

LA ILUMINACIÓN CON LED Y EL PROBLEMA DE LA CONTAMINACIÓN LUMÍNICA

Carlos Herranz Dorremochea, Josep M^a Ollé Martorell
y Fernando Jáuregui Sora

En marzo pasado el Consejo de Ministros aprobó un plan de ahorro y eficiencia energética que incluía una serie de medidas sobre alumbrado en exteriores. Entre ellas, por ejemplo, el gobierno destinará 30 millones de euros en todos los municipios de menos de 200 habitantes para la sustitución de 120.000 puntos de luz por farolas más eficientes¹. Desde el gobierno se apuesta por los LED como las fuentes de luz más eficientes destinadas a sustituir a las fuentes preexistentes. Estas noticias, unidas a una inversión económica tan elevada, provocaron la alerta de las asociaciones y profesionales preocupados por el impacto ambiental de los alumbrados.

De hecho, hace unos años que se viene constatando una creciente penetración de las nuevas tecnologías de iluminación basadas en la incorporación de los LED como fuentes de luz para exteriores. Esto obedece tanto a un esfuerzo coordinado desde la industria del sector (liderada por las grandes empresas fabricantes) como a la irrupción de otras empresas advenedizas que comercializan productos de mercados no tradicionales en este ámbito (como el asiático). Se constata, además, en numerosas ocasiones, las agresivas campañas de promoción llevadas a cabo por muchos comerciales, quienes –bien por desconocimiento o con la intención de engañar a clientes potenciales– no tienen inconveniente en realizar afirmaciones falsas tanto en lo que se refiere a las supuestas bondades del producto que comercializan como acerca de las supuestas debilidades de las lámparas existentes a las que pretenden sustituir. Este planteamiento ha encontrado eco en muchos cargos políticos (ministros incluidos) y, en particular, en el ámbito municipal. Como resultado de todo ello se está produciendo una rápida extensión de instalaciones de alumbrado con LED nuevas o adaptadas que se pueden encontrar ya en muchas poblaciones con desiguales resultados.

Así las cosas, desde «Cielo Oscuro, Asociación contra la Contaminación Lumínica» se hizo pública una reflexión de urgencia, incidiendo en la mucho menos conocida realidad de la tecnología LED en relación con sus impactos conocidos sobre la astronomía, el medio nocturno y la salud². Como era previsible, su recepción fue en general positiva en los ámbitos astronómicos y, lo que es más importante, por parte de no pocos expertos en iluminación, entre los cuales se viene observando también desde hace tiempo la necesidad de disponer de información actualizada. Con este fin se vienen sucediendo jornadas formativas en diversas ciudades españolas en las que, frente al optimismo de las empresas promotoras, se pone de manifiesto también la necesidad de la realización previa de un proyecto luminotécnico en cada caso que no se limite a la mera sustitución de fuentes luminosas o al aspecto de ahorro en el consumo sino que preste atención también al control en la distribución de la luz, la instalación con garantías, el correcto mantenimiento a lo largo de la vida útil de la instalación, etc. Las ponencias de estas jornadas constituyen hoy por hoy una buena base de información técnica sobre los LED³.

La nota informativa de Cielo Oscuro ha motivado, como era de esperar, algunas críticas procedentes de

Carlos Herranz es físico y preside la asociación Cielo Oscuro.

José M.^a Ollé es profesor asociado de Luminotecnia en la Universitat Rovira i Virgili.

Fernando Jáuregui es astrofísico en el Planetario de Pamplona.

profesionales en general más vinculados a empresas fabricantes y distribuidoras de material luminotécnico que a la actividad proyectista. Sorprendentemente, se produjo también una crítica pública a la postura de esta asociación desde un sector del periodismo científico que dio lugar a agrios debates en la red⁴. Ante la constatación de la falta de información que existe sobre los distintos aspectos mencionados en la nota informativa, en este artículo se amplía su contenido, facilitando referencias bibliográficas recientes que permitan a los sectores interesados profundizar en su conocimiento.

CARACTERÍSTICAS DE LOS LED

Los diodos luminiscentes, más conocidos por sus siglas en inglés LED (*Light-Emitting Diode*) aún representan una novedad en el mercado de la iluminación de exteriores que es preciso estudiar y valorar por su potencial de desarrollo futuro en lo que se refiere a la eficiencia energética, al control de las diferentes formas de contaminación lumínica y a su capacidad de regulación por medios electrónicos. La aparición del primer LED comercial se produjo en 1962, si bien solo emitía luz roja tenue, por lo que únicamente se empezó a usar para señalización o como LED de funcionamiento en dispositivos electrónicos. A finales de la década de los años ochenta y principios de los noventa, además de los LED rojos, se desarrollan los LED amarillos, verdes, azules y, por tanto, los blancos. Se incrementa sustancialmente su rendimiento y en los años noventa la tecnología LED conquista la industria del automóvil y la industria de paneles luminosos (*displays*) para dispositivos electrónicos. En la última década, de 2000 a 2010, es cuando se incrementa exponencialmente el rendimiento de los LED blancos y se inicia la conquista de la industria de la iluminación.

Los LED de luz «blanca» se basan en el LED azul con una corrección de color mediante una



Globos y LED. En muchas localidades se están instalando luminarias LED, menos eficaces y mucho más caras que otras tradicionales con flujo hacia el hemisferio superior nulo (FHS = 0 %), sin haber sustituido las infames farolas globo que emiten la luz en todas las direcciones. Esta imagen de Barásain (Navarra) no refleja adecuadamente el gran deslumbramiento que producen las luminarias LED y la desagradable sensación que se experimenta cuando se pasa de un entorno oscuro a uno iluminado por esa luz tan fría. Esto es debido a que las fotografías de lugares iluminados por LED tienen un aspecto mucho más «vistoso» que las de aquellos iluminados con luz de vapor de sodio de alta presión (VSAP); es decir, los LED son fotogénicos (un efecto convenientemente explotado en la publicidad de las empresas que los venden). Sin embargo, la sensación que se experimenta *in situ* es muy diferente. Las luminarias LED son altamente deslumbrantes y molestas y la luz fría, cuando se llega desde un lugar oscuro (incluso en coche), produce un efecto desagradable, poco natural. En Barásain dicen que «como de fantasmas» (en esa localidad se instalaron luminarias LED por estar fuertemente subvencionadas por el Gobierno de Navarra). (Excepto donde se indique, todas las imágenes son cortesía Fernando Jaúregui)

capa de fósforos, de manera análoga a los tubos fluorescentes. La máxima eficacia se obtiene con la mínima capa de fósforos posible, con lo que la luz emitida tiene una *temperatura de color* superior a los 6.000 K (a mayor temperatura de color mayor

Tabla comparativa de características de las fuentes de luz actualmente más usadas en iluminación

Tipo de lámpara	Eficacia (lm/W)	Tiempo de vida (h)	IRC
▶ Halógena	20	1.200	100
▶ Halogenuros metálicos	70 - 108	15.000	90
▶ Fluorescente	60 - 100	8.000	80
▶ Sodio baja presión	120 - 200	16.000	25
▶ Sodio alta presión	95 - 130	28.000	45
▶ LED	90 - 120	>50.000	>75

rendimiento, peor índice de reproducción cromática -IRC-, mayor sensación de luz fría y peor confort visual). Para conseguir luz con una temperatura de color más cálida cercana a los 3.000 K debe incrementarse la capa de fósforos, con lo que la eficacia disminuye considerablemente. En el proceso de fabricación de un LED puede haber variaciones de las características del mismo que afecten al color o la temperatura de color. Un proceso posterior de selección (o *BINNING*) agrupa los LED según su tono, de forma que se garantice la uniformidad en el color de un grupo de LED o la tonalidad de los distintos módulos LED.

EFICIENCIA ENERGÉTICA Y AHORRO ECONÓMICO

Actualmente una luminaria de LED puede alcanzar en términos de eficacia de fuente de luz valores solo ligeramente por debajo de los que se obtienen con otras fuentes de luz tradicionales de tecnología actual como las lámparas de vapor sodio de alta presión (VSAP) o las lámparas de halogenuros metálicos (HM) con quemador cerámico (ambas emplean la misma tecnología), ver tabla en página 37. Esto será así siempre que el sistema esté diseñado, dimensionado y configurado para mantener en condiciones óptimas el funcionamiento del LED. Entonces, ¿por qué se escucha que el LED es más eficiente?

La respuesta es que realmente una iluminación con LED puede obtener una mayor *eficiencia*, aún ofreciendo un *eficacia luminosa* (lm/W) de fuente de luz inferior, gracias a su mayor capacidad de «poner la luz en su sitio». Esto consigue que, aunque la luminaria emita menos luz a causa de su menor eficacia final, los lúmenes que llegan a la superficie o espacio a iluminar lo hagan en un mayor porcentaje. Traducido a lenguaje técnico: las soluciones con LED pueden aportar un mayor *factor de utilización* $F_u = \text{luz recibida} / \text{luz generada por la lámpara}$ o una *utilancia* más cercana a la unidad $U = \text{luz recibida} / \text{luz emitida por la luminaria}$.

Por tanto, en lo que al aspecto energético se refiere, hoy por hoy el LED como fuente de luz no es genéricamente más eficaz que otras lámparas en igualdad

de condiciones: misma temperatura de color, uniformidades, deslumbramiento... Únicamente si el LED se mantiene en su aplicación de alumbrado técnico, ya sea en exterior o interior, en unas condiciones óptimas de funcionamiento en relación a su intensidad de corriente y a su temperatura, se puede obtener un rendimiento similar a otras fuentes de luz y cumplirá con la expectativa de vida útil prevista. Y si el LED funciona en la luminaria en correctas condiciones, puede ser aplicado de forma que obtenga una mayor eficiencia gracias a un factor de utilización o a una utilancia mayores.

El hecho de que con la tecnología LED todavía no se ahorra energía en la sustitución de instalaciones en condiciones reales, ha sido demostrado también por los análisis realizados por organizaciones independientes mediante la evaluación de distintos modelos disponibles en el mercado en situaciones comparables. A este respecto los estudios más deta-



Luminarias LED en viales. La difusión de la luz en la atmósfera debida al efecto Rayleigh se aprecia en esta composición HDR de tres imágenes en Castejón (Navarra). Pueden verse claramente los haces de luz provenientes de las luminarias LED. La luz amarilla de las lámparas de sodio se esparce menos ya que este esparcimiento es inversamente proporcional a la cuarta potencia de la longitud de onda de la luz que atraviesa la atmósfera. Por tanto, la luz blancoazulada de los LED usados actualmente en iluminación exterior produce más contaminación lumínica. (NOTA: La composición HDR [*High Dynamic Range*] permite mezclar imágenes con tiempos de exposición distintos, para elegir la parte mejor expuesta de cada una de ellas. De esta manera se pueden obtener, con un cierto grado de equilibrio, fotografías de lugares que presentan grandes contrastes en la iluminación en sus elementos).

La eficacia del LED depende de la intensidad de funcionamiento. El LED puede ser alimentado a distintas intensidades, siempre a corriente continua y constante. Las corrientes estándar suelen ser 350 mA, 500 mA, 700 mA, 1 A y 1,5 A. La mayor eficacia se obtiene a 350 mA. No obstante, a doble intensidad de funcionamiento le corresponde tan solo un 1,65 de flujo luminoso. Asimismo, la eficacia del LED depende mucho de su temperatura de funcionamiento. El valor que da el fabricante del diodo se refiere a una medición del flujo de un LED en un encendido instantáneo en condiciones de laboratorio ($T_a = 25^\circ \text{C}$) y con el LED a 25° . No es un valor que se pueda utilizar en una aplicación concreta y sin embargo es argumento comercial de venta. La variación del flujo luminoso y de la vida útil del LED con la temperatura dependerá de la aplicación concreta y será el proyecto técnico el que lo deberá confirmar debiendo calcularse para cada caso.

llados vienen siendo publicados por el observatorio de productos de iluminación que mantiene el Lighting Research Center en EE. UU.⁵, los cuales son categóricos al respecto de la superioridad de las instalaciones convencionales.

LOS PROBLEMAS ASTRONÓMICO, AMBIENTAL Y DE SALUD

La publicidad comercial e institucional sobre alumbrado con dispositivos LED ignora sistemáticamente el hecho documentado de que la luz blancoazulada que emiten los LED que se comercializan actualmente es la más nociva para el medio nocturno y para la salud humana⁶. Efectivamente, estos dispositivos emiten un máximo valor o pico en longitudes de onda corta, próximas a los 460-470 nanómetros, correspondiente al color azul. Este tipo de luz es la que causa una mayor contaminación lumínica, ya que es la que se difunde con mayor eficacia en la atmósfera. Esto incrementa el característico resplandor luminoso que se crea sobre las poblaciones, afectando a las observaciones astronómicas y perturbando la oscuridad natural del medio nocturno a cientos de kilómetros de distancia de las mismas (véanse las fotografías adjuntas). Algunas empresas sostienen que, debido a la capacidad que tienen los LED de proyectar su flujo luminoso de forma muy direccional, evitan la contaminación lumínica ya que no difunden luz por encima del horizonte. Esto no es cierto, pues nada impide (salvo el sentido común) diseñar luminarias fuertemente contaminantes con LED y, de hecho, existen luminarias orientables que lo dejan al criterio del instalador.

La luz blancoazulada es también la que más altera la conducta de las especies de vida nocturna y, por tanto, la que más afecta a la conservación de la biodiversidad en sus condiciones naturales. En las normativas sobre alumbrado más avanzadas se exige que las luminarias tengan una mínima emisión de flujo luminoso por debajo de los 500 nanómetros. Es claro, por consiguiente, que el uso de los LED actuales queda desaconsejado por dichas normativas. Así mismo, la luz blancoazulada de los LED es la que provoca de forma más rápida la inhibición de la secreción de la hormona melatonina por parte de la glándula pineal en los seres humanos. Esto se

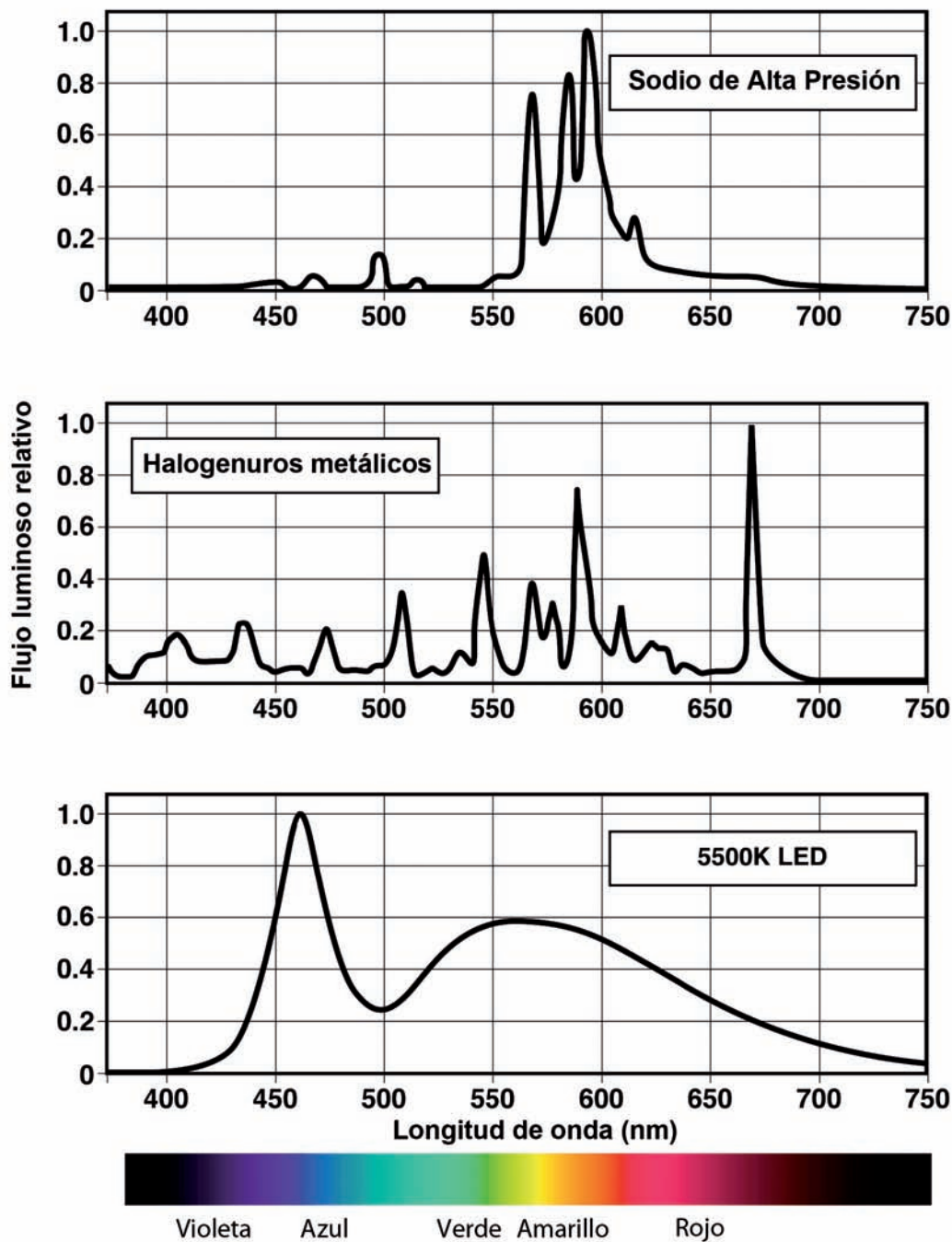
debe a que los receptores circadianos que poseemos en la retina (además de los conos y bastones) son precisamente más sensibles a ese pico de emisión luminosa en las longitudes de onda azules. Esta hormona solo se secreta en condiciones de oscuridad y, además de controlar los ritmos circadianos, es un antioxidante de amplio espectro que protege a nuestro organismo, entre otras enfermedades, frente a las alteraciones degenerativas y contra ciertos tipos de cáncer, evitando su progresión. Existen líneas de investigación muy activas que relacionan la exposición a la luz artificial por la noche con un



Mezcla de lámparas. En esta imagen de la plaza del Ayuntamiento de Castejón (Navarra), se pueden ver luminarias con los tres tipos de lámparas más comunes en nuestras calles. De izquierda a derecha: LED, VSAP (calle al fondo) y halogenuros metálicos. La reproducción cromática de la luz blanca es muy superior a la de la luz amarilla, pero en entornos oscuros es más natural, más agradable y menos agresiva a la vista la luz más cálida. Además, como se esparce menos en la atmósfera, si se dirige adecuadamente, produce menos contaminación lumínica.

mayor índice de casos de cáncer de mama en mujeres y de próstata y colon en hombres⁷. De hecho, la Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer clasificó en 2010 el trabajo a turnos que implique interrupción circadiana como probable factor carcinógeno. Ante estos indicios, el hecho de que cada vez más estamos inmersos en las ciudades en un entorno de potente y permanente iluminación debido al alumbrado artificial debería motivar la adopción del principio de precaución por parte de los gestores de estas instalaciones, especialmente cuando existen alternativas conocidas que no presentan este riesgo potencial por tener limitada la emisión en el azul.

La Agencia Nacional de Seguridad Sanitaria de la Alimentación, del Medio Ambiente y del Trabajo (ANSES) francesa ha puesto de manifiesto



Comparación de las distribuciones espectrales de lámparas típicas en iluminación de exteriores (de arriba a abajo): vapor de sodio a alta presión, halogenuro metálico cerámico y LED blanco. (Adaptada de IDA⁶)

otros problemas, relacionados con el riesgo de tipo fotoquímico (estrés oxidativo) que presenta la elevada presencia de luz azul sobre las células de la retina, cuyos pigmentos son más sensibles a esa luz⁸. Otro aspecto enfatizado en este estudio es la elevada capacidad de deslumbramiento que presentan las lámparas a base de LED, debido a su gran luminancia (luz emitida por unidad de superficie), en algunos casos hasta mil veces superior a

los alumbrados tradicionales. Según este estudio, los sectores de población potencialmente más afectados por estos riesgos son los niños (por no haber desarrollado aún completamente la capacidad de filtrado del cristalino) y las personas con degeneración macular ligada a la edad, así como los profesionales (técnicos de iluminación, cirujanos...) o pacientes expuestos por largos periodos o repetidamente a este tipo de luz. El informe de la ANSES recomienda, entre otras cosas, que no se use iluminación LED allí donde juegan niños (ni tampoco en los propios juguetes) o que los trabajadores expuestos lleven filtros oculares.

Existen otros tipos muy distintos de problemas de salud que pueden resultar agravados por el uso de luz blancoazulada puestos de relieve también muy recientemente. Un equipo de científicos de la Agencia Nacional de la Atmósfera y el Océano (NOAA) estadounidense ha descubierto cómo los halos lumínicos empeoran el problema de la contaminación fotoquímica en las grandes ciudades⁹. En efecto, la luz artificial, sobre todo la de longitud de onda más corta (más azul y energética, por tanto) entorpece durante la noche la limpieza natural del aire contaminado, de modo análogo a como hace la luz solar durante el día, y con resultados no despreciables de cara al cumplimiento de los límites impuestos por las normativas de calidad del aire. Al destruirse parte del radical nitrato por la luz artificial, aumenta la producción de ozono y otros óxidos de

nitrógeno también de noche.

Un último desafortunado aspecto en relación con el uso de luz blanca fría en alumbrado proviene de un ámbito bien distinto, pues los epidemiólogos advierten también del papel determinante que juega ya la luz artificial para la diseminación de enfermedades transmitidas por insectos, mucho más afectados por la luz blanca¹⁰. El efecto se ha estudiado en tres casos (enfermedad de chagas, leishmaniosis y malaria), si bien se

sospecha que representan un patrón más generalizado. En este caso la iluminación nocturna artificial modifica el comportamiento tanto de la población como de los insectos facilitando así el contacto entre seres humanos y especies transmisoras de enfermedades.

CONCLUSIÓN

Es necesario que las administraciones de las que depende la regulación del sector de la iluminación exterior se informen adecuadamente, por medio de agentes independientes, de la solución más conveniente para mejorar la calidad de los alumbrados públicos y privados. De la responsabilidad de todos los sectores implicados en la cadena de alumbrado de exteriores (fabricantes, proyectistas, constructores, propietarios, gestores) cabe esperar que la urgencia por trasladar al mercado nuevas tecnologías o por adoptar medidas de ahorro energético con motivo de la presente crisis económica no motive la toma de decisiones precipitadas que puedan ocasionar, a la larga, perjuicios mayores que los que se pretenden evitar. El deseable avance de la tecnología de la iluminación, que tantos e innegables beneficios proporciona, no debería llevarse a cabo en detrimento de otros avances sociales como el conocimiento del Universo, la conservación de la biodiversidad, la contención del gasto o la protección de la salud. **A**



Halos blancoazulados. «Hongo» lumínico de la localidad de Sesma (Navarra). Los halos de pueblos y ciudades son consecuencia de la contaminación lumínica por difusión directa o reflejada hacia el cielo. En esta composición HDR de tres fotos se aprecia la estructura del resplandor causado por las luces de una población en la que conviven luminarias LED sin emisión hacia el hemisferio superior con luminarias de VSAP tradicionales (con FHS no nulo). Sobre la parte central de la población, en donde predominan los LED, se aprecia el tono blancoazulado procedente de la luz reflejada en las superficies, que compite con el amarillo de los alrededores, debido a emisión directa desde las farolas. Los halos se podrían evitar en un porcentaje muy elevado si se instalaran luminarias con lámparas de VSAP (u otra fuente de luz ámbar) de la potencia adecuada y FHS nulo. Con las actuales luminarias LED disponibles en el mercado –incluso correctamente apantalladas– cambiaremos los actuales halos amarillos por otros blancoazulados.

¿Has visitado ya la página de la revista?

www.astronomia-e.com



... Si te gusta ponte en contacto con nosotros



Platinum Development Sponsor

► LA ILUMINACIÓN CON LED



PRINCIPALES VENTAJAS DE LA ILUMINACIÓN CON LED

- Vida útil teórica considerablemente larga: 60.000 horas (con un 70 % del flujo inicial).
- Reducidos costes de mantenimiento.
- Eficiencia energética elevada.
- No emiten radiación infrarroja ni ultravioleta.
- Colores saturados, sin filtros.
- Luz direccional, que permite incrementar la eficiencia del sistema al iluminar solo la superficie deseada, permitiendo un FHS = 0 %.
- Robustez, seguridad en vibración, estado sólido.
- Menor luz dispersa debido a mejor control óptico.
- Control dinámico del color, posibilidad de elegir tonalidad.
- Completamente regulable sin variación de color lo que permite ajustar la iluminación a los niveles necesarios en cada caso y momento.
- Permite el encendido instantáneo al 100 % de intensidad y de forma frecuente.
- Encienden a bajas temperaturas (menos de 40° C).
- Trabajan a bajo voltaje en corriente continua.
- Alta eficacia en ambientes fríos.
- Sellado de por vida en luminarias estancas.
- Mayor libertad de diseño de las luminarias, con ópticas alargadas o con formato 3D.



INCONVENIENTES DE LA ILUMINACIÓN CON LED

- No tiene un formato estandarizado ni suficiente normativa que los regule.
- El crecimiento exponencial de la eficacia del LED hace que las instalaciones que se están realizando hoy queden obsoletas antes de su amortización.
- Retorno de la inversión largo, fácilmente puede superar los ocho años.
- Por su concepción focal las instalaciones de alumbrado fácilmente pueden deslumbrar superando el 15 % de TI (incremento umbral).
- La electrónica de control asociada no tiene la misma vida útil, fallará antes que los LED.
- La eficacia del LED depende mucho de su temperatura de funcionamiento: un aumento excesivo y mantenido de la temperatura de funcionamiento provocará la depreciación del flujo emitido y un acortamiento drástico de su vida. Es imperativo que el diseño del sistema de refrigeración y disipación térmica de la luminaria permita cumplir las especificaciones térmicas del fabricante.
- Un aumento de potencia puede provocar la destrucción del LED. Una disminución no es peligrosa, todos los LED son regulables desde la potencia nominal.
- Requiere alimentación a corriente constante, cualquier fluctuación se traduce en fluctuación de la luz emitida. Si el *driver* es de baja calidad pueden producirse parpadeos en la luz emitida.
- Posibles riesgos para la salud humana derivados de la luz intrusa extremadamente azulada en algunos LED.
- Afectación al medio ambiente por emisión de luz intensa en longitudes de onda cercana a los 440 nm (algunas normativas de comunidades autónomas exigen limitar estas radiaciones para proteger a la biodiversidad).
- Se requieren muchos LED para sustituir a una lámpara de descarga, por lo que en la mayoría de las actuales luminarias de LED hay múltiples fuentes luminosas (una matriz de LED situados en un plano o en 3D) que cuando fallen aleatoriamente producirán fallos en la uniformidad de la iluminación y, por tanto, posibles incumplimientos de la normativa reguladora. Cuando esto ocurra se deberá cambiar toda la placa de LED o una parte de los LED. ¿Habrán recambios? ¿Tendrán el mismo BIN? ¿Cómo se podrán detectar estos fallos individuales y aleatorios de los LED y exigir a la empresa mantenedora que los cambie?

REFERENCIAS

- (1) *Plan de medidas urgentes de ahorro y eficiencia energética 2011: Memoria económica*, Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, 4-3-2011 (disponible en www.mityc.es).
- (2) *Nota informativa de «Cel Fosco, Asociación contra la Contaminación Lumínica» sobre las lámparas LED de alta potencia para alumbrado exterior; con motivo del anuncio del gobierno central de un plan de eficiencia energética que comportaría su uso generalizado*, 3-3-2011 (disponible en www.celfosco.org).
- (3) El contenido de las principales jornadas puede consultarse desde la sección Eventos del portal web del Comité Español de Iluminación (www.ceisp.com) y se ha utilizado como referencia para muchos de los datos del presente artículo.
- (4) Véase, por ejemplo, los blogs *Magonia: Una ventana crítica al mundo del misterio*, 21-3-2011 (blogs.elcorreo.com/magonia), y *Por la Boca Muere el Pez*, 28-3-2011 (javarm.blogalia.com).
- (5) Leora Radetsky *et al.*, «Streetlights for Collector Roads», *National Lighting Products Information Program Specifier Reports*, vol. 13, n.º 1, 44 pp., noviembre 2010; Leora Radetsky *et al.*, «Streetlights for Local Roads», *National Lighting Products Information Program Specifier Reports*, vol. 14, n.º 1, 28 pp., febrero 2011 (disponibles en www.lrc.rpi.edu).
- (6) International Dark-Sky Association, «Visibility, Environmental, and Astronomical Issues Associated with Blue-Rich White Outdoor Lighting», Tucson-Washington, DC, 23 pp., mayo 2010.
- (7) Véase, por ejemplo, Russel J. Reiter, «Contaminación lumínica: supresión del ritmo circadiano de melatonina y sus consecuencias para la salud», en VV.AA., *Cronobiología básica y clínica*, pp. 269-289, Editecred, 2006; y Juan Antonio Madrid Pérez y M.ª Ángeles Rol de Lama, «Efectos de la contaminación lumínica sobre la salud humana», en VV.AA., *Grupo de trabajo GT-LUZ Contaminación lumínica: Documento final*, 9º Congreso Nacional del Medio Ambiente, pp. 28-34, diciembre 2008.
- (8) Francine Behar-Cohen *et al.*, «Effets sanitaires des systems d'éclairage utilisant des diodes électroluminescentes (LED)», ANSES, 282 pp., octubre 2010.
- (9) Kelly Beatty, J., «Night Lights Worsen Smog», *SkyandTelescope.com*, 15-12-2011.
- (10) Alessandro Barghini y Bruno A. S. de Medeiros, «Artificial Lighting as a Vector Attractant and Cause of Disease Diffusion», *Environmental Health Perspectives*, vol. 118, n.º 11, pp. 1.503-1.506, noviembre 2010.

Astr*Imagen

Equipamiento y Soluciones Integrales para la Astronomía y la Imagen



Observatorios automatizados a precios competitivos

Diseño e instalación de observatorios altamente especializado



Distribución exclusiva también para Portugal



Astrógrafos y Monturas 'Direct Drive' tecnología del siglo XXI

DISTRIBUCIÓN EXCLUSIVA PARA ESPAÑA Y LATINOAMERICA



CELESTRON

Montura CGEM

Tubo óptico 925 HD



Vea el Universo en HD



DDM60



DDM85



DDM160



Astrógrafo 10N sobre montura DDM85



www.astroimagen.com

info@astroimagen.com

Tlf. 971 591 614

Fax 971 312 762

En Astrolimagen también hacemos Ciencia, vealo en

www.capturandoeluniverso.com