

05-037

Example of Technical Specification of Administrative Clauses for the projects of massive change to leds tendered from the Local Administration.

Manuel Jesús Hermoso Orzáez¹; Alfonso Gago Calderón²

¹Ayuntamiento de Fuengirola/Universidad de Jaén; ²Universidad de Málaga;

It is evident that interest has been awakened by LED technology in the field of urban lighting. With savings of over 50%, and excellent lighting performance.

Local Authorities are currently initiating massive substitution programs, promoted by the EU in the form of grants, help and soft financing. Programs that may have important consequences on maintenance and durability, are difficult to assess and predict a priori, if these programs are not supported by efficient technical specifications.

One of the great advantages of LEDs, besides their efficiency is their long life. However the LEDs are generating hitherto unknown problems. Peaks of current can lead to problems with ignition at startup and disconnection of the circuits in the control units and control panels. In addition, thermal dissipation, transient, permanent overvoltages and harmonic distortion, as well as their impact on the service life, are of concern. In addition to the annoying or disturbing glare detected.

The intention is to propose an example of a Technical Specification of Administrative Clauses that allows the evaluation and assessment of these fundamental technical aspects in the specifications exposed to the processes of public bidding promoted by the Administration.

Keywords: Street Lighting; Led; Technical Pliego; Peak Currents; Harmonics; Glare.

Caso de Pliego Técnico de Cláusulas Administrativas para los proyectos de cambio masivo a LED licitados desde la Administración Local.

Es manifiesto el interés, dentro del ámbito de la iluminación urbana, que despierta la tecnología LED. Con ahorros superiores al 50 %, y excelentes prestaciones luminotécnicas.

Actualmente las Administraciones Locales están iniciando procesos de sustitución masiva, impulsados desde la UE en forma de Subvenciones, Ayudas o Financiaciones blandas. Procesos que a la larga puede tener importantes consecuencias sobre el mantenimiento y la durabilidad, difícil de valorar y prever a priori, si este proceso no se apoya en pliegos Técnicos eficientes.

Una de las grandes ventajas de los LED, además de su eficiencia es su vida útil. No obstante los LED están generando problemas hasta ahora desconocidos. Los picos de intensidad de corriente, pueden llegar a ocasionar problemas de encendido en el arranque y la desconexión de los circuitos, en los cuadros de mando y control. Además, preocupa la disipación térmica, las sobretensiones transitorias, permanentes y la distorsión armónica, así como su impacto sobre la vida útil. Además del deslumbramiento molesto o perturbador detectados

Se pretende proponer un ejemplo de pliego Técnico de Clausulas Administrativas que permita valorar y evaluar estos aspectos técnicos fundamentales en los pliegos expuestos a los procesos de licitación pública impulsados desde la Administración.

Palabras clave: Alumbrado-Público; Led; Pliego Tecnico; Corrientes De Pico; Armónicos; Deslumbramiento.

Correspondencia: Manue Jesus Hermoso Orzáez



Este obra está bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada 4.0 Internacional. <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

1. Introducción

Hoy en día, la iluminación artificial demanda el 20% de la producción total de electricidad mundial (Marimuthu & Kirubakaran 2015). Su impacto supone 1.900 millones de toneladas de emisiones de CO₂ al año, lo que representa el 70% de las emisiones de los vehículos de todo el mundo (De Almeida et al., 2014). El consumo en alumbrado público supone el 2,3% del Consumo eléctrico mundial (Lobao, Devezas, & Catalao, 2015) y según diferentes estudios, en municipios de países desarrollados puede alcanzar valores entre el 40% (Ozadowicz & Grela, 2014) y el 60% del consumo eléctrico municipal (Fiaschi, Bandinelli & Conti, 2012). Un elevado número de instalaciones de alumbrado público se ejecutaron hace entre 30 y 40 años y por lo tanto, están obsoletas (Jägerbrand, 2015). Hoy en día la tecnología LED y/o SSL ha llegado a alcanzar altos niveles de eficiencia (más de 276 lm / W) y costos cada vez menores. Además, su vida útil, es varias veces superior a la de las lámparas de descarga (Lobao, Devezas, & Catalao, 2015).

Desde la Unión europea, en adelante UE, se están impulsando políticas de ahorro y eficiencia energética orientadas a la iluminación urbana (Libro Verde UE, 2013). Las instalaciones de alumbrado en España, totalizan unos 8.849.839 puntos de luz, que con una potencia media de 156 W, representa un consumo de electricidad de 5.296 GWh/año para el conjunto de España (IDAE,2017). Las nuevas políticas de ahorro energético impulsadas desde la UE, aconsejan la sustitución de las lámparas de descarga, de vapor de sodio (VSAP) o de halogenuro metálico (MH), por luminarias con LED. Sustituir las lámparas de descarga, por LED con prestaciones lumínicas semejantes, permite reducir el consumo eléctrico entre el 20 y 50%. (Wen-Shing, Chih-Hsuan & Yi-Han, 2011) (Valentova, Quicheron & Bertoldi, 2015), (Rode, et al. 2014) (CDP Cities Report , 2015).

Numerosos estudios han analizado la eficiencia energética de estas nuevas luminarias comparándolas con las lámparas fluorescentes (Ryckaert,2012), lámparas MH (Hermoso-Orzáez & de Andrés Díaz, 2014) (Gil-de-Castro, et al., 2013). La reducción de los precios LED, junto con la elevada capacidad de control, regulación y telegestión, permiten obtener periodos de amortización de las inversiones con plazos inferiores a los 3 años (Pipattanasomporn, et al., 2014) (Hermoso-Orzaez, Gago-Calderon, Rojas-Sola, 2016). Estudios realizados en la ciudad de Detroit han permitido calcular los periodos de retorno "simple payback " con amortizaciones en menos de 2,5 años (Kinzey,2015). En este escenario global, distintas empresa y estudios han generado informes que aseguran que se espera que en los países desarrollados se puedan llegar a invertir más de 53,7 millones de dólares en alumbrado público LED durante la década 2015-2025 (Northeast Group, 2015).

No obstante, la sustitución de lámparas de descarga por LED se está encontrando con problemas que no eran comunes en las instalaciones de Alumbrado. Distintos estudios se han centrado en evaluar comparativamente ambas tecnologías centrándose en medir los índices de deslumbramiento molesto, la uniformidad, las posibles contaminaciones de la red eléctrica, (contaminación armónica) y tratando de medir en el encendido las temidas corrientes de pico en frío en los arranques (Blanco, Stiegler & Meyer, 2013). En el momento del encendido inicial en frío de la instalación, las "corrientes de pico de entrada", (Arias , Vázquez & Sebastián, 2012) y consecuentemente la sobre excitación de los diodos que utilizan las fuentes LED (*debida a la tensión necesaria en el período de puesta en marcha*), pueden ocasionar problemas de sobrecorrientes y desconexiones no deseadas. (Fan, et al. 2013) (Tech ,

Leber & Schwarzmeier, 2014), (Abd El-Moniem, Azazi & Mahmoud, 2014) (Hermoso-Orzaez, Gago-Calderon, Rojas-Sola, 2016).

2. Objetivos

La promulgación del Reglamento de eficiencia energética, en adelante REEIAE, (RD 1890/2008), junto con la irrupción de la tecnología LED (CEI,2015) y la admisión de la contratación de empresas de servicios energéticos (ESE) por las administraciones públicas, son hitos surgidos en estos últimos años que están cambiando las instalaciones y su forma de gestión, mantenimiento y control. Las experiencias pilotos llevadas a cabo por el IDAE en los Ayuntamientos de Alcorcón y Soto del Real para adecuar sus instalaciones de alumbrado exterior a los preceptos del REEIAE a través de ESE, y las líneas de financiación puestas en marcha con los programas de ayudas del Fondo Nacional de Eficiencia Energética y del JESSICA FIDAE, han permitido poner de manifiesto el elevado potencial de ahorro en el consumo eléctrico que tiene este tipo de instalaciones. Además, este potencial de ahorro en términos económicos permite, en la mayoría de los casos, efectuar las inversiones con un periodo de retorno simple inferior a los 6 años, lo que resulta idóneo para el negocio de las empresas de las ESE's

Los Ayuntamientos con sus propuestas de reforma para un conjunto de más de 700.000 puntos de luz existentes y más del 97% de los casos han optado por la sustitución de lámparas de descarga por tecnología LED. Con ello, se ha conseguido un ahorro promedio de un 65% anual en el consumo de electricidad, por la variación de la potencia de los nuevos puntos de luz, que desciende de un promedio de 164 a 58 W/PL, (IDAE,2017).La mayoría de las administraciones, en especial las Administraciones Locales están optando por la licitación de Pliegos para la concesión de los Servicios de Alumbrado, a un mínimo de 10 años, prorrogables incluyendo mantenimiento, gestión e inversiones en la modalidad de ESE.

No obstante en algunos municipios, quizás debido a las prisas generadas por llevar a efecto las sustituciones de forma precipitada, sin reparar en exigir calidades mínimas.(Navarro,2014). Y debido a la falta de un estudio pormenorizado de las instalaciones o de las calidades de los equipos a sustituir, han generado o están comenzando a producirse situaciones no previstas, de apagones masivos asociados a sobretensiones provocados por tormentas eléctricas, problemas en el encendido en frío de la instalación de alumbrado, o distorsiones en la red generados por la contaminación armónica asociada a los equipos electrónicos de los drivers de los LED. (Hermoso-Orzaez, Gago-Calderon, Rojas-Sola, 2016).

Este trabajo persigue proponer un Modelo Mejorado de Pliego Técnico, complementario a los propuestos por el IDAE, que permita garantizar al técnico municipal que la sustitución de luminarias a LED, se realizará, con las máximas garantías y prestaciones técnicas. Permitiendo al técnico municipal afrontar el cambio y sus consecuencias a medio y largo plazo con la tranquilidad necesaria, de que al menos el producto sustituido cumple con los estándares de calidad y eficiencia lumínica suficientes. Y que la instalación no generará problemas eléctricos en un futuro evitando situaciones de colapso. Finalmente, se discute y analiza este modelo de pliego apoyado en los estudios y trabajos desarrollados por especialistas de la materia.

Se propone como caso de estudio, un pliego tipo o modelo que permitirá la sustitución de 1.034 luminarias con lámparas de descarga de HM de 100 W, por luminarias LED de menor potencia y similares prestaciones luminotécnicas. Actuando y adaptando la envolvente y con las condiciones técnicas lumínicas, eléctricas y de diseño y

fabricación definidas en el siguiente punto. Se pretende que este Pliego Técnico Mejorado respecto del definido por el IDEA-CIE permita considerar y mejorar algunos aspectos técnicos que consideramos determinantes para mejorar la funcionalidad y vida útil de la instalación de alumbrado a sustituir.

3. Caso de Estudio

Modelo de pliego de prescripciones técnicas mejorado que han de regir el procedimiento para la contratación del suministro e instalación de luminarias tecnología led del paseo marítimo del ayuntamiento de fuengirola. *(Este modelo de pliego se divide en 20 apartados que pasamos a definir.)*

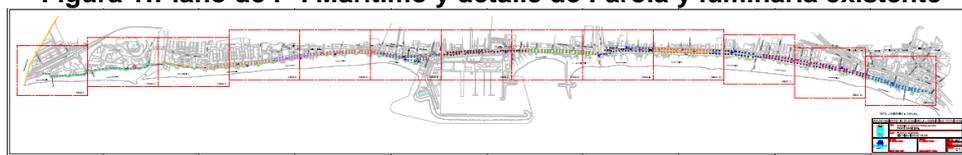
3.1 Introducción

Dentro del Plan de Ahorro y Eficiencia Energética que el Ayuntamiento de Fuengirola está llevando a cabo y dando cumplimiento así a la legislación vigente en esta materia, REEIAP, y Normativa especializada de aplicación (*Libro Blanco de la Iluminación, 2011*), así como *Recomendaciones CIE sobre Requerimientos técnicos exigibles para luminarias con tecnología led de alumbrado exterior, incluidas Normas UNE-EN, ISO, IEC en él contenida*, se determinan en este Pliego las condiciones técnicas para la sustitución de las luminarias existentes por otras más eficientes con tecnología LED dotadas con equipos de encendido electrónico de potencia variable y con posibilidad de telegestión punto a punto por radiofrecuencia como mejora en el Paseo Marítimo de Fuengirola.

3.2 Objeto de la actuación

Se pretende con la presente actuación, mediante el suministro e instalación de 1.034 puntos de luz energéticamente eficientes y actuando sobre las 1.034 luminarias existentes equipadas actualmente con lámparas (HM) y balasto electromagnético; la sustitución de éstas, por otras equipadas con LED, incluyendo placa y fuente regulable (dimmable 1-10 V. y potenciómetro 100K.) y preparada para la intercomunicación punto a punto por radiofrecuencia. Dejando la misma envolvente adaptada, de la luminaria original, tal y como figura en el Plano. (Fig.1).

Figura 1: Plano de Pº. Marítimo y detalle de Farola y luminaria existente



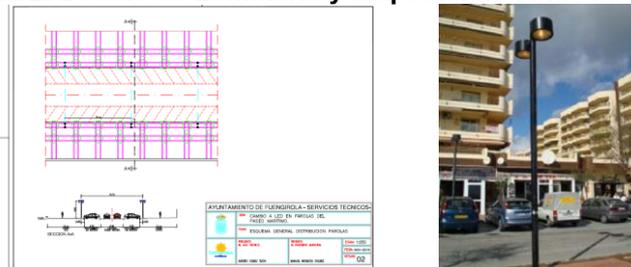
El presente Pliego pretende establecer las prescripciones técnicas y criterios que servirán para la valorar las ofertas, que deberán ser presentadas por las empresas licitadoras concursantes. En la sustitución de los 1.034 elementos de alumbrado público, se incluirá tanto el suministro de los nuevos equipos, como su instalación llave en mano (mano de obra, maquinaria auxiliar, y materiales), pruebas incluidas; así como la retirada de los actuales equipos hasta el lugar indicado por el Ayuntamiento.

Con esta actuación se pretende reducir las emisiones contaminantes, mejorar la eficiencia y la uniformidad lumínica del Paseo Marítimo y supone una importante disminución porcentual del gasto energético. Estas prescripciones prevalecerán siempre, sobre las de cualquier otro documento cuando pudiera existir contradicción entre ellos.

3.3. Definición

El alumbrado del Paseo Marítimo se compone de 1.034 luminarias de la Marca Iguzzini montadas en columnas de 4,5 m. de altura y una interdistancia de unos 20 m. Cada columna está equipada con 2 luminarias cada una, a excepción de 10 de una luminaria por columna. Ver figura 2.

Figura 2. Detalle de Luminaria y disposición de las mismas.



La columna está alimentada con una tensión de 230VAC. 50Hz, monofásica y protegida cada luminaria con un fusible independiente ubicado en puerta inferior, a 1 m. del suelo. Las placas base donde van montadas la placa LED y la fuente de alimentación regulable serán fabricadas por la empresa adjudicataria para la adaptación de las luminarias ofertadas, conforme detalle.(Fig. 3)

Figura 3. Detalle de Luminaria y envoltente para la adaptación del equipo LED



Cada empresa participante en el procedimiento de contratación deberá aportar estudio luminotécnico completo realizado con programa específico DIALUX de la solución adoptada, donde especificará especialmente los resultados del estudio lumínico, con definición de uniformidad media (Um), iluminancia mínima (Emín) e iluminancia media (Em).

3.4 Presupuesto

El presupuesto del contrato, antes de I.V.A, ascenderá a la cantidad 246.278,12 € incrementado con su 21 % de I.V.A correspondiente ascendiendo a la cantidad total de base de licitación de 297.996,53 €, cantidad que podrá ser mejorada a la baja en sus ofertas por los licitadores.(Tabla 1)

Tabla 1. Presupuesto unitario y total (Fuente: elaboración propia)

Nº de Luminarias (Uds)	Precio Unitario €,	Total €, (Sin I.V.A)	Total €,(Con I.V.A)
1.034	238,18	246,278,12	297.996,53

Con un presupuesto unitario por luminaria y punto de luz de **238,18 €**, incluyendo el desmontaje de las luminarias existentes, y el montaje de la nueva placa equipada con placa base de LED y fuente regulable (Dimmable 1-10 V y Potenciómetro 100K.). Incluyendo en el precio unitario, medios auxiliares de elevación, maquinaria auxiliar, mano de obra y materiales. Todo montado, totalmente terminado y probado.

Una vez adjudicado el contrato, en el precio se entenderán incluidos todos los gastos e impuestos que se ocasionen como consecuencia del suministro y el montaje completo, totalmente probado, incluso los de transportes y maquinaria auxiliar.

3.5 Plazo y recepción de la instalación

El plazo total de entrega e instalación del material objeto del presente contrato será de **doce meses**, contados desde el momento de la firma del Acta de Comprobación del Replanteo. La empresa Contratista Principal Adjudicataria, se entenderá incurso en mora por el transcurso del plazo citado conforme a la Ley de Contratos del Sector Público, no siendo necesaria intimación previa por parte del Ayuntamiento.

En el plazo máximo de **1 mes** desde que se efectúe la instalación total de las luminarias, se producirá el acto formal y positivo de recepción del mismo. Cuando la instalación no se halle en condiciones de ser recibida, se hará constar expresamente y se darán instrucciones al contratista para que subsane los defectos o proceda a subsanar los defectos de acuerdo con lo pactado. Cuando no se realice la subsanación o sustitución, el Ayuntamiento los dejará de cuenta del contratista, quedando exento de la obligación de pago.

3.6. Garantía de la instalación

Se establece una garantía mínima de **cinco años** para el material instalado, contra defecto de fabricación y/o funcionamiento, para cualquier elemento o material de la instalación que provoque un fallo total o una pérdida de iluminancia superior al 5%, garantizándose las prestaciones luminosas de los productos. Estas garantías se basarán en un uso de 4.350 horas/año. Fallo del sistema de alimentación: Los drivers o fuentes de alimentación, deberán mantener su funcionamiento sin alteraciones en sus características, especialmente en consumo y picos de arranque, durante el plazo de cobertura de la garantía.

Quedará igualmente garantizados los defectos mecánicos debidos a fallas del material o fabricación. Todos los términos de garantía deben ser acordados entre el adjudicatario y el fabricante. Considerándose necesario, que todos los aspectos y componentes a los que afecte la misma, queden reflejados y recogidos en el documento de garantía. Durante el plazo de garantía los gastos de envío y devolución del material deteriorado, será por cuenta de la empresa adjudicataria.

Durante el periodo de garantía (mínimo 5 años), el adjudicatario mantendrá en el Almacén General del Ayuntamiento de Fuengirola un depósito del 5% del material instalado sin cargo o coste alguno para el Ayuntamiento. Éste material será propiedad de la empresa adjudicataria hasta la finalización de la garantía del producto instalado; fecha en la podrá retirarlo. Con esto se pretenden garantizar los trabajos de mantenimiento, con el material en depósito facilitado por la empresa Contratista. Facilitando así la sustitución del material averiado por el de depósito, sin causar perjuicio al ciudadano y permitiendo una más rápida y eficaz sustitución de los materiales defectuosos. Quedando por cuenta de la empresa adjudicataria la retirada del material defectuoso, su posterior sustitución, reparación y envíos, sin coste alguno para esta Administración. De esta forma mantendremos siempre el 5% como garantía de repostaje.

3.7 Legislación aplicable

Todos los productos objeto de éste contrato estarán sometidos obligatoriamente al marcado CE, que indica que todo elemento o componente que exhibe dicho marcado

cumple con la siguiente legislación y cualquier otra asociada que en cada momento sea de aplicación. La modificación de las luminaria ya instaladas y equipadas con lámpara de descarga, adaptándola a diferentes soluciones con fuentes de luz tipo LED implica operaciones técnicas, mecánicas y/o eléctricas (por ejemplo, desconectar el equipo existente), que comprometen la seguridad y características de la luminaria original y pueden originar diferentes problemas en el ámbito de seguridad, funcionamiento, compatibilidad electromagnética, marcado legal, consideraciones medioambientales, distribución fotométrica, características de disipación térmica, flujo, eficiencia de la luminaria, consumo, vida útil y garantía. En estos casos, el producto resultante de las modificaciones anteriormente mencionadas se convierte en una nueva luminaria; por tanto, quien efectúa dichas modificaciones pasa a convertirse en fabricante de la misma, siéndole aplicable la totalidad de la Legislación y Normativa, así como la responsabilidad sobre el producto, sobre su correcto funcionamiento, sobre la seguridad eléctrica y mecánica tanto del producto como de la instalación eléctrica asociada. En cualquier caso esta transformación deberá cumplir las prescripciones incluidas en los diferentes apartados de este documento.

Se exigirá a las empresas licitadoras la presentación de la documentación y certificados, necesarios para justificar el cumplimiento de la legislación vigente relativos al modelo de luminaria propuesta por cada uno de ellos para su suministro, en sustitución de las existentes, suponiendo la falta de cualquiera de estos documentos determinará la EXCLUSIÓN del procedimiento de adjudicación:

Certificado emitido por Laboratorio Acreditado por ENAC (Entidad Nacional de Acreditación) o similar internacional que acredite que la empresa y todos sus procesos de fabricación referentes a la actividad objeto de contratación (equipos suministrados) están certificados con la ISO 9001-2000. Y Certificado de cumplimiento legislativo. (Tabla 2)

Tabla 2. Legislación aplicable

Directiva de Baja Tensión 2006/95/CEE. Relativa a la aproximación de las Legislaciones de los estados miembros sobre el material eléctrico destinado a utilizarse con determinados límites de tensión.
Directiva de Compatibilidad Electromagnética 2004/108/CEE. Relativa a la aproximación de las Legislaciones de los estados miembros en materia de compatibilidad electromagnética y por la que se deroga la directiva 89/336/CE.
Directiva ROHS 2011/65/UE. Relativa a las restricciones a la utilización de determinadas sustancias peligrosas en aparatos eléctricos y electrónicos.
Directiva de Ecodiseño 2009/125/CE. Por la que se insta un marco para el establecimiento de requisitos de diseño ecológico aplicables a los productos relacionados con la energía.
Reglamento Nº 1194/2012 de la por el que se aplica la Directiva de Ecodiseño 2009/125/CE a las lámparas direccionales, lámparas LED y sus equipos.
Real Decreto 154/1995, por el que se modifica el Real Decreto 7/1988, de 8 de enero, sobre exigencias de seguridad del material eléctrico destinado a ser utilizado en determinados límites de tensión y su Guía de Interpretación.
Real Decreto 1890/2008, que aprueba el Reglamento de eficiencia energética en instalaciones de alumbrado exterior y sus instrucciones técnicas complementarias EA-01 a EA-07 y su Guía de Interpretación.
Real Decreto 842/2002 por el que se aprueba el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión y sus instrucciones Técnicas Complementarias ITC-BT-01 a ITC-BT-51.
Reglamento CE nº 245/2009, de la Comisión de 18 de marzo por el que se aplica la Directiva 2005/32/CE del Parlamento Europeo relativo a los requisitos de diseño ecológico, para lámparas, balastos y luminarias.
Reglamento 874/2012 DE LA COMISIÓN de 12 de julio de 2012 por el que se complementa la Directiva 2010/30/UE del Parlamento Europeo y del Consejo en lo relativo al etiquetado energético de las lámparas eléctricas y las luminarias.
CIE 206:2014. The effect of spectral power distribution on lighting for urban and pedestrian areas.
Reglamento 874/2012 DE LA COMISIÓN de 12 de julio de 2012 por el que se complementa la Directiva 2010/30/UE del Parlamento Europeo y del Consejo en lo relativo al etiquetado energético de las lámparas eléctricas y las luminarias.

3.8 Normativa aplicable

Se exigirá igualmente a las empresas licitadoras la presentación de la documentación y certificados necesarios para justificar el cumplimiento de la normativa vigente relativos al modelo de luminaria propuesta por cada uno de ellos para su suministro,

en sustitución de las existentes, suponiendo la falta de cualquiera de estos documentos determinará la EXCLUSIÓN del procedimiento de adjudicación:

Requisitos de Seguridad: (Tabla 3), Compatibilidad Electromagnética (Tabla 4), Componentes de las Luminarias (Tabla 5) y Mediciones y Ensayos (Tabla 6):

Tabla 3. Requisitos de Seguridad

UNE-EN 60598-1 Luminarias. Requisitos generales y ensayos.
UNE-EN 60598-2-3 Luminarias. Requisitos particulares. Luminarias de alumbrado público.
UNE-EN 62504:2015 Iluminación general. Productos de diodos electroluminiscentes (LED) y equipos relacionados. Términos y definiciones.

Tabla 4. Compatibilidad electromagnética

UNE-EN 61000-3-2. Compatibilidad electromagnética (CEM). Parte 3-2: Límites. Límites para las emisiones de corriente armónica (equipos con corriente de entrada 16A por fase).
UNE-EN 61000-3-3. Compatibilidad electromagnética (CEM). Parte 3: Límites. Sección 3: Limitación de las variaciones de tensión, fluctuaciones de tensión y flicker en las redes públicas de suministro de baja tensión para equipos con corriente de entrada 16A por fase y no sujetos a una conexión condicional.
UNE-EN 61547. Equipos para alumbrado de uso general. Requisitos de inmunidad CEM.
UNE-EN 55015. Límites y métodos de medida de las características relativas a la perturbación radioeléctrica de los equipos de iluminación y similares.

Tabla 5. Componentes de las Luminarias.

UNE-EN 62031. Módulos LED para alumbrado general. Requisitos de seguridad.
UNE-EN 61347-2-13. Dispositivos de control de lámpara. Parte 2-13: Requisitos particulares para dispositivos de control electrónicos alimentados con corriente continua o corriente alterna para módulos LED.
UNE-EN 62384. Dispositivos de control electrónicos alimentados en corriente continua o corriente alterna para módulos LED. Requisitos de funcionamiento.
IEC 62717:2014. Módulos LED para iluminación general. Requisitos de funcionamiento.
IEC 62722-1:2014. Características de funcionamiento de luminarias. Parte 1: Requisitos generales.
IEC 62722-2-1:2014. Características de funcionamiento de luminarias. Parte 2: Requisitos particulares para luminarias LED.

Ambas normas, 62722-1 y 62722-2-1, son de gran importancia porque exigen la clasificación de las luminarias en función de IRC, la dispersión de color, el mantenimiento del flujo y su eficacia en lm/W.

Tabla 6. Mediciones y Ensayos.

UNE-EN 13032-1:2006. Luz y alumbrado. Medición y presentación de datos fotométricos de lámparas y luminarias. Parte 1: Medición y formato de fichero.
UEN 13032-4. Luz y alumbrado. Medición y presentación de datos fotométricos. Parte 4: Lámparas LED, módulos y luminarias LED.
CIE S025/E:2015. Método de ensayo para lámparas LED, luminarias y módulos LED.
CIE 127-2007 Medición de los LED

3.9 Otros documentos a aportar

Ficha técnica de las luminarias indicando todas las características técnicas de tipo de fuente de luz, fuente de alimentación, sistema óptico, materiales y acabados, temperaturas de funcionamiento, características de mantenimiento, grado de protección, características eléctricas (factor de potencia según flujo y corriente de arranque) y características de instalación.

Ficha técnica oficial del fabricante o distribuidor de la fuente de luz empleada en las luminarias, indicando el tipo exacto de fuente empleado en la luminaria, así como todas las características técnicas de tipo de fuente de luz (flujo nominal a 25°C, lúmenes/vatio, temperatura de color y rendimiento cromático).

Certificado emitido por el fabricante o distribuidor de la luminaria donde se indique expresamente la duración de la garantía y de la vida útil de la luminaria (conjunto Fuente de luz + Fuente de alimentación), y las condiciones que regirán la garantía

además de las referencias de los tipos de fuente empleados. Garantía equivalente a la vida útil para mano de obra y repuestos.

Certificado que incluya el ensayo y estudio fotométrico de las luminarias conforme a lo establecido en la Norma UNE-EN 13032 (dicho estudio deberá proporcionar datos completos de las curvas fotométricas en formato compatible con software libre Dialux de la luminaria, la eficiencia lumínica y el rendimiento de la misma, la temperatura de color y el rendimiento de color de la fuente de luz).

Cálculo fotométrico efectuado mediante programa de cálculo Dialux, y para la disposición tipo descrita en el presente Pliego, en el que se justifique el cumplimiento de los niveles de iluminancia media, uniformidad media, factor de mantenimiento, etc. para la luminaria propuesta por cada empresa licitadora.

Certificado del Fabricante, distribuidor o instalador de estar inscrito en un SIG (Sistema Integral de Gestión de Residuos).

3.10 Bases iniciales del proyecto

Antes de iniciar los trabajos se planificará, de acuerdo con la Dirección del Contrato, la forma de realizar los mismos, de tal manera que la iluminación de la zona no quede alterada, evitando en todo momento zonas oscuras y sin afectar al alumbrado que esté en servicio. El material existente y que no será objeto de reutilización, se desmontará según el plan establecido, entregándose en el lugar indicado por el Ayuntamiento. Todas las acciones que se emprendan, estarán en concordancia con lo especificado en los distintos capítulos del Pliego.

3.11 Visita previa de la instalación por los licitadores

En los anexos de planos del presente Pliego de Prescripciones Técnicas, figura la relación de cuadros y equipos existentes en la instalación de alumbrado público objeto de este contrato. Con carácter previo a la presentación de su oferta, los licitadores podrán visitar y cotejar la instalación objeto de la presente licitación a efectos de formular la oferta. Deberán de coordinarse con el Responsable del Contrato, no pudiendo prevalerse, en el caso de resultar adjudicatario de la licitación, de las diferencias observadas con los datos facilitados en el presente Pliego, para pretender una modificación contractual o cambio de precio.

Para visitar la instalación o ver el equipo desmontado, previa a la licitación, se pondrán en contacto con el Responsable del Contrato del Ayuntamiento de Fuengirola, a través del correo electrónico: *serviciosoperativos@fuengirola.org*.

3.12 Muestras

Será obligatoria la presentación de una muestra completa del conjunto a montar, incluida placa de adaptación a la envolvente cilíndrica de la luminaria existente, del presente procedimiento, a los efectos de la oportuna comprobación, medición y análisis de sus características y funcionalidad. Las muestras se entregarán formando parte integrante de la oferta técnica. Unida sólidamente a las cajas de muestras, deberá figurar una etiqueta en la que se indique claramente el nombre o razón social del licitador y el código y denominación del artículo.

El Ayuntamiento de Fuengirola podrá llevar a cabo los ensayos y pruebas que crea necesarios para comprobar la calidad de los artículos y su adecuación al suministro que se pretende. Estas pruebas podrán ser de tipo destructivo, no habiendo, por ello,

lugar a la devolución de ninguna de las muestras entregadas. Las muestras presentadas junto con las ofertas que sean seleccionadas como adjudicatarias no serán devueltas ni se considerarán, en modo alguno, como entrega parcial del contrato adjudicado, permaneciendo en régimen de propiedad para el Ayuntamiento.

El incumplimiento de los requisitos indicados en este pliego, así como la no idoneidad de las muestras, supondrán la exclusión del procedimiento de licitación. Las no conformidades o defectos detectados en las muestras presentadas, que no supongan el rechazo de la oferta, serán comunicadas al contratista para que sean subsanadas.

3.13 Características técnicas

Las características técnicas se describen en la Tabla 7.

Tabla 7. Tabla de características técnicas. (Fuente: Recomendaciones CEI y elaboración propia)

MATERIALES DE FABRICACIÓN (En contacto con el exterior)	Todas las piezas componentes de la luminaria y placas de soporte estarán convenientemente tratadas y especialmente deberán especificar los materiales de base y los tratamientos de acabado superficial (químico, térmico, etc....) contra la corrosión, Y especialmente deberán definirse las barreras de protección superficial de los materiales contra el "Ambiente de alta salinidad o salitre marino".
FORMA DE INSTALACIÓN	Según modelos planos y fotos...
ELEMENTOS DE POSIBLE REPOSICIÓN	Posible reposición del sistema óptico y dispositivo de control electrónico independiente de la fuente de alimentación.
POTENCIA NOMINAL	Mínimo 70W.
FUENTE DE ALIMENTACIÓN	Dimmable externamente: 0-10V y Potenciómetro de 100K.
EFICACIA lm/W	Mínimo 90 lm /W
TEMPERATURA COLOR EN °K	Mínimo 3.900 y Máximo 4.500 °K
VIDA ÚTIL ESTIMADA	Mínimo 50.000 h.
INDICE DE REPRODUCCIÓN CROMÁTICA CRI	Mínimo 70
GRADO DE HERMETICIDAD GRUPO OPTICO	Mínimo IP 65.
GRADO DE PROTECCIÓN ANTE IMPACTOS	Mínimo IK 10.
TENSIÓN Y FRECUENCIA DE ALIMENTACIÓN	AC230V/ 50Hz
Factor de potencia (cos φ)	Mínimo 0,95
Armónicos THDmax de corriente	Máximo 20%
Armónicos THD de orden impar de corriente	Máximo 20%

3.14 Funcionalidad

Para garantizar el adecuado grado de protección contra penetración de salitre, polvo y humedad, el sistema óptico, el control de temperatura, la fuente de alimentación, los tornillos de montaje y desmontaje de las placas que contengan la fuente de luz y el sistema de refrigeración principal de las mismas serán IP65 según UNE 60598.

La luminaria dispondrá de sistema de conexión eléctrica montable y desmontable que facilite la instalación y mantenimiento. Este sistema no comprometerá el grado de estanqueidad, el aislamiento eléctrico ni dañará el cable de instalación eléctrico. Las luminarias de LED serán robustas con un grado de resistencia al impacto IK10. Se deberá poder reemplazar la fuente de alimentación mediante tornillos de montaje y desmontaje. Factor de potencia del sistema mayor o igual a 0,95. La vida útil del

conjunto fuente de luz será como mínimo de 50.000 horas. Las luminarias estarán preparadas para ser gestionadas mediante sistemas de telegestión. Para ello, la fuente de alimentación será regulable (dimmable) con tensión de 0 a 10 V. y potenciómetro de 100K. Aquellas luminarias que en las mejoras superen la potencia mínima de 70W. (placa LED + Fuente), deberán colocar a la fuente de alimentación, externamente, una resistencia ignífuga calculada para reducir la potencia a 70W.

3.16 Fotometría

La eficiencia lumínica del conjunto (fuente de luz + fuente de alimentación) deberá ser igual o superior a 90 lm/W.

A efectos de cálculo para la presentación del Estudio Lumínico, se usará como modelo una calle tipo para la evaluación de la eficiencia lumínica del proyecto, con una disposición tipo, con un reparto de luminarias a una interdistancia de 20 metros bilateral simétrica, altura del punto de luz 4,5 metros, anchura del vial principal o calzada de 6 metros, anchura del doble aparcamiento 4,5 metros, a ambos lados del vial principal o calzada, anchuras de las dos aceras de 8 metros cada una. Ver detalle de plano anexo (fig.2). Todos los cálculos deberán cumplir con el Real Decreto 1890/2008 de 14 de noviembre, por el que se aprueba el Reglamento de eficiencia energética en instalaciones de alumbrado exterior y sus Instrucciones técnicas complementarias EA-01 a EA-07 o justificar que una vez regulados los equipos proyectados es posible el cumplimiento de los niveles exigidos.

Durante el periodo de instalación el Ayuntamiento de Fuengirola podrá elegir una muestra que será enviada a un laboratorio con acreditación ENAC donde se comprobarán los valores fotométricos, la eficiencia lumínica, el rendimiento, la temperatura de color, el rendimiento de color de la fuente de luz, el marcado CE y el grado de deslumbramiento, según norma UNE-EN 13032

3.17 Seguridad

Sus elementos o partes componentes metálicas no podrán desprenderse accidentalmente por efecto de vibraciones o golpes y, en caso de desprendimiento, no deberán caer sobre la vía pública con el fin de no provocar accidentes. El cierre de las luminarias será de alta seguridad, es decir, no podrá, como consecuencia de vibraciones, tener una apertura accidental. Sin embargo esto no debe ser un obstáculo para el servicio de mantenimiento. La placa circular que soporta la luminaria y la fuente de alimentación irá sujeta a la carcasa exterior mediante mecanismo abatible o cable de sujeción. El cuerpo electrónico de LED y la fuente de alimentación irán sujetos a la placa circular por medio de tornillos con el fin de facilitar las labores de mantenimiento.

3.18 Descripción de las mejoras

Dentro del Pliego de Prescripciones Técnicas que han de regir el procedimiento para la contratación del suministro e instalación de las luminarias de tecnología LED y soporte para mejora de la iluminación del Paseo Marítimo de Fuengirola, se estima conveniente proponer las siguientes mejoras:

- MEJORA 1: Incluir en cada luminaria, equipo de protección sobretensiones Cirprotec NSB-10/230-C3-DD o similar.(Tabla 8)

Tabla 8. Mejora 1. Protecciones por luminaria

Nº de Equipos	Precio Unitario €, (incluida mano de obra y materiales, totalmente instalado y probado)	Total €, (neto)
NSB-10/230-C3-DD. (Uds)		
1.034	20,16	20.845,44

- MEJORA 2: Instalación en 13 (trece) cuadros de maniobras y protección de Alumbrado existentes en el Pº Marítimo (ver planos), de 13 equipos de protección contra sobretensiones transitorias y permanentes con reconexión automática V-Check 4RC o similar. (Tabla 9)

Tabla 9. Mejora 2. Protecciones en los cuadros

Nº de Equipos V-Check 4RC. (Uds)	Precio Unitario €, (incluida mano de obra y materiales, totalmente instalado y probado)	Total €, (neto)
13	280,05	3.640,65

3.19 Criterios de valoración para la adjudicación

Sera requisito imprescindible para la valoración de la oferta:

- El cumplimiento de los requisitos técnicos mínimos exigidos en el presente Pliego de Condiciones Técnicas.
- Entrega de la documentación a aportar exigida en el presente Pliego de Condiciones Técnicas.
- La presentación de la muestra. Esta muestra en el momento de la entrega será la muestra a evaluar y bajo ningún concepto podrá ser sustituida por ninguna otra de distintas características a la presentada con la oferta.

3.20 Criterios cuantificables de forma automática:

La valoración de las propuestas se realizará de conformidad a la documentación presentada, regulándose en base a una puntuación total de 100 puntos, según los siguientes criterios:

I. Valoración económica: Puntos a otorgar: de 0 a 5 puntos.

Se valorara la mejor oferta económica con un máximo de 5 puntos.

El precio más bajo será el que presente la mínima oferta económica, siendo el que obtenga la mayor puntuación. El resto de las ofertas se valorará conforme a la siguiente fórmula. La oferta más baja respecto al tipo de licitación, obtendrá la máxima puntuación.

- La puntuación de cada oferta se hallará por una simple regla de tres según la siguiente fórmula: (1)

$$Px = \frac{P \times (TL - Ox)}{(TL - Om)} \quad (1)$$

Siendo:

- Px : puntuación de la oferta.
- TL: tipo de licitación.
- Ox : oferta que se puntúa.
- Om: oferta más baja.
- PM: puntuación máxima.

Se aplicarán los procedimientos previstos en el artículo 85 del RGLCAP para apreciar y calificar las ofertas desproporcionadas o temerarias.

II. Valoración económica de las mejoras ofertadas : Puntos a otorgar: de 0 a 20 puntos.

Las mejoras se valorarán en función al valor técnico, funcional y económico de las mismas con arreglo a este pliego técnico municipal. Las mejoras deberán ofertarse de forma íntegra y por su valor total. De forma que si alguna empresa no la oferta completa, será rechazada automáticamente la misma.

Mejora 1 : Incluir en cada luminaria, equipo de protección sobretensiones Cirprotec NSB-10/230-C3-DD o similarValorada en 15 puntos

Mejora 2 : Instalación en 13 (trece) cuadros de maniobras y protección de Alumbrado existentes en el Pº Marítimo (ver planos), de 13 equipos de protección contra sobretensiones transitorias y permanentes con reconexión automática V-Check 4RC o similar Valorada en 5 puntos

III. Valoración lumínica (potencia y eficiencia): Puntos a otorgar: de 0 a 45 puntos.

a. Potencia nominal del equipo: (Placa LED + fuente regulable).....20 puntos

Se otorgará el máximo de puntos a la oferta que presente el equipo de potencia mayor o igual a 120 W. Al resto de participantes se le otorgará los puntos directamente proporcionales a la potencia ofertada. Aquellos que la potencia sea igual a 70W, obtendrán 0 puntos en éste criterio.

Ésta característica será medida por los técnicos del Ayuntamiento de Fuengirola y para ello se utilizará un analizador de red marca CIRCUTOR AR6 y unas pinzas amperimétricas marca Kyoritsu 2413R. El cálculo de los puntos para este apartado que se asignen se hará en base a la siguiente fórmula (2) (teniendo en cuenta que dentro de la fórmula X representa el valor de la potencia ofertada por la empresa licitadora e Y representa el valor de la mayor de las potencias presentadas por las empresas concursantes:

$$\frac{X}{Y} \times 20 \quad (2)$$

b. Eficiencia lumínica del equipo (Lm/W).....20 puntos

Se otorgará la máxima puntuación en este apartado al equipo que presente la mejor Eficiencia lumínica o mejor relación Lúmenes por watio (lm/W).El cálculo de los puntos para este apartado que se asignen se hará en base a la siguiente fórmula (teniendo en cuenta que dentro de la fórmula X representa el valor de la eficiencia lumínica ofertada por la empresa licitadora e Y representa el valor de la mayor de las eficiencias lumínicas presentadas por las empresas concursantes:

$$\frac{X}{Y} \times 20 \quad (3)$$

c. Estudio luminotécnico con software DIALUX 5 puntos

Las empresas que presenten estudio lumínico se le otorgará 5 puntos. Aquellas que no lo presenten, serán puntuadas con 0 puntos en este apartado

IV. Valoración técnica de las muestras: Puntos a otorgar: de 0 a 30 puntos.

Se valorara la mejora de criterios técnicos con un máximo de 30 puntos, según la distribución adjunta:

Éstas características serán medidas por los técnicos del Ayuntamiento de Fuengirola y para ello se utilizará un analizador de red marca CIRCUTOR AR6 o similar y unas pinzas amperimétricas marca Kyoritsu 2413R o similar.

Cada característica técnica se valorara de manera individual, según tabla 10 siguiente, otorgando la máxima puntuación a la oferta con el mejor valor técnico y distribuyéndose los puntos de manera lineal en el resto de las ofertas.

Tabla 10. Mejora 1. Protecciones por luminaria

Pico de arranque (en frío a las 24h)	10
Distorsión armónica.	5
Tipología del Material	5
Sistema de refrigeración	5
Sistema de anclaje de la placa de adaptación a la luminaria existente.	5

Se valorara con "0" puntos aquellas ofertas que cumplan los requisitos mínimos del pliego de condiciones técnicas (ver tabla de características técnicas) y por tanto no aporten mejoras al mismo.

El órgano de contratación tendrá alternativamente la facultad de adjudicar el contrato de suministro a la proposición más ventajosa técnica-económica o declarar desierto el procedimiento.

4. Discusión y Conclusiones

La tecnología LED, es una realidad que día a día se va imponiendo en la forma de iluminar nuestras ciudades. Además del ahorro energético, su calidad lumínica permite apostar de manera clara por esta forma tecnológica.

Desde las Administraciones Publicas se está impulsando y fomentando la eficiencia energética en general y la sustitución paulatina de las lámparas de descarga por LED, mediante distintos modelos de Pliegos incluyendo mantenimiento, gestión e inversiones en la modalidad de ESE o asumiendo mediante proyectos esta inversión la propia Administración.

En estos pliegos se abordan de manera suficiente muchos de los aspectos técnicos asociados a las características de las luminarias, fundamentales a la hora de abordar sustituciones. No obstante estas nuevas instalaciones a base de LED están generando en las instalaciones existentes problemas hasta ahora desconocidos o no considerados, como así lo avalan distintos estudios Fan, et al. 2013) (Tech , Leber & Schwarzmeier, 2014), (Abd El-Moniem, Azazi & Mahmoud, 2014) (Hermoso-Orzaez, Gago-Calderon, Rojas-Sola, 2016).

Estos problemas que hasta ahora no habían sido abordados en las instalaciones de alumbrado público a base de luminarias con lámparas de descarga. Son una consecuencia directa del cambio tecnológico y está asociado en gran parte a las fuentes de origen electrónico o driver de los LED. Y están provocando problemas de tipo eléctrico hasta ahora no planteados, y en especial cuando los cambios de tipología de equipos de iluminación se realizan sobre instalaciones antiguas sobre las que no se han realizado cambios, especialmente en los cuadros de protección de los circuitos.

Problemas de altas intensidades de corriente en los arranques en frío, están provocando desconexiones no deseadas en los cuadros en el momento del arranque. Además, se está detectando un aumento desproporcionado de la distorsión armónica dependiendo del tipo de equipos. Esto unido al grave riesgo de no proteger las sensibles luminarias LED de las peligrosas, sobretensiones, tanto por punto de luz como en los cuadros de cabecera. Está provocando que muchas de las instalaciones hayan quedado gravemente dañadas como consecuencia de las mismas. Ya sea de manera accidental o provocadas por fenómenos meteorológicos. Todo ello unido a los

problemas de refrigeración de la luminaria inciden directamente en los costes de mantenimiento de la instalación y en la vida útil de las luminarias.

Todo esto nos ha llevado a plantearnos un modelo de pliego mejorado, que sobre la base de las consideraciones técnicas, de tipo General que se manejan en los pliegos recomendados por el IDAE, permitan garantizar con un mayor nivel de seguridad tanto el mantenimiento como la durabilidad y la seguridad de los equipos de las instalaciones de alumbrado sobre las que se han realizado sustituciones punto a punto, con luminarias a base de LED.

Este modelo de pliego que proponemos pretende ser un ambicioso intento de valorar en un caso de sustitución masiva a LED. No solo los costes asociados a los equipos, sino además considerar aspectos técnicos asociados a los niveles de iluminación (fotometrías, eficiencia lumínica, uniformidad, iluminancia media y extrema), a las características técnicas de las luminarias a valorar (picos de corriente en el arranque, distorsión armónica, sistema de refrigeración o tipología de materiales). Incluyendo como mejora la instalación de equipos de protección contra sobretensiones por punto de luz y en los cuadros de cabecera. Mediante la entrega, pruebas y ensayos, con carácter previo y durante el proceso de selección de ofertas de muestras tipo de los productos presentados por los distintos licitadores. De esta forma y partiendo de unas exigencias de mínimos, el técnico municipal, contando con un laboratorio de pruebas, puede valorar de manera eficaz y eficiente las luminarias ofertadas, garantizando la elección objetiva de un producto adecuado. Lo que a la larga repercutirá de manera directa en los costes de mantenimiento de la instalación. Incluyendo como mejora la instalación de equipos de protección contra sobretensiones por punto de luz y en los cuadros de cabecera

5. Referencias Bibliográficas

- Abd El-Moniem, M.S., Azazi, H,Z, & Mahmoud, S.A.(2014). A current sensorless power factor correction control for LED lamp driver. *Alexandria Engineering Journal*,53(1),69-79. (<http://dx.doi.org/10.1016/j.aej.2014.01.001>)
- Arias, M., Vázquez, A. & Sebastián, J. (2012). An overview of the AC-DC and DC-DC converters for LED lighting applications. *Automatika–Journal for Control, Measurement, Electronics, Computing and Communications*, 53(2),156-72. (<http://dx.doi.org/10.7305/automatika.53-2.154>)
- Blanco AM, Stiegler R, Meyer J. Power quality disturbances caused by modern lighting equipment (CFL and LED). In: 2013 IEEE PowerTech, Grenoble, France, 2013: 1-6. (<http://dx.doi.org/10.1109/PTC.2013.6652431>).
- CEI. Comité Español de Iluminacion.(2015) Requerimientos técnicos exigibles para luminarias con tecnología led de alumbrado exterior. Rev. 4-120815 (CEI-IDEA).Madrid. Publicaciones CEI.
- Corrons-Rodriguez,A, Campos-Acosta, J & Melgosa-Latorre, M.(2011).*El Libro Blanco de la Iluminación*. Madrid. España. Comité Español de Iluminación (CEI).Edt-MIC. D.L. M-49275-2011.ISBN: 978-84-940273-2-1-II.
- CDP Cities 2015 Report. City of Sydney. <https://www.cdp.net/cities>.
- De Almeida, A., Santos, B., Paolo, B., & Quicheron, (2014). M. Solid state lighting review–potential and challenges in Europe. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*,34,30-48. (<http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2014.02.029>).
- España. Real Decreto 1890/2008. Real Decreto 1890/2008, de 14 de noviembre, por el que se aprueba el Reglamento de eficiencia energética en instalaciones de alumbrado exterior y sus Instrucciones técnicas complementarias EA-01 a EA-07. *Boletín Oficial del Estado*, 19 de noviembre de 2018, núm. 279, pp. 45988 a 46057. (https://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2008-18634)

- España. Instituto para la Diversificación y Ahorro de la energía IDAE. Ministerio de Energía Turismo y agenda Digita. (Gobierno de España) [Internet].. Disponible en: (<http://www.idae.es/index.php/id.644/reلمenu.429/mod.pags/mem.detalle>)
- Fan, S., Wang, Y., Wang, Y., & Geng, L. (2013). Minimized start-up transient and initial inrush current of boost converter for LED lighting. In (ED) IEEE International Symposium on Industrial Electronics (ISIE), (pp.1-69). Barcelona, Spain, (<http://dx.doi.org/10.1109/ISIE.2013.6563665>).
- Fiaschi, D., Bandinelli, R., & Conti, S. (2012). A case study for energy issues of public buildings and utilities in small municipality: Investigation of possible improvements and integration with renewables. *Applied Energy*. 97,101-14. (<http://dx.doi.org/10.1016/j.apenergy.2012.03.008>).
- Gil-de-Castro, A., Moreno-Muñoz, A., Larsson, A., de la Rosa, J.J.G., & Bollen, M.H.J.(2013). LED Street lighting: A power quality comparison among street light technologies. *Lighting Research & Technology*,45(6),710-28. (<http://dx.doi.org/10.1177/1477153512450866>).
- Hermoso-Orzáez, M.J. & de Andrés Díaz, J.R. (2012).Comparative study of energy-efficiency and conservation systems for ceramic metal-halide discharge lamps. *Energy*, 52,258-64. (<http://dx.doi.org/10.1016/j.energy.2013.01.050>).
- Hermoso-Orzáez, M.J. (2016). Technological led's change in public projects lighting. "SWOT" analysis: strengths and weaknesses. 20th International Congress on Project Management and Engineering: CIDIP 2016. (Cartagena).(05-006)(185-187).Cartagena: AEIPRO.
- Hermoso-Orzaez, M.J, Gago-Calderon, A, & Rojas-Sola, J.I.(2016).Electrical consequences of large-scale replacement of metal halide by LED luminaires. *Lighting research & technology*. Accept and press on line, May-2016. (<http://dx.doi.org/10.1177/1477153516645647>).
- Jägerbrand, A.K. (2015). New framework of sustainable indicators for outdoor LED (Light Emitting Diodes) lighting and SSL (Solid State Lighting).*Sustainability*.7(1),1028-63. (<http://dx.doi.org/10.3390/su7011028>).
- Kinzey, B.(2015).Restoring Detroit's Street Lighting System. (U.S. Department of Energy No. PNNL-24692). Pacific Northwest National Laboratory (PNNL), Richland, WA (US).
- Lobao, J.A., Devezas, T. & Catalao, J.P.S. (2015). Energy efficiency of lighting installations: Software application and experimental validation. *Energy Reports*,1,110-15. (<http://dx.doi.org/10.1016/j.egyr.2015.04.001>).
- Marimuthu, C. & Kirubakaran, V. (2015).Carbon and energy payback period for the solar street light using life cycle assessment. *Carbon*, 8(3),1125-30.
- Navarro, R. (2014,Noviembre 28).Los alcaldes compraron leds que no son reglamentarias ni cumplen el pliego de condiciones.*El Mundo*.,p 19.
- Northeast Group, llc. Global LED and Smart Street Lighting: Market Forecast (2015 – 2025). Volume II April 2015 | www.northeast-group.com.
- Ozadowicz, A., & Grela, J. (2014).The street lighting integrated system case study, control scenarios, energy efficiency. In: (Ed) IEEE Emerging Technology and Factory Automation (ETFA); (pp.1-4). Barcelona, Spain, (<http://dx.doi.org/10.1109/ETFA.2014.7005345>).
- Pipattanasomporn, M., Rahman, S., Flory, I. & Teklu, Y.(2014). Engineering design and assessment of a demand-sensitive LED streetlighting system. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 7,136-46.
- Rode, I., Moriarty, M., Beattie, C., McIntosh, J. & Hargroves, K. (2014). Technologies and Processes to Reduce Carbon Intensity of Main Road Projects (p. 2). *A research report and annotated bibliography for the Sustainable Built Environment National Research Centre (SBEnrc)* by the Curtin University Sustainability Policy Institute.

- Ryckaert,W.R., Smet, K,A,G,, Roelandts, I,A,A,, Van Gils, M., & Hanselaer, P. (2012). Linear LED tubes versus fluorescent lamps: An evaluation. *Energy and Buildings* 2012;49:429-36. (<http://dx.doi.org/10.1016/j.enbuild.2012.02.042>).
- Tech, H., Leber, D., & Schwarzmeier, A. (2014). A novel approach to efficient inrush current limitation for LED power applications. In: International Exhibition and Conference for Power Electronics, Intelligent Motion, En (ED) *Renewable Energy and Energy Management* (PCIM Europe), ,(pp-1-8). Nuremberg, Germany
- Valentova, M., Quicheron, M,& Bertoldi, P. (2015). LED projects and economic test cases in Europe. *International Journal of Green. Energy*, 12(8),843-51. (<http://dx.doi.org/10.1080/15435075.2014.887568>).
- Wen-Shing, S., Chih-Hsuan, T.,& Yi-Han, H. (2011). Simulating the Illuminance and Efficiency of the LEDs Used in General Household Lighting, *Physics Procedia*, 19, 244-248. (doi: 10.1016/j.phpro.2011.06.156).
- Union Europea. Libro verde. (2013). *Iluminando las Ciudades Acelerando el Despliegue de Soluciones de Iluminación Innovadoras en las Ciudades Europeas*. Comisión Europea. Dirección General de Redes de Comunicación,ContenidoyTecnología.([http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_Iluminando_las_Ciudades_Libro_Verde_\(European_Commission\)_faccb514.pdf](http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_Iluminando_las_Ciudades_Libro_Verde_(European_Commission)_faccb514.pdf))