de las luminarias, proporcionados por los fabricantes, son inconcretos, contradictorios entre sí e incluso diferentes dependiendo de si se proceden del catálogo, de información directa del fabricante o de información de las curvas fotométricas. Por ello se considera imprescindible que en cualquier instalación se seleccionen materiales de fabricantes cuya información sea lo más concreta y fiable posible.
- En general y salvo en casos muy concretos, la información aportada por los fabricantes ha sido reducida y ha requerido de cierta insistencia para su obtención. De los 9 fabricantes implicados en las instalaciones LED auditadas, únicamente 3 de ellos (Philips, Lidolight y Socelec) han documentado adecuadamente su material. Otros 2 fabricantes (Ekoleds y Novalux) han documentado parcialmente su material. El resto (GE-Hadasa, Dataled, Iguzzini y Luix) lo han hecho de manera mínima o insuficiente. En general se considera que solo los materiales que han sido adecuadamente documentados son válidos para ser prescritos en un proyecto de alumbrado con las garantías suficientes.
- No obstante lo anterior, estos últimos años se observa una evolución en la información aportada por los fabricantes, los cuales documentan progresivamente y de forma más completa y fiable las características técnicas de sus luminarias, adaptándose mejor a las necesidades de los prescriptores.
- El coste de las luminarias LED hasta la fecha es en general elevado y difícilmente amortizable sin la existencia de subvenciones o ayudas públicas.
- En ocasiones la utilización de sistemas de regulación de flujo excesivamente complejos alargan peligrosamente los periodos de amortización. Existen otros sistemas más sencillos (Ej. doble nivel autónomo en luminaria) que requieren menor inversión inicial (y son por tanto más fácilmente amortizables) y que representan la solución más recomendable a día de hoy para la regulación de las luminarias LEDs.

4.2. RESPECTO AL CUMPLIMIENTO DE NORMATIVAS Y TRAMITACIÓN ADMINISTRATIVA

- En general la mayoría de las instalaciones que ha sido auditadas incumplen el REBT, en especial en lo referente a los cuadros de mando. Esto se debe a que la mayor parte de las actuaciones han consistido en meras sustituciones de luminarias, obviando el estado del resto de la instalación. La presencia de un prescriptor adecuado influye mucho en esta cuestión. No obstante lo anterior el titular es siempre el que toma la última decisión.
- El Servicio de Energía, Minas y Seguridad Industrial ha iniciado a la vista del incumplimiento en determinadas instalaciones los correspondientes expedientes para subsanar deficiencias.
- Los titulares son reticentes, por cuestiones principalmente económicas, a legalizar instalaciones que no precisan cambios en la contratación. En la práctica se buscan escapatorias legales para evitar la necesidad de pasar la tramitación. Del total de instalaciones estudiadas, ninguna fue legalizada por un Organismo de Control Autorizado (OCA).

4.3. RESPECTO A INCIDENCIAS, AVERÍAS Y MANTENIMIENTO

- Se detecta una alta incidencia de fallos, especialmente en drivers, durante el periodo de garantía, en comparación con los relativos a tecnologías convencionales (VSAP, arrancadores electromagnéticos...). La presencia, cada vez en aumento, de componentes electrónicos en las instalaciones de alumbrado exige de mayores protecciones frente a alteraciones de la red que muchas veces no son tenidas en cuenta.
- Largos periodos de entrega de recambios (en torno a 2 meses). Tecnología muy cambiante, de rápida evolución que no garantiza la existencia a futuro de repuestos.
- El fallo de las lámparas LED y la falta de estandarización de sus componentes, obliga a la sustitución casi completa de las luminarias. Esta cuestión no suele ser tenida en cuenta en los cálculos de amortización de las reformas, y puede tener una alta afeción a los costes futuros de mantenimiento. La incertidumbre de no saber la vida útil real de estos materiales de nueva generación, cuya evolución es tan rápida y cambiante, imposibilita una estimación certera de los costes de mantenimiento a largo plazo.

4.4. RESPECTO A LA CALIDAD LUMÍNICA

- En general los niveles medios lumínicos observados tras las reformas son inferiores a los preexistentes, lo cual se considera correcto al ir en consonancia con los requerimientos de la normativa actual y el fomento del ahorro y la eficiencia energéticos.
- En general los cálculos lumínicos aportados por los prescriptores se aproximan a las mediciones obtenidas en campo en cuanto a niveles medios (iluminancias) pero no en cuanto a las uniformidades.
- La normativa vigente, en la mayoría de los casos estudiados, no requiere alcanzar niveles mínimos de uniformidad. A pesar de ello se considera muy importante respetar ciertos grados de uniformidad para obtener alumbrados de calidad.
- Conseguir estos niveles adecuados de uniformidad lumínica exige disponer de unas prestaciones ópticas apropiadas en las luminarias y de un diseño o rediseño correcto del conjunto de la instalación. En los casos en que se han realizado meras sustituciones de luminarias, difícilmente no se cumple esta condición.
- En los casos estudiados en los que se ha mantenido el modelo de luminaria tipo farol Villa, se aprecian fuertemente sus limitaciones: autosombreados, menor eficiencia, etc. Si bien su uso está muy extendido, por su estética rústica y antigua, se aconseja la elección de otros modelos más eficientes.



Ejemplo de autosombreado de una luminaria tipo Villa

4.5. RESPECTO AL AHORRO Y EFICIENCIA ENERGÉTICA

- En general los titulares no han realizado un seguimiento y comprobación del ahorro energético previsto tras las reformas efectuadas. En algunos de los casos puntuales en los que se ha hecho, se constata que el ahorro difiere en gran medida con lo esperado. Las principales causas son:
 - o Falta de rigor en los cálculos iniciales de ahorro.
 - o El material prescrito consume más energía de lo indicado por su fabricante.
 - o Fallos en los sistemas autónomos de regulación de flujo de las luminarias LED.
 - o Incompatibilidad de las luminarias LED instaladas con el sistema de regulación convencional existente, que ha obligado a su desconexión, dejando las luminarias no sustituidas sin reducción de flujo y por tanto afectando negativamente al balance energético final de la instalación.
- En general se recomienda un seguimiento temporal de los consumos de al menos un año para poder extraer conclusiones fidedignas. En muchos casos estos análisis no son sencillos ni precisos por tratarse de reformas parciales de instalaciones.

4.6. RESPECTO LA REGULACIÓN Y CONTROL

- Aproximadamente en la mitad de los casos estudiados se han instalado luminarias que no disponen de sistema alguno de reducción de flujo. A día de hoy la mayoría de fabricantes disponen de diversas soluciones para poder regular eficazmente el flujo de las luminarias LED.
- En algunos casos se han instalado luminarias LED sobre circuitos con reducción de flujo en cabecera. Esta cuestión puede generar problemas de incompatibilidades si no ha sido tenida en cuenta.

- La excesiva sofisticación de ciertos sistemas de regulación y gestión puede llegar a ser contraproducente y de difícil justificación económica. Se recomienda elegir soluciones técnicas adaptadas a la realidad de cada entidad local, en cuanto a su capacidad económica de mantenimiento y explotación posterior.

4.7. RESPECTO AL IMPACTO MEDIOAMBIENTAL Y CONTAMINACIÓN LUMÍNICA

- Por lo general se instalan luminarias LED con temperatura de color muy elevada (superiores a 5.000 K). Si bien las lámparas LED son más eficientes cuanto más elevada es su temperatura de color, se desaconseja la elección de modelos con temperaturas superiores a los 4.000 K, ya que a mayor temperatura también mayor generación de contaminación lumínica y mayor riesgo de afecciones para la salud y para el medioambiente.
- En todos los casos estudiados la instalación de lámparas LEDs aumenta el nivel de deslumbramiento frente a otros sistemas convencionales.
- En general pocos fabricantes han aportado información sobre el FHSinst de sus luminarias. Los sistemas LED disponen de FHS reducidos, pero en muchos casos se instalan con ángulos de inclinación considerables (15º) que alteran esta condición.
- En general con las reformas se ha reducido considerablemente la luz intrusa existente previamente en las fachadas, dirigiendo el flujo luminoso hacia donde se necesita (vía pública) y aumentando el factor de utilización.

4.8. RESPECTO A LA GESTIÓN MUNICIPAL

- A la hora de adoptar una tecnología o realizar una inversión, frecuentemente se asumen decisiones sin el debido asesoramiento técnico.
- En la mayoría de los casos no existía una auditoría previa del alumbrado que respaldase la conveniencia de las reformas efectuadas.
- De cara a la solicitud de ayudas públicas, en muchos casos se han aceptado memorias valoradas con poco rigor técnico y con mucha influencia comercial.
- En general se invierte lo mínimo en mantenimiento y casi nada en el seguimiento de la instalación (control de consumos, facturaciones, etc).

4.9. RESPECTO A LA SATISFACCIÓN CIUDADANA.

- La aceptación ciudadana respecto a las reformas efectuadas es en general buena o indiferente, salvo en cuestiones puntuales como el deslumbramiento e iluminación de fachadas.
- A pesar de haber disminuido los niveles de iluminación, por lo general no se registran quejas al respecto.
- La luz blanca se aprecia como una mejora frente a la luz anaranjada del VSAP, por su mejor reproducción cromática.
- La preocupación por la contaminación lumínica es una cuestión tenida en cuenta por los técnicos (ingenieros, instaladores, etc) pero no así por la ciudadanía, que por lo general desconoce lo que es y sus efectos adversos.
- Mediáticamente se asocia LED a ahorro energético a corto plazo, sin tener en cuenta otras cuestiones como la amortización de la inversión a medio y largo plazo.
- Mayoritariamente la ciudadanía valora positivamente la realización de este tipo de auditorías que analicen instalaciones objeto de subvenciones públicas.
- En general los ayuntamientos opinan que las ayudas recibidas son insuficientes.

4.10. RESPECTO AL PRESCRIPTOR DE LA ACTUACIÓN

- En la mayoría de los casos auditados el prescriptor ha sido la propia casa comercial frente a una minoría que ha hecho uso de técnicos titulados competentes.
- En algunos casos el prescriptor no ha tenido en cuenta cuestiones técnicas relevantes de partida como por ejemplo la presencia de un reductor de flujo en cabecera; el sistema de mantenimiento de la población; las características particulares de las instalaciones; etc.
- En la mayoría de los casos el prescriptor de tipo comercial ha primado intereses mercantiles frente a técnicos.
- Cuando el prescriptor representa a un fabricante, propone soluciones que pueden no ser las más adecuadas para la instalación. En algunos casos no cumplen la normativa, ni aportan información técnica suficiente del material prescrito.
- Los fabricantes y agentes comerciales se presentan ante los organismos públicos con estudios en los que indican el ahorro que prevén obtener instalando su material respecto a la instalación existente que habitualmente es muy antigua. En general estos estudios carecen del rigor técnico necesario. Al tratarse de comparaciones con instalaciones muy antiguas y en muchos casos obsoletas, los ahorros que obtienen son importantes. Sin embargo, en estas situaciones no se realizan estudios energéticos y de inversión comparativos entre diversas soluciones y otras tecnologías actuales.

4.11. RECOMENDACIONES GENERALES

A la hora de plantear una inversión de reforma en alumbrado público, por parte de una entidad local, se recomienda contar siempre con el asesoramiento de un técnico titulado competente, especialista en la materia e independiente, que permita:

- Diagnosticar el estado actual de la instalación a reformar.
- Definir objetivamente la actuación más recomendable a acometer en función del estado y tipo de instalación existente, y de los recursos económicos (y ayudas) disponibles para hacerlo.
- Estudiar las diferentes alternativas tecnológicas existentes y seleccionar la más apropiada para cada caso.
- Diseñar y verificar la correcta ejecución de la reforma.
- Garantizar en todo momento el cumplimiento de la normativa vigente.
- Contar con empresas habilitadas (registro Departamento de Desarrollo Rural, Industria, Empleo y Medio Ambiente) para este tipo de instalaciones.
- Exigir los certificados correspondientes tanto de la instalación como del material instalado.

Un aspecto previo muy importante a tener en cuenta, especialmente en instalaciones de cierta antigüedad, es el de anteponer por encima de todo las cuestiones relativas a la seguridad. Cuando se acomete una reforma de alumbrado hay que analizar siempre el estado que presenta la instalación sobre la que se actúa (cuadros de mando, acometidas, redes tierra, aislamientos, etc) y garantizar el cumplimiento de las normativas en materia de seguridad.

Si bien las luminarias LEDs son más eficientes que las convencionales (VSAP, HM, etc) se recomienda destinar el uso de luz blanca exclusivamente a aquellas zonas que por su relevancia (Ej: una plaza consistorial) o por su utilización (Ej: zonas deportivas) así lo requieran, y no se convenga su implantación, con carácter general, en todas las instalaciones de alumbrado, debiendo evitar en especial aquellos espacios más sensibles a este tipo de luz (ámbitos rurales, ríos, observatorios, zonas protegidas, etc).

En todo proyecto de reforma o nueva ejecución de alumbrado es imprescindible exigir previamente al fabricante toda la documentación técnica de su luminaria que permitan definir correctamente el diseño de la instalación y certifique el debido cumplimiento de las normativas que regulan su fabricación.

Se desaconseja efectuar reformas del tipo sustitución simple de luminarias o *retrofit* (sustitución de componentes de las luminarias). La primera difícilmente garantiza el cumplimiento de las normativas en cuanto a niveles y uniformidades lumínicas. La segunda elimina toda garantía y homologación del conjunto de la luminaria.

En toda reforma o nueva instalación de alumbrado se debe exigir al instalador que la ha realizado, la realización de una verificación final y la emisión de un certificado (boletín). Además, en los casos que marque la normativa, se debe realizar la preceptiva revisión por parte de un Organismo de Control Autorizado (OCA), que valide la correcta ejecución y funcionamiento de la misma.

Por último hay que recordar que una instalación de alumbrado requiere de la existencia de un mantenimiento posterior, tanto preventivo como correctivo, eficaz y con recursos suficientes que garanticen la eficiencia y la funcionalidad permanentemente.

5. REFERENCIAS, NORMATIVA Y BIBLIOGRAFÍA

- Real Decreto 1890/2008, por el que se aprueba el Reglamento de Eficiencia Energética en Instalaciones de alumbrado exterior.
- Decreto Foral 199/2007 Reglamento de desarrollo de la Ley Foral del alumbrado para protección del medio nocturno.
- Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión y sus Normas complementarias aprobado en el RD 842/2002. Guías de interpretación del Reglamento Electrotécnico para baja tensión.
- Normas UNE.
- Recomendaciones del Instituto Astrofísico de Canarias y del IDAE.
- Requerimientos técnicos exigibles para luminarias con tecnología LED de alumbrado exterior. CEI. IDAE.
- Protocolo de pruebas de luminarias-led de alumbrado exterior. Área de Gobierno de Obras y Espacios Públicos de Madrid. Subdirección General de Evaluación Urbana. Departamento de normalización y homologación.
- Recomendaciones a tener en cuenta para el análisis de la sustitución de las luminarias actuales por otras de tecnología LED y para la instalación de nuevas luminarias con tecnología LED. Ministerio de Fomento. Secretaria de Estado de planificación e infraestructuras. Secretaría general de infraestructuras. Dirección general de Carreteras. Subdirección general de conservación.
- Lighting the Future. Accelerating the deployment of innovative lighting Technologies. Green Paper. European Commission. 15/12/2011. COM (2011) 889 final.

En Pamplona, a 30 de diciembre de 2011.

6. ANEXO I: INFORMES TÉCNICOS COMPLEMENTARIOS

Se incluyen a continuación una serie de pequeños informes técnicos y recomendaciones que complementan y facilitan la comprensión de ciertas cuestiones mencionadas anteriormente en el informe y que se considera son de alta importancia.

6.1. LA CONTAMINACION LUMINICA

6.1.1. INTRODUCCIÓN

La contaminación lumínica de una instalación de alumbrado público depende de tres factores principalmente:

- Índice de reflexión del suelo.
- Factor de emisión al hemisferio superior instalado FHSinst.
- Radiación emitida por las lámparas en las longitudes de onda más cortas (azules). Estas longitudes de onda cortas son las que tienen mayor capacidad de esparcimiento en la atmósfera y por tanto son las que mayor contaminación lumínica producen.

El primer factor es ajeno a la propia instalación de alumbrado ya que depende de los materiales utilizados en las pavimentaciones de las ciudades, los cuales se recomienda sean de baja reflexibilidad. Los otros dos factores dependen de las características de las luminarias y su instalación.

6.1.2. EMISIÓN AL HEMISFERIO SUPERIOR INSTALADO FHSINST.

En la actualidad se encuentra regulado por el Reglamento de Eficiencia Energética en Instalaciones de Alumbrado Exterior REIAE.

La emisión al hemisferio superior de una luminaria depende de su diseño y del ángulo de inclinación con el que se instale. El fabricante debe emitir un certificado con este dato en el que se incluya el grado máximo de inclinación que puede tener la luminaria instalada.

6.1.3. RADIACIÓN EMITIDA POR LAS LÁMPARAS.

Este factor depende de la tecnología de las lámparas utilizadas y no se encuentra regulado por la legislación actual. La única forma de controlar este aspecto actualmente es mediante la temperatura de color de las lámparas. A mayor temperatura de color, mayor radiación en longitudes de onda corta y mayor contaminación lumínica.

6.2. LA EFICIENCIA ENERGETICA EN EL 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. Se expresa en $m^2 \cdot lux/W$.

La eficiencia de una instalación de alumbrado exterior depende de tres factores:

- Eficacia de la lámpara y equipos auxiliares.
- Factor de utilización.
- Factor de mantenimiento.

La eficacia de una lámpara es la relación entre el flujo luminoso (lúmenes) emitido por una lámpara y la potencia consumida por esta (sin tener en cuenta equipos auxiliares y otros). Se expresa en lum/W.

Cuanto más eficiente sea la tecnología de las lámparas utilizadas, mejor eficiencia tendrá el alumbrado. Los equipos auxiliares de menor consumo (Ej. arrancadores electrónicos) elevan la eficiencia de la luminaria.

El factor de utilización es la relación entre el flujo útil procedente de las luminarias a la calzada o superficie a iluminar, y el flujo emitido por las lámparas instaladas. Este valor depende del tipo de lámpara, de la distribución de la intensidad luminosa y rendimiento de luminarias, así como de la geometría de la instalación (altura, disposición, interdistancias, etc).

El factor de mantenimiento es la relación entre la iluminancia media en la zona iluminada y la iluminancia media al inicio de su funcionamiento como instalación nueva. Depende fundamentalmente del tipo de lámpara, del grado de estanqueidad de la luminaria, del grado de contaminación de la atmósfera en el lugar de instalación y de la frecuencia estipulada por el titular para realizar el mantenimiento. A mayor frecuencia (máximo cada 3 años según normativa) peor factor de mantenimiento y por tanto peor eficiencia energética de la instalación.

Estos parámetros no tienen en cuenta ni la uniformidad ni los excesos de iluminancias medias y por tanto un alumbrado que no alcanza uniformidades aceptables y que presenta un exceso o un deficiente nivel lumínico puede tener una buena eficiencia energética.

Para obtener una instalación de alumbrado eficiente conviene adoptar las siguientes medidas:

En cuanto a la calidad del material:

- Exigir unos valores mínimos de eficiencia de las lámparas y equipos auxiliares en función de la tecnología de las mismas. En el caso de la tecnología LED, se deberá acordar una temperatura de color previamente.
- Exigir unos valores mínimos de rendimiento de las luminarias en función de la tecnología de las mismas.
- Seleccionar luminarias de estanqueidad elevada (IP6X).

Estas exigencias deberán ser acreditadas mediante presentación de los correspondientes certificados del fabricante o laboratorio acreditado debidamente firmados.

En cuanto al diseño:

- Exigir unos valores mínimos de eficiencia de la instalación en función de la tecnología utilizada y de las características de las vías donde se vaya a realizar la instalación.
- Aumentar la frecuencia de labores de mantenimiento.

Esta exigencia deberá ser acreditada mediante un estudio o proyecto realizado por un profesional cualificado y se deberá comprobar su resultado mediante las correspondientes mediciones de fin de obra.

6.3. LA LUZ BLANCA Y LOS LEDS

Con las luminarias LED, al igual que ocurre con otras tecnologías como el vapor de mercurio o la fluorescencia, se puede producir luz blanca con una mejor reproducción de los colores. En el caso concreto de los LEDs se pueden conseguir mayores factores de utilización (poner la luz donde se necesita) y de este modo alcanzar una eficiencia mayor de la instalación. Además en países como Italia o Inglaterra, utilizando fuentes de luz con una IRC superior a 60 y de acuerdo a la norma UNE-EN 13201, se permite reducir un grado la calificación de la vía (Ej. de 1,00 a 0,75 cd/m^2) lo cual redundará en una mayor eficiencia energética y una menor contaminación lumínica (FHS debido a la reflexión del pavimento) de la instalación.

No obstante, la luz excesivamente blanca y direccional de los LEDs no está exenta de cierta controversia y de algunos inconvenientes. El deslumbramiento de las lámparas es mayor, por la mayor intensidad lumínica por superficie radiante de la lámpara. Por otro lado la luz blancoazulada puede presentar afecciones a la salud y al medioambiente por diferentes razones. Se adjunta a continuación un informe técnico que detalla en mayor medida esta problemática.

Por último conviene resaltar que existen otras cuestiones pendientes de análisis y estudio como son: la gestión de los múltiples residuos tóxicos (Ej. metales pesados) incorporados en las lámparas LED, que deberían ser retirados por gestores autorizados y depositados en vertederos de seguridad; el análisis del ciclo de vida de las luminarias (balance energético total); etc.