



UNIVERSIDAD
DE MÁLAGA



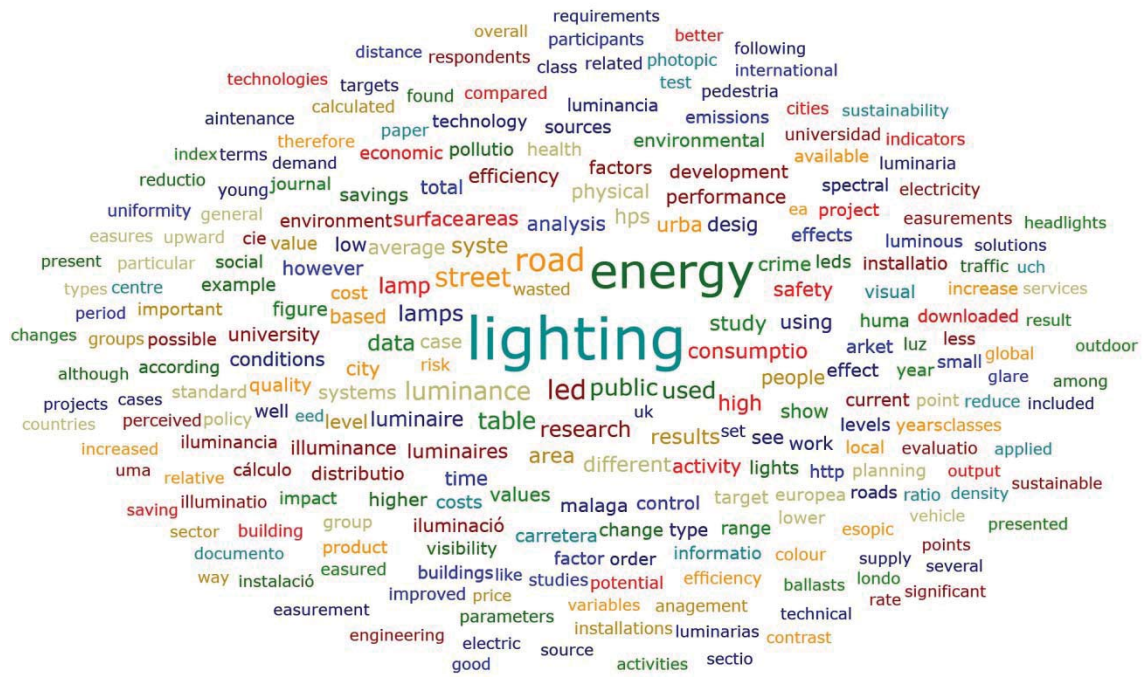
IDENTIFICACIÓN DE INDICADORES PARA LA EVALUACIÓN DE INSTALACIONES DE ALUMBRADO PÚBLICO

TESIS DOCTORAL



Presentada por: Rosa María Morillas Núñez
Dirigida por: Dr. José Ramón de Andrés Díaz

Programa de Ingeniería Mecánica y Eficiencia Energética
Departamento de Expresión Gráfica, Diseño y Proyectos.
Abril, 2020.



TESIS DOCTORAL - Rosa María Morillas Núñez - 2020



DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y ORIGINALIDAD DE LA TESIS PRESENTADA PARA OBTENER EL TÍTULO DE DOCTOR

D./Dña ROSA MARÍA MORILLAS NÚÑEZ

Estudiante del programa de doctorado PROGRAMA DE INGENIERÍA MECÁNICA Y EFICIENCIA ENERGÉTICA de la Universidad de Málaga, autor/a de la tesis, presentada para la obtención del título de doctor por la Universidad de Málaga, titulada: IDENTIFICACIÓN DE INDICADORES PARA LA EVALUACIÓN DE INSTALACIONES DE ALUMBRADO PÚBLICO

Realizada bajo la tutorización de FRANCISCO IGNACIO MARTÍN MORENO y dirección de JOSÉ RAMÓN DE ANDRÉS DÍAZ (si tuviera varios directores deberá hacer constar el nombre de todos)

DECLARO QUE:

La tesis presentada es una obra original que no infringe los derechos de propiedad intelectual ni los derechos de propiedad industrial u otros, conforme al ordenamiento jurídico vigente (Real Decreto Legislativo 1/1996, de 12 de abril, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Propiedad Intelectual, regularizando, aclarando y armonizando las disposiciones legales vigentes sobre la materia), modificado por la Ley 2/2019, de 1 de marzo.

Igualmente asumo, ante a la Universidad de Málaga y ante cualquier otra instancia, la responsabilidad que pudiera derivarse en caso de plagio de contenidos en la tesis presentada, conforme al ordenamiento jurídico vigente.

En Málaga, firmado a la fecha de la firma electrónica.

**Firmado por MORILLAS NUÑEZ ROSA
MARIA - 33399375V el día 31/05/2020 con
un certificado emitido por AC FNMT**

Fdo.: ROSA MARIA MORILLAS NÚÑEZ





UNIVERSIDAD
DE MÁLAGA



DEPARTAMENTO DE EXPRESIÓN GRÁFICA, DISEÑO Y PROYECTOS

EL DOCTOR **D. JOSÉ RAMÓN DE ANDRÉS DÍAZ**, PROFESOR TITULAR DE UNIVERSIDAD DEL ÁREA DE CONOCIMIENTO PROYECTOS DE INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD DE MÁLAGA

HACE CONSTAR

Que la Tesis Doctoral realizada por **Dña. ROSA MARÍA MORILLAS NÚÑEZ**, con el título "IDENTIFICACIÓN DE INDICADORES PARA LA EVALUACIÓN DE INSTALACIONES DE ALUMBRADO PÚBLICO", de la cual es director, ha sido proyectada y desarrollada bajo su supervisión. Y que el mencionado trabajo de investigación reúne todas las características científicas y técnicas para poder ser defendido públicamente, por lo que **AUTORIZA** la presentación a trámite de esta Tesis Doctoral para su posterior lectura y defensa pública.

En Málaga a 25 de Abril de 2020.

EL DIRECTOR DE LA TESIS

Firmado digitalmente
por ANDRES DIAZ JOSE
RAMON - 25080054A

EL DIRECTOR DE LA TESIS

Fdo. José Ramón de Andrés Díaz

*A mi marido,
Fernando, a mis hijos,
Fernando y David,
y a mis padres*

RESUMEN

En los últimos años un gran número de municipios están llevando a cabo la renovación completa de su alumbrado público. Existen diversos motivos para ello. Uno de ellos es el desarrollo de nuevas alternativas frente a las tradicionales lámparas de descarga (LEDs, MicroLEDs, etc.) que en teoría son mucho más eficientes. Otro motivo es la progresiva implantación de legislaciones estatal y autonómica, que induce a los municipios a disminuir las potencias consumidas y los niveles de iluminación instalados. Por último, el consumo generado por el alumbrado público suele ser uno de los componentes principales de la factura eléctrica para los municipios y llega a lastrar su economía, en algunos casos.

La presente Tesis realiza un análisis de estos procesos de contratación de la renovación de las instalaciones de alumbrado público. Su objetivo final ha sido seleccionar una serie de indicadores que permitiesen a los técnicos de la administración pública, responsables de la adjudicación de estos contratos, valorar las ofertas que se han presentado y elegir la oferta que mejor cumpla con los requisitos económicos, técnicos, lumínicos, medioambientales y sociales que el municipio haya establecido.

Para ello, la investigación se ha desarrollado en fases diferenciadas, presentadas en capítulos independientes. En cada una de estas fases se ha justificado la metodología empleada, siendo de naturaleza cualitativa y cuantitativa. La justificación de su uso se expone al inicio de cada capítulo. Las fases del estudio se muestran de forma secuencial, pues los resultados de cada fase sirvieron como proposiciones de inicio a la siguiente.

La primera fase ha constituido el punto de partida de la investigación. Se inició con una búsqueda bibliográfica de publicaciones relacionadas con las instalaciones de alumbrado público. Los documentos seleccionados fueron estudiados y analizados con un software de análisis de datos cualitativo para identificar parámetros que caracterizaran una instalación de alumbrado público, desde todos los puntos de vista que estas publicaciones reflejaban. Se procedió a una posterior selección aplicando tres criterios de filtrado con el propósito de hacer la lista útil y manejable. Los parámetros resultantes se conformaron mediante una relación de 17 indicadores, referidos a la luminaria o alguno de sus componentes, por ser el elemento diferenciador en cualquier instalación (Tabla1):

Parámetro	Documentos Asociados
Coste de la luminaria (€) en el lugar de la instalación	19
Diseño de la luminaria	15
Disposición de los puntos de luz	13
Espectro de emisión de la fuente de luz	14
Factor de potencia del punto de luz	3
Flujo luminoso emitido por una fuente de luz (lm)	17
Fotometría	20
Fuente de luz/Instalación regulable	27
Horas de servicio/Vida útil	17
Índice de Reproducción Cromática (IRC)	16
Porcentaje emisión al hemisferio superior	10
Potencia/Intensidad de trabajo del punto de luz (W)	23
Sostenibilidad de las materias primas	3
Superficie a iluminar/Variación nº luminarias o potencia	17
Temperatura de color de la fuente de luz (K)	30

Tabla 1. Listado de indicadores resultado de la primera Fase. Fuente: Elaboración propia

En la segunda fase, se llevó a cabo un Estudio de Casos Múltiple desarrollado entre los años 2015-2019 en siete municipios. Se analizó todo el proceso real de renovación o nueva instalación en cada municipio. En cada caso, el proceso de estudio comprendió desde la elaboración de la documentación técnica, la posterior contratación y adjudicación de la actuación, la ejecución de la instalación contratada y un periodo de funcionamiento de, al menos, seis meses desde la finalización de la ejecución.

Los parámetros de valoración de las ofertas de cada caso se compararon con la lista de indicadores obtenida en la primera fase del estudio. Los resultados indicaron la existencia de un alto porcentaje de coincidencia entre la lista de indicadores y los parámetros utilizados en los documentos técnicos. En esta segunda fase del estudio, se completó la descripción de algunos indicadores de la relación obtenida en la primera fase.

En la tercera, y última fase, se han completado los resultados conseguidos en las fases anteriores, con una consulta multidisciplinar a expertos de reconocido prestigio en el ámbito del alumbrado público. Se han utilizado como herramientas el Estudio Delphi de Expertos y el Proceso Analítico Jerárquico, para aumentar la validez externa de los resultados. Para comparar los resultados obtenidos con la realidad de las contrataciones, se ha llevado a cabo un análisis estadístico de los pliegos de contratación en diversos municipios españoles publicados entre los años 2015 y 2019.

Los estudios desarrollados en esta tercera fase sirvieron para completar las descripciones de cada uno de los indicadores, eliminar indicadores que no

habían tenido suficiente aceptación y complementar la relación con indicadores en los que estuvieron de acuerdo todos los expertos.

Las conclusiones del estudio han aportado una relación de indicadores descritos en detalle, que en este trabajo se presentan clasificados en *exigibles* o *valorables*, lo que permite al técnico decidir los indicadores que serán necesarios en el procedimiento de contratación, adaptándolos a las necesidades reales del municipio. También podrá determinar en qué documentos deben aparecer, si serán o no valorados y como será esta valoración.

Además, se ha incluido un rango o intervalo de valores límite o recomendados, en función de cada indicador, para que el usuario de esta "guía" pueda consultarla en la elaboración de los Proyectos, Memorias Técnicas o incluso los Pliegos de Prescripciones Técnicas del procedimiento de contratación. Debido a las continuas aportaciones al desarrollo de la tecnología LED que se están produciendo en el sector de la iluminación, esta guía debería ser revisada periódicamente.

In recent years, a large number of Spanish municipalities are renovating their street lighting installations. There are several reasons for this. One of them is the development in recent years of new alternatives compared to traditional discharge lamps (LEDs, MicroLEDs, etc.), which in theory are much more efficient. Another reason is the progressive implementation of state and regional legislation, which compel municipalities to reduce the electric power consumed and the levels of lighting installed. Finally consumptions generated by public lighting are usually one of the main components of the electricity bill of municipalities and can damage, in some cases, its economy.

The present Thesis analyzes the renovation process of public lighting installations. Its final objective has been to select a list of indicators that allow administration technicians, responsible for the award of these contracts, to assess the offers that have been presented and to choose the offer that best meets the economic, technical, lighting, environmental and social requirements that the municipality has established.

To that effect, the research has been carried out in different phases that have been presented in independent chapters. In each of these phases, the qualitative and quantitative methodology used has been justified. The justification for its use has been previously presented at the beginning of each chapter. The research has been divided into three sequential phases. The results of each phase has served as starting propositions for the following.

The first phase has been the starting point of the investigation. It has started with a bibliographic search of publications related to public lighting installations. The selected documents were studied and analyzed with qualitative data analysis software, to identify parameters that will characterize a public lighting installation from all the points of view. A subsequent selection was made applying three filtering criteria in order to make the list useful and manageable.

The resultant parameters were established as a list of 17 indicators, related to the luminaire or some of its components. The luminaire is the differentiating element in any installation. The following list showed the indicators first obtained (Table 1):

Parameter	Associated Documents
Cost of the luminaire at the installation place	19
Luminaire design	15
Spatial disposition of light spots	13
Luminous efficacy/efficiency of light source/installation	14
Emission spectrum of the light source	3
Power factor of the light point	17
Luminous flux emitted by a light source	20
Photometry	27
Regulation of Light source/installation	17
Hours of service / Useful life	16
Color Rendering Index	10
Luminance/illuminance average/semi-cylindrical of the installation	23
Upper hemisphere emission percentage	3
Power/working intensity of the light point	17
Sustainability of raw materials	30

Table 1. List of indicators resulted in first phase of study. Source: Author.

In the second phase, a multiple case study was carried out developed between the years 2015-2019 in seven municipalities. The entire process of renovation or new installation was analyzed in each municipality. In each case, the study included the preparation of the technical documentation, the subsequent contracting and awarding of the intervention, the implementation of the contracted installation and an operating period of at least seis months from the end of the implementation.

The evaluation parameters of the offers in each case were compared with the list of indicators obtained in the first phase of the study. The results indicated the existence of a high percentage of agreement between the list of indicators and the parameters used in the technical documents. The description of some indicators obtained in the first phase was completed in the second phase of the study.

During the third and last investigation phase, the results obtained in previous phases have been completed, using a multidisciplinary enquiry and the intervention of renowned experts in the field of public lighting. The Delphi Study and the Hierarchical Analytical Process have been used as tools to increase the external validity of the results. Also it´s has been carried out a statistical analysis of the contracting documents in various Spanish municipalities published between 2015 and 2019 to compare the results obtained with real contract procedures.

The studies carried out in this third phase served to complete the indicators descriptions, eliminate indicators that had not been sufficiently accepted and complement the relationship with indicators on which all the experts agreed.

The conclusions of the study have provided a list of indicators described in detail, which have been presented classified as required or assessable, allowing the technician to decide the indicators that will be suitable in the contracting procedure and adapting them to the real needs of the municipality. They will also be able to determine in which documents the indicators should appear, whether or not they will be valued and how this evaluation will be.

In addition, conclusions includes a range or limitations of recommended values, depending on each indicator, so that the user of this "guide" can consult it in the elaboration of the Projects or Technical Reports and even the bid specifications. Due to the continuous contributions that are taking place in the lighting sector to the development of LED technology, this guide will be regularly reviewed.

ÍNDICE DE FIGURAS	V
ÍNDICE DE TABLAS	IX
NOMENCLATURA	XI
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Relevancia de las instalaciones de alumbrado público	3
1.2. La gestión del alumbrado público en España	3
1.3. Objetivo de la Tesis	7
1.4. Estructura de la Tesis	7
1.5. Bibliografía	9
2. ANTECEDENTES	11
2.1. Estado del arte	13
2.2. Evolución histórico-tecnológica del alumbrado público	14
2.2.1. <i>Una mirada atrás</i>	14
2.2.2. <i>Introducción a la tecnología LED</i>	20
2.3. Elementos que componen un punto de luz	23
2.3.1. <i>Luminarias</i>	24
2.3.2. <i>Equipos auxiliares</i>	27
2.3.3. <i>Soportes</i>	30
2.4. Legislación aplicable a las instalaciones de alumbrado público	32
2.5. Ámbito del estudio y alcance de la Tesis	33
2.6. Bibliografía	34
3. ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO	37
3.1. Objeto del Análisis bibliográfico	39
3.2. Justificación de la Metodología del análisis bibliográfico	39
3.3. Desarrollo del análisis bibliográfico	39
3.3.1. <i>Búsqueda bibliográfica</i>	40
3.3.2. <i>Identificación de los parámetros</i>	42
3.3.3. <i>Clasificación de los parámetros</i>	49
3.3.4. <i>Validación de los datos obtenidos</i>	49

3.3.5. Selección de los parámetros	53
3.4. Discusión y Resultados obtenidos en la primera fase	54
3.5. Bibliografía	58
4. ESTUDIO MÚLTIPLE DE CASOS	63
4.1. Objeto del Estudio múltiple de Casos	65
4.2. Metodología	65
4.2.1. Justificación del Método	66
4.2.2. Proceso de desarrollo del estudio	68
4.2.3. Validación del Método	69
4.3. Diseño del Estudio de Casos	72
4.3.1. Definición de la proposición objeto del estudio	72
4.3.2. Selección de las fuentes de evidencia	73
4.3.3. Selección de casos	74
4.3.4. Selección de las herramientas de medición	77
4.3.4.1. El Pliego para la contratación de la actuación	78
4.3.4.2. Consumo antes y después de la actuación	79
4.3.4.3. Entrevistas	79
4.3.4.4. Encuestas	82
4.3.4.5. Mediciones lumínicas	85
4.3.4.6. Observación directa de los viales iluminados	86
4.3.5. Elaboración del Protocolo	86
4.3.6. Recogida de datos del Estudio de Casos	88
4.3.7. Análisis de datos del Estudio de Casos	89
4.3.8. Resultados del Estudio de Casos	93
4.3.9. Validez de los resultados del Estudio de Casos	98
4.4. Discusión de los resultados obtenidos en la segunda fase	100
4.5. Bibliografía	103
5. ESTUDIO DE EXPERTOS	107
5.1. Objeto	109
5.2. El método Delphi	109
5.2.1. Introducción	109
5.2.2. Descripción del método Delphi	109

5.2.3. <i>Justificación y validez del método Delphi</i>	111
5.3. Diseño del estudio para el desarrollo del método Delphi	112
5.3.1. <i>Definición, alcance y fines del Delphi</i>	112
5.3.2. <i>Proposición y elección del número de Expertos</i>	112
5.3.3. <i>Participantes en el panel de expertos</i>	113
5.3.4. <i>Diseño y selección de las herramientas de medición del Delphi</i>	114
5.4. Desarrollo del Delphi	115
5.4.1. <i>Primera Ronda</i>	115
5.4.1.1. <i>Elaboración de la 1ª ronda del cuestionario Delphi</i>	116
5.4.1.2. <i>Distribución, tabulación e identificación de resultados. Nivel de respuesta</i>	116
5.4.1.3. <i>Comunicación al panel de expertos de los resultados obtenidos</i>	117
5.4.2. <i>Segunda Ronda</i>	123
5.4.2.1. <i>Elaboración de la 2ª ronda del cuestionario Delphi</i>	123
5.4.2.2. <i>Distribución, tabulación e identificación de resultados. Nivel de respuesta</i>	124
5.4.2.3. <i>Comunicación al panel de expertos de los resultados obtenidos</i>	125
5.4.2.4. <i>Necesidad de rondas sucesivas</i>	130
5.5. Análisis cuantitativo de las rondas del Delphi	131
5.6. Análisis conceptual de los resultados del Delphi	133
5.7. Conclusiones del Delphi	141
5.8. Metodología del Proceso analítico jerárquico	146
5.8.1. <i>Introducción</i>	146
5.8.2. <i>Descripción del AHP</i>	147
5.8.3. <i>Validez del AHP</i>	148
5.9. Justificación de la aplicación del AHP a los resultados del estudio Delphi	149
5.9.1. <i>Uso del AHP en los indicadores en los casos multi-ofertantes 2 y 3</i>	151
5.9.2. <i>Resultados de la aplicación del AHP</i>	153
5.10. Análisis de los Pliegos de contratación en España	154
5.11. Resultados obtenidos en la tercera fase	161
5.12. Validez de los resultados	163

5.13. Bibliografía	163
--------------------	-----

6. CONCLUSIONES	167
------------------------	------------

6.1. Conclusiones finales	169
---------------------------	-----

6.2. Futuras líneas de trabajo relacionadas	177
---	-----

6.3. Bibliografía	178
-------------------	-----

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	179
--------------------------------------	------------

ANEXO 1.	LISTADO DE DOCUMENTOS NORMATIVOS
ANEXO 2.	LISTADO DE DOCUMENTOS METODOLÓGICOS
ANEXO 3.	LISTADO DE PUBLICACIONES CON NUMERO DE CITAS POR DOCUMENTO
ANEXO 4.	INFORMES DE LA DOBLE CODIFICACIÓN/VALIDEZ
ANEXO 5.	TABLA CODIGO-CITA DE LA DOBLE CODIFICACIÓN/VALIDEZ
ANEXO 5.	TABLA DE COOCURRENCIAS POR CÓDIGO
ANEXO 6.	RELACIONES POR CLASIFICACIÓN
ANEXO 7.	SELECCIÓN DE PARÁMETROS
ANEXO 8.	PROTOCOLOS Y BASE DE DATOS CASOS 1
ANEXO 9.	PROTOCOLOS Y BASE DE DATOS CASOS 2
ANEXO 10.	PROTOCOLOS Y BASE DE DATOS CASOS 3
ANEXO 11.	PROTOCOLOS Y BASE DE DATOS CASOS 4
ANEXO 12.	PROTOCOLOS Y BASE DE DATOS CASOS 5
ANEXO 13.	PROTOCOLOS Y BASE DE DATOS CASOS 6
ANEXO 14.	PROTOCOLOS Y BASE DE DATOS CASOS 7
ANEXO 15.	CARTA DE PRESENTACIÓN DEL ESTUDIO
ANEXO 16.	CUESTIONARIOS ESTUDIO DELPHI 1ª RONDA
ANEXO 17.	CUESTIONARIOS ESTUDIO DELPHI 2ª RONDA
ANEXO 18.	DESCRIPCIÓN DE LOS INDICADORES

ÍNDICE DE FIGURAS

- Figura 1.1** División provincial. Elaborada por Javier Burgos en 1833. Recuperado de internet el 8 de enero 2020 de: https://realacademiatoledo.es/wp-content/uploads/2014/01/files_toletum_0055_07.pdf Pag.4
- Figura 1.2.** Evolución de la deuda pública por tipo de administración. Recuperado de internet el 13 de noviembre 2019 de: <https://www.epdata.es/deuda-publica-distintas-administraciones-pib/efac8ae7-6535-4990-95a4-3544a9c05f3f>. Pag.5
- Figura 1.3.** Precios del término de energía pequeños consumidores (potencia <5kW). Precio antes de tasas e impuestos. Fuente: Elaboración propia con los datos de Eurostat (Recuperado el 13 de noviembre 2019). Pag.6
- Figura 2.1.** De la Rasilla, M., Duarte, E., Santamaría, D. et all. (2010). Licnología paleolítica: las lámparas de las cuevas de Llonín y el Covarón (Asturias). Zephyrus,LXV, 103-116. ISSN: 0514-7336. Pag.15
- Figura 2.2.** Recuperado el 13 de noviembre 2019, de: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/1/1a/Lamp_MET_15.3.1562.jpg/1920px-Lamp_MET_15.3.1562.jpg?1573758719220. Pag.15
- Figura 2.3.** Recuperado el 13 de noviembre 2019, de: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/b/b2/LI%C3%A0ntia_grega_de_vern%C3%ADs_negre%2C_meitat_del_segles_IV_aC%2C_Museu_de_la_Ciutat_%28Val%C3%A8ncia%29.JPG/1920px-LI%C3%A0ntia_grega_de_vern%C3%ADs_negre%2C_meitat_del_segles_IV_aC%2C_Museu_de_la_Ciutat_%28Val%C3%A8ncia%29.JPG?1573758263268 Pag.15
- Figura 2.4.** Recuperado el 13 de noviembre 2019, de: <https://archivo.cartagena.es/gestion/images/0/128767.jpg> Pag.16
- Figura 2.5.** Recuperado 13 de noviembre 2019, de:https://panrotas.blog.br/direto-de-paris/wp-content/uploads/sites/26/2018/01/Yablochkov_candles_illuminating_Avenue_de_Opera_ca1878-300x185.jpg Pag.17
- Figura 2.6.** Recuperado el 13 de noviembre 2019, de: <https://edisontechcenter.org/lighting/EvolutionOfLampsPoster-1-90.jpg> Pag.18
- Figura 2.7.** Gozález, A. (2016). La contaminación lumínica [Imagen digital]. Recuperado de: <https://image.slidesharecdn.com/contaminacionlumunica-160717182402/95/la-contaminacion-lumunica-11-638.jpg?cb=1468780129> Pag.19
- Figura 2.8.** Recuperado el 13 de noviembre 2019, de: https://www.ushio.co.jp/en/ir/ar2014/story/parts/img/img_lig_030.gif Pag.20
- Figura 2.9.** Sá, A. (2016). La calidad de la luz del LED (1ª parte) [Imagen digital]. Recuperado el 13 de noviembre 2019, de:<http://img.interempresas.net/fotos/P1767929.jpeg> Pag.21
- Figura 2.10.** Martin, P.S. (2001) .High Power White LED Technology for Solid State Lighting [Imagen digital].Lumiled 2001. Recuperado el 13 de noviembre 2019, de: <https://image.slidesharecdn.com/philipslumiled2001-090902171008-phpapp02/95/philips-lumiled-2001-13-728.jpg?cb=1251911432>. Copyright (c) Lumileds lighting LCC Company. Pag.22

Figura 2.11. Merelle, T. (2017). Binning LED: une méthode de tri selon la performance [Imagen digital]. Recuperado de: https://www.lightzoomlumiere.fr/article/binning-led-une-methode-de-tri-selon-la-performance/	Pag.22
Figura 2.12. Elementos que conforman un punto de luz. Fuente: Elaboración propia.	Pag.24
Figura 2.13. Recuperado el 13 de noviembre de 2019 de: http://extrusions.com/wp-content/uploads/2017/08/aluminum-extrusion-heatsink.jpg	Pag.25
Figura 2.14. Luminaria viaria solar en Cútar (Málaga). Fuente: Elaboración propia.	Pag.26
Figura 2.15. Cree (2010). Ficha Técnica de XLamp® ML-B LED [Imagen digital]. Recuperado el 14 de noviembre de 2019 de: https://www.cree.com/led-components/media/documents/XLampMLB.pdf	Pag.28
Figura 2.16. Fotografía de driver adosado al disipador y elemento de protección contra sobretensiones. Fuente: Elaboración propia.	Pag.29
Figura 2.17. Meanwell (2019). Ficha Técnica del driver PWM-60 [Imagen digital]. Recuperado el 14 de noviembre de 2019: https://www.meanwell-web.com/content/files/pdfs/productPdfs/MW/PWM-60/PWM-60-spec.pdf	Pag.29
Figura 2.18. Cree (2010). Ficha Técnica de XLamp® ML-B LED [Imagen digital]. Recuperado el 14 de noviembre de 2019 de: https://www.cree.com/led-components/media/documents/XLampMLB.pdf	Pag.29
Figura 2.19. Luminaria clásica tipo Villa sobre columna de polímero poliéster y vidrio en Cortes de la Frontera (Málaga). Fuente: Elaboración propia.	Pag.30
Figura 2.20. Luminaria clásica tipo Fernandina sobre brazo de fundición de aluminio en Serrato (Málaga). Fuente: Elaboración propia.	Pag.30
Figura 2.21. Torre de proyectores LED en el Campo de Fútbol de Casabermeja (Málaga). Fuente: Elaboración propia.	Pag.31
Figura 3.1. Esquema del proceso del Análisis Bibliográfico. Fuente: Elaboración propia.	Pag.40
Figura 3.2. Número de publicaciones analizadas por año de publicación. Fuente: Elaboración propia.	Pag.41
Figura 3.3. Número de publicaciones analizadas por país de origen. Fuente: Elaboración propia.	Pag.42
Figura 3.4. Unidad Hermenéutica del proyecto. Fuente: Elaboración propia con Atlas Ti.	Pag.44
Figura 3.5. Gráfico de resultados del análisis de correlación de la publicación más numerosamente citada. Fuente: Elaboración propia.	Pag.52
Figura 3.6. Relaciones de la categoría: Adaptación al municipio. Fuente: Elaboración propia.	Pag.53
Figura 4.1. Diagrama de procesos de un estudio de Casos. Fuente: Adaptado de Alarcón (2006).	Pag.68
Figura 4.2. Convergencia (triangulación) y no convergencia de las fuentes de evidencia. Fuente: Yin, 2009.	Pag.69
Figura 4.3. Porcentaje de lámparas de mercurio por municipio. Fuente: Elaboración propia.	Pag.77

Figura 4.4. Puntos de luz por habitante en cada municipio. Fuente: Elaboración propia.	Pag.77
Figura 4.5. Edad de los usuarios que respondieron el cuestionario por caso en porcentajes. Fuente: Elaboración propia.	Pag.84
Figura 4.6. Usuarios que respondieron el cuestionario por sexo y caso en porcentajes. Fuente: Elaboración propia.	Pag.84
Figura 4.7. Porcentaje de residentes del municipio que respondieron el cuestionario. Fuente: Elaboración propia.	Pag.84
Figura 4.8. Porcentaje de personas que respondieron el cuestionario y que residían en la calle o zona renovada. Fuente: Elaboración propia.	Pag.85
Figura 4.9. Porcentaje de indicadores requeridos/valorados por caso (Pliegos o Memoria Técnica). Fuente: Elaboración propia.	Pag.97
Figura 5.1. Diagrama del método Delphi. Fuente: Adaptado de Alarcón (2006) y Chaminade et al. (1999).	Pag.110
Figura 5.2. Porcentaje de acuerdos. Fuente: Elaboración propia.	Pag.132
Figura 5.3. Diagrama jerárquico. Fuente: Adaptado de Saaty (1990).	Pag.147
Figura 5.4. Diagramas jerárquicos de los Casos 2 y 3. Fuente: Elaboración propia.	Pag.152
Figura 5.5. Distribución geográfica de los procedimientos de contratación estudiados. Fuente: Elaboración propia.	Pag.155
Figura 5.6. Porcentaje de indicadores resultado del estudio Delphi requeridos/valorados en los procedimientos de contratación estudiados por año. Fuente: Elaboración propia.	Pag.159

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3.1.	Listado de parámetros incluyendo límites conceptuales, enraizamiento, documentos asociados y densidad. Fuente: Elaboración propia con Atlas Ti.	Pag.46
Tabla 3.2.	Análisis de la varianza. Fuente: Elaboración propia con el software Sgt.	Pag.51
Tabla 3.3.	Índices G. Fuente: Elaboración propia con el software Sgt.	Pag.51
Tabla 3.4.	Resultados del análisis de generalizabilidad. Fuente: Elaboración propia con el software Sgt.	Pag.51
Tabla 3.5.	Indicadores seleccionados para la valoración de una instalación de alumbrado público. Fuente: Elaboración propia.	Pag.52
Tabla 4.1.	Fuentes de evidencia de un Estudio de Casos. Fuente: Adaptación de Yin (2003).	Pag.74
Tabla 4.2.	Descripción estadística de los casos seleccionados. Fuente: Elaboración propia.	Pag.76
Tabla 4.3.	Tabla de asociación del cuestionario y parámetros relacionados con el alumbrado público. Fuente: Elaboración propia.	Pag.83
Tabla 4.4.	Protocolo del Estudio de Casos. Adaptado del esquema de Yin (2003).	Pag.88
Tabla 4.5.	Datos de las fuentes de evidencia por caso. Fuente: Elaboración propia.	Pag.92
Tabla 4.6.	Tabla de indicadores de la primera Fase requeridos (R) y valorados (V) en cada caso. Fuente: Elaboración propia.	Pag.98
Tabla 5.1.	Resumen de la actividad y experiencia de los expertos. Fuente: Elaboración propia.	Pag.114
Tabla 5.2.	Resultados de la 1ª ronda del Delphi. Fuente: Elaboración propia.	Pag.119
Tabla 5.3.	Resultados del Delphi. Fuente: Elaboración propia.	Pag.128
Tabla 5.4.	Resultados estadísticos del Delphi. Fuente: Elaboración propia.	Pag.131
Tabla 5.5.	Clasificación y valoración de los indicadores realizada por los expertos en porcentajes. Fuente: Elaboración propia.	Pag.141
Tabla 5.6.	Pesos de los indicadores valorables otorgados por los expertos. Fuente: Elaboración propia.	Pag.150
Tabla 5.7.	Información sobre Indicadores valorables de que se dispone en cada caso para la aplicación método AHP. Fuente: Elaboración propia.	Pag.151
Tabla 5.8.	Matrices de ponderación y vector de prioridad/autovector de los Casos 2 y 3. Fuente: Elaboración propia.	Pag.152
Tabla 5.9.	Análisis de la consistencia de los Casos 2 y 3. Fuente: Elaboración propia.	Pag.153
Tabla 5.10.	Resultados del método AHP en los Casos 2 y 3. Fuente: Elaboración propia.	Pag.153
Tabla 5.11.	Tabla porcentual de los parámetros técnicos evidenciados en el estudio estadístico de las pliegos de contratación. Fuente: Elaboración propia.	Pag.155
Tabla 5.12.	Tabla porcentual de los parámetros técnicos requeridos y valorados en el Delphi y en los Pliegos (PL) estudiados en la Plataforma. Fuente: Elaboración propia.	Pag.160
Tabla 6.1.	Tabla de Indicadores y valores recomendados. Fuente: Elaboración propia.	Pag.171

NOMENCLATURA

AE	Alumbrado Exterior.
AECI	Annual Energy Consumption Indicator (Indicador de consumo anual de energía de una instalación de iluminación en un año específico).
AHP	Analytic Hierarchy Process.
AI	Consistency Analysis (Análisis de Consistencia).
ANFALUM	Asociación Española de Fabricantes de Iluminación.
CAQDAS	Computer Assisted Qualitative Data Analysis Software.
CE	Conformité Européenne (Conformidad Europea).
CEI	Comité Español de Iluminación.
CEISP	Web del Comité Español de Iluminación.
CI	Consistency Index (Índice de Consistencia).
CR	Consistency Ratio (Razón de Consistencia).
DALI	Digital Addressable Lighting Interface.
DC	Direct current (corriente continua).
€	Euro
EIR	Edge illumination Ratio (Relación de Iluminancia de Borde).
FHS inst.	Flujo hemisférico superior instalado.
fm	Factor de mantenimiento.
Fu	Factor de utilización.
G	Glare (Deslumbramiento molesto).
GDP	Gross Domestic Product (Producto Interior Bruto).
GR	Glare Rating (Índice de deslumbramiento de una instalación).
h	hora
HID	High Intensity Discharge.
I+D	Investigación y Desarrollo
IDAE	Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energía.
IDEA	Agencia de Innovación y Desarrollo de Andalucía.
Ig	Índice espectral G.

IK	Grados de protección proporcionado por las envolventes de materiales eléctricos contra los impactos mecánicos externos.
I _{max}	Intensidad máxima de corriente.
INE	Instituto Nacional de Estadística.
IP	Grados de protección proporcionado por las envolventes contra agentes externos.
IRC	Índice de Reproducción Cromática.
K	Grado Kelvin.
kA	kiloamperio
km	Kilómetro
kV	kilovoltio
kVA	kilovoltioamperio.
kW	kilovatio.
kWh	kilovatioporhora.
L80B10	Mantenimiento del flujo del 90% de las luminarias instaladas, al 80% durante un período definido, teniendo en cuenta la temperatura ambiente máxima.
LCA	Lyfe Cycle Analysis (Análisis del ciclo de vida).
LCC	Lyfe Cycle Cost Analysis (Análisis del coste del ciclo de vida).
LED	Light-Emitting Diode.
L _m , I _m	Lumen.
I _m /W	Cociente de los Lúmenes emitidos por vatio de potencia.
m ²	Metro elevado al cuadrado.
mA	miliamperios.
MCPCB	Metal Core Printed Circuit Board.
Me, Q ₂	Mediana
MSI	Melatonin Suppression Index (Índice de supresión de la melatonina).
nm	nanómetro

OLED	Organic Light-Emitting Diode.	
PCB	Printed Circuit Board.	
PDI	Power Density Indicator.	
PMMA	Polimetilmetacrilato	
POE	Plan de Optimización Energética.	
POLQ	Polarity Questionnaire.	
Q3-Q1	Rango intercuartil.	
RAL	Reichs-Ausschuß für Lieferbedingungen und Gütesicherung Nacional para las Condiciones de Entrega y Gestión de Calidad).	(Comisión)
RAND	Research and Development.	
RLEEC	Road Lighting Energy Efficient Coefficient.	
S/P Band	Scotopic/Photopic Band.	
S/P Ratio	Scotopic/Photopic Ratio.	
s	segundo	
SLEEC	Street Lighting Energy Efficient Coefficient.	
SLI	Star Light Index (Grado de visibilidad de la estrellas).	
SR	Surround ratio (Relación entorno).	
TCC, T _{cp}	Temperatura de Color Correlacionada.	
tCO ₂	Tonelada de dióxido de carbono.	
THD	Total Harmonic Distortion (Distorsión armónica total).	
Ti	Threshold increment (Incremento del umbral Ti de un objeto en la superficie de la carretera).	
ud	unidad	
UI	Uniformidad lineal.	
U _o	Uniformidad media.	
V	voltio	
W	vatio	
Wh	vatioporhora.	
σ	Desviación Típica.	

CAPÍTULO 1

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Relevancia de las instalaciones de alumbrado público	3
1.2. La gestión del alumbrado público en España	3
1.3. Objetivo de la Tesis	7
1.4. Estructura de la Tesis	7
1.5. Bibliografía	9

1.1. Relevancia de las instalaciones de alumbrado público

El ser humano siempre ha tenido la necesidad de conocer su entorno. Las limitaciones que la naturaleza inicialmente presentaba con los ciclos de noche y día fueron eliminadas paulatinamente. Con el desarrollo de utensilios que proporcionaron iluminación, el ser humano empezó a extenderse en la superficie terrestre.

La "colonización" del planeta se produjo en forma de grupos, tribus, asentamientos y finalmente, según su número de miembros iba en aumento, en pueblos o ciudades. El sistema de alumbrado público de las ciudades es una de las infraestructuras más influyentes en el comportamiento humano. Puede influir en la sensación de seguridad y de confort del ciudadano, de tal forma que puede hacerle modificar sus hábitos. Diversos estudios (Herbert y Davidson, 1994; Rutter y Keirstead, 2012; Lee y Moudon, 2008; Wall, 2009) concluyen que los ciudadanos prefieren transitar por unos barrios u otros en función del alumbrado público existente.

El desarrollo de la sociedad actual presenta un grado importante de actividad nocturna. La movilidad urbana actual depende aún más del alumbrado público que en épocas pasadas, en las que los desplazamientos nocturnos eran mucho más limitados. La tecnología ha posibilitado sistemas cada vez más sofisticados y eficientes, que hacen posible que las ciudades "no duerman". Pero esta flexibilidad horaria de las actividades humanas ha provocado también un perjuicio a otros seres vivos que se ven amenazados (Szequieres, 2017) y el alumbrado público es uno de los elementos que más les están afectando (Kempnaers et al., 2010; Mattfield y Reichenbach, 2012). Los responsables del funcionamiento de los sistemas de alumbrado, deben llegar a un compromiso para evitar lastrar las posibilidades económicas y sociales que un entorno pueda aportar, sin perjudicar al resto de las especies que lo habitan.

1.2. La gestión del alumbrado público en España

En España, según el Art. 26 de la Ley Reguladora de las Bases de Régimen Local (Ley 7/1985, de 2 de abril) y de la Ley de Racionalización y Sostenibilidad de la Administración Local (Ley 27/2013, de 27 de diciembre), **el servicio de Alumbrado Público es una competencia propia de los Ayuntamientos** que, en el caso de municipios menores de 20.000 habitantes, puede desarrollarse en coordinación con las Diputaciones.

La vertebración municipal del Estado Español, su gobierno y administración a través de los Ayuntamientos, tiene una historia que se remonta a los tiempos del Imperio Romano.

Durante la invasión napoleónica en el siglo XIX, José I Bonaparte introdujo en 1810 un proyecto que vertebraba España en 38 prefecturas y 73 subprefecturas y que sirvió como germen a las siguientes ordenaciones del territorio español (Burgueño, 1996). Un ejemplo se muestra en la Figura 1.1. Tras la Guerra de Independencia Española, se implementó un modelo económico relacionado con el número de población y extensión territorial (González, 2004).



Mapa 9.- La división provincial española de 1833

Figura 1.1. División provincial. Elaborada por Javier Burgos en 1833. Fuente: www.realacademiatoledo.es.

A partir de entonces, y hasta nuestros días, se ha ido conformando la estructura actual del estado en Comunidades Autónomas y Municipios. Según los datos aportados por el Instituto Nacional de Estadística (INE) en el año 2019, el estado español vertebraba su territorio en diecisiete comunidades autónomas y dos ciudades autónomas. A su vez, estas divisiones territoriales se subdividen en un total de 8.131 municipios.

La Real Academia de la Lengua define un municipio como "la Entidad local formada por los vecinos de un determinado territorio para gestionar autónomamente sus intereses comunes". El Ayuntamiento es el órgano encargado de las funciones de gobierno y administración de un municipio, que se convierte en el órgano administrativo de menor rango territorial y el más próximo a los ciudadanos.

La crisis económica que comenzó en el año 2007 provocó, entre otros efectos, la falta de liquidez de los Ayuntamientos y entidades locales. En la Figura 1.2. puede observarse como se ha producido el incremento de la deuda pública en las distintas administraciones. Esta situación, unida a los objetivos medioambientales establecidos en la Unión Europea (Fiaschi et al., 2012) obligó a los consistorios al estudio y optimización de sus centros de consumo.

Deuda pública de distintas administraciones, en % del PIB

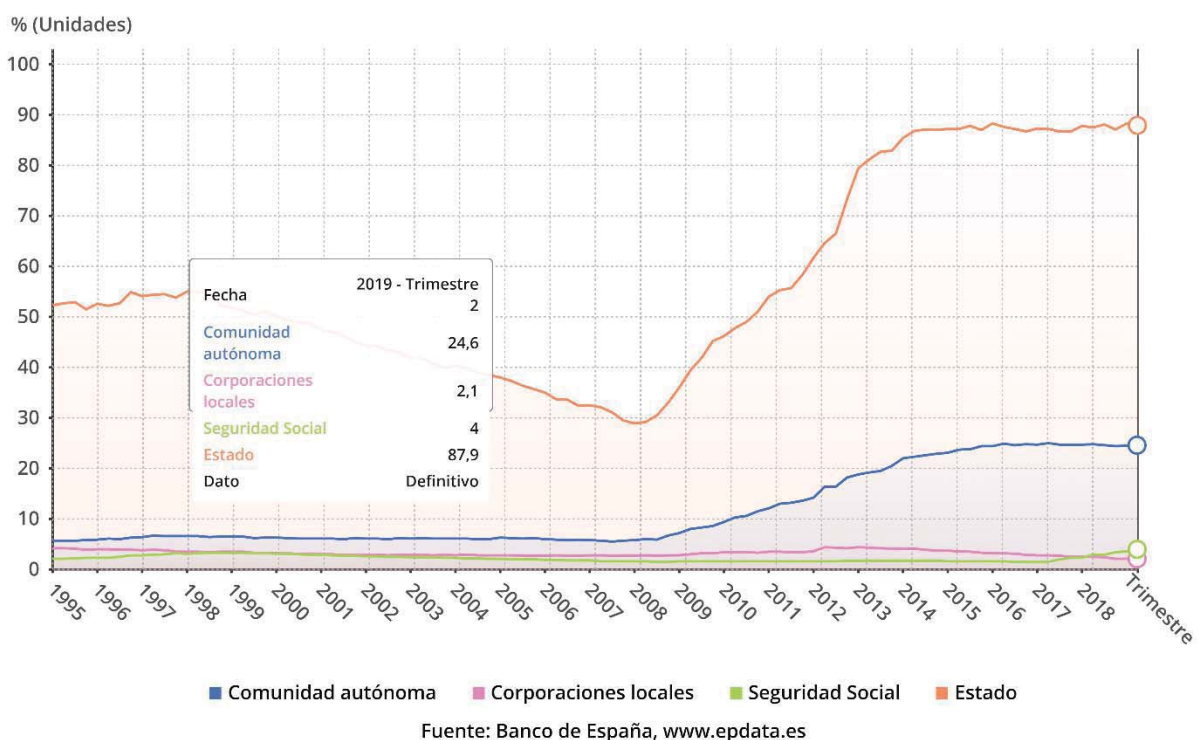


Figura 1.2. Evolución de la deuda pública por tipo de administración.

Para impulsar la integración en este nuevo marco de ahorro e innovación, los municipios menores de 20.000 utilizaron, como apoyo técnico, a las Diputaciones Provinciales. Estas administraciones supramunicipales son colaboradoras en el desarrollo de sus infraestructuras. La Diputación de Málaga, dentro de estos programas de ayuda, desarrolló

entre los años 2007-2010 los Planes de Optimización Energética (POEs) en los municipios de la provincia. Entre otras acciones, los POEs sirvieron para inventariar las fuentes de consumo energético y aportar medidas concretar para su reducción. Las conclusiones de estos POEs reflejaron, en su mayoría, la necesidad de optimizar y reducir el consumo en la instalación de Alumbrado Público, siendo estos consumos, a veces, la mitad de la factura eléctrica municipal.

En los últimos años, un gran número de municipios están llevando a cabo la renovación completa de su alumbrado público. Existen varios motivos para ello. Uno de ellos es el desarrollo en los últimos años de nuevas alternativas frente a las tradicionales lámparas de descarga (LEDs, MicroLEDs, etc.) que, en teoría, son mucho más eficientes. Otro motivo es la progresiva implantación de legislación estatal y autonómica, que induce a los municipios a disminuir las potencias consumidas y los niveles de iluminación instalados. Por último, un aumento mayor al 60% del coste de la energía en los últimos 5 años. Estos tres motivos constituyen las causas fundamentales de las inversiones que se están llevando a cabo en los Ayuntamientos, independientemente de su tamaño.

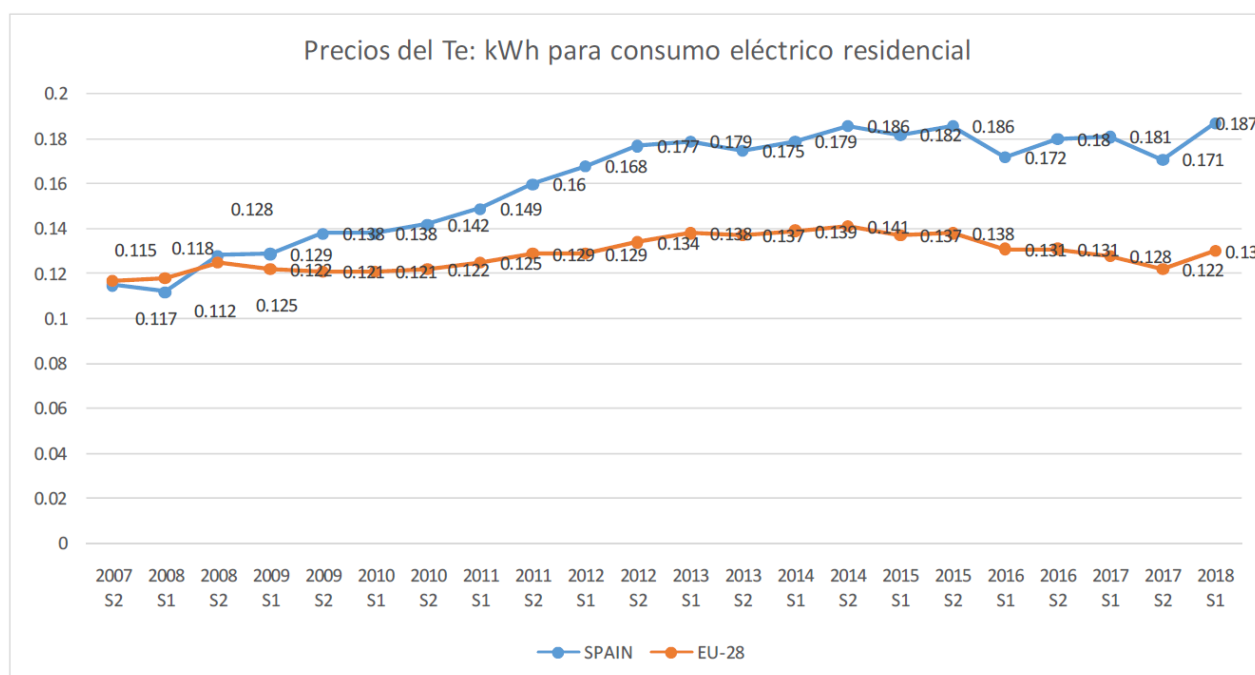


Figura 1.3. Precios del término de energía pequeños consumidores (potencia < 5kW). Precio antes de tasas e impuestos. Fuente: Elaboración propia con los datos de Eurostat.

Esta situación ha creado un caldo de cultivo para que fabricantes, distribuidores, instaladores y otras empresas (consultoras, empresas de servicios energéticos, ingenierías, etc.) hayan identificado la renovación de

las instalaciones de alumbrado público municipales como una necesidad de los Ayuntamientos en la que pueden colaborar y ofrecer sus servicios.

1.3. Objetivo de la Tesis

Con anterioridad, se ha desarrollado una justificación de la importancia que para los Ayuntamientos tienen las inversiones relacionadas con el Alumbrado Público, pues al ser una competencia propia de los Ayuntamientos deben desarrollarla con sus propios medios. La situación económica y medioambiental les obliga a embarcarse en inversiones que no resulten obsoletas a corto plazo, que les reporten ahorros energéticos, económicos y que transmitan a la ciudadanía una confianza en la buena gestión de sus representantes.

En el Capítulo 2, además de comprobar la necesidad ancestral del ser humano de disponer de luz en la noche, se realiza un breve compendio de los sistemas de iluminación exterior utilizados durante la historia humana y los empleados en la actualidad. En este apartado se puede deducir que, a día de hoy, son necesarios unos conocimientos técnicos avanzados en electricidad y electrónica para poder interpretar las especificaciones técnicas de los diferentes componentes de los sistemas de alumbrado. Los técnicos municipales cubren muy diversas necesidades y, en ocasiones, no disponen de un grado de especialización que les permita analizar unas prescripciones excesivamente complejas.

El objetivo de esta investigación es **identificar los condicionantes que los municipios han de tener en cuenta para elaborar los Pliegos de Prescripciones Técnicas, o para elegir la oferta más adecuada en relación a las instalaciones de alumbrado público, de forma que pudieran cumplirse sus requerimientos en términos económicos, luminotécnicos, medioambientales y sociales. Cumpliendo, además, la normativa de alumbrado público en vigor y teniendo en cuenta sus propias casuísticas.**

Estas condiciones deberían corresponderse con características o parámetros que pudiesen ser evaluadas de forma sencilla por el técnico municipal. Podrían, además, aportar un soporte en la toma de decisiones, en el momento de la elección o asesoramiento, sobre las ofertas que se hubiesen presentado.

1.4. Estructura de la Tesis

La metodología utilizada en la Tesis es de naturaleza cualitativa y cuantitativa. La justificación de su metodología se presenta previamente, al

inicio de cada capítulo. La investigación se distribuye en tres fases distintas, secuenciales y bien diferenciadas, sirviendo las conclusiones de cada fase como proposiciones de inicio a las siguientes.

La primera fase, presentada en el Capítulo 3, constituye el punto de partida de la investigación. Se inició con una búsqueda bibliográfica de publicaciones relacionadas con las instalaciones de alumbrado público. Los documentos seleccionados fueron estudiados y analizados con un software de análisis de datos cualitativo para identificar parámetros que caracterizaran una instalación de alumbrado público, desde todos los puntos de vista que estas publicaciones reflejaban (económico, lumínico-técnico, medioambiental, social, etc.). Se procedió a una posterior selección aplicando tres criterios de filtrado con el propósito de hacer la lista útil y manejable. Los parámetros resultantes se conformaron como una lista de indicadores.

En la segunda fase (Capítulo 4), se llevó a cabo un Estudio de Casos Múltiple en 7 municipios, desarrollados entre los años 2015-2019. Se analizó todo el proceso real de renovación o nueva instalación en cada municipio: desde la elaboración de la documentación técnica, el proceso posterior de contratación y adjudicación de la actuación, la ejecución de la instalación contratada y un periodo de funcionamiento posterior de al menos 6 meses desde la ejecución. Los resultados de la valoración de las ofertas de cada caso se compararon con la valoración de la lista de indicadores obtenida en la primera fase del estudio.

En la tercera, y última fase, descrita en el Capítulo 5, se han completado los resultados obtenidos en las fases anteriores con una consulta multidisciplinar a expertos de reconocido prestigio en el ámbito del alumbrado público. Se han utilizado como herramientas el Estudio Delphi de expertos y el Proceso de Analítico Jerárquico para aumentar la validez externa de los resultados. Finalmente, para comparar los resultados obtenidos con la realidad de las contrataciones, se ha llevado a cabo el análisis estadístico de los pliegos de contratación en diversos municipios españoles publicados entre los años 2015 y 2019.

Se pretende, con el uso de estas distintas metodologías de investigación, reforzar la validez, fiabilidad y precisión de las conclusiones del estudio.

Algunos resultados de la primera fase del estudio han sido publicados de forma parcial en el Foro de Inteligencia y Sostenibilidad Urbana Greencities 2015 (Morillas y de Andrés, 2015) y en el Congreso Internacional de Project Management e Ingeniería CIDIP 2019 (Morillas y de

Andrés, 2019). De la segunda fase, también se ha publicado uno de los casos del Estudio de Casos (Morillas y de Andrés, 2019) en la revista *Light & Engineering*.

1.5. Bibliografía

- Burgueño, J. (1996). Geografía política de la España constitucional: la división provincial. Madrid: Centro de estudios políticos y constitucionales.
- España, JEFATURA, D. E. (1985). Ley 7/1985, de 2 de abril, Reguladora de las Bases del Régimen Local. Boletín Oficial del Estado, 80(3), 8945-8964.
- España, JEFATURA, D. E. (2013). Ley 27/2013, de 27 de diciembre, de racionalización y sostenibilidad de la Administración Local. Boletín Oficial del Estado, 312, 106430-106473.
- Fiaschi, D., Bandinelli, R. &Conti, S. (2012). A case study for energy issues of public buildings and utilities in a small municipality: Investigation of possible improvements and integration with renewables. *Applied Energy*, 97, 101-114.
- González Leonor, M., &Fusi, J. (2004). El pensamiento de los primeros administrativistas españoles y su plasmación en la estructura de la administración del estado. Universidad Complutense de Madrid, Madrid.
- Herbert, D., &Davidson, N. (1994). Modifying the built environment: the impact of improved street lighting. *Geoforum*, 25(3), 339–350. [https://doi.org/10.1016/0016-7185\(94\)90035-3](https://doi.org/10.1016/0016-7185(94)90035-3).
- Instituto Nacional de Estadística. Recuperado el 12 de noviembre de 2019 de: https://www.ine.es/daco/daco42/codmun/cod_num_muni_provincia_ccaa.htm.
- Kempenaers, B., Borgström, P., Loès, P., Schlicht, E., &Valcu, M. (2010) Artificial night lighting affects dawn song, extra-pair siring success, and lay date in songbirds. *Current Biology* 20(19), 1735–1739.
- Lee, C. &Moudon, A.V. (2008) Neighbourhood design and physical activity. *Building Research & Information*. 36 (5), 395–411. <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/09613210802045547>.
- Mattfield, M., Ehlers, F., &Reichenbach, M. (2012). Optimising the Lighting Equipment on the Mittelplate Drilling and Production Island in the German Wadden Sea Tidelands. *Oil Gas-European Magazine*, 38(2), 90-94.
- Morillas Núñez, R. M., de Andrés, J.R., Guzmán, R., &Gago, A. (2019). Identificación de indicadores para la toma de decisiones en la selección de

- ofertas en concursos de alumbrado público. CIDIP Málaga, 2019. <http://dspace.aepro.com/xmlui/handle/123456789/2274>.
- Morillas, R.M. & de Andrés, J.R. (2015). Identificación de Indicadores para la toma de decisiones en las instalaciones de Alumbrado Exterior de un Municipio. Greencities, 2015.
 - Morillas, R.M., & de Andrés, J.R. (2019). Renewing street lighting with led technology: a single case study in Casarabonela. *Light & Engineering*, 27(6), 16-26.
 - Rutter, P., & Keirstead, J. (2012). A brief history and the possible future of urban energy systems. *Energy Policy*, 50(C), 72–80. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2012.03.072>
 - Szekeres, P., Wilson, A. D., Haak, C. R., Danylchuk, A. J., Brownscombe, J. W., Elvidge, C. K., ... & Cooke, S. J. (2017). Does coastal light pollution alter the nocturnal behavior and blood physiology of juvenile bonefish (*Albula vulpes*)?. *Bulletin of Marine Science*, 93(2), 491-505. <https://doi.org/10.5343/bms.2016.1061>
 - Wall, E. (2009). Traffic safety behaviour among young people in different residential settings: the use of seat belts, bicycle helmets, and reflectors by young people in Sweden. *International Journal of Injury Control and Safety Promotion*. [Online] 16 (4), 197–204. <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/17457300903306971>.

CAPÍTULO 2

2. ANTECEDENTES	11
2.1. Estado del arte	13
2.2. Evolución histórico-tecnológica del alumbrado público	14
2.2.1. <i>Una mirada atrás</i>	14
2.2.2. <i>Introducción a la tecnología LED</i>	20
2.3. Elementos que componen un punto de luz	23
2.3.1. <i>Luminarias.</i>	24
2.3.2. <i>Equipos auxiliares</i>	27
2.3.3. <i>Soportes</i>	30
2.4. Legislación aplicable a las instalaciones de alumbrado público	32
2.5. Ámbito del estudio y alcance de la Tesis	33
2.6. Bibliografía	34

2.1. Estado del arte

La autora ha considerado importante iniciar la Tesis con un breve resumen histórico y técnico, para situar el alumbrado público como una tecnología en constante evolución, sobre todo desde el siglo XVIII.

Las descripciones de los elementos que componen el punto de luz se han presentado para mostrar la complejidad y la diversidad de opciones existentes. Especialmente con la introducción de las fuentes de luz LED y sus componentes, los técnicos municipales deben adquirir los conocimientos necesarios para poder interpretar adecuadamente las especificaciones de estas instalaciones.

Los fabricantes tradicionales tampoco llevan mucho tiempo, como máximo unos 10 años, apostando por esta tecnología en sus catálogos y en algunos países no termina de despegar (Premium Light Pro, 2018). Los estudios reales de implantaciones con esta tecnología comenzaron a publicarse entorno a esa misma fecha (Romero-Hernández y Romero-Hernández, 2009). Desde entonces, ha evolucionado elevando sus prestaciones casi año a año.

Antes de introducir electrónica en las luminarias, a las farolas sólo se les exigía que alumbraran por la noche y que necesitasen poco mantenimiento. En la actualidad, se ha tomado conciencia de las posibilidades que presenta un sistema individual e inteligente en la vía pública y el objetivo es mucho más ambicioso: deben iluminar dentro de rango de valores legalmente establecido, adaptarse a los distintos eventos del municipio, que no afecten al medioambiente, que minimicen su consumo en tiempo real a demanda del usuario, que se autodiagnostiquen, que se comuniquen con los responsables de su mantenimiento y, ya puestos, que carguen móviles, se conviertan en puntos wifi, de asistencia al ciudadano, y desarrollen tareas de videovigilancia.

Todas estas prestaciones, que los sistemas de alumbrado pueden proporcionar, elevan el nivel de complejidad de la instalación y a veces, perjudican al municipio. Este puede intentar dotar a sus ciudadanos de una red que no esté adaptada a sus necesidades reales y lastren las cuentas municipales.

Se hace necesario encontrar un **sistema que valore las prestaciones de las luminarias principalmente, siendo esta el elemento principal y de mayor coste del punto de luz**. Este sistema, asequible a un técnico municipal que no tenga que ser experto en electrónica, debería ayudarle a encontrar una solución adaptada a su realidad concreta, que no endeude, sino que reduzca la factura eléctrica del Ayuntamiento. Sin olvidar que,

además, debe cumplir los requisitos legales, medioambientales y contar con la aprobación del usuario final: el peatón o conductor de vehículos de su municipio.

Aunque es una tarea de muy alta complejidad y extensión, hay diversos autores que han contribuido a ello. Además de los indicadores asociados al consumo energético definidos en normas, como ejemplo la EN 13201-5: 2015, algunos investigadores han identificado indicadores que valoran las instalaciones de alumbrado público. Unos desde una única perspectiva, como la energética (Yang et al., 2009; Dehoff, 2012) lumínica (Galadí-Enriquez, 2018; Chen et al. 2009) económica (Horowitz, 2001) social (Herbert y Davidson, 1994) e incluso espacial (Budak e Ilyna, 2013). Otros fueron un poco más allá, combinando en su estudio variables de distinta naturaleza, por ejemplo, lumínicas y energéticas (Silva et al., 2010; Janiga y Gasparovski, 2011, Jägerbrand, 2016) o lumínicas y medioambientales (Kolláth et al., 2016). Los más ambiciosos valoraron las instalaciones de alumbrado público desde múltiples ámbitos (Liu, 2014; Jägerbrand, 2015) realizando aportaciones integradoras y sostenibles, que permitieron una valoración más completa, aunque teórica, de las dificultades reales. La intención de esta Tesis ha sido dar un paso más en este sentido, partiendo de la visión multicriterio que debe mantenerse, completándola con aportaciones extraídas de casos reales, enriqueciendo la perspectiva desde la que mirar (social, de adaptación de las condiciones reales) y añadiendo estudios estadísticos y la opinión de expertos.

2.2. Evolución histórico-tecnológica del alumbrado público

El hombre ha tenido siempre la necesidad de iluminar su entorno. A medida que la sociedad se ha ido tecnificando, los sistemas de alumbrado también se han hecho más sofisticados y complejos. Existen básicamente tres métodos técnicos de generación de luz: generación térmica o incandescencia, generación mediante descarga en gas y, por último, los dispositivos en estado sólido emisores de luz.

Se presenta a continuación un breve recorrido histórico y tecnológico del desarrollo del alumbrado público, que corre paralelo al desarrollo de las ciudades.

2.2.1. Una mirada atrás

Se puede afirmar que, casi desde que se tiene constancia de actividad humana, el hombre ha necesitado iluminar su entorno. Ya en el periodo Paleolítico, donde parece ser que los hombres habitaban en cuevas, existen

evidencias del uso de lámparas en el interior de cuevas (de la Rasilla et al., 2010).



Figura 2.1. Lámparas del Paleolítico Superior encontradas en la península ibérica (de la Rasilla et al, 2010).

Los egipcios, como muestran sus frescos, usaban velas ya en el año 3.000 A. C (Strong, 2018). Se ha encontrado evidencias de su uso en la iluminación de los hogares, ayuda a los viajeros por la noche y en ceremonias religiosas y sociales. Las velas comenzaron a surgir en diversos lugares al mismo tiempo: Egipto, Grecia, Roma y en las culturas asiáticas. La mecha misma revolucionó la vela como fuente de luz y permitió una nueva libertad y comodidad en la iluminación.

Como alternativa a las lámparas de aceite y velas en la antigüedad, se sabe (Qu, n.d.) que en China el gas natural fue conducido desde yacimientos subterráneos por medio de tuberías de bambú y se usaba para iluminar edificios y alumbrado vial en la provincia de Sichuan.

Aunque en el siglo IV AC, en las regiones de Antioquía y Alejandría disponían de vigilantes nocturnos y sus calles ya se alumbraban con lámparas de aceite, había que hacerse a la idea de que las noches eran oscuras y peligrosas a no ser que uno pudiese disponer de esclavos portadores de lámparas que lo protegieran (Bouman, 1987).



Figura 2.2. Lámparas del siglo XX-XVII A.C. Extraído de:
<https://upload.wikimedia.org>.

Los griegos y posteriormente los romanos cambiaron la visión que había existido de la noche. Colocaban antorchas que se encendían cada noche en la entrada y junto a los caminos que conducían a las viviendas. Solían emplearse también en las fiestas públicas, en las solemnidades religiosas, colgadas en ventanas alumbrando la calle y en los espectáculos nocturnos.



Figura 2.3. Lámparas del siglo VI A.C. Extraído de:
<https://upload.wikimedia.org>.

Durante el emirato cordobés, en el siglo X con Abderraman III (912 – 961), Córdoba fue la primera ciudad de la península que inició la

pavimentación de sus calles, dispuso de alumbrado público nocturno y alcantarillado, algo extraordinario teniendo en cuenta la época (Burckhardt, 1992 p. 60 citado por Sáez, 2008). Estas obras públicas las convirtieron en la ciudad más importante de Europa, tanto por población como por ser el faro cultural y político de referencia.

Posteriormente, en la Edad Media, la actividad económica en los periodos nocturnos se convirtió en imprescindible.

El crecimiento del comercio en las ciudades a partir del siglo XII aportó suficientes buenas razones para la aparición progresiva de alumbrado público. En París y Londres dieron respuesta a esta demanda en los siglos XIII y XIV, ordenando a los ciudadanos que colgasen lámparas de aceite en la puerta de sus casas. Con este sistema, en el siglo XV, las ciudades más importantes de Inglaterra ya se iluminaban.

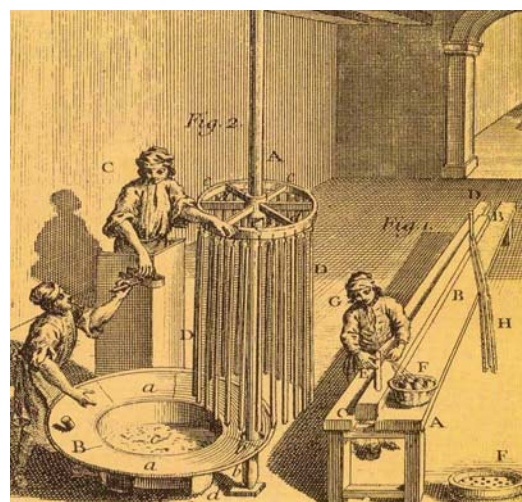


Figura 2.4. Fábrica de velas, grabado de la Edad Media. Extraído de: <https://archivo.cartagena.es>.

En el año 1.667 París se convirtió en la primera ciudad del mundo en iluminar sus calles con una instalación gestionada por autoridades locales (Nature, 1933).

En el siglo XVIII la actividad urbana y comercial continuó su crecimiento. Se necesitaba mejorar el alumbrado público para incrementar la seguridad de las personas que se desplazan dentro y fuera de la ciudad y alargar la jornada laboral. En 1784, Aimé Argand consiguió hacer funcionar una lámpara que empleaba una mecha tubular alimentada a petróleo y encerrada entre dos cilindros metálicos (Espín y Cordeiro, 2001). El cilindro interior se extendía hasta más abajo del depósito de combustible y proporcionaba un tiro interno. Antoine Quinquet tuvo la idea de añadir una chimenea de vidrio a esta lámpara, lo que hacía que ardiera con más brillo y no produjese humo, además de proteger la llama del viento (Espín y Cordeiro, 2001).

A pesar de estas pequeñas mejoras, a principios del siglo XIX, en Europa se utilizaba el mismo sistema de iluminación de mil años atrás. La demanda crecía aún más y el avance tecnológico había sido muy pequeño desde aquellas primeras lámparas del Alto Paleolítico. William Murdoch en Gran Bretaña y Philip Lebon en Francia experimentaron de forma

independiente con los gases que se producían al calentar carbón o madera en condiciones controladas (Thomson, 2003). Ambos se dieron cuenta rápidamente del potencial para un nuevo método de iluminación y comenzaron a realizar demostraciones públicas de iluminación de gas. La iluminación de gas recibió el patrocinio de la Royal Society en 1.821.

La aplicación de la electricidad para la iluminación comenzó con el uso del arco eléctrico. En 1.835, James Bowman Lindsay hizo una demostración pública encendiendo una bombilla incandescente con corriente continua (Fahie, 1901). En 1.856 un ingeniero británico llamado Frederick Hale Holmes, patentó una lámpara de arco eléctrico para el hogar.

Una variación se usó a finales del siglo XIX para iluminar las calles parisinas. Estas luces de la calle se conocían como 'velas Yablochkov' y se llamaron así por su inventor ruso Pável Yablochkov (Espín y Cordeiro, 2001). Estas 'velas eléctricas' causaron sensación en la Exposición de París de 1.878. Yablochkov realizó la primera demostración de un sistema práctico de iluminación eléctrica en París y Londres en 1.878. El sistema de iluminación requería su propio sistema de generación de electricidad, en este caso consistía en una máquina de vapor y dos generadores.



Figura 2.5. Avenida de la Ópera iluminada con luminarias Yablochkov, París 1878. Extraído de: <https://panrotas.blog.br>.

Thomas Alba Edison, que ya había trabajado en varios dispositivos eléctricos en aquella época, comenzó a diseñar un sistema de generación eléctrica equivalente, que proporcionaba electricidad a los clientes a través de cables. En 1.880 Joseph Swan patentó su lámpara de filamento

incandescente en Gran Bretaña. Edison también había patentado la suya con otros materiales. Las compañías de ambos finalmente se fusionaron en 1883 y consiguieron el monopolio del mercado en Gran Bretaña (Espín y Cordeiro, 2001).

Aunque los avances se produjeron inicialmente en Gran Bretaña, pronto otros países avanzaron con más celeridad, dejándola atrás. La renuencia de los pueblos y ciudades británicas a adoptar la iluminación eléctrica parecía basarse principalmente en los costos y temores sobre las implicaciones de otorgar un monopolio a una compañía eléctrica. Pero en otros países (por ejemplo, Estados Unidos) tuvieron mayor interés público en obtener iluminación eléctrica brillante para sus centros urbanos.

Como puede observarse en la Figura 2.6., el siglo XX fue testigo del desarrollo de dos nuevas tecnologías de fabricación de lámparas. En primer lugar las lámparas de descarga de gas, más eficientes que las incandescentes, que según iba transcurriendo el siglo se fueron imponiendo. Estas lámparas disponían en su interior que un gas que se ionizaba en función de una presión, temperatura y corriente específica y de esta forma producía luz. En función de la presión a la que el gas estaba sometido en su interior podían clasificarse en lámparas de descarga de baja o alta presión.

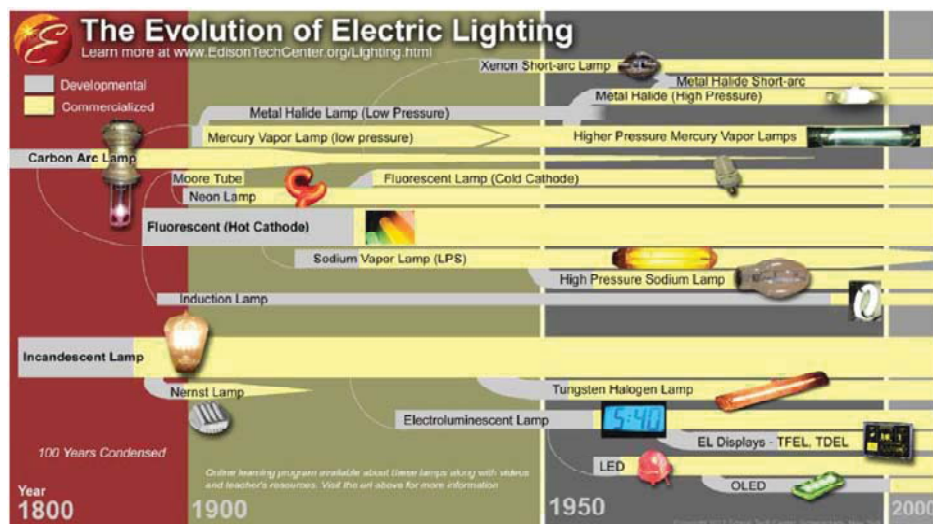


Figura 2.6. Evolución del alumbrado. Fuente: <https://edisontechcenter.org/Lighting.html>.

A principios del siglo XX, Henry Roseph Round (1907) consiguió los primeros efectos de electroluminiscencia. Es el nacimiento de segunda tecnología de iluminación del siglo XX, la tecnología LED. El estadounidense Nick Holonyak desarrolló el primer diodo emisor de luz (LED) de espectro visible y práctico en 1.962. Paralelamente, en 1.965, las lámparas de sodio

de alta presión (HID) obtuvieron un color y una eficiencia superiores en comparación con sus predecesores de baja presión. Estas lámparas HID se convirtieron en el tipo de fuente de luz más extendida en el planeta.

A partir de la década de los años 80 del siglo XX, comenzó a desarrollarse la tecnología LED con una eficiencia creciente hasta la fecha. Las fuentes de luz con tecnología LED actuales duran más, producen mejor luz y usan menos energía que las lámparas de descarga.

Las luminarias con tecnología LED y OLED representan a la tecnología de generación de luz que más ha evolucionado en los últimos años y aún sigue haciéndolo (Habel y Zak, 2011).

Las ventajas de la tecnología LED, por las que está desbancando al resto de tecnologías de iluminación son principalmente (CEI, 2013):

- Su pequeño tamaño. Le confiere un alto grado de flexibilidad y simplicidad de diseño.
- Alta eficacia en la reproducción de colores. Al ser una fuente de luz monocromática se evitan pérdidas en los filtrados de luz.
- Facilidad de direccionamiento.
- Ausencia de componentes ultravioleta o infrarrojos en su espectro.
- Vidas útiles extremadamente largas.
- Mayor resistencia a golpes y vibraciones que las fuentes de luz tradicionales. Como son fuentes de luz en estado sólido, carecen de filamentos, tubos de descarga o ampollas de vidrio, lo que les aporta una mayor robustez.
- Mayor eficiencia energética. Las fuentes de luz LED emiten unos valores mayores de lúmenes por vatio que el resto de las fuentes de luz.
- Su regulación es mucho más sencilla que otras tecnologías y tampoco les afecta el número de apagados y encendidos.

Aunque también tienen sus inconvenientes:

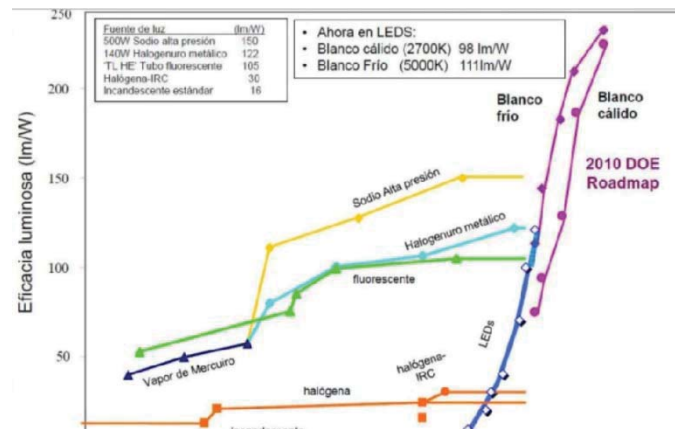


Figura 2.7. Evolución de la eficiencia de las diferentes tecnologías de alumbrado. Fuente: González, 2016.

- Los LEDs necesitan que se realice una óptima gestión del calor que generan, que supone entre un 45 y un 90% de la energía que consumen. Si se alcanzara una temperatura excesiva en la unión del cristal semiconductor del diodo LED, daría como resultado un menor flujo emitido. Además, se produciría un acortamiento de su vida útil por la degradación de la red cristalina.

En los dos últimos años, en España, la mayoría de las instalaciones de alumbrado público se han realizado utilizando luminarias fabricadas con emisores LED. En la Memoria anual 2017 de la Asociación Española de fabricantes de Iluminación (ANFALUM), esta tecnología ya suponía el 63% de todas las ventas del sector. En la Asamblea General de 2019 se confirmó su crecimiento, en detrimento del resto de tecnologías de iluminación. Esta tendencia no ha hecho más que reforzarse y es por ello que, a partir de este punto, en esta Tesis doctoral sólo se va a contemplar esta tecnología. Para reforzar más esta decisión, solo indicar que en el año 2019 los fabricantes han eliminado o solo mantenido de una forma residual las lámparas convencionales de sus catálogos comerciales.

2.2.2. Introducción a la tecnología LED

Se ha incluido este apartado sobre las fuentes de iluminación LED debido a que es la tecnología que se está imponiendo al resto y sobre la que va a centrarse esta Tesis. Los dispositivos LED y OLED se basan en el principio de generación de luz por dispositivos en estado sólido (CEI, 2013).

Un LED es un dispositivo electrónico generado sobre un sustrato semiconductor que, al ser atravesado por una corriente eléctrica en determinadas condiciones, libera energía en forma de fotones, una de las partículas que constituyen la luz, y en general, la radiación electromagnética.

Un OLED o diodo orgánico de emisión de luz, es un diodo formado por una película de componentes orgánicos que, al aplicarles una estimulación eléctrica, reaccionan generando y emitiendo luz por sí mismos.

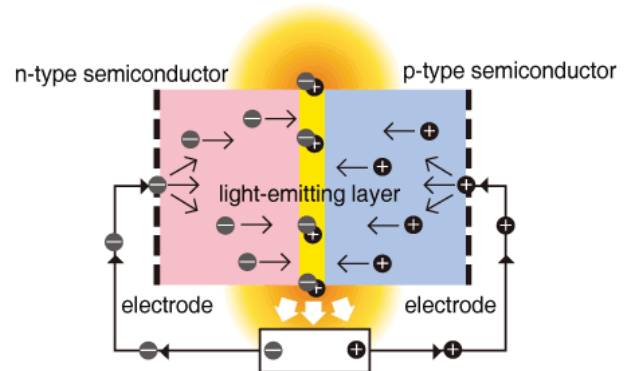


Figura 2.8. Principio en el que se basa la generación de luz con LEDs. Recuperado de: <https://www.ushio.co.jp/en/ir/ar2014/story/light.html>.

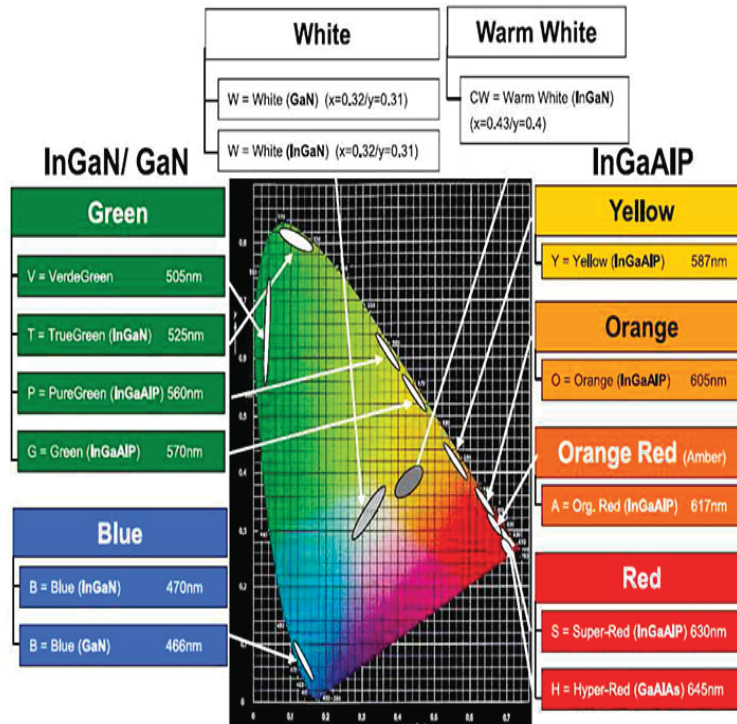


Figura 2.9. Diagrama de cromaticidad del espacio de color xy , según los materiales utilizados. Fuente: Sá, 2016.

La longitud de onda de la luz emitida y, por tanto, su color depende básicamente de la composición química del material semiconductor utilizado. Esta se puede localizar dentro del espectro visible, o fuera del mismo generando emisiones infrarrojas o ultravioletas.

La luz blanca no es una emisión monocromática, sino la combinación de las distintas longitudes de onda del espectro visible (Van Bommel y Rouhana, 2019). Para que las luminarias LED puedan emitir luz blanca, se utiliza uno de estos tres métodos:

- Mediante la mezcla de la luz de tres chips monocromáticos (azul, verde y rojo).
- Mediante la combinación de un LED ultravioleta y una combinación de fósforos azules, verdes y rojos.
- Mediante la combinación de una LED azul y fósforos amarillos. Es la más eficiente de las tres y la que se está utilizando más en la práctica. Las características de la luz vendrán determinadas por la capa de fósforos (Van Bommel y Rouhana, 2019).

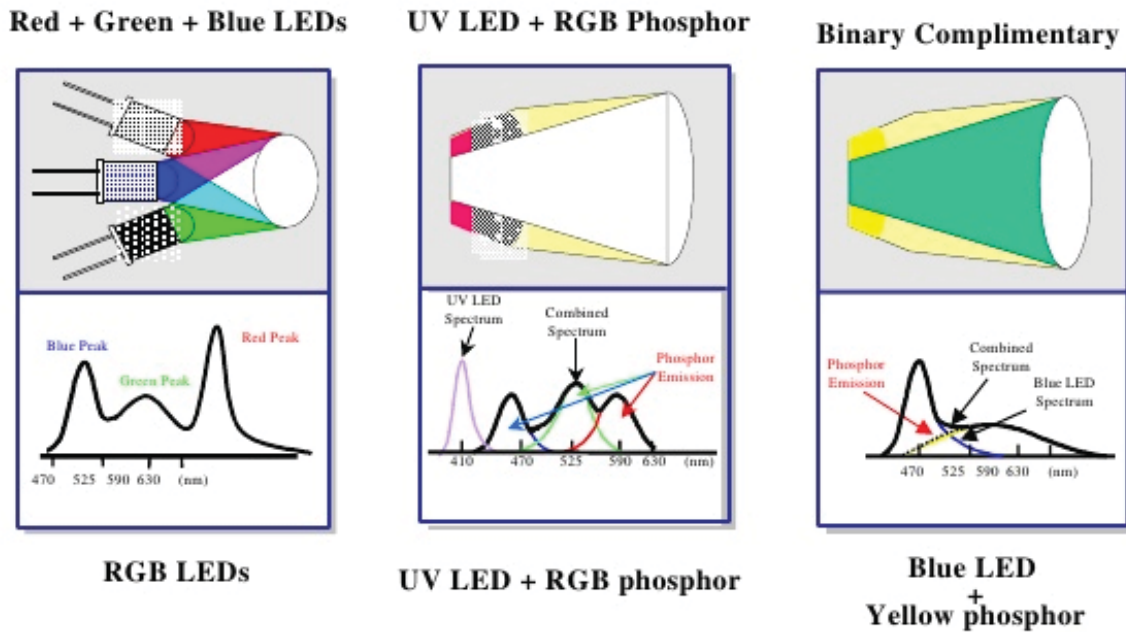


Figura 2.10. Los tres métodos para general luz blanca con tecnología LED. Fuente: Martin, 2001.

Para obtener cierto grado de homogeneidad de las características lumínicas, una vez finalizada la fase de fabricación de un semiconductor LED, se aplica un proceso de selección o binning. Es una clasificación que se hace de los LEDs fabricados en función de sus colores, referenciada a una carta RAL o Pantone en tintas (CEI, 2013). Involucra también una clasificación en función de los valores obtenidos de eficiencia de conversión y de tensión de polarización característica. La utilización de un único bin garantiza la uniformidad del flujo y del color de una instalación.

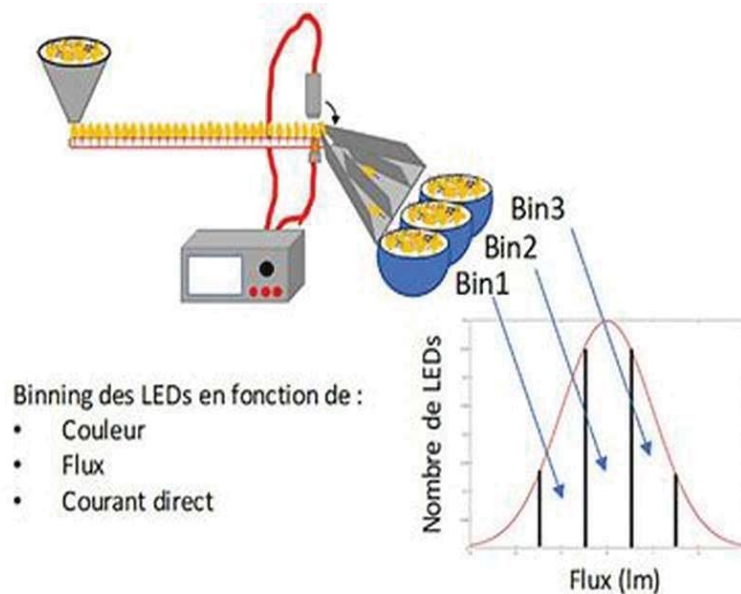


Figura 2.11. Esquema básico del proceso de binning. Fuente: Merelle, 2017.

Como existe una relación lineal entre la intensidad de trabajo de los LEDs y el flujo que emite, para aumentar la cantidad de luz total de un sistema LED se suelen emplear varios LEDs. Para ello, se agrupan soldados en placas base de circuito impreso. La función más importante de estas placas o tarjetas de circuito impreso es establecer las conexiones eléctricas entre los componentes, el driver y los LEDs. Las placas base suelen estar hechas de fibra de vidrio (PCB) o con un núcleo de metal (normalmente aluminio) con una pequeña capa de fibra de vidrio y en ese caso reciben el nombre de placa de circuito impreso metálica (MCPCB). Las placas base llevan incorporados elementos que realizan, además, una función de disipación y de transmisión del calor generado por los LEDs (CEI, 2013).

La agrupación de LEDs presenta, además, una ventaja respecto a las fuentes de luz tradicional: su mayor duración. La vida útil de una fuente de luz tradicional alcanza, como máximo, las 60.000 horas, momento en que pasa a ser una "lámpara agotada" (Ezquerro et al., 2001). En el caso de las fuentes de luz LED la vida útil es superior, actualmente puede considerarse en torno a las 100.000 horas (IDAE, 2019). Pero al contrario de las lámparas de descarga, transcurrido este tiempo, el valor del flujo emitido aún podría estar por encima de unos límites considerados como aceptables. En el caso de una luminaria catalogada con una vida útil de L70B10, por ejemplo, el flujo emitido por el 90% de los LEDs que componen el sistema óptico se situarían por encima del 70% respecto del inicial.

2.3. Elementos que componen un punto de luz

Las descripciones de los elementos que componen un punto de luz presentadas a continuación evidencian la diversidad de conocimientos específicos (electricidad, mecánica, óptica y electrónica) que los técnicos responsables han de adquirir.

Anteriormente, se ha realizado una breve descripción de los principios tecnológicos que se utilizan para generar luz en las instalaciones de alumbrado público actuales. Al ser realmente un equipo eléctrico-electrónico, la fuente de luz necesita de distintos componentes que puedan hacer posible su instalación en la vía pública. Además, esta instalación deberá ser segura para los usuarios de vía y garantizar un correcto mantenimiento y reparación.

El Real Decreto 842/2002 por el que se aprueba el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, que garantiza el uso seguro de las instalaciones eléctricas, define el punto de luz como "un punto de utilización del circuito de alumbrado que va comandado por un interruptor independiente y al que pueden conectarse una o varias luminarias". El punto de luz está formado por la fuente de luz, la luminaria o luminarias que la albergan, el soporte o soportes que sustentan el conjunto y la instalación eléctrica que la alimenta. Las condiciones que deben reunir este tipo de instalaciones vienen recogidas en la ITC-BT-09 del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, así como la normativa obligatoria sobre las características fundamentales de resistencia y estanqueidad de las luminarias y los soportes del punto de luz.

A continuación, se presenta una descripción más detallada de las luminarias y los soportes (CEI, 2013).

2.3.1. Luminarias

Una luminaria es un conjunto de elementos de funcionalidad óptica y eléctrica, preparada para recibir la fuente de luz, que se compone de cuerpo o carcasa para albergar en su interior, en compartimentos, la fuente de luz y los equipos auxiliares (alimentación, protección eléctrica, disipación térmica, etc.). La norma UNE EN 60598-1 la define como: "*Aparato de alumbrado que reparte, filtra o transforma la luz emitida por una o más lámparas y que incluye, excepto las propias lámparas, todos los componentes necesarios para el soporte, la fijación y la protección de estas, y en caso necesario, los circuitos auxiliares, así como los medios necesarios para la conexión a la red eléctrica de alimentación*" (AENOR, 2018).

En la luminaria se considera la integración de diversos sistemas que se pueden agrupar de la siguiente manera:

- **Disipador Térmico.** Garantiza el correcto funcionamiento de la luminaria, el mantenimiento del flujo y la vida útil de la fuente de luz.



Figura 2.12. Elementos que conforman un punto de luz. Fuente: Elaboración propia.

La colocación de los distintos elementos dentro de la luminaria también puede ayudar en la disipación del calor, debiéndose procurar que los componentes más sensibles al calor estén lo más alejados posible de la fuente de luz. Hay que evitar que el calor generado circule dentro de la luminaria, extrayéndolo del interior de la manera más directa posible.



Figura 2.13. Disipadores de aluminio. Extraído de: <http://extrusions.com>

- **Cierre Mecánico.** Elemento que soporta, fija y protege los diversos componentes y que forma parte del cuerpo de la luminaria o "carcasa". La función mecánica tiene tres vertientes: acomodar en su interior los diversos componentes, proteger estos contra los elementos y las inclemencias externas y asegurar su incorporación y fijación a la instalación de que se trate.

Los materiales, fundamentales para garantizar estas funciones, utilizados han sido tradicionalmente la chapa y la fundición de aluminio (CEI, 2013). En la actualidad, además, se emplean polímeros plásticos. El acero inoxidable se utiliza en algunos elementos sin acabado de pintura para ambientes muy severos (industria petroquímica, ambientes subacuáticos, etc.). El vidrio templado y algunos derivados plásticos se emplean como difusores o cierres de la luminaria. Existe una clasificación estandarizada de estas protecciones: los grados de protección IP contra agentes externos e IK contra impactos.

- **Bloque Óptico.** Los LEDs no proporcionan el mismo flujo de luz en todas las direcciones. Las denominadas "ópticas primarias" son lentes que forman normalmente parte de la fuente de luz LED y producen en sí ya la primera distribución fotométrica. Las "ópticas secundarias" se usan para conseguir la distribución del haz luminoso del conjunto de la luminaria (todos los LEDs). Las componen lentes, reflectores, difusores, elementos de apantallamiento y filtros de absorción de color o de interferencia (dicróico). Los materiales más habituales de las lentes y difusores que se suelen utilizar son plásticos acrílicos transparentes u opales (PMMA) vidrio y policarbonato. Los reflectores suelen ser de aluminio. Los filtros de color suelen ser plástico (policarbonatos) o vidrio.
- **Eléctrico o electrónico.** Son los dispositivos necesarios para el funcionamiento eléctrico de la fuente de luz. Las luminarias LED

necesitan de protección contra descargas eléctricas, ya sean provocadas por tormentas eléctricas, corrientes de fuga, sobretensiones transitorias en la red, carga por fricción con el viento y partículas como polvo o arena, que producen un salto del arco eléctrico de la electricidad hacia tierra.

Es importante un buen diseño eléctrico y un buen aislamiento de la luminaria con conexionado a tierra. En el interior de las luminarias se instalan los conectores normalizados que permiten, tanto las conexiones del cableado interno del equipo eléctrico, como la alimentación de la red a través del cable exterior de alimentación. La seguridad eléctrica de las luminarias también es un factor importante. En función de la instalación eléctrica elegida, se podrán emplear luminarias de Clase I (con conexión a la toma de tierra general de la instalación) o Clase II (con doble aislamiento, de forma que no se hace necesario la conexión a tierra).

Las luminarias pueden clasificarse para empleo interior o exterior (CEI, 2013). Las luminarias para alumbrado exterior se diseñan y fabrican para ese uso, por lo que la protección contra agentes externos, elementos atmosféricos, impactos, e incluso vibraciones, han de ser elevadas. Además, deberán mantener sus prestaciones a lo largo del tiempo, resistiendo los cambios de temperatura, radiación solar, lluvia, etc.

Las luminarias de alumbrado exterior se pueden clasificar en función de sus características eléctricas, mecánicas, tipo de lámpara empleado, etc. En este caso, la clasificación ha sido por la aplicación a la que está destinada (CEI, 2013):

- **Luminarias de viales funcionales.** Expresamente concebidas para instalarse en autopistas, carreteras o calles de un núcleo urbano. Se valoran en función de su alcance o distancia longitudinal y su dispersión o distancia transversal distribuida a lo ancho de la calzada.
- **Luminarias urbanas decorativas.** En estas se ha primado el criterio estético frente a la eficiencia de la luminaria, aunque lo adecuado es intentar conjugar ambos.



Figura 2.14. Luminaria viaria solar en Cútar. Fuente: Elaboración propia.

- **Proyectores para zonas deportivas y aéreas.** Al tener que iluminar grandes superficies, suelen ser de un tamaño y potencia mayor que las anteriores.
- **Proyectores para alumbrado decorativo.** Similares a los anteriores pero utilizados principalmente para la iluminación de edificios, plazas y monumentos.
- **Proyectores empotrados en el suelo.** Permiten ser instaladas sin suponer un obstáculo a la visión o al paso de los usuarios del elemento. Su diseño, instalación y mantenimiento tiene unos requerimientos bastante exigentes.
- **Luminarias para túneles.** Requieren de un diseño específico, debido a las especiales condiciones ambientales, de ubicación y de fotometría que deben satisfacer. Deben ser altamente resistentes a la corrosión, robustas y estancas a la entrada de humedad y partículas. Además, su limpieza y mantenimiento deben ser muy sencillos.
- **Balizas.** Se utilizan principalmente para la señalización de caminos de acceso en zonas peatonales. Su altura total no suele alcanzar un metro y son elegidas para crear ambientes apacibles y poco deslumbrantes, con baja emisión de luz al hemisferio superior.
- **Luminarias para el alumbrado de señalización u orientación.** Se utilizan para la señalización en los exteriores de edificios principalmente. Suelen tener unos consumos, niveles de iluminación y uniformidades bajos.
- **Luminarias para estaciones de servicio.** Similares a los proyectores, pero diseñadas para empotrarse en las marquesinas de las gasolineras, iluminando adecuadamente y sin deslumbramientos las zonas de depósitos y repostaje.

Los municipios suelen limitarse a unos pocos tipos de luminarias: los necesarios para facilitar el posterior mantenimiento y la actuación en caso de averías. Suelen ser las viarias y decorativas las instaladas en mayor número. Por otro lado, y debido a su alto consumo, no pueden obviarse los proyectores para la iluminación de monumentos, aparcamientos municipales, áreas recreativas y zonas deportivas.

2.3.2. Equipos auxiliares

Los equipos auxiliares (drivers) alimentan las fuentes de luz y funcionan con corriente continua. Los equipos auxiliares más habituales hasta la fecha son:

- Fuentes de alimentación a tensión constante ($12V_{DC}$, $24V_{DC}$, etc.).
- Fuentes de alimentación a intensidad de corriente constante (350mA, 500mA, 700mA, 1000mA).
- Fuentes de alimentación a potencia constante. Se regula tanto la tensión como la corriente de salida para trabajar en un valor de potencia establecida.

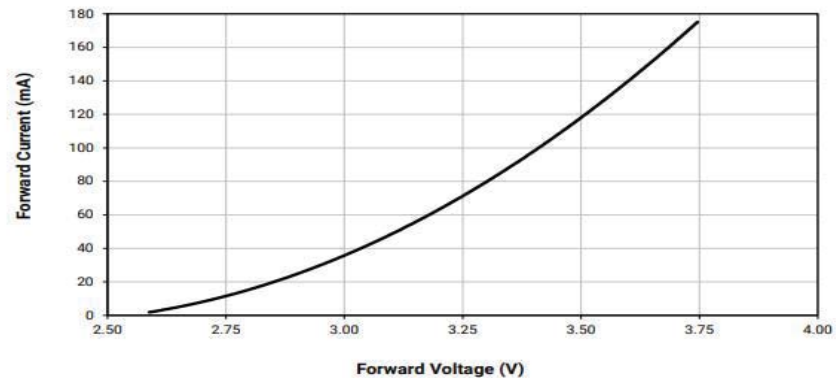
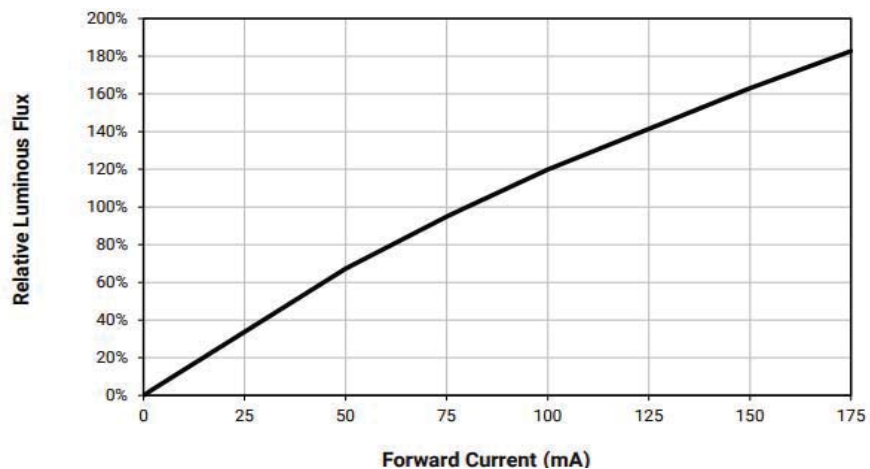
ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($T_j = 25^\circ\text{C}$)**RELATIVE FLUX VS. CURRENT ($T_j = 25^\circ\text{C}$)**

Figura 2.15. Depreciación de flujo luminoso en función de la intensidad de corriente y de la tensión de alimentación al LED. Extraído de la Ficha Técnica de XLamp® ML-B LEDs: <https://www.cree.com/led-components/products/xlamp-leds>.

Como puede observarse en la Figura 2.15, la variación en la tensión afecta a la intensidad de corriente y, por lo tanto, el flujo luminoso del LED. **Existe una relación exponencial entre la tensión y la intensidad de corriente que atraviesa el LED.** Según explican Van Bommel y Rouhana, (2019), una variación de tensión pequeña en el entorno nominal de trabajo puede llegar a duplicar la corriente en circulación. Esto implica que cualquier pequeña oscilación en la tensión de entrada puede elevar la

intensidad de corriente de forma descontrolada, lo que provocaría una sobrealimentación del LED, haciendo que su vida se redujera drásticamente. Es por eso que hay que mantener controlada la curva tensión-intensidad de corriente de alimentación al LED.

Dependiendo de la aplicación que se quiera dar a la fuente, se utilizan fuentes que incluyen la electrónica necesaria regular las corrientes de entrada y que el LED no se desplace de su curva de tensión-intensidad. La vida de estos equipos se define en horas, con una determinada tasa de fallos y a una temperatura máxima.



Figura 2.16. Driver adosado al disipador y elemento de protección contra sobretensiones. Fuente: Elaboración propia.

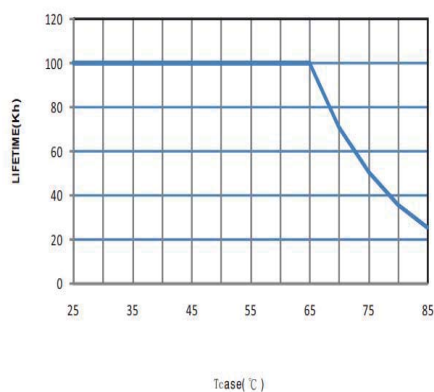


Figura 2.17. Depreciación de flujo luminoso en función de la temperatura de un driver. Extraído de la Ficha Técnica de PWM-60: <https://www.meanwell-web.com>.

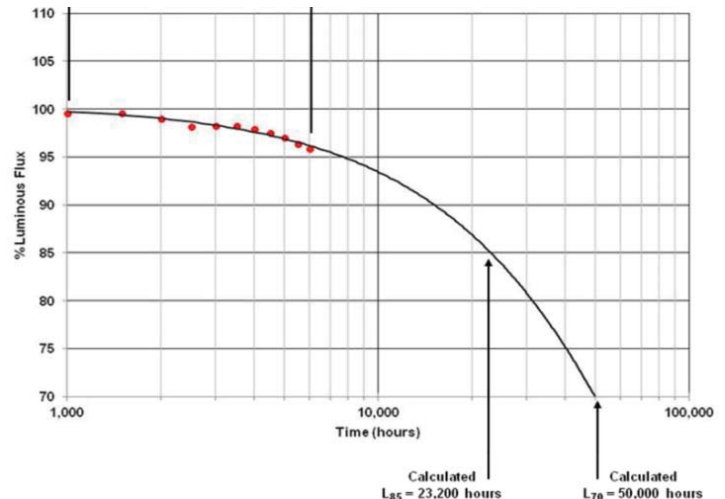


Figure 4: Example lumen maintenance lifetime at 6,000 hours

Figura 2.18. Tabla de depreciación del flujo emitido por un LED. Extraído de la Ficha Técnica de XLamp® ML-B LEDs: <https://www.cree.com/led-components/products/xlamp-leds>.

Los equipos auxiliares, solos o en combinación con otros elementos instalados en el cuadro eléctrico o incluso en la propia luminaria, pueden establecer los periodos de encendido y apagado. Además permiten modular el flujo de intensidad de corriente de alimentación al sistema óptico, proporcionando distintas posibilidades de regulación. Este control puede realizarse desde el propio equipo auxiliar, el cuadro eléctrico o incluso a través de internet, mediante un software que sirve de interfaz y que permita la regulación a distancia.

2.3.3. Soportes

La luminaria, siendo el elemento fundamental del punto de luz, necesita de un soporte para su fijación en el suelo, pared o a un cable. Los soportes, sus anclajes y cimentaciones se dimensionan de forma que resistan las solicitaciones mecánicas, particularmente la acción del viento, con un coeficiente de seguridad, considerando la luminaria completamente montada sobre su soporte. Aquellos que los requieran tendrán una abertura de dimensiones adecuadas para posibilitar el acceso a los elementos de protección y maniobra. La elección del soporte también puede influir en la clase eléctrica de la luminaria.

En función del sistema de fijación, los soportes pueden ser horizontales, fijados a la pared con tacos o tornillos y verticales. Los verticales, una vez instalados, se sujetarán a la cimentación mediante la placa base que estará soldada a la parte inferior del soporte con pernos

roscados sujetos a la zapata o dado de hormigón. Una vez atornillada, hay que proceder a un cuidadoso proceso de nivelado de la placa base para que de este modo quede fija a la columna (CEI, 2013).

Los soportes de las luminarias pueden ser de diversos materiales, siendo los más utilizados el acero galvanizado, el acero inoxidable y fundiciones de hierro y aluminio. En ambientes especiales sometidos a altos niveles de corrosión o con riesgo de contacto eléctrico, puede utilizarse el poliéster con fibra de vidrio.

Por su forma y colocación, los soportes se clasifican en (CEI, 2013):

- **Báculos.** Es una columna más un brazo. La altura habitual de estos soportes oscila entre 8 y 12 metros. Los espesores y dimensiones de estos soportes están normalizados.
- **Columnas.** Suelen utilizarse en alturas inferiores a los báculos. Las más instaladas suelen ser las troncocónicas



Figura 2.19. Luminaria clásica tipo Villa sobre columna de polímero poliéster y vidrio en Cortes de la Frontera. Fuente: Elaboración propia.



Figura 2.20. Luminaria clásica tipo Fernandina sobre brazo de fundición de aluminio en Serrato. Fuente: Elaboración propia.

- **Brazos o soportes de pared.** Es la solución tradicional por excelencia en los cascos antiguos de las ciudades y en los barrios o pueblos con edificaciones a baja altura, consiguiendo ahorros económicos y de espacio bastante importantes.
- **Catenaria.** Es la curva que describe una cadena suspendida por sus extremos, sometida a un campo gravitatorio uniforme. Este sistema de sustentación consiste en la utilización de un cable de acero fijado a los edificios o a postes de ambos lados de la calle, sirviendo como soporte de la luminaria y de su instalación eléctrica, de la que queda suspendida.
- **Conjuntos decorativos.** Son los soportes específicos para una forma determinada de luminaria.
- **Torres para la instalación de proyectores.** Son columnas de altura superior a 15 metros, que se utilizan para iluminar grandes extensiones de terreno, como aparcamientos, zonas de cargas y descargas, pistas deportivas, etc. Este tipo de soportes disponen de una plataforma en la base, de la que parte una escalera móvil, manual o motorizada, para poder llegar a los proyectores.
- **Balizas de señalización en torres de gran altura.** Aviación Civil establece que los obstáculos fijos o móviles de gran altura deben ser señalizados, tanto de día como de noche, mediante balizas luminosas. Suelen colocarse sobre antenas, chimeneas, edificios o líneas de alta tensión. Las balizas de luz roja suelen utilizarse de noche y las de luz blanca de día o de noche.
- **Pasarelas.** Son soportes para proyectores móviles en grandes estadios, que deben disponer de accesos seguros para la instalación y mantenimiento de los mismos por parte del personal técnico y de mantenimiento.



Figura 2.21. Torre de proyectores LED en el Campo de Fútbol de Casabermeja. Fuente: Elaboración propia.

2.4. Legislación aplicable a las instalaciones de alumbrado público

Instalación eléctrica y seguridad eléctrica de los elementos que componen la instalación:

Nacional

- 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.
- 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 187/2016, de 6 de mayo, por el que se regulan las exigencias de seguridad del material eléctrico destinado a ser utilizado en determinados límites de tensión. Por el que se traspone la DIRECTIVA 2014/35/UE sobre la armonización de las legislaciones de los estados miembros en materia de comercialización de material eléctrico destinado a utilizarse con determinados límites de tensión.
- Real Decreto 186/2016, de 6 de mayo, por el que se regula la compatibilidad electromagnética de los equipos eléctricos y electrónicos. Por el que se traspone la DIRECTIVA 2014/30/UE sobre la armonización de las legislaciones de los estados miembros en materia de compatibilidad electromagnética.
- Real Decreto 219/2013, de 22 de marzo, sobre restricciones a la utilización de determinadas sustancias peligrosas en aparatos eléctricos y electrónicos.

Medioambiental

- Real Decreto 110/2015, de 20 de febrero, sobre residuos de aparatos eléctricos y electrónicos
- Real Decreto 187/2011, de 18 de febrero, relativo al establecimiento de requisitos de diseño ecológico aplicables a los productos relacionados con la energía Reglamento N° 1194/2012 de la Comisión de 12 de diciembre de 2012, por el que se aplica la Directiva de Ecodiseño 2009/125/CE a las lámparas direccionales, lámparas LED y sus equipos. Incluidas sus modificaciones posteriores.
- Reglamento CE n° 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. Incluidas sus modificaciones posteriores.

- 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. Incluidas sus modificaciones posteriores.

Soportes

- Real Decreto 401/1989, de 14 de abril, por el que se modifica el Real Decreto 2642/1985, de 18 de diciembre, por el que se declaran de obligado cumplimiento las especificaciones técnicas de los candelabros metálicos (báculos y columnas de alumbrado exterior y señalización de tráfico) y su homologación por el Ministerio de Industria y Energía.
- Orden de 12/06/1989, por la que se establece la certificación de conformidad a Normas como alternativa a la homologación de los candelabros metálicos (báculos y columnas de alumbrado exterior y señalización de tráfico).
- Real Decreto 2698/1986, de 19 de diciembre, por el que se modifican los R.D. 357 y 358/1986 de 23 de enero; 1678/1985 de 5 de junio; 2298/1985 de 8 de noviembre y 2642/1985 de 18 de diciembre y sobre ejecución de normas técnicas y homologación de productos por el Ministerio de Industria y Energía.

Comercialización de productos

- Reglamento (CE) nº 765/2008 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 9 de julio de 2008, por el que se establecen los requisitos de acreditación y vigilancia del mercado relativos a la comercialización de los productos y por el que se deroga el Reglamento (CEE) nº 339/93.

2.5. Ámbito del estudio y alcance de la Tesis

Tal y como se ha ido introduciendo a lo largo del capítulo, la intención de esta introducción ha sido mostrar la diversidad de actuación tan amplio que existe en el sector de la iluminación. Dentro de ese campo de actuación, la presente Tesis irá orientada al estudio de instalaciones de alumbrado exterior en pequeños municipios que no dispongan de personal técnico especializado en instalaciones de alumbrado público. Las fuentes de luz que serán estudiadas serán de tecnología LED, con regulación desde el equipo auxiliar o desde el cuadro eléctrico. Las instalaciones objeto del estudio han sido promovidas en todos los casos por administraciones públicas, que han elaborado la documentación técnica en las distintas fases del procedimiento con medios propios o con el asesoramiento de otras administraciones. Las instalaciones, una vez proyectadas, han sido

contratadas y ejecutadas mediante un contrato de adjudicación a una empresa privada.

2.6. Bibliografía

- AENOR (2016). UNE-EN 13201-5: Iluminación de carreteras. Parte 5: Indicadores de prestaciones energéticas. Recuperado de <https://portal-aenormas--aenor--com.uma.debiblio.com/aenor/visor.asp?pidnorma=087057057062064063063058-936786190&pidioma=ES&pidtipo=>
- AENOR (2018). UNE-EN 60598-1:2015/A1:2018. Luminarias. Parte 1: Requisitos generales y ensayos.
- Annika K. Jägerbrand. (2016). LED (Light-Emitting Diode) Road Lighting in Practice: An Evaluation of Compliance with Regulations and Improvements for Further Energy Savings. *Energies*, 9(5), 357–357. <https://doi.org/10.3390/en9050357>
- Bouman, M. (1987). Luxury and Control: The Urbanity of Street Lighting in Nineteenth-Century Cities. *Journal of Urban History*, 14(1), 7–37. <https://doi.org/10.1177/009614428701400102> .
- Budak, V.P. & Ilyna, E. (2013). Choosing luminaire efficiency parameters during development for external illumination. *Light & Engineering* 21(2), 13-20.
- CEI (2013). El Libro blanco de la iluminación.
- Chen, Z., Ma, Y.L., & Hu, Y.K. (2009) Lighting quality indicators with space sense for urban lighting environment. *Journal of Chongqing University* 32(7), 839-843.
- De la Rasilla, M., Duarte, E., Santamaría, D. et al. (2010). Licnología paleolítica: las lámparas de las cuevas de Llonín y el Covarón (Asturias). *Zephyrus*, LXV, 103-116. ISSN: 0514-7336.
- Dehoff, P. (2012). Lighting quality and energy efficiency is not a contradiction. *Light & Engineering*, 20(30), 34-39. https://www.researchgate.net/publication/297529355_LIGHTING_QUALITY_AND_ENERGY_EFFICIENCY_IS_NOT_A_CONTRADICTION
- España. Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE) (2019). Requerimientos técnicos exigibles para luminarias con tecnología LED de alumbrado exterior.
- Espín Estrella, A., & Cordeiro, M. (2001). Introducción a la historia del alumbrado: del aceite a la incandescencia. Granada: [s.n.].

-
- Ezquerro, G., Gandolfo, M., Ramos, A., &Urraca, I. (2001). Guía técnica de eficiencia energética en Iluminación. Instituto para la Diversificación y Ahorro Energético y Comité español de Iluminación. Madrid.
 - Fahie, J. J. (1901). A history of wireless telegraphy: Including some bare-wire proposals for subaqueous telegraphs. Blackwood.
 - Galadí-Enríquez, D. (2018). Beyond CCT: The spectral index system as a tool for the objective, quantitative characterization of lamps. *Journal of Quantitative Spectroscopy and Radiative Transfer*, 206(C), 399–408. <https://doi.org/10.1016/j.jqsrt.2017.12.011>
 - Habel, J.; Zak, P. (2011). The future of public lighting. *Przeglad Elektrotechniczny*, 87(4), 50-52.
 - Herbert, D., &Davidson, N. (1994). Modifying the built environment: the impact of improved street lighting. *Geoforum*, 25(3), 339–350. [https://doi.org/10.1016/0016-7185\(94\)90035-3](https://doi.org/10.1016/0016-7185(94)90035-3)
 - History of the Public Lighting of Paris (1933). *Nature* 132, 888–889. doi: 10.1038/132888c0
 - Horowitz, M. (2001). Economic indicators of market transformation: energy efficient lighting and EPA's green lights. *The Energy Journal*, 22(4), 95–122. <https://doi.org/10.5547/ISSN0195-6574-EJ-Vol22-No4-5>.
 - <http://www.intechopen.com/books/power-quality/power-quality-in-public-lighting-installations>
 - Jägerbrand, A.K. (2015). New framework of sustainable indicators for outdoor LED(Light emitting diodes) lighting and SSL (Solid State Lighting). *Sustainability*, 7, 1028-1063.
 - Janiga, P. &Gasparovsky, D., (2011). Power Quality in Public Lighting Installations, *Power Quality*, Mr Andreas Eberhard (Ed.), Bratislava, Eslovaquia. ISBN: 978-953-307-180-0.
 - Kolláth, Z., Dömény, A., Kolláth, K., &Nagy, B. (2016). Qualifying lighting remodelling in a Hungarian city based on light pollution effects. *Journal of Quantitative Spectroscopy and Radiative Transfer*, 181, 46–51. <https://doi.org/10.1016/j.jqsrt.2016.02.025>
 - Liu, G. (2014). Sustainable feasibility of solar photovoltaic powered street lighting systems. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, 56(C), 168–174. <https://doi.org/10.1016/j.ijepes.2013.11.004>

- Premium Light Pro (2018). LED Street lighting: Procurement & Design Guidelines. Austrian Energy Agency. Recuperado el 1 de enero de 2020, de: http://www.premiumlightpro.eu/fileadmin/user_upload/Guidelines/Premium_Light_Pro_Outdoor_LED_Guidelines.pdf.
- Qu, C., nd. Chronicles of Huayang. (n.d.).
- Romero-Hernández, S., Romero-Hernández, O. (2009). Product design optimization: An interdisciplinary approach. In Product Realization (1-22). Springer, Boston, MA.
- Round, H. J. (1907), "A note on carborundum", Electrical World, 49: 309
- Sáez Castán, J. M. (2008). Análisis crítico de La civilización hispano-árabe de Titus Burckhardt.
- Silva, J., Mendes, J.F.G. & Silva, L.T. (2010). Assesment of energy efficiency in street lighting design. The Sustainable City IV (2010) WIT Transactions on Ecology and the Environment, 129, 705-715.
- Strong, M. (2018). Illuminating the path of darkness: social and sacred power of artificial light in Pharaonic Period Egypt (Doctoral thesis). <https://doi.org/10.17863/CAM.24194>.
- Thomson, J. (2003). The Scot who Lit the World: The Story of William Murdoch, Inventor of Gas Lighting. Janet Thomson.
- Van Bommel, W., Rouhana, A., (2019). The science of lighting: A guide about the nature and behaviour of light. Signify Lighting Academy. The Netherlands. www.signify.com/global/lighting-academy.
- Yang, C.Y., Yang, C.Y. & Chen, S.Q. (2009) Light reflecting characteristics of building materials and energy saving of nightscape luminance. Tumu Jianzhu yu Huanjing Gongcheng. Journal of Civil, Architectural and Environmental Engineering, 31(5), 90-94.

CAPÍTULO 3

3. ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO	37
3.1. Objeto del Análisis bibliográfico	39
3.2. Justificación de la Metodología del análisis bibliográfico	39
3.3. Desarrollo del análisis bibliográfico	39
3.3.1. <i>Búsqueda bibliográfica</i>	42
3.3.2. <i>Identificación de los parámetros</i>	42
3.3.3. <i>Clasificación de los parámetros</i>	49
3.3.4. <i>Validación de los datos obtenidos</i>	49
3.3.5. <i>Selección de los parámetros</i>	53
3.4. Discusión y Resultados obtenidos en la primera fase	54
3.5. Bibliografía	58

3.1. Objeto del análisis bibliográfico

El objetivo de esta fase del estudio es identificar los atributos de una instalación de alumbrado público que hay que evaluar para obtener una "instalación óptima" para un municipio en concreto. Como ya se apuntó en el apartado 2.1. Estado del Arte del capítulo 2, la luminaria es el principal objetivo de estudio, pues el resto de elementos no van a variar significativamente de una opción a otra. Por ello se procedió a realizar un análisis bibliográfico de parámetros asociados a la luminaria.

3.2. Justificación de la Metodología del análisis bibliográfico

Para la identificación de estos parámetros se ha recurrido a la revisión bibliográfica pues "establecen las bases de las cuestiones académicas, resumen el trabajo realizado hasta la fecha, comprueban hipótesis, amplían las teorías existentes y evalúan el conjunto de una forma crítica (Xiao y Watson, 2019, p. 108). Se ha procedido, para ello, a realizar dos búsquedas bibliográficas extensas durante periodos de tiempo concretos en los años 2015 y 2018. El análisis de estos documentos ha permitido seleccionar herramientas de valoración aplicables en el mundo real (Templier y Paré, 2015). De entre los parámetros de valoración identificados que definen las luminarias, se pretende seleccionar un listado de indicadores que, una vez validados, contribuyan a elegir la mejor oferta de entre las presentadas a un concurso público.

El análisis de publicaciones, de naturaleza cualitativa y de observación indirecta (Anguera, 1991) **permite el estudio de realidades complejas** (Yin, 2009) con fuentes de evidencia diversa y una recogida sistemática de datos. El efecto del alumbrado en una vial, zona o ambiente, puede considerarse un análisis complejo, pues ha de valorarse desde distintas perspectivas. Puede estudiarse desde el punto de vista de la funcionalidad de la instalación, de las impresiones del usuario final, del cumplimiento de la normativa vigente, del impacto ambiental o del económico en las arcas del municipio. Por eso, el estudio ha abarcado numerosos enfoques.

3.3. Desarrollo del análisis bibliográfico

En la Figura 3.1 se ha representado un esquema del proceso llevado a cabo. Este proceso, como puede comprobarse, permite la retroalimentación de los progresos que se van haciendo conforme avanza la investigación, ajustando los resultados a los objetivos que se han establecido de antemano. Además, confronta la realidad constantemente cambiante del sector del alumbrado público con la normativa de aplicación existente.

Esta normativa, en muchos casos, queda rápidamente obsoleta con respecto a la evolución técnica real del alumbrado público. Aunque existe un borrador de un nuevo Reglamento de instalaciones de alumbrado exterior, que es el aplicado a instalaciones de alumbrado público, a la fecha de la publicación de esta Tesis, aún no ha sido aprobado.

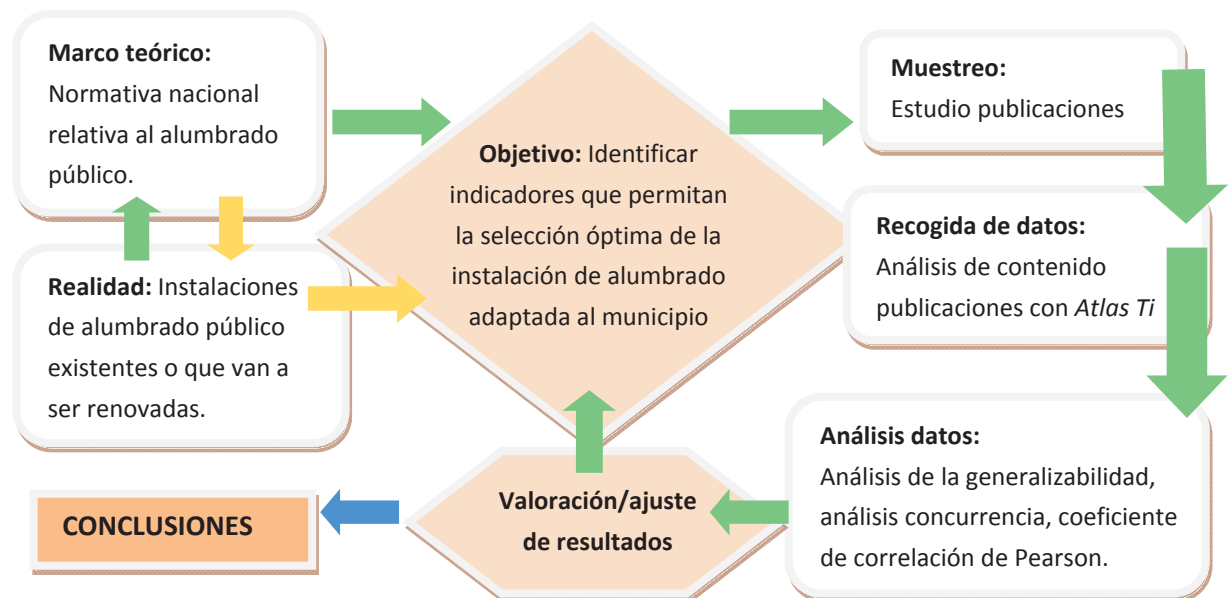


Figura 3.1. Esquema del proceso del Análisis Bibliográfico. Fuente: Elaboración propia.

3.3.1. Búsqueda bibliográfica

Para identificar parámetros que pudiesen considerarse representativos, se realizaron dos búsquedas de publicaciones. Los resultados de la primera se publicaron en una comunicación (Morillas y de Andrés, 2015) en el Foro de Inteligencia y Sostenibilidad urbana. Greencities 2015. La segunda búsqueda se realizó entre mayo y junio de 2018.

Estas series de búsquedas trataron de identificar características concretas, atributos y definiciones de valores que deberían cumplir las instalaciones de alumbrado público en distintas categorías.

Los principales recursos consultados en ambas fueron los siguientes:

- Web of Science
- Science Direct Journals
- Taylor & Francis On Line
- Ebsco Online Research Database
- Motor de búsqueda Jábega 2.0 (Universidad de Málaga)

Además, se consultó en internet:

- Web del Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE): Artículos Técnicos, Guías, Estudios, Informes y Estadísticas.
- Web del Comité Español de iluminación (CEISP): Normas, Artículos, Documentos, Revista de divulgación (Luces).

En cada uno de estas webs se realizaron búsquedas de documentos seleccionando por los términos que hacían mención a algún tipo de parámetro creado o utilizado para la investigación y que la caracterizase. En concreto, se ha efectuado la búsqueda del término "indicador" (indicator) asociado a los términos:

- "alumbrado público" (public lighting)
- "iluminación/alumbrado exterior/urbano" (urban lighting)
- "alumbrado exterior/de viales" (street lighting)

De los resultados de las búsquedas, se seleccionaron aquellos documentos que incluían alguna de estas expresiones en cualquiera de los dos idiomas, inglés y español.

De ellos se estudiaron publicaciones, monografías, tesis, presentaciones realizadas en conferencias, normas, recomendaciones, etc. El análisis del contenido de estos documentos en algunos casos condujo a otros documentos por ellos referenciados, que no contenían los términos de la búsqueda, pero que resultaban muy útiles como apoyo metodológico o normativo a la investigación. Se decidió incluirlos inicialmente en el estudio, pues se trataba de recabar en esta fase inicial la mayor cantidad posible de parámetros. Se encontraron finalmente, aplicando los criterios de búsqueda arriba indicados, un total de 122 documentos.

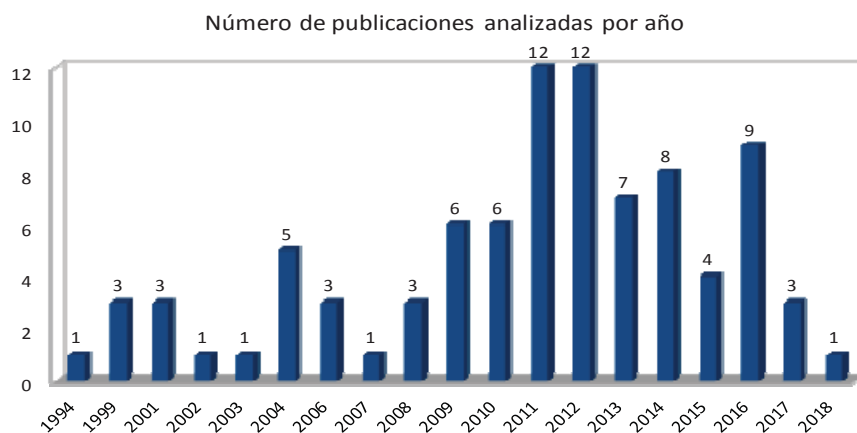


Figura 3.2. Número de publicaciones analizadas por año de publicación. Fuente: Elaboración propia.

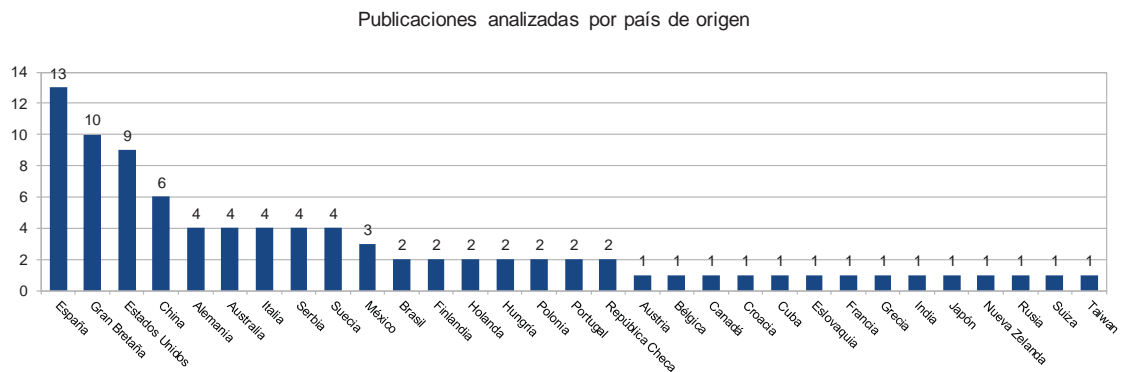


Figura 3.3. Número de publicaciones analizadas por país de origen. Fuente: Elaboración propia.

Los documentos identificados se clasificaron para establecer los que serían objeto de análisis bibliográfico y los que no. Se crearon tres grupos de documentos:

- el primer grupo sirvió como apoyo metodológico (16 publicaciones) para el desarrollo del análisis bibliográfico, aunque no contenían los parámetros de búsqueda establecidos, relacionados con el alumbrado público.
- el segundo grupo lo formó una serie de normas (17) de aplicación al alumbrado público, de las que algunas pasaron al tercer grupo para ser analizadas, pues incluían definiciones de parámetros.
- por último, el tercer grupo, que se configuró como el cuerpo de las publicaciones (89) que contenían los parámetros de búsqueda establecidos y fueron analizadas y utilizadas para la identificación de parámetros.

Las referencias de estos documentos pueden consultarse en los Anexos 1, 2 y 3 de la Tesis.

3.3.2. Identificación de los parámetros

Una vez seleccionados los documentos, se recurrió a un software de análisis de datos o CAQDAS (*Computer Assisted Qualitative Data Analysis Software*) denominado *Atlas Ti, Ver.8*. Este software sirvió como una herramienta para generar teoría fundamentada a partir de datos, de forma que puedan cuantificarse los datos cualitativos mediante mediciones de frecuencia. Es decir, se van a codificar o identificar como parámetros aquellos conceptos que se mencionen en las publicaciones seleccionadas que coincidan con los criterios de búsqueda anteriormente expuestos. A mayor número de

menciones, mayor importancia tendrá el código sobre el resto. **Los códigos resultantes se han denominado parámetros.**

Se ha utilizado una combinación de sistema de categorías y formatos de campo (Anguera et al., 2007) ya que algunos códigos han emanado del análisis del contenido y otros ya estaban descritos en el marco teórico normativo del estudio. Es decir, los parámetros definidos en la normativa existente sobre alumbrado público han sido directamente codificados. Este sistema ha sido el instrumento de observación indirecta para realizar el análisis de contenido (Krippendorff y Wolfson, 1990) y segmentación del texto (Anguera et al., 2018) con el objeto de la identificación y construcción del listado de códigos o parámetros. Las características de este instrumento son:

- Marco Teórico: Legislación de aplicación en alumbrado público,
- Parámetros conceptualmente excluyentes: descritos con cierto nivel de precisión y exhaustividad que los conviertan en mutuamente excluyentes.
- Autorregulable: el sistema de categorías se fue construyendo según se iban codificando los documentos.

El análisis de los textos para la identificación de parámetros debe llevarse a cabo por un investigador con conocimientos técnicos previos del área afectada. En un caso tan técnico y específico como éste, son necesarios conocimientos y experiencia previa del responsable de realizar el análisis. Para disminuir errores por posibles influencias de criterio personal, se repitió en dos momentos temporales distintos: durante el primer y tercer trimestre de 2018 (Anguera y Hernández, 2013).

La información extraída del análisis de las publicaciones, al ser principalmente de carácter técnica, estaba presentada generalmente por los investigadores siguiendo una estructura similar en los documentos. Los parámetros identificados inicialmente fueron codificaciones de los documentos que pertenecían al marco teórico, y después, una vez se procedió al estudio de la totalidad de las publicaciones seleccionadas, fue completándose. La ventaja de las publicaciones de carecer técnico es que, salvo en algunos apartados, prácticamente no existió la necesidad de interpretar o deducir los parámetros sino que eran directamente evidenciados por los propios autores en su mayor parte. Esto evitó también posibles errores interpretativos de la información obtenida.

Se diseñó una unidad hermenéutica (Pérez-López et al., 2015) o instrumento de recogida de datos en el software utilizado. Una unidad hermenéutica es una base de datos donde están contenidos los documentos que se han utilizado y los códigos que se han identificado en cada documento, fruto del estudio de las publicaciones seleccionadas.

En nuestro caso, además de a los parámetros relacionados con el alumbrado público, se identificaron códigos que correspondían a otros conceptos que sirvieron de apoyo en la elaboración del análisis. La Figura 3.4 muestra un resumen de la información que aporta el software de análisis *Atlas Ti*. Se identificaron un total de 46 códigos que fueron clasificados en tres grupos: el primer grupo de códigos sirvió para aportar información estadística del estudio (año y país de publicación), el segundo grupo eran citas seleccionadas como ayudas metodológicas (2 códigos) y el tercer grupo lo formaron los parámetros identificados en el análisis (42 códigos).

Info



Proteger el proyecto

Especificar una contraseña para este proyecto.

Proyecto

Nombre:	Análisis indicadores 4 gabs09 evolucion sin estudios de casos 2019
Creado:	09/04/2018 18:46:36 por usuario
Modificado:	29/08/2019 17:02:28 por ross
Escondido:	No
Documentos:	122
Códigos:	46
Citas:	985
Memos:	3

Figura 3.4. Unidad Hermenéutica del proyecto. Fuente: Elaboración propia con Atlas Ti.

El análisis se inició con la codificación en citas (cadenas de texto) que se iban asociando a códigos. Si una cita contenía información que aludía o describía un parámetro relacionado con el alumbrado público (por ejemplo: "disposición a tresbolillo") se buscaba en la lista de códigos existente aquel que pudiese albergar el concepto identificado en el texto, para incluir esa cita en el código. Si no encajaba en código alguno, se revisaba la descripción de los mismos para comprobar si podía ampliarse la descripción o modificarse sus rangos conceptuales e incluir la cita. En caso contrario, se creaba un código nuevo, descrito con la información de la primera cita que lo creaba. La lista de códigos se revisada cada vez que un documento era analizado. Fue

durante el análisis cuando se agruparon los códigos en los tres grupos anteriormente presentados. El grupo principal de 42 códigos formaría el grupo de parámetros de alumbrado público.

La descripción conceptual de cada código se incluyó en registros donde cada uno de los parámetros o códigos era descrito conceptualmente para que pudiese ser identificado en el texto. Por ejemplo, cualquier referencia a eficiencia lumínica o energética presentada en la publicación era codificada con el código "Eficiencia o Eficacia de la fuente de luz", la fórmula Lm/W y sus derivadas, en relación al espacio y el ahorro energético, también se incluyeron. Esta descripción no tenía que coincidir estrictamente con la definición del propio término, pues incluía los límites de interpretación que se establecieron para asociar los códigos a las citas en los documentos estudiados. Algunos parámetros, además, incluyeron más de una característica propia de la luminaria (por ejemplo: Diseño de la luminaria, Horas de funcionamiento/vida útil y Potencia/Intensidad de trabajo) que suelen presentarse por separado, pero que al realizar el análisis conceptual se consideraron en esta fase de la investigación como cercanos.

Cuando se analizaba un documento:

- Si se citaba un mismo código varias veces en el mismo párrafo era identificado sólo una vez.
- El número de citas de un mismo código en un solo documento daba una idea de la importancia que un autor había dado a ese código.
- Se utilizó el número de citas de un mismo código en un solo documento como un mecanismo interno de la validación del método de análisis efectuado. No se empleó para valorar en los resultados la importancia que el parámetro por sí mismo tiene en relación a los demás.

En el Anexo 3 se relaciona un listado de los documentos analizados y los códigos que cada uno de ellos han generado.

La Tabla 3.1 muestra los resultados de la codificación realizada y los parámetros de alumbrado público identificados; se han eliminado los códigos estadísticos y metodológicos. Se ha incluido la descripción conceptual de cada parámetro, el enraizamiento, el número de documentos asociados a cada parámetro y la densidad. Como se ha adelantado en el párrafo anterior, la descripción conceptual indica los límites de la codificación de cada uno de los parámetros. El enraizamiento es el número de citas identificadas de ese parámetro en la totalidad de los documentos estudiados. El número de documentos asociados a cada parámetro es el número de documentos en los que el parámetro ha sido identificado. Ambos criterios serán utilizados

posteriormente en la validación del análisis. La densidad es el número de relaciones que existen de ese parámetro con los demás. El concepto "relaciones" se desarrolla en el apartado 3.3.5.

Código	Enraizamiento	Doc. Asociados	Densidad
1 Barreras que impidan el paso de la luz a zonas protegidas Disminución de la luz intrusiva en una instalación, mediante la disposición y colocación de barreras. Reducción de la contaminación e invasión lumínica.	3	2	1
2 Calidad de vida del usuario/bienestar Sensación o apariencia de que los viales están bien iluminados, ya sea por la percepción del usuario a simple vista o por la comprobación de los parámetros de luminancia, deslumbramiento, espectro de la luz, uniformidad etc... capacidad de reconocer objetos, sensación de confort visual del usuario del vial o espacio iluminado, alto nivel de aceptación de los usuarios. Uso de cuestionarios (POLQ, Escala de Boer, etc.) para determinar el nivel de percepción de la calidad de la instalación.	49	30	19
3 Características del suelo (materiales) Materiales de los que está constituido el pavimento que se pretende iluminar.	20	13	10
4 Coeficiente de relación con el entorno (SR) Resultado menor de calcular la relación entre la iluminancia media de la zona situada en el exterior de la calzada (a una distancia de la mitad del ancho de la calzada) y la de la zona adyacente sobre la misma. Incluye además referencias a la Relación de Iluminancia de Borde (EIR).	4	3	5
5 Contaminación lumínica Iluminación de zonas donde no es preciso para la seguridad o exceso de iluminación que provoca trastornos y tiene consecuencias ecológicas.	24	10	12
Código	Enraizamiento	Doc. Asociados	Densidad
6 Coste de explotación de la instalación (€) Coste de funcionamiento de la instalación, vida útil y valor remanente al final de la misma. Incluye los conceptos de consumo de la instalación y costes de funcionamiento por km de la instalación, teniendo en cuenta el uso de energías renovables.	44	22	9
7 Coste de la ejecución de la instalación (€) Costes de la puesta en marcha de la instalación de alumbrado público. Unidades €/m ² , €/ud.	23	16	6
8 Coste de la luminaria (€) en el lugar de la instalación Coste de cada luminaria desde su etapa de diseño, producción, transporte hasta el lugar de la instalación.	28	19	9
9 Deslumbramiento perturbador (TI) El deslumbramiento producido por las luminarias o los reflejos en la calzada, es una sensación molesta que dificulta la visión pudiendo, en casos extremos, llegar a provocar ceguera transitoria. Se llama deslumbramiento molesto (G) a aquella sensación desagradable que sufrimos cuando la luz que llega a nuestros ojos es demasiado intensa. Este fenómeno se evalúa de acuerdo a una escala numérica, obtenida de estudios estadísticos, que va del deslumbramiento insoportable al inapreciable. La fórmula de G se calcula a partir de características de la luminaria y la instalación. Actualmente no se utiliza mucho porque se considera que siempre que no se excedan los límites del deslumbramiento perturbador este está bajo control. El deslumbramiento perturbador (TI) se produce por la aparición de un velo luminoso que provoca una visión borrosa, sin nitidez y con poco contraste, que desaparece al cesar su causa. No obstante, este fenómeno no lleva necesariamente asociado una sensación incómoda como el deslumbramiento molesto. Para evaluar la pérdida de visión se utiliza el criterio del incremento de umbral (TI) expresado en tanto por ciento y el Índice de deslumbramiento de la instalación (GR).	40	17	12
10 Diseño de la luminaria Diseño de la luminaria, tipo y forma, características dimensionales de los cerramientos alrededor de la fuente de luz y el equipo o driver, que lo protege y condiciona la mayoría de sus parámetros. Incluye las normas de cumplimiento utilizadas para su diseño, las protecciones sobretension y sobreintensidad, el grado de proyección al hemisferio superior: Full cut off, sut-off, semi cut-off y sharp cut-off. Incluye el Grado de protección de la luminaria y/o sistema optico contra contactos eléctricos, protección contra penetración de elementos extraños (IP) y Factor de protección contra impactos mecánicos (IK).	47	15	14

Código	Enraizamiento	Doc. Asociados	Densidad
11 Disminución de la criminalidad Variación de la criminalidad en el área de estudio, relación con el alumbrado público. Se utilizan herramientas de medición como por ejemplo: Estadísticas, cuestionarios sobre la criminalidad en el área de estudio.	14	9	7
12 Disminución de los accidentes de tráfico Disminución de costes por accidentes evitados, aumentando el ahorro, seguridad y salud.	12	9	7
13 Disposición de los puntos de luz Disposición de las luminarias de la instalación. De la disposición dependerá el número de luminarias de la instalación, el número de luminarias por km, incluye la interdistancia (Distancia entre apoyos de un mismo lado del vial), la altura de colocación y la longitud del brazo a instalar/instalado. Incluye el concepto de cociente de la potencia instalada por punto de luz y la distancia entre soportes.	37	13	10
14 Eficacia/eficiencia lumínica de la fuente de luz/instalación (lm/W) Es la cantidad de lúmenes que emite dividida la potencia de su fuente de luz (sistema de LEDs+fuente de alimentación) se mide en lm/W. A esta definición se añaden las citas relacionadas con el ahorro del consumo y la eficiencia energética de las fuentes de luz empleadas, las calificaciones energéticas de una instalación y su eficiencia energética.	75	33	18
15 Emisión de armónicos a la red eléctrica Distorsión total producida por armónicos de la luminaria en la red de abastecimiento eléctrico. Parámetros de la fuente de luz que introduce armónicos en la intensidad de trabajo del módulo de leds. No es exactamente el factor de potencia.	12	5	2
Código	Enraizamiento	Doc. Asociados	Densidad
16 Emisión de tCO₂ a la atmósfera Referencias o citas que se refieren a las emisiones eq de tCO ₂ que emiten las instalaciones de alumbrado público en sus fases de diseño, instalación, explotación.	21	12	6
17 Espectro de emisión de la fuente de luz Referencias al intervalo de longitud de onda de la luz emitida por la fuente de luz. Referencias a valores mínimos de frecuencia aceptables, recomendaciones y limitación de la emisión de luz en longitudes de onda inferiores a un valor indicado. Incluye referencias a intervalos de emisión de luz que parecen no afectar al ritmo circadiano y garantiza la visibilidad de las estrellas.	43	14	7
18 Factor de mantenimiento de la luminaria (fm) Relación entre los valores de iluminancia que se pretenden mantener a lo largo de la vida de la instalación de alumbrado y los valores iniciales. Incluye referencias a las frecuencias de mantenimientos de las instalaciones.	21	11	3
19 Factor de potencia del punto de luz Cociente entre la potencia activa (kW) y la potencia aparente (kVA) consumidos por el punto de luz.	3	3	3
20 Factor de utilización/utilancia del punto de luz Es la relación entre el flujo útil procedente de las luminarias que llega a la calzada o superficie a iluminar y el flujo emitido por las lámparas instaladas en las luminarias. Rendimiento luminoso.	10	6	1
Código	Enraizamiento	Doc. Asociados	Densidad
21 Flujo luminoso emitido por una fuente de luz (lm) Medida de la cantidad de luz que emite una fuente de luz en su unidad (Lm). Incluye referencias a la distribución espectral y la sensibilidad del ojo humano asociada al mismo. Flujo luminoso nominal de salida de la lámpara.	31	17	8
22 Fotometría Distribución de la luz en relación al espacio. Viene determinada por el alcance, la dispersión y el control del haz de luz.	53	20	8
23 Fuente de luz/Instalación regulable Número de horas de funcionamiento de la instalación. Incluye los conceptos de regulación/apagado de la luminaria cuando no sea necesario su uso y ajuste de las horas de funcionamiento a la necesidad real de los usuarios de la instalación.	54	27	13
24 Grado de visibilidad de las estrellas (SLI) Indicador del grado de visibilidad de las estrellas	1	1	1
25 Horas de servicio/Vida útil Vida útil de la instalación, número de horas que va a estar funcionando en correctas condiciones.	36	17	6

Código	Enraizamiento	Doc. Asociados	Densidad
26 Índice de Reproducción Cromática (IRC) Calidad de la luz emitida por la fuente, reconocimiento facial, identificación de objetos.			6
27 Índice de supresión de la neurohormona melatonina (MSI) Indicador del grado de secreción de la neurohormona melatonina, en función de la intensidad de la luz, espectro y ritmo circadiano.			3
28 luminancia/luminancia media/semicilíndrica de la instalación Cantidad de luz que es capaz de generar la luminaria sobre una superficie, generalmente el suelo.			12
29 Normativa nacional e internacional relacionada con el alumbrado público en alguna de las categorías Normativa nacional e internacional relacionada con el alumbrado público o la eficiencia energética en el sector del alumbrado público, administraciones, lugares de trabajo, en cualquiera de las categorías del estudio.			12
30 Porcentaje de emisión al hemisferio superior Limitación de alumbrado a áreas no deseadas, cumplimiento legislativo. Puede variar debido a la fotometría de la óptica y diseño de la luminaria, su disposición sobre el soporte, colocación en el vial e inclinación.			11
Código	Enraizamiento	Doc. Asociados	Densidad
31 Potencia (W)/Intensidad de trabajo del punto de luz (mA) Incluye los conceptos de potencia del sistema: fuente de luz +equipo . Incluye también las potencias de consumo de las instalaciones completas, sus consumos eléctricos y en relación a la superficie que ocupan (AECI). Incluye también la intensidad de trabajo del punto de luz: Intensidad de trabajo (la intensidad de la lámpara de descarga o del módulo de leds completo, de la fuente más el equipo).			8
32 Producto Interior Bruto de la zona (GDP) Producto interior bruto de la zona. Posible relación entre algunas características de la instalación de alumbrado público y el desarrollo del área estudiada.			4
33 Retorno de la inversión (años) Periodo de retorno de la inversión. (Años). Incluye Indicadores económicos de valoración del retorno de la inversión . Incluso costes del ciclo de vida de la instalación.			3
34 S/P Ratio/P.Band Relación entre la luminancia fotópica y escotópica Relación entre la luminancia fotópica y escotópica de la luz. Diseño mesópico de la fuente de luz.			5
35 Salud y bienestar humana y animal Influencia de las instalaciones de alumbrado público en la salud y/o el bienestar humano o animal.			9
Código	Enraizamiento	Doc. Asociados	Densidad
36 Seguridad en el trabajo Relaciones de las instalaciones de alumbrado público o sus características con la seguridad y salud de los usuarios de las mismas, a nivel particular o laboral, quejas relacionadas con la seguridad y salud.			6
37 Sensación de seguridad Referencias a afirmaciones de usuarios sobre sensación de seguridad en el uso de las instalaciones de iluminación exterior.			8
38 Sostenibilidad de las materias primas/Análisis del ciclo de vida (LCA) Citas que relacionan los materiales de los que se fabrican elementos de las instalaciones de alumbrado público con sustancias, no sostenibles para el medio ambiente, por su escasez, imposibilidad de reciclado, etc. Incluso LCC (€/año): (Life Cycle Cost Analysis). Costes del ciclo de vida de la instalación. Análisis del coste del ciclo de vida: coste del diseño original, ingeniería, construcción, instalación, costes operativos, de mantenimiento y la compensación al final de la vida del activo.			2
39 Street Lighting Energy Efficient Coefficient (SLEEC/RLEEC) y Power Density Indicator (PDI) Street Lighting Energy Efficient Coefficient. Limitación de los consumos de un alumbrado en función de su clasificación. Incluye el consumo en relación al espacio, persigue conseguir los máximos niveles de ahorro del consumo en función de la clase de alumbrado. Puede resultar equivalente al indicador Power Density Indicator (PDI).			4
40 Superficie a iluminar/Variación nº luminarias o potencia Características dimensionales de la superficie a iluminar (ancho, superficie inicial del proyecto, área que debe ser iluminada). Incluso reducción/incremento de superficies no iluminadas previamente. Posibilidad de modificar la superficie a iluminar en zonas antes no iluminadas con los ahorros de la reducción del consumo. Incluye el concepto de potencia instalada en función de la superficie.			9
41 Temperatura de color de la fuente de luz (K) Vinculación de la percepción humana del tono de las lámparas con la temperatura termodinámica de los cuerpos negros.			7
42 Uniformidad media/longitudinal de la instalación Incluye dos parámetros: Uniformidad media (U0) y Uniformidad longitudinal (UI): parámetros de calidad de la instalación para conocer la uniformidad en el vial iluminado.			8

Tabla 3.1. Listado de parámetros incluyendo límites conceptuales, enraizamiento, documentos asociados y densidad.

Fuente: Elaboración propia con Atlas Ti.

3.3.3. Clasificación de los parámetros

Los parámetros fueron agrupados además en 6 categorías, basándose en la clasificación de indicadores de sostenibilidad efectuada por Jägerbrand (2015), en función a los criterios a los que caracterizaban y para facilitar también el manejo de los mismos:

- **Adaptación al municipio:** son parámetros de diseño de la instalación concretos y particulares, que se refieren a conceptos tales como el tipo de vial, densidad de tráfico, gustos del municipio, preferencias de disposición de luminarias, etc.
- **Económicos:** este grupo de parámetros incluye a los relacionados con el coste de las infraestructuras, con el tráfico, costes de consumo, de la vida de la instalación y daños causados por accidentes.
- **Lumínicos:** son los parámetros relacionados con la cantidad de luz que emiten las fuentes dentro de las luminarias, su naturaleza, propiedades, características y los niveles lumínicos reglamentarios
- **Medioambientales:** aquí están los parámetros relacionados con la polución, cambio climático, contaminación lumínica, con el agua y el aire, hábitat y biodiversidad, impactos hidrológicos, agotamiento de las fuentes de energía no renovables, eficiencia y sostenibilidad.
- **Sociales:** este grupo recoge los parámetros asociados al bienestar de la ciudadanía, calidad, igualdad, salud, accesibilidad, estética, cohesión de la comunidad y habitabilidad.
- **Técnicos:** Parámetros de diseño de la instalación genéricos en relación a la tecnología de la fuente de luz, diseño de la instalación y explotación.

La agrupación no se hizo excluyente, existiendo parámetros que pertenecían a varios grupos. Por ejemplo, el parámetro "Espectro de emisión de la fuente de luz" ha quedado englobado en la categoría Lumínica y además en la Medioambiental.

3.3.4. Validación de los datos obtenidos

Una vez identificados y clasificados los 42 parámetros, se llevó a cabo un análisis de la calidad de los datos obtenidos, de forma que la herramienta utilizada pudiese resultar fiable y el proceso llevado a cabo resultase trazable, garantizando así la validez de los resultados obtenidos (Krippendorff, 2013). Para ello se han utilizado tres métodos:

- **Análisis de la generalizabilidad.** Este análisis utiliza procedimientos de análisis de varianza y diseños experimentales (Gómez de Segura et al., 2000) para aportar fiabilidad a la estructura (validez interna) y a la

generalización de los datos (validez externa). Se calculó el índice de generalizabilidad (G) para validar este análisis.

El índice G evalúa la concordancia intraobservador. Los valores del índice G oscilan entre 0, que es la ausencia de concordancia, y 0,99, concordancia excelente (Castellano et. al, 2000).

Para llevar a cabo el cálculo, se codificó el mismo documento en dos momentos temporales distintos con una separación de cuatro meses (Anguera y Hernández, 2013). El documento elegido fue en el que más citas bibliográficas y códigos se habían identificado. Publicado por Jägerbrand en 2015, es el documento más representativo de los analizados. La herramienta para el cálculo del índice G fue el software *SAGT v1.0*.

Se estableció un modelo cruzado de 3 facetas o fuentes de varianza (Hernandez Mendo et. al, 2016): ([c][d]/[o]): la primera faceta fueron los códigos o parámetros obtenidos del análisis de documentos ([c]=39), la segunda el número de documentos utilizados para el análisis ([d]=1) y la tercera el número de observadores ([o]=2). En una codificación se generaron 199 citas y en la otra 205 citas. El Anexo 4 presenta los informes de la codificación que generó el documento en cada análisis y el enraizamiento de los mismos.

Los resultados de la varianza obtenidos se muestran en la Tabla 3.2. e indican que el modelo de análisis obtuvo el mayor porcentaje de varianza en las categorías (91,21%), muy bajo en los observadores (0,43%) y fue nula en la faceta documentos. Este resultado demuestra una alta fiabilidad de estabilidad del dato.

El bajo valor obtenido en el análisis en relación a los observadores fue indicativo de una gran diferenciación existente entre ellos. En las Tablas 3.3. y 3.4., los resultados obtenidos con el software *SAGT Ver 1.0*, muestran los valores de los índices G relativo y G absoluto para este modelo de 0,95, valores que señalan un alto nivel de calidad del dato, estimando validez interna y externa de los resultados.

Suma de cuadrados		G-Parámetros		Optimización		Información		
Diseño de medida:								
[c] [d] / [o]								
Nombres	Niveles	Tamaño del universo	Descripción					
[c]	39	INF	codes					
[d]	1	1	documents					
[o]	2	INF	observers					
Fuentes de...	Suma de cuadrados	Grado de libertad	Cuadrado medio	Aleatorio	Mixtos	Corregidos	%	Error estándar
[c]	951.872	38	25.049	11.976	11.976	11.976	91.212	2.803
[d]	0.000	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
[c][d]	0.000	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
[o]	3.282	1	3.282	0.056	0.056	0.056	0.427	0.069
[c][o]	41.718	38	1.098	1.098	1.098	1.098	8.362	0.245
[d][o]	0.000	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
[c][d][o]	0.000	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Total	996.872	77						

Tabla 3.2. Análisis de la varianza. Fuente: Elaboración propia con el software Sagt.

Suma de cuadrados		G-Parámetros		Optimización		Información	
Diseño de medida:							
[c] [d] / [o]							
Nombres	Niveles	Tamaño del universo	Descripción				
[c]	39	INF	codes				
[d]	1	1	documents				
[o]	2	INF	observers				
Nombre de los valores	Resumen						
c	(39; INF)						
d	(1; 1)						
o	(2; INF)						
Total de observaciones	78						
Coefficiente G relativo	0.956						
Coefficiente G absoluto	0.954						
Error relativo	0.549						
Error absoluto	0.577						
Desv. típica del error relativo	0.741						
Desv. típica del error absoluto	0.760						

Tabla 3.3. Índices G. Fuente: Elaboración propia con el software Sagt.

Suma de cuadrados		G-Parámetros		Optimización		Información		
Diseño de medida:								
[c] [d] / [o]								
Fuente	Varianza de diferen...	Fuente	Varianza de error re...	% relativo	Varianza de error a...	% absoluto		
[c]	11.976							
[d]	0.000							
[c][d]	0.000							
		[o]			0.028	4.854		
		[c][o]	0.549	100.000	0.549	95.146		
		[d][o]	0.000	0.000	0.000	0.000		
		[c][d][o]	0.000	0.000	0.000	0.000		
Total (Objetivo de la varianza):				11.976	(Error rel.):	0.549	(Error abs):	0.577
Desviación típica:				3.461	Desv. tip. relativa:	0.741	Desv. tip. absoluta:	0.760
Coefficientes de Generalizabilidad:					Coefficiente G rela	0.956	Coefficiente G absoluto:	0.954

Tabla 3.4. Resultados del análisis de generalizabilidad. Fuente: Elaboración propia con el software Sagt.

- **Análisis de correlación del dato.** Se utilizó el **coeficiente de correlación de Pearson** para comprobar la concordancia por frecuencia. El análisis fue realizado con la misma publicación con la que se realizó el análisis de generalizabilidad, consistió en calcular el coeficiente de correlación de Pearson a los resultados de los dos análisis realizados. Para el cálculo del coeficiente de correlación de las frecuencias de aparición de códigos en esa misma publicación, se empleó una Hoja de Cálculo de *Microsoft Excel 16*. Los resultados obtenidos, en la Figura 3.5, mostraron un coeficiente de correlación directa de $r=0,89$ y $r^2=0,80$, lo que significaba que existía un porcentaje de correlación positiva del 80%, es decir, una alta concordancia por frecuencia intraobservador.

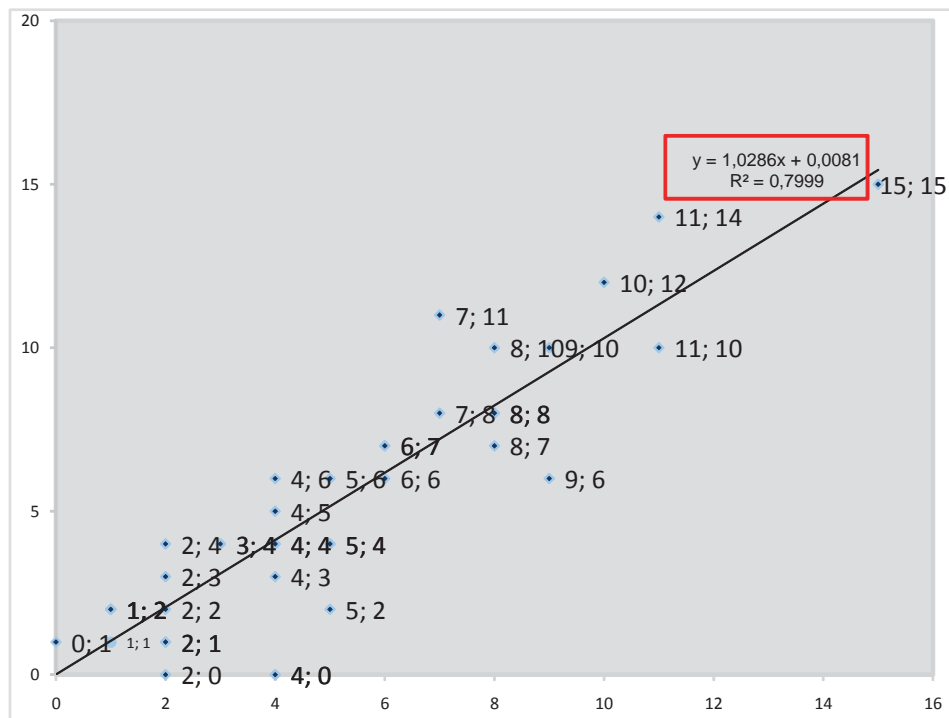


Figura 3.5. Gráfico de resultados del análisis de correlación de la publicación más numerosamente citada. Fuente: Elaboración propia.

- **Análisis de la tabla de coocurrencia,** Para el desarrollo de este análisis se estudiaron dos tablas. En primer lugar, la tabla de código-documento generada por *Atlas Ti* que permitió contemplar posibles relaciones o redes conceptuales entre los parámetros (Novak y Gowing, 1988). En segundo lugar se estudió la tabla de coocurrencias de código. Esta tabla indica aquellos códigos que han aparecido juntos en una misma cita. En el Anexo 5 se presenta la tabla de coocurrencias por

código generada por el software. Se establecieron, utilizando estas dos herramientas como referencia y la experiencia previa adquirida, relaciones de vinculación entre los parámetros (códigos) identificados en los documentos. Estas relaciones se integraron como redes en el software y se repitió de nuevo la comparación. Como resultado se modificaron o eliminaron 9 relaciones. El Anexo 6 muestra las relaciones establecidas finalmente, clasificadas por categorías para facilitar su visualización. A modo de ejemplo se incluyen las relaciones correspondientes a la primera categoría: Adaptación al municipio.

Tabla de relaciones de clasificación por relaciones entre parámetros: Adaptación al municipio

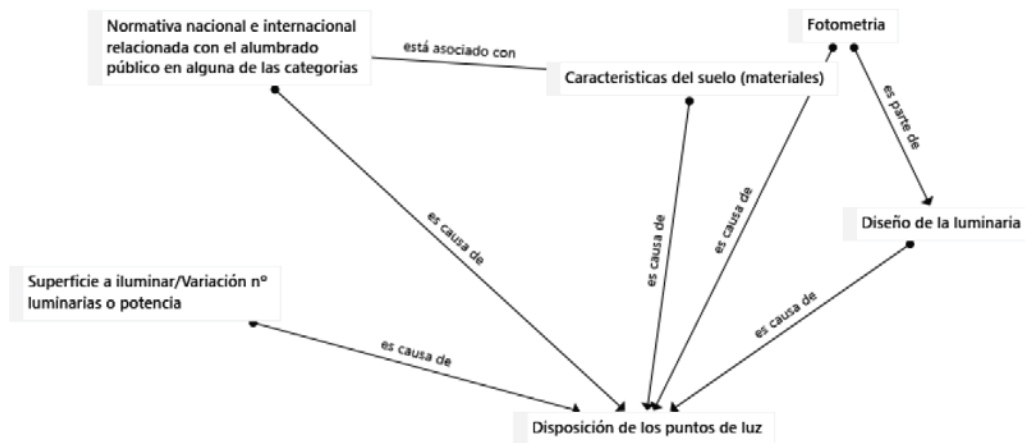


Figura 3.6. Relaciones de la categoría: Adaptación al municipio. Fuente: Elaboración propia.

3.3.5. Selección de parámetros

Una vez obtenidos los 42 parámetros y demostrada la validez del proceso de identificación, se obtuvo un listado muy completo pero demasiado numeroso y, por consiguiente, complicado para la persona que deba valorarlos. Con esta lista no se conseguiría alcanzar el objetivo de ayudar, más bien al contrario, se complicaría la toma de decisiones.

Con la intención de simplificar la lista de forma que no perdiera utilidad real se revisaron los parámetros obtenidos. Algunos, por su componente subjetivo (sensación de seguridad y disminución de la criminalidad, entre otros) suponían una dificultad añadida tenerlos en cuenta en una adjudicación. Pensando en el momento del proceso de contratación en el que era necesario que estos parámetros fueran útiles, se realizó una selección o filtrado, con la intención de reducirlos en número. Para ello, los parámetros se seleccionaron en función de que el parámetro cumpliera estas tres

condiciones o filtros:

- Un primer filtro, que consistió en seleccionar aquellos parámetros cuyo valor podía ser obtenido previamente a la ejecución de la instalación, o estimado con anterioridad a su instalación. Ejemplos de parámetros que cumplían esta condición: "Diseño de la luminaria" y "Potencia/Intensidad de trabajo del punto de luz"). Esta condición se incluyó para eliminar parámetros que no ayudaban a la toma de decisiones, como por ejemplo "Disminución de la criminalidad" o "Calidad de vida/bienestar", que son parámetros que se pueden estimar a posteriori.
- Un segundo filtro que consistió en elegir aquellos parámetros que englobasen al resto, es decir, que los parámetros seleccionados permitiesen, solos o en combinación, el cálculo de los descartados. Para ello, se estudiaron las redes o relaciones creadas con el análisis de la tabla de coocurrencia. Por ejemplo, el parámetro "S/P Band" no se consideró necesario si se disponía del "Espectro de la fuente de luz" y la "Fotometría".
- Por último, el tercer filtro descartó aquellos parámetros invariables para todas las ofertas presentadas. Parámetros, como por ejemplo "Normativa de aplicación" y "Características del suelo", eran invariables para todas las posibles ofertas de alumbrado en una misma zona.

Como resultado del primer filtro se obtuvieron 34 parámetros que podían ser conseguidos, o al menos estimados, antes de la ejecución de la instalación. Al filtrar los 42 parámetros atendiendo al segundo filtro (las relaciones entre ellos) se obtuvo un total de 17 parámetros de los que dependían el resto. El tercer filtro eliminó aquellos que no iban a variar en función de la oferta presentada, resultando una lista de 37 parámetros.

Del triple filtro aplicado **se obtuvo una relación de 15 parámetros** que se estimó cumplían las 3 selecciones, es decir, eran parámetros que podrían obtenerse o estimarse antes de la ejecución de la instalación, que no dependían de otros y variaban en función de la oferta presentada.

En el Anexo 7 se enumera la lista de parámetros y la selección final realizada en función de los tres criterios anteriormente presentados.

3.4. Discusión y Resultados obtenidos en la primera fase

La Tabla 3.5. que se presenta a continuación, muestra los parámetros que han resultado del triple filtro y el número de documentos analizados donde estos parámetros aparecen referenciados.

La numeración de los parámetros procede de la numeración inicial que se realizó de los 42 parámetros iniciales.

Código	Doc. Asociados
8 Coste de la luminaria (€) en el lugar de la instalación	19
10 Diseño de la luminaria	15
13 Disposición de los puntos de luz	13
17 Espectro de emisión de la fuente de luz	14
19 Factor de potencia del punto de luz	3
21 Flujo luminoso emitido por una fuente de luz (lm)	17
22 Fotometría	20
23 Fuente de luz/Instalación regulable	27
25 Horas de servicio/Vida útil	17
26 Índice de Reproducción Cromática (IRC)	16
30 Porcentaje emisión al hemisferio superior	10
31 Potencia/Intensidad de trabajo del punto de luz (W)	23
38 Sostenibilidad de las materias primas	3
40 Superficie a iluminar/Variación nº luminarias o potencia	17
41 Temperatura de color de la fuente de luz (K)	30

Tabla 3.5. Indicadores seleccionados para la valoración de una instalación de alumbrado público. Fuente: Elaboración propia.

Como las actuaciones habituales en los pequeños municipios son en su mayor parte sustitución de luminarias, se podría plantear la eliminación en esta lista de los parámetros **Disposición de los puntos de luz** y **Superficie a iluminar/Aumento del número de luminarias**, pues hubiesen resultado invariables sea cual sea la opción elegida, por lo que estos parámetros no sirven en estos casos para tomar decisiones.

Estos 15 parámetros, **a partir de ahora indicadores**, se han identificado siguiendo un proceso en el que se ha justificado la validez y fiabilidad del procedimiento llevado a cabo. Pero este proceso, ¿Ha sido certero en la búsqueda de los indicadores? En la Tabla 3.1. puede comprobarse que los parámetros más citados y que aparecen en más publicaciones no están en la lista de indicadores: la **Eficacia/eficiencia lumínica de la fuente de luz/instalación** y la **Luminancia/iluminancia media/semicilíndrica de la instalación**. Ambos indicadores no fueron seleccionados porque podían obtenerse a partir otros, o sólo a posteriori. Podría interpretarse como una debilidad del método utilizado, pero es el método mismo el que ha evidenciado esta situación. Por tanto, esta aparente debilidad ha reforzado la metodología desarrollada.

Se ha demostrado la validez y fiabilidad del sistema de identificación de indicadores. Puede ser que el procedimiento de selección de indicadores no se adapte a la realidad o le falta precisión. A la espera de nuevas evidencias que confirmen o refuten la lista de indicadores y por la relevancia de los resultados que se han obtenido, se han incluido estos dos parámetros en la lista de indicadores.

A continuación se realizó una serie de consideraciones sobre el resto de indicadores de la lista, consideraciones que surgieron a raíz del análisis de las publicaciones, como son:

- Parecería lógico adjudicar el valor del **Coste de la luminaria** al más bajo posible, sobre todo cuando se trata de una Administración Pública. Pero quizás debería ser tenido en cuenta junto a otros indicadores que aporten criterios de calidad, como la **Sostenibilidad de las materias primas** o a las **Horas de servicio/Vida útil**.
- En el indicador **Diseño de la luminaria**, se ha incluido entre otros, el parámetro *Grado de Protección contra la penetración de elementos IP*. Aunque el valor legal mínimo para este parámetro es *IP23* (ITC-BT-09 del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión, 2004) la guía de la ITC-EA 04 del Reglamento de instalaciones de alumbrado exterior recomienda un valor mínimo *IP65* y Kostic et al. (2013) justificaron la necesidad de que la luminaria cumpliera al menos un valor *IP6X*. Este parámetro sirve además para el cálculo del *Factor de mantenimiento*, cuyo valor se mantiene constante para valores *IP6X*, aunque se efectúen trabajos de reposición o mantenimiento (Mockey y Manzano, 2013). Se suelen utilizar también para calcular los costes de depreciación y análisis de la idoneidad de la instalación (Burgos-Payán et al., 2012).
- Aunque algunos autores han atribuido el indicador **Porcentaje de Emisión al Hemisferio Superior** (Iwata y Uchida, 2011; Jägerbrand, 2015) a un parámetro de diseño, se ha considerado como un indicador independiente. El motivo es que, según el Reglamento de instalaciones de alumbrado exterior de 2008, existe una limitación obligatoria a la emisión de luz al Hemisferio Superior para la protección de la calidad del cielo nocturno. El objetivo de este indicador es evitar el perjuicio del hábitat natural de los animales (Mattfield et al., 2012) además de elevar la *Eficacia o eficiencia de la luminaria*.
- Aunque el **Diseño de la luminaria** puede influir en la **Fotometría** de la misma, se ha considerado a este último como un indicador con la suficiente importancia para no pertenecer al primero. Este parámetro debe proporcionarlo el fabricante para facilitar la comprobación del cumplimiento

de **Luminancia/iluminancia media/semicilíndrica de la instalación** y el parámetro "Uniformidad". Los resultados del estudio de la **Fotometría** pueden conducir a una reestructuración de la disposición previa de las luminarias (Heath et al., 2012).

- Existe normativa de obligado cumplimiento que establece un rango de valores para algunos de los indicadores, aunque puede que el ofertante no la aporte, por ejemplo, el **Factor de Potencia**. Este indicador proporciona el porcentaje de potencia reactiva que introduce la fuente de luz en la red.
- No existe una regulación obligatoria para otros (por ejemplo, el **Espectro de la Fuente de Luz** y la **Sostenibilidad de las Materias Primas**) por lo que, para que un ofertante aporte los valores de un indicador, deberían ser requeridos en los Pliegos de Prescripciones Técnicas, Proyectos o Memorias Técnicas.
- El indicador **Potencia de la fuente de luz** sirve para el cálculo de la mayoría de los parámetros relacionados con la eficiencia, de él dependientes. El *Coste de explotación de la instalación* es un parámetro fundamental ya sea en la gestión municipal (Zanon y Verones, 2013) como en el ámbito privado.
- El **Espectro de emisión de la fuente de luz** es un indicador importante, pues la diferencia del color percibido puede modificar la opinión de las personas (Knight, 2010), además de tener un gran impacto en el diseño y apariencia de los alumbrados públicos (Habel y Zak, 2011). Este indicador debería ser suministrado para poder comprobar la ausencia de emisiones por debajo de frecuencias perjudiciales para organismos vivos (Ylinen et al., 2011). Ayudaría a valorar el "Índice de supresión de la melatonina" (Falchi et al., 2011) y la calidad de la luz emitida por la fuente (Ekrias, 2010; Kostic y Djokic, 2012; Rodrigues et al., 2011; Li et al., 2012; Kostic et al., 2009). Todo lo anterior se podría hacer extensible a la **Temperatura de Color, Índice de Reproducción Cromática y Flujo Luminoso Emitido por una Fuente de Luz**.
- El indicador **Fuente de Luz/Instalación regulable** debería aportarlo el fabricante para dar cumplimiento a la normativa estatal sobre eficiencia en alumbrado exterior (Reglamento de eficiencia energética en instalaciones de alumbrado exterior, 2008). Además, es necesario para el cálculo de los parámetros relacionados con la vida y costes de explotación de la instalación (Huang et al., 2012).
- Tres de los 15 indicadores son compuestos, es decir, que se han descrito como un grupo de valores o características distintas. Son el **Diseño de la luminaria, Horas de servicio/Vida útil y Potencia/Intensidad de**

trabajo del punto de luz. La codificación conceptual los agrupó inicialmente pero en la realidad son características de la luminaria que podrían requerirse de una forma totalmente independiente. Se decidió mantenerlos así descritos, a la espera de nuevas evidencias que refutasen o validasen estos 3 agrupamientos de parámetros.

La lista de 17 indicadores se ha constituido como una herramienta de valoración de una instalación concreta. En función de los valores de estos indicadores se optaría por una u otra opción, sin tener que exigir al fabricante ensayos complicados y cumpliendo con las expectativas del municipio.

Una vez realizada la selección de indicadores y a la vista de los resultados, se hace necesario no quedarse sólo en la mera identificación, pudiendo ser de utilidad clarificar los que definen algunos de ellos y establecer rangos o valores de referencia. Por otra parte, la determinación de unos valores concretos debería asumirse con cierta cautela; pues la rápida evolución tecnológica del sector podría provocar su desfase en poco tiempo.

Para dar robustez a los resultados obtenidos, sería recomendable contrastarlos con la experiencia. Debido al carácter eminentemente teórico de este estudio, confrontar los resultados obtenidos con casos prácticos que pudiesen validarlos o refutarlos, aumentaría la concreción en algunos de ellos. El uso de estos casos reales facilitarían el establecimiento de posibles valores o intervalos óptimos para estos indicadores, en función de las diferentes casuísticas que los municipios puedan presentar.

Una consulta a profesionales y expertos en materia de alumbrado público podría reforzar las descripciones conceptuales de los indicadores que han resultado, los parámetros que engloban y también podría aportar experiencia de estos expertos en relación a los valores que estos indicadores adoptasen.

3.5. Bibliografía

- Anguera Argilaga, M., &Hernández Mendo, A. (2013). La metodología observacional en el ámbito del deporte. E-balonmano.com: Revista de Ciencias del Deporte, 9(3) 135–160.
- Anguera, M.T., Portell M., Chacón-Moscoso, S. &Sanduvete-Chaves, S. (2018). Indirect observation in everyday contexts: concepts and methodological guidelines within a Mixed Methods framework. *Frontiers in Psychology*, 9 (13), 1-20.
- Anguera-Argilaga, M.T. (1991). Proceso de categorización. Metodología observacional en la investigación psicológica. P.P.U. Barcelona, 1, 115-167.

- Anguera-Argilaga, M.T., Magnusson, M. &Jonsson, G. (2007). Instrumentos no estándar; planteamiento, desarrollo y posibilidades. *Avances en Medición*, 5 (1), 63-82.
- Burgos-Payán, M., Correa-Moreno F.J. &Riquelme-Santos, J.M. (2012). Improving the energy efficiency of street lighting. A case in the South of Spain. 9th International Conference on the European Energy Market.
- Castellano, J., Hernandez-Mendo, A., Gómez de Segura, P., Fontetxa, E. &Bueno, I., (2000). Sistema de codificación y análisis de la calidad del dato en el fútbol de rendimiento. *Psicothema*, 12(4), 635-641. ISSN 0214-9915.
- Ekrias, A. (2010). Development and enhancement of road lighting principles. Dissertation for the degree of Doctor of Science in Technology to be presented with due permission of the Faculty of Electronic, Lighting Unit. Aalto University School of Science and Technology (Espoo, Finland).
- España. Ministerio de Industria, Turismo y Comercio. Real Decreto 1890/2008, de 14 de noviembre, por el que se aprueba el Reglamento de Eficiencia Energética en Instalaciones de Alumbrado Exterior. *Boletín Oficial del Estado*, 19 de noviembre de 2008, núm. 279, pp. 45988-46057.
- España. Ministerio de Industria, Turismo y Comercio. Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión. *Boletín Oficial del Estado*, 18 de septiembre de 2002, núm. 224, pp. 33084-33086.
- Falchi, F., Cinzano, P., Elvidge, C. D., Keith, D. M., &Haim, A. (2011). Limiting the impact of light pollution on human health, environment and stellar visibility. *Journal of environmental management*, 92(10), 2714-2722.
- Gómez de Segura, P., Hernández Mendo, A., Fontetxa, E., Bueno, I., &Castellano Paulis, J. (2000). Sistema de codificación y análisis de la calidad del dato en el fútbol de rendimiento. *Psicothema*, 12(4), 635–641. Recuperado de: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/oaiart?codigo=2008615>
- Habel, J. &Zak, P. (2011). The future of public lighting. *Przeglad Elektrotechniczny*, 87(4), 50-52.
- Heath, G. W., Parra, D. C., Sarmiento, O. L., Andersen, L. B., Owen, N., Goenka, S., ... & Lancet Physical Activity Series Working Group. (2012). Evidence-based intervention in physical activity: lessons from around the world. *The lancet*, 380(9838), 272-281.
- Hernández Mendo, A., Blanco Villaseñor, Á., Pastrana, J., Morales Sánchez, V., &Ramos - Pérez, F. (2016). SAGT: Aplicación informática para análisis de

generalizabilidad. *Revista Iberoamericana de Psicología del Ejercicio y el Deporte*, 11(1) 77–89.

- Huang, S. C., Lee, L. L., Jeng, M. S., &Hsieh, Y. C. (2012, November). Assessment of energy-efficient LED street lighting through large-scale demonstration. In 2012 International Conference on Renewable Energy Research and Applications (ICRERA) (pp. 1-5). IEEE.
- Iwata, M. &Uchida, S. (2011). Experiment to evaluate visibility with street luminaires with different Upward Light Output Ratios and the use of calculated veiling luminance to determine contrast performance. *Journal of Light and Visual Environment*, 35 (1), 42-54.
- Jägerbrand, A.K. (2015). New framework of sustainable indicators for outdoor LED(Light emitting diodes) lighting and SSL (Solid State Lighting). *Sustainability*, 7, 1028-1063.
- Knight, C. (2010). Field surveys of the effect of lamp spectrum on the perception of safety and comfort at night. *Lighting Research &Technology*, 42 (3), 313-329.
- Kostic A. &Djokic, L. (2012). Subjective impressions under LED and Metal Halide lighting. *Lighting Research & Technology*, 0, 1-15.
- Kostic, A. M., Kremic, M. M., Djokic, L. S., &Kostic, M. B. (2013). Light-emitting diodes in street and roadway lighting—a case study involving mesopic effects. *Lighting Research & Technology*, 45(2), 217-229.
- Kostic, M., Djokic, L., Pojatar, D., &Strbac-Hadzibegovic, N. (2009). Technical and economic analysis of road lighting solutions based on mesopic vision. *Building and Environment*, 44(1), 66-75.
- Krippendorff K., &Wolfson, L. (1990). *Metodología de análisis de contenido: teoría y práctica*. Barcelona: Paidós.
- Krippendorff, K. (2013). Commentary: A dissenting view on soso-called paradoxes of reliability coefficients. *Annals of the International Communication Association*, 36 (1), 481–499.
- Li, F., Chen Y., Liu Y. &Chen D. (2012). Comparative in situ study of LEDs and HPS in road lighting. *Journal of Illuminating Engineering Society of North America*, 8 (3), 205-214.
- Mattfield, M., Ehlers, F. B. &Reichenbach, M. C. (2012). Optimising the lighting equipment on the mittelplate drilling and production island in the German wadden sea tidelands. *Oil Gas European Magazine*, 38 (2), 90-94.

- Mockey I.O. &Manzano, E. (2013). The energy impact of luminaire depreciation on urban lighting. *Energy for Sustainable Development*, 17, 357–362.
- Morillas, R.M. &de Andrés, J.R. (2015). Identificación de Indicadores para la toma de decisiones en las instalaciones de Alumbrado Exterior de un Municipio. *Greencities*, 2015.
- Novak, J.D., &Gowing, D.B. (1988). *Aprendiendo a aprender*. Barcelona: Martínez Roca.
- Pérez-López, R., Morales-Sánchez, V., Anguera, M., &Hernández-Mendo, A. (2015). Evaluación de la calidad total en servicios municipales deportivos orientados a la población infantil: aportaciones desde el análisis cualitativo con ATLAS.ti. *Cuadernos de Psicología del Deporte*, 15(1), 143–150. <https://doi.org/10.4321/S1578-84232015000100014>.
- Rodrigues, C. R., Almeida, P. S., Soares, G. M., Jorge, J. M., Pinto, D. P., &Braga, H. A. (2011, June). An experimental comparison between different technologies arising for public lighting: LED luminaires replacing high pressure sodium lamps. In *2011 IEEE International Symposium on Industrial Electronics* (pp. 141-146). IEEE.
- Templier, M., Paré G. (2015). A Framework for Guiding and Evaluating Literature Reviews. *Communications of the Association for Information Systems* 37(1), 6.
- Xiao, Y., &Watson, M. (2019). Guidance on conducting a systematic literature review. *Journal of Planning Education and Research*, 39(1), 93-112.
- Yin R, K, (2009). *Case Study Research; Design and Methods* (4th Ed.). Thousand Oaks, CA. Sage.
- Ylinen, A. M., Tähkämö, L., Puolakka, M., &Halonen, L. (2011). Road lighting quality, energy efficiency, and mesopic design—LED street lighting case study. *Leukos*, 8(1), 9-24.
- Zanon, B. &Verones, S. (2013). Climate change, urban energy and planning practices: Italian experiences of innovation in land management tools. *Land Use Policy*, 32, 343-355.

CAPÍTULO 4

4. ESTUDIO MÚLTIPLE DE CASOS	63
4.1. Objeto del Estudio múltiple de Casos	65
4.2. Metodología	65
4.2.1. <i>Justificación del Método</i>	66
4.2.2. <i>Proceso de desarrollo del estudio</i>	68
4.2.3. <i>Validación del Método</i>	69
4.3. Diseño del Estudio de Casos	72
4.3.1. <i>Definición de la proposición objeto del estudio</i>	72
4.3.2. <i>Selección de las fuentes de evidencia</i>	73
4.3.3. <i>Selección de casos</i>	74
4.3.4. <i>Selección de las herramientas de medición</i>	77
4.3.4.1. <i>El Pliego para la contratación de la actuación</i>	78
4.3.4.2. <i>Consumo antes y después de la actuación</i>	79
4.3.4.3. <i>Entrevistas</i>	79
4.3.4.4. <i>Encuestas</i>	82
4.3.4.5. <i>Mediciones lumínicas</i>	85
4.3.4.6. <i>Observación directa de los viales iluminados</i>	86
4.3.5. <i>Elaboración del Protocolo</i>	86
4.3.6. <i>Recogida de datos del Estudio de Casos</i>	88
4.3.7. <i>Análisis de datos del Estudio de Casos</i>	89
4.3.8. <i>Resultados del Estudio de Casos</i>	93
4.3.9. <i>Validez de los resultados del Estudio de Casos</i>	98
4.4. Discusión de los resultados obtenidos en la segunda fase	100
4.5. Bibliografía	103

4.1. Objeto del Estudio Múltiple de Casos

La primera fase de esta Tesis condujo a unos resultados que, según se recomendó en el apartado discusión, debían ser comparados con la realidad de las contrataciones de alumbrado. El objeto de esta segunda fase es **el estudio de la realidad del proceso de contratación y adjudicación de suministros para la renovación de luminarias de alumbrado público y la comparación entre los indicadores obtenidos en la primera fase y los que realmente se han utilizado en un grupo de casos estudiados en detalle**. El Estudio de Casos sirvió para comprobar si los indicadores que, como resultado teórico de la primera fase del estudio fueron obtenidos, son los que se utilizan para valorar contrataciones reales. Además, se valoró el grado de presencia de la lista de indicadores en los casos reales y el efecto que habría tenido en el resultado final si se hubieran tenido en cuenta.

4.2. Metodología

El método que va a emplearse en esta fase es el Estudio de Casos. Es un método de investigación ampliamente utilizado en áreas de investigación social. Puede utilizarse como una herramienta para ampliar el conocimiento de los comportamientos y relaciones en grupos o posibles causas que justifiquen fenómenos sociológicos, políticos, económicos, etc. El objetivo de este tipo de estudios es siempre el mismo: aumentar la comprensión sobre un fenómeno social concreto y complejo (Yin, 2009). Las distintas perspectivas desde las que se pueden analizar las instalaciones de alumbrado público, como se ha comprobado en la fase anterior, justificarían el uso de este método.

El inicio del uso de esta técnica, de naturaleza cualitativa, partió de Hamel, Dufour y Fortin entre 1920 y 1950, aplicada a estudios relacionados con antropología y sociología (Creswell et al., 2007). Sin embargo, estos inicios no generaron suficiente teoría académica para considerarlos como una herramienta eficaz, por lo que perdió aceptación dentro de la comunidad científica en favor de las técnicas cuantitativas, más cercanas a las ciencias experimentales. Las limitaciones de las propias técnicas cuantitativas, cuando son aplicadas en realidades complejas y cambiantes, provocaron un nuevo auge de esta metodología en la década de los sesenta del siglo XX (Helmer y Rescher, 1959) y un debate a favor de los métodos cualitativos. A partir de los años 80 se produjeron una serie de valiosas contribuciones metodológicas, nacionales e internacionales. Los estudios de

Yin, Eisenhardt, Graebner, Siggelkow, WeickAtton, Stoeker, Hamel, Stake, Maxwell y Fong (Gibbert et al., 2008) y en España, de Ruiz, Rialp, Sarabia, Bonache, Arias, Oltra, Cepeda y Vaillant (Larrinaga y Rodriguez, 2007) fueron los que lo impulsaron y situaron de nuevo dentro del elenco de los métodos científicos.

Los fundamentos básicos de este método son "las comparaciones constantes de las teorías con los datos recogidos, el muestreo teórico, toma de muestras simultáneas, de recopilación de datos, análisis teórico-técnicos de redacción de notas y análisis que conducen progresivamente a los niveles de análisis más abstracto" (Eaves, 2001 p. 655-656 citado por Dellve y Hallberg, 2008).

4.2.1. Justificación del método del Estudio de Casos

Existen multitud de técnicas de investigación, como son los experimentos, las encuestas, los análisis de históricos, los relatos y los estudios de casos. Todas estas técnicas deben disponer de una metodología rigurosa que permita la fiabilidad y transferibilidad de los resultados. De entre ellas, los estudios de casos se emplean cada vez más en las investigaciones sobre temas organizacionales (Tellis, 1997).

Para que el método de investigación elegido sea aceptado por la mayoría de la comunidad científica, ha de establecerse de entrada a qué tipo de preguntas queremos responder (Yin, 2003). En este estudio, la pregunta sobre la que giró toda la investigación y consulta a los distintos actores que intervinieron ha sido de tipo descriptivo: **¿Cómo ha sido el proceso de selección de la oferta para la renovación de la instalación de alumbrado público y su posterior implantación en el municipio?**

El objetivo era indagar "Cómo" se habían llevado a cabo estas renovaciones y cuales habían sido los resultados obtenidos. Una vez aprendido el "Cómo" se estudiaron cuales habían sido las motivaciones principales y porqué habían actuado de esa forma y tomado esas decisiones. Estas preguntas y las respuestas que las acompañaron fueron de carácter explicativo. Según Yin (2003) el estudio de casos se sitúa como un método preferente para dar respuesta a este tipo de preguntas.

El uso de técnicas cuantitativas es más apropiado para el desarrollo de análisis que necesitan de un marco teórico preexistente, validado y vigente, con una amplia información previa. Cuando estas condiciones

no se dan, las técnicas cuantitativas son más difíciles de aplicar (Yin, 2003).

La rapidez de los cambios tecnológicos que se están produciendo en el sector de la iluminación hace poco aconsejable utilizar datos históricos para hacer valoraciones. El Estudio de Casos se presenta entonces como una opción para el estudio de temas actuales sobre los que no existe un histórico de información representativo en el tiempo o las condiciones de estudio están en continuo cambio. Otro de los motivos que impulsaron al uso de esta técnica analítica fue la necesidad de tener en cuenta un gran número de elementos (Larrinaga y Rodríguez, 2007). El Estudio de Casos que se presenta a continuación justificará la rigurosidad requerida en los apartados siguientes.

En el Estudio de Casos:

1. Las **preguntas a responder han sido del tipo "Cómo"**.
2. Se ha tenido un **escaso o nulo control sobre los sucesos**, es decir, no se intervino en las decisiones sobre las contrataciones tomadas por los municipios. La actuación de la autora de la Tesis se limitó a un apoyo técnico en la interpretación de las ofertas y fue testigo de estos procesos.
3. Se han estudiado **fenómenos reales en un contexto real** (Lloria, 2004).

Existen sin embargo autores como Stake (2005 p. 443 citado por Creswell et al., 2007) que opinaban que el Estudio de Casos era más una elección del tema a estudio que una metodología. Esto podría parecer una debilidad del método, pero el proceso de investigación en los estudios cualitativos puede desarrollarse de forma sistemática y rigurosa. A diferencia de los cuantitativos, no es un proceso rígido o secuencial, de forma que cualquier cambio en la toma de datos, una vez iniciado el estudio, no amenazaría su validez (Forman et al., 2008). Aporta libertad para poder investigar sin necesidad de controlar la totalidad de variables estudiadas, pues en este estudio es imposible y contraproducente, ya que no se tiene una idea preconcebida de los resultados del mismo.

Las distintas evidencias presentadas a lo largo del estudio de cada caso y la forma en que han sido recogidas neutralizarán las posibles faltas de rigurosidad que se pudiesen atribuir al método. Estas evidencias van a ser:

- Estudio estadístico de cada municipio.
- Documentos reales utilizados para la contratación y ejecución de las instalaciones.
- Entrevistas.
- Encuestas que los usuarios de las instalaciones han cumplimentado de forma anónima.
- Mediciones luminotécnicas y de consumo eléctrico efectuadas antes y después de las renovaciones.

Se pretende complementar y dimensionar la información obtenida en la primera fase del estudio (Forman et al., 2008), de forma que los datos puedan ser transformados en resultados (Patton, 2002).

Una vez expuestos los condicionantes, se considera justificado el uso de la metodología del Estudio de Casos Múltiple en esta investigación.

4.2.2. Proceso de desarrollo del Estudio de Casos

La Figura 4.1 presenta un **esquema de las etapas** que, de forma secuencial, se irán cubriendo para el desarrollo del Estudio de Casos y que serán desarrolladas en los apartados siguientes:

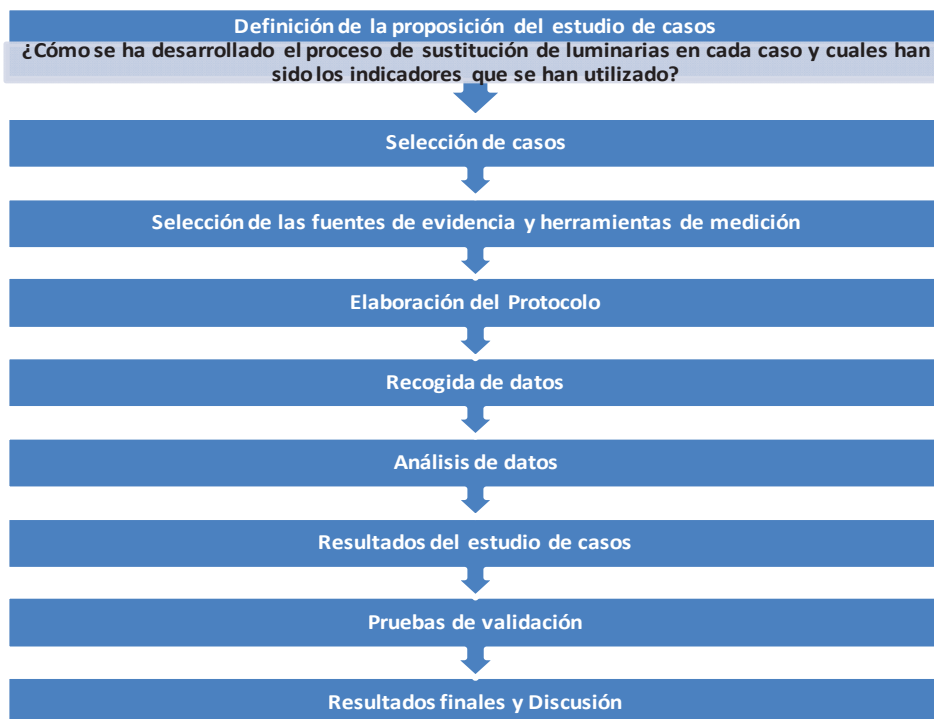


Figura 4.1. Diagrama de procesos de un Estudio de Casos. Fuente: Adaptado de Alarcón (2006).

4.2.3. Validación del Método

En el marco del estudio presentado, y en aras de procurar su validez y fiabilidad, se deberá utilizar en todos los casos un número mayor de tres de las Fuentes de Evidencia expuestas. Es decir, las evidencias que se vayan incorporando al estudio no deben originarse de una sola fuente, sino que deberá existir un refrendo obtenido con otro método para que sean válidas. Por ejemplo, el ahorro energético se ha estimado con los valores de las potencias de las fuentes de luz antes y después de la renovación, pero también estudiando las facturas de consumo eléctrico, una vez realizada la actuación.

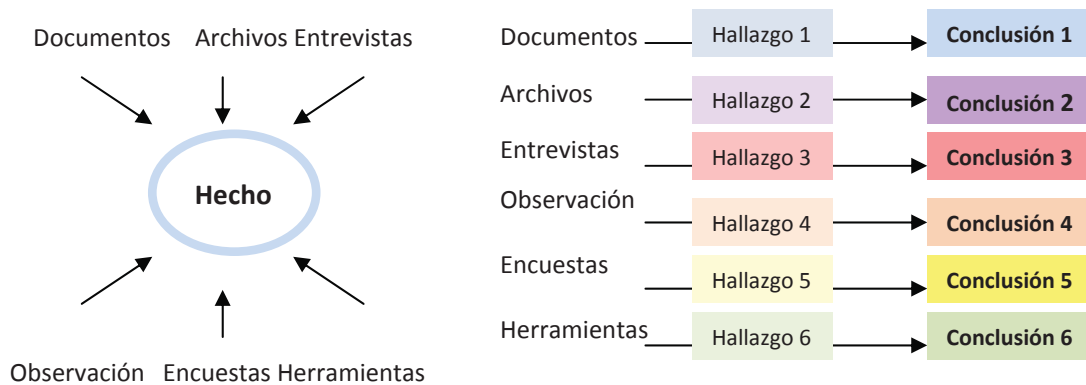


Figura 4.2. Convergencia (triangulación) y no convergencia de las fuentes de evidencia. Fuente: Yin, 2009.

Además de la existencia de múltiples evidencias y de la independencia en la toma de datos de cada una de ellas (Seale y Silverman, 1997), existen herramientas y criterios de calidad ampliamente establecidos y documentados para valorar la calidad de un Estudio de Casos. Yin (2009) propuso cuatro criterios para determinar la calidad y el rigor final de un estudio. Se realiza a continuación un breve resumen de los criterios que serán aplicados a este estudio y que se desarrollan en el apartado 4.3.9.

1. Validez estructural. Este criterio indica el grado en que el investigador ha sido objetivo en la búsqueda y tratamiento de la información para obtener finalmente sus resultados. Para justificarla, los investigadores:

- A. Utilizan múltiples fuentes de evidencia (triangulación). La triangulación es la posibilidad de moverse entre varias posiciones que no discurren en la misma dirección, es decir fuentes distintas de información para corroborar o no una línea de investigación, idea o concepto. Si no se produce corroboración, no quiere decir

que la triangulación sea errónea, hay que estudiar porqué no concuerdan. En la Tabla 4.1. se muestran las distintas fuentes de evidencia utilizadas en cada uno de los casos.

- B. Establecen una cadena de evidencias. Debe existir claras referencias a la metodología empleada y las evidencias encontradas, haciendo trazable la evolución hacia las proposiciones iniciales y las conclusiones finales.
- C. Disponen de informadores clave ante las mismas cuestiones, que facilitaron la revisión de los hallazgos. Retroalimentación y contacto interactivo con los informadores.
- D. Explican de forma detallada del procedimiento de análisis de datos.

2. Validez interna o lógica. Este criterio, empleado en estudios de casos explicativos, indica si las "inferencias" inevitables del investigador han sido correctas, si el investigador ha considerado posibles teorías "rivales", si las evidencias encontradas son convergentes y proveen de un argumento causal suficientemente lógico y razonable para sustentar las conclusiones (Larrinaga y Rodriguez, 2007; Gibbert et al., 2008).

- A. Se utiliza un patrón coincidente. Se compara un patrón obtenido con otro preestablecido. Si los comportamientos de las variables dependientes en función de las independientes del patrón obtenido se comportan como las del preestablecido y coinciden. Además, los patrones de teorías rivales no resultan confirmados.
- B. Se crea una explicación. En un Estudio de Casos Múltiple, se comprueba si las evidencias resultantes del primer caso son apoyadas por los sucesivos casos. Estas podrían confirmar o no la teoría propuesta, o bien llevar a modificar la explicación original, por lo que se debería volver al primero de los casos para ver si sus datos apoyarían la versión ahora alterada tanto como la original. Una vez hecho esto, se procedería a analizar los datos provenientes del tercero de los casos en estudio de forma similar, y así sucesivamente. Es necesaria, además, una referencia constante a la proposición del primer caso a las teorías rivales.
- C. Análisis de series temporales. Se trataría de un procedimiento análogo al experimento. Cuando se dispone de una serie larga de datos para una variable, estos se pueden analizar mediante el

uso de test estadísticos. El empleo de teorías rivales también la reforzaría.

D. Usa modelos lógicos. Consiste en combinar la técnica de búsqueda de patrones coincidentes y el análisis de series temporales.

3. Validez externa o generalizabilidad. Este criterio indica el grado en que los resultados obtenidos del caso pueden considerarse universalmente extrapolables. Los estudios de casos no pueden aportar generalización estadística, pero sí generalización analítica (Eisenhardt, 1989) al ser un estudio múltiple de entre 4 y 10 casos.

A. Usa lógica de replicación

B. Justificación de los casos elegidos.

C. Explicación detallada del contexto del estudio.

Los tres tipos de validación, como puede comprobarse, son independientes unos de otros. Sin la validez interna del proceso y sin establecer una cadena de evidencia suficiente entre las posibles interpretaciones y las evidencias observadas, que es la validez estructural, es difícil obtener una validez externa satisfactoria. Aunque cada uno de los tres tipos de validez se construyen sobre las demás, actualmente los investigadores prestan su atención a la validez externa en relación con las demás (Gibbert et al., 2008).

4. Fiabilidad. Este criterio mide el grado de confianza en que el que el estudio pudiese ofrecer idénticas conclusiones si fuese elaborado de nuevo por otro investigador que siguiese los mismos métodos empleados en este estudio. La trazabilidad y transparencia en el método seguido y replicación (Gibbert et al., 2008).

La rigurosidad del Estudio de Casos presentado puede justificarse, además, por el seguimiento de los 3 principios siguientes (Forman et al., 2008):

1. Rigor de la metodología empleada. La metodología empleada se basa en los estudios referenciados en la metodología, que han sido seguidos fielmente en cada uno de los pasos:

- Tanto la estrategia para la selección de los casos, como la elección de las fuentes de información utilizadas en su diseño, unida a las técnicas de recogida y análisis de datos, no perdieron de vista las preguntas iniciales del estudio.

- El proceso de toma de datos y las técnicas de análisis elegidas, directas e indirectas, fue sistemático y suficientemente claro para sostener los resultados (triangulación y reflexividad). Esto es debido a la naturaleza de las categorías ya definidas en la primera fase y que, por tanto, no ha sido necesario identificar. El proceso seguido consistió en analizar de forma independiente cada característica, categoría, dimensión, o constructo del conjunto total de casos estudiados.
- Mejora de la validez. Para optimizar la validez del estudio se han dedicado 4 años al mismo y se estudiaron otros 2 casos que finalmente no fueron incluidos al no cumplir los requisitos. Se han utilizado procedimientos analíticos (análisis de las mediciones, de las encuestas, de los consumos) para mantener la cadena de la evidencia de los hallazgos más importantes.

2. Experiencia del investigador y sus competencias. La experiencia de la investigadora es bastante dilatada en materia de alumbrado público, pues ha dedicado 10 años de su experiencia profesional a aumentar su grado de conocimiento en la materia. Como investigadora, su experiencia es menor, aunque ha estado en todo momento respaldada por el Área de Proyectos de Ingeniería de la Universidad de Málaga

3. Relevancia. Este estudio puede ayudar a los actores relacionados con las instalaciones de alumbrado público y sus renovaciones, a poder discernir, de entre la ingente cantidad de información que reciben cual es la más útil, significativa y que pueda ayudarle a decidir la mejor opción para renovar las instalaciones de su municipio.

4.3. Diseño del Estudio de Casos

El Estudio de Casos elaborado ha sido de tipo explicativo (Yin, 2009), es decir, trató de dar una visión lo más completa y detallada posible del proceso. En nuestro estudio, el proceso ha sido la renovación de las luminarias de alumbrado público en el municipio. Se configuró como un Estudio de Casos Múltiple, debido, sobre todo, a la existencia de medios materiales y a la certeza de que la elección de múltiples casos aumentaría la robustez de las posibles conclusiones (Yin, 2009).

4.3.1. Definición de la proposición objeto del estudio

La proposición última del estudio de la segunda fase fue la misma que en la primera: **identificación de cuales han sido los indicadores**

de una luminaria que, una vez valorados, puedan aportar a los técnicos municipales que están estudiando las ofertas presentadas para su renovación la información necesaria para seleccionar la mejor opción. Estos indicadores les servirán, además, para optimizar sus propios pliegos de prescripciones técnicas. La diferencia en esta segunda fase es que se parte de un listado de indicadores obtenidos de la fase anterior.

En los sucesivos apartados, se desarrolla la metodología utilizada para ello, sin perjuicio de que una vez en la etapa de desarrollo se deba reformular o modificar la pregunta (Gillham, 2005).

4.3.2. Selección de las fuentes de evidencia

Se ha utilizado **múltiples fuentes de información**, de acuerdo con Creswell et al. (2007) y Yin (2003) para la recolección de información sobre cada caso. La selección de las fuentes de información más apropiadas, fijando criterios para ello, mejoró el carácter científico a la metodología. La Tabla 4.1. presenta las distintas fuentes de evidencia de cada caso, así como el uso que se ha dado a cada una de ellas y sus posibles ventajas e inconvenientes.

USO	FUENTES UTILIZADAS	VENTAJAS	INCONVENIENTES
FUENTE DE EVIDENCIA: Documentación			
Corroborar evidencias de otras fuentes	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Artículos de fabricantes luminarias, buenas/malas prácticas. ▪ Prensa, webs y portales municipales. ▪ Estudios, informes de empresas energéticas, distribuidoras comercializadoras de energía eléctrica. ▪ Estadísticas nacionales y europeas sobre infraestructuras y consumo eléctrico. ▪ Estudios e informes llevados a cabo por entidades oficiales (Ministerio de Industria, IDEA, Junta de Andalucía, etc.) ▪ Estudios e informes llevados a cabo por el CEI (Comité Español de Iluminación). ▪ Cálculos de consumos, costes de instalación, explotación y mantenimiento ▪ Registros de visitas realizadas ▪ Memorias Técnicas de las actuaciones ▪ Proyectos Técnicos de las actuaciones ▪ Documentación sobre el proceso de adjudicación 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Estable ▪ Independiente ▪ Exacta ▪ Amplio espectro 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Difícil de encontrar ▪ Incompleta pierde objetividad ▪ Refleja sesgos del autor ▪ Acceso denegado
FUENTE DE EVIDENCIA: Archivos			
Pueden tener una	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Consulta bases de datos de la Diputación Provincial de Málaga sobre el histórico de actividades de renovación del 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Preciso 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Acceso limitado por razones privadas

USO	FUENTES UTILIZADAS	VENTAJAS	INCONVENIENTES
importancia capital o menor, en función del caso	Alumbrado exterior (AE) en la provincia. ■ Estadísticas del municipio ■ Inventarios de alumbrado público del municipio ■ Estimaciones del periodo de retorno de la inversión antes y después (y reales) de la renovación ■ Registros del personal de mantenimiento, averías, revisiones de la instalación de AE ■ Pliegos de contratación ■ Archivos de encuestas	■ Cuantitativo	■ Elaborado con otros fines
FUENTE DE EVIDENCIA: Entrevistas/ Encuestas			
Esenciales (a menudo asociada a una encuesta)	■ Entrevistas a técnicos municipales sobre la experiencia en la renovación de AE en sus municipios. ■ Entrevistas a los alcaldes sobre la experiencia en la renovación de AE en sus municipios. ■ Entrevistas y encuestas a usuarios de las instalaciones renovadas de AE: antes y después de la renovación.	■ Dirigido ■ Preciso. ■ Explica y provee causalidad	■ Sesgo de las preguntas ■ Sesgo de las respuestas ■ Imprecisiones por olvidos ■ Reflexión del entrevistado
FUENTE DE EVIDENCIA: Observación directa			
Formal/casual. Información adicional	■ Fotografías antes y después de la renovación en calles de municipios. ■ Mediciones de luz y color antes y después de la renovación en calles de municipios	■ Realidad en tiempo real ■ Contextual	■ Tiempo consumido ■ Selectividad ■ Reflexividad ■ Coste
FUENTE DE EVIDENCIA: Herramienta o equipo físico			
Antropología	■ Ordenadores, Impresoras ■ Medidores lumínicos: luxómetros para medir Iluminancias y colorímetro para medir Temperatura de Color de la fuente de luz ■ Mediciones de consumo ■ Cámaras fotográficas	■ Preciso en operaciones técnicas y rasgos culturales	■ Selectividad ■ Disponibilidad

Tabla 4.1. Fuentes de evidencia de un Estudio de Casos. Fuente: Adaptación de Yin (2003).

4.3.3. Selección de casos

La selección de los casos fue una fase delicada de la investigación, pues se disponía de un tiempo limitado de recogida de datos. La premisa principal para la selección de casos fue que **permitiesen a los investigadores recabar la información de las fuentes de evidencia más diversas posibles**. En especial, aquella en las que los investigadores habían podido tener acceso a los procesos de toma de decisiones de los técnicos municipales.

Los criterios utilizados fueron:

- **El número de casos.** En la elección del número de casos, existen muchas teorías. Normalmente el investigador no suele elegir más de

4 ó 5 casos (Creswell, 2007). Aunque según Yin (2003), cuantos más casos se estudien, mejor. Otros, como Gibbert et al. (2008), indican que un estudio de casos que incluya entre 4 y 10 casos puede proveer una base aceptable para la generalización. En esta investigación se seleccionó el mayor número de casos posible, que pudieron ser completamente estudiados de una forma detallada y arrojase resultados concluyentes, en total se establecieron 7 casos.

- **Tiempo disponible.** El proceso de diseño, contratación, ejecución de la actuación y comprobación de los resultados puede alargarse desde unos 6 meses y hasta 3 años, por los que existe una limitación temporal y de recursos humanos para la recogida de la información. Además de este intervalo de tiempo, hubo que tener en cuenta los plazos límite exigidos en las elaboraciones de la Tesis, que también limitan la capacidad del estudio, en esta situación. Los casos estudiados se desarrollaron entre los años 2015 y 2019.
- **Tamaño del municipio.** El tamaño del municipio se ha establecido según su número de habitantes. Este factor determina la cantidad de recursos de que dispone, que incluye también la dotación de personal técnico del mismo. Hay municipios, los más poblados, que disponen en su plantilla de un equipo de técnicos permanente que puede encargarse de la totalidad de las tareas de su competencia. Los municipios de menor tamaño no suelen disponer de una plantilla técnica permanente, por lo que suelen dotarse de ella de diversas formas: mancomunando estos servicios con otros municipios o contratando en plantilla técnicos a tiempo parcial, ya sea a través de otras Administraciones o de la empresa privada. Es en estos casos, es donde existe una mayor necesidad de asesoramiento de los técnicos municipales, pues disponen de pocas horas de dedicación y una gran variedad de actividades distintas a realizar. Esto les impide disponer de tiempo suficiente para especializarse en temas muy concretos o novedosos, como ejemplo, el caso de las nuevas tecnologías aplicadas al alumbrado público.

En definitiva, se analizaron municipios de menos de 20.000 habitantes, que hubiesen realizado actuaciones de renovación de su alumbrado público en los 4 últimos años, tratando de escoger aquellos casos que ofreciesen un mayor acceso a la información por parte de la investigadora y posibilidad de aprendizaje (Stake, 1995). Los municipios

escogidos disponían de una mayor cantidad de información, lo que facilitó la comparativa.

En cada uno de los casos estudiados, se incluyó a modo de introducción, un breve estudio estadístico (parte del estudio está extraído en la Tabla 4.2.) para acotar y poner en contexto cada uno de los municipios.

Datos estadísticos por caso (2016)	1	2	3	4	5	6	7
Nº Habitantes (2016)	2.573	1.710	3.385	494	3.268	598	175
Renta neta media (€/2014-2015)	10.061	9.112	9.677	-	9.404	8.398	-
Nº Lámparas* (fuentes de consumo)	406	599	966	223	1.228	218	122
Potencia total de las lámparas* (W)	45.045	80.925	119.094	29.626	176.679	28.600	15.055
Porcentaje del coste del AE respecto al total (%)	42	21	20	-	43	22	0,4
Consumo anual de electricidad por habitante (Wh/habitante)	120	207	154	262	236	209	314
Superficie de viales asociada a cuadro de AE (m2/cuadro)	22.590	4.570	17.103	30.464	10.518	21.373	5.024

* Lámpara: Bombilla o lámpara de descarga sin tener en cuenta el equipo auxiliar

Tabla 4.2. Descripción estadística de los casos seleccionados. Fuente: Elaboración propia.

Se aprecia que los casos, aún siendo de municipios con una población inferior a 20.000 habitantes, son distintos entre sí. Esto aporta riqueza a la investigación.

Como puede observarse en las Figuras 4.3. y 4.4., estos casos muestran distintas perspectivas a las cuestiones, procesos o eventos a estudiar, como sugiere Creswell et al. (2007). Los municipios disponen de distintas fuentes de luz (por ejemplo, el Municipio 3 prácticamente no dispone de luminarias de vapor de mercurio, por lo que no tiene obligación de sustituirlas o ya las han sustituido) y la diferencia en cuanto a medios también es distinta (el Municipio 7 tiene probablemente muchos menos recursos materiales y humanos que el Municipio 3).

Los datos estadísticos completos de cada uno de los casos, incluyendo el inventario de la instalación de alumbrado público municipal, perfiles de poblacionales, de consumo, medioambientales y del producto interior bruto de la zona pueden consultarse en el protocolo de cada uno de los casos, como se refleja en los Anexos 8 al 14 de la Tesis.

Porcentaje de lámparas de mercurio (2016)

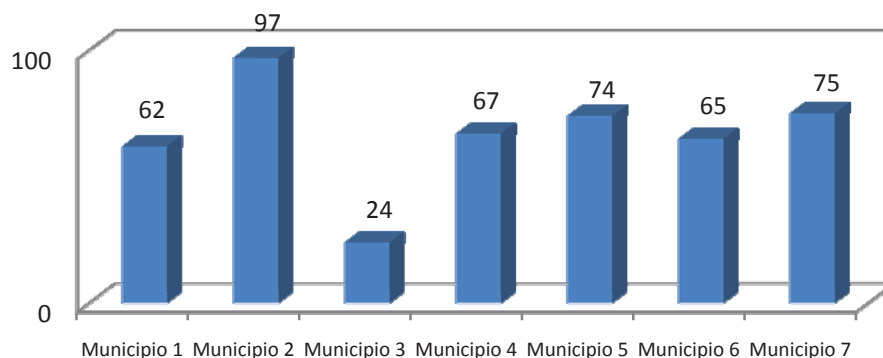


Figura 4.3. Porcentaje de lámparas de mercurio por municipio. Fuente: Elaboración propia.

Puntos de luz por cada 1000 habitantes (2016)

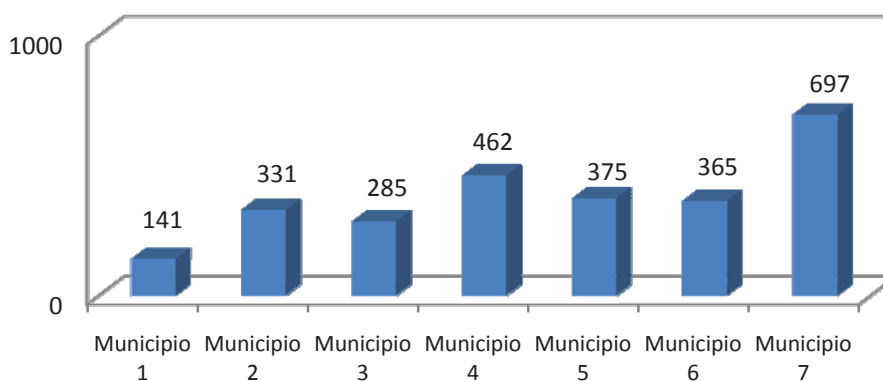


Figura 4.4. Puntos de luz por habitante en cada municipio. Fuente: Elaboración propia.

4.3.4. Selección de las herramientas de medición

La Tabla 4.1. enumera las fuentes de evidencia susceptibles de ser utilizadas en cada uno de los casos de estudio. **Se procuró recoger la información de todas estas fuentes en cada uno de los casos**, aunque no fue posible recogerlas todas en la totalidad de los mismos.

En esta sección, se detallarán aquellas fuentes principales de información que han sido más utilizadas entre las presentadas en la Tabla 4.1.:

- Pliego de Prescripciones Técnicas para la contratación de la actuación.
- Facturas de consumo antes y después de la actuación.
- Entrevistas.

- Encuestas.
- Mediciones lumínicas.
- Observación directa de los viales iluminados.

4.3.4.1. El Pliego para la contratación de la actuación

Cuando una Administración Pública (ya sea estatal, autonómica o local) necesita contratar el desarrollo de una actividad o suministro de algún bien o servicio, debe desarrollar un proceso de licitación, es decir, sacar el contrato de adjudicación a subasta o concurso público.

Para licitar un contrato, la Ley de contratos (Ley de contratos del sector público en vigor desde 2017 y anteriores) **exige la elaboración de los denominados pliegos, dónde quedan determinadas las obligaciones y derechos de las partes, de la administración y de la organización adjudicataria respecto a la licitación, adjudicación, formalización y ejecución del contrato.**

Habitualmente existen dos pliegos:

- **Pliego de cláusulas administrativas particulares**, que recoge, entre otros, los criterios de solvencia y adjudicación del contrato, el presupuesto de licitación, la duración, el plazo de ejecución, la garantía, etc. En definitiva, las condiciones, derechos y obligaciones fijadas en el contrato.
- **Pliego de prescripciones técnicas particulares**, de carácter técnico. Incluye las características técnicas de los bienes o prestaciones, el número de unidades, los requisitos, modalidades y características técnicas de las posibles variantes. Es decir, define las características técnicas que la administración va a requerir para aceptar y valorar una oferta. Puede incluir aquellos parámetros o características técnicas de la instalación que se consideren necesarias para cumplir satisfactoriamente los requerimientos del contrato.

Estos documentos proporcionan los criterios de aceptación o rechazo de las ofertas. Es por eso que los parámetros técnicos que se incluyen el Pliego de Prescripciones Técnicas deberían coincidir con los indicadores a valorar, pues así se aseguraría que el ofertante los ha aportado y pueden ser analizados.

De cada uno de los casos estudiados, se han recogidos las prescripciones técnicas de los Proyectos o Memorias Técnicas y las contenidas en los pliegos de prescripciones técnicas, en los casos en que ha dispuesto de acceso a ellos. Esta información puede consultarse en los Anexos 8 al 14.

4.3.4.2. Consumo antes y después de la actuación

Uno de los criterios para la valoración de la correcta ejecución de una instalación de alumbrado público es la mejora de la eficiencia energética de la misma. Además de las estimaciones teóricas de ahorro que se han realizado en cada caso, en virtud de la variación de la potencia de las luminarias existentes y las que iban a reemplazarlas, se recabaron también los **datos de facturación y consumo energético en periodos comparables entre sí, antes y después del proceso de renovación de las instalaciones**. Esta información sirvió también para estimar y posteriormente calcular el periodo de retorno de la inversión de cada actuación, junto a los costes de mantenimiento y reparación de posibles averías que la instalación hubiera podido tener después de su implantación. Los cálculos e información relativa a los estudios tarifarios pueden consultarse en los Anexos 8 al 14.

4.3.4.3. Entrevistas

Las entrevistas de un estudio de casos cualitativo pueden clasificarse según DiCicco-Bloom y Crabtree (2006) en estructuradas, semiestructuradas y desestructuradas. Las entrevistas desestructuradas equivalen a mantener una conversación guiada. Las semiestructuradas son las más utilizadas en los estudios cualitativos. Estas se establecen a partir de una serie de cuestiones que preestablecidas y luego se invita al entrevistado a aportar y enriquecer la cuestión. Las entrevistas semiestructuradas pueden durar entre 30 minutos y varias horas. Se optó por estas últimas, elaborando para ello una lista de preguntas. El diseño de las entrevistas corrió cargo de la autora de la Tesis.

Según Gillham (2005) las fases de una entrevista son:

- La fase de **preparación**: comienza antes de que la entrevista tenga lugar. En este estudio se seleccionaron para la entrevista perfiles técnicos (técnico municipal, personal de mantenimiento, electricistas municipales), políticos (alcalde o alcaldesa) y usuarios

de la instalación (sobre todo en los casos donde no fue posible el desarrollo de la encuesta).

- La fase de **primer contacto**: es fundamentalmente de carácter social. En este estudio se contactó con ellos para una entrevista presencial o telefónica.
- La fase de **orientación**: donde se sitúa al entrevistado en la dirección deseada. En esta fase previa, se informa de nuevo al entrevistado del objetivo de la entrevista y se firma el consentimiento informado. Esta fase nunca debe acortarse pues se crean los lazos y comienza a producirse el intercambio o reciprocidad entre investigador y entrevistado (Corbin y Morse, 2003).
- La **fase principal**: el corazón de la entrevista, la fuente de la información que será posteriormente analizada. Una entrevista semiestructurada implica preguntar a los entrevistados las mismas preguntas (Gillham, 2005). La clase y formato de las preguntas sigue un proceso de desarrollo para ajustarse a los objetivos establecidos y asegurarse una cobertura suficiente de cara al posterior análisis. Debe existir una serie de preguntas que pertenecen a subáreas de interés. La duración de las entrevistas debe ser similar. En este estudio, se les interrogó principalmente por 4 cuestiones:
 1. Proceso de sustitución de las luminarias, que puede recordar del mismo (antes, durante y después).
 2. Impresiones de él mismo y comentarios que haya recibido de otras personas después de la sustitución.
 3. Problemas que hayan surgido posteriormente en la instalación y como los han resuelto
 4. Grado de satisfacción actual con la instalación.

Existen elementos que, en la fase de recogida de datos, pueden quedar menos estructurados a priori: algunas preguntas pueden ser abiertas (por ejemplo, indicar su propia opinión personal) se puede "sondear" al entrevistado si el entrevistador estima necesario profundizar más en algún tema (por ejemplo, explicar en detalle las posibles averías que puedan haberse

producido y como se resolvieron). Esta fase principal puede subdividirse en las subfases siguientes (Corbin y Morse, 2003):

- A. **Fase de tanteo.** En esta fase, el entrevistado analiza al investigador y decide cuanto va a contar y el grado de precisión de la información que está dispuesto a aportar.
 - B. **Fase de inmersión.** Fase en la que el entrevistado aporta la información más relevante. Los participantes son invitados a aportar su información tal y como ellos la perciben. Los investigadores no son los protagonistas, son los que deben escuchar, deben transmitir confianza y saberla recoger de forma objetiva y precisa. Otras cualidades que el entrevistador debe poseer son credibilidad, intuición, receptividad, reciprocidad, autenticidad (Corbin y Morse, 2003), diligencia, conocimientos, creatividad y experiencia (Patton, 2002).
 - C. **Fase de emersión.** Es el comienzo del cierre de la entrevista y el investigador puede aportar alguna información (opinión, consejo, etc.).
- La fase de **cierre**: parcialmente social y cognitiva, donde se incluye una revisión conceptual. La naturaleza dinámica de la entrevista cualitativa hace imposible predecir con absoluta precisión los resultados de la misma (Corbin y Morse, 2003).

Hay que tener en cuenta que, según se aumenta el volumen de información obtenida, las preguntas fundamentales de la investigación emergen. Incluso aunque se haya realizado un enorme trabajo preparatorio, las cuestiones van evolucionando (Gillham, 2005). Durante la entrevista, el investigador debe ser cauto y no imponer sus opiniones al entrevistado (Rubin y Rubin, 2005). Hay que analizar la información que se recibe para encontrar relaciones entre las diferentes aportaciones obtenidas (Kongsvik et al., 2010). El entrevistador deberá mantener el control de la interacción con el entrevistado (DiCicco-Bloom y Crabtree, 2006).

Las entrevistas fueron realizadas, en cada caso, con una posterioridad de entre 3 a 6 meses a la finalización de la ejecución de la actuación. Las entrevistas no fueron grabadas, pero al tratarse de empleados por la administración pública, se deduce la reproducibilidad de las mismas en cualquier momento, ya que las

entrevistas se produjeron durante el desempeño de su actividad. De los 7 casos objeto de estudio se recabaron entrevistas en todos los casos. Las fechas, los detalles y las transcripciones de las entrevistas efectuadas en cada municipio pueden consultarse en los Anexos 8 al 14.

4.3.4.4. Encuestas

Las encuestas se realizaron mediante un cuestionario que recogía 3 tipos de variables: 1 variable de tipo subjetivo, 4 variables de tipo objetivo con información sobre el usuario (sexo, edad, relación de la zona actuada con su domicilio) y 12 variables relacionadas con la actuación.

Una vez realizado el primer diseño de las cuestiones de la encuesta por la autora de la Tesis, se hicieron modificaciones para detallar el tipo de respuestas esperadas y evitar vaguedades. **Se procuró que los enunciados de las preguntas tuviesen una línea como máximo** y las respuestas, excepto una pregunta abierta, fuesen contestadas marcando una cruz. **Se establecieron 5 niveles de respuesta (Escala de Likert) desde el total y absoluto desacuerdo hasta el acuerdo total y absoluto.**

Se hace necesario en este punto realizar una aclaración fundamental: el proceso de toma de datos de la encuesta se desarrolló de forma que asegurase la nula influencia de la investigadora en los resultados que se obtuviesen. Para ello, el cuestionario fue diseñado adaptando los conceptos técnicos relacionados con el alumbrado público a términos que el usuario percibiera como más cercanos. Los términos utilizados, debido a que no se iba a poder controlar el perfil de persona que iba a cumplimentar el cuestionario, debían ser manejados sin necesidad de aclaración previa.

Se relacionan a continuación las preguntas relacionadas con la actuación que se incluyeron en el cuestionario:

ENUNCIADOS DEL CUESTIONARIO	ITEMS ESTUDIADOS	PARÁMETROS RELACIONADOS
La calle está más iluminada que antes	Potente/Débil	Niveles de iluminación, uniformidad media y longitudinal.
El suelo de la calle brilla más que antes	Suave/Brillante	Deslumbramiento, Flujo luminoso.
La luz es más cálida que antes	Cálido/Frío	Temperatura de Color de la fuente de luz, Espectro

ENUNCIADOS DEL CUESTIONARIO	ITEMS ESTUDIADOS	PARÁMETROS RELACIONADOS
Distingo mejor que antes el color de los objetos	Desenfocada/Enfocada	Índice de Reproducción Cromática, sensación de seguridad.
Se ve diferencia de luz de la nueva calle con las otras	Intenso/Tenue	Niveles de iluminación, coeficiente de relación con el entorno, Temperatura de Color.
Existen zonas de sombras en la calle	Oscura/Iluminada	Uniformidad media y lineal, deslumbramientos, Fotometría, Disposición de los puntos de luz, Superficie a iluminar.
El brillo de la luz me da en los ojos cuando miro la calle	Deslumbrante/Apagada	Deslumbramiento perturbador, seguridad en el trabajo, Sensación de seguridad.
Distingo antes y mejor los objetos en la calle	Nítido/Borroso	Niveles de iluminación, deslumbramiento, seguridad en el trabajo, sensación de seguridad, S/P Band Relación entre la luminancia fotópica y escotópica
Parece luz natural	Natural/Artificial	Temperatura de Color, Espectro.
Más sensación de seguridad en los desplazamientos a pie	Seguro/Inseguro	Sensación de seguridad, disminución de la criminalidad.
Más sensación de seguridad en la conducción	Seguro/Inseguro	Sensación de seguridad, disminución de accidentes, seguridad en el trabajo.
Me resulta agradable y me hace sentir bien	Agradable/Desagradable	Confort visual, Calidad de vida del usuario, Salud y bienestar humano y animal.

Tabla 4.3. Tabla de asociación del cuestionario y parámetros relacionados con el alumbrado público. Fuente: Elaboración propia.

La encuesta se envió por correo electrónico al municipio entre 3 y 6 meses después de la finalización de cada una de las actuaciones. El alcalde se encargó de distribuirla y el personal del Ayuntamiento se encargó de recabarlas. Una vez cumplimentadas por los habitantes del municipio fueron enviadas a la investigadora para el tratamiento de los datos.

Los resultados se clasificaron en rangos intercuartiles de 1 a 5, desde el desacuerdo absoluto al absoluto acuerdo en dos niveles, entre los usuarios y sobre las cuestiones. La tabla de cálculos con los resultados de las encuestas están incluidos en los protocolos de los municipios (ver Anexos 8 al 14).

De los 7 casos objeto de estudio, sólo 4 gestionaron la entrega, cumplimentación y devolución de las mismas rellenas a la investigadora, es decir, solo se tabularon encuestas en el 57% de los casos, por lo que, aunque se estudiaron y se han presentado los resultados, se ha considerado que **no pueden servir para una generalización a la totalidad** del mismo.

Los resultados de las variables objetivas se presentan en los gráficos siguientes.

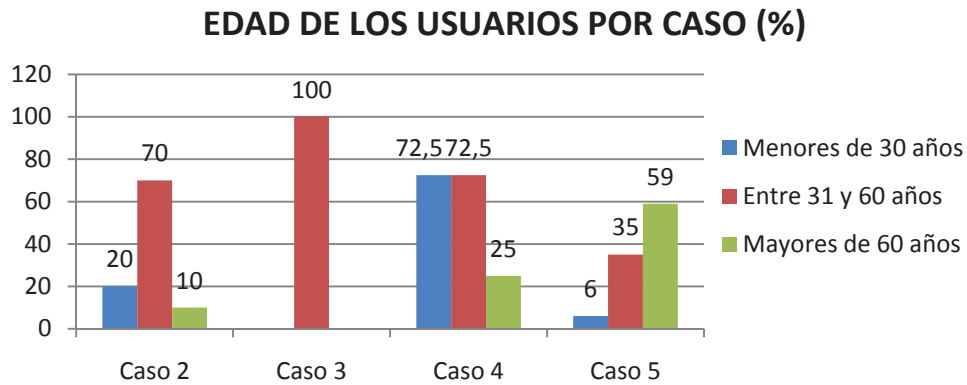


Figura 4.5. Edad de los usuarios que respondieron el cuestionario por caso en porcentajes. Fuente: Elaboración propia.

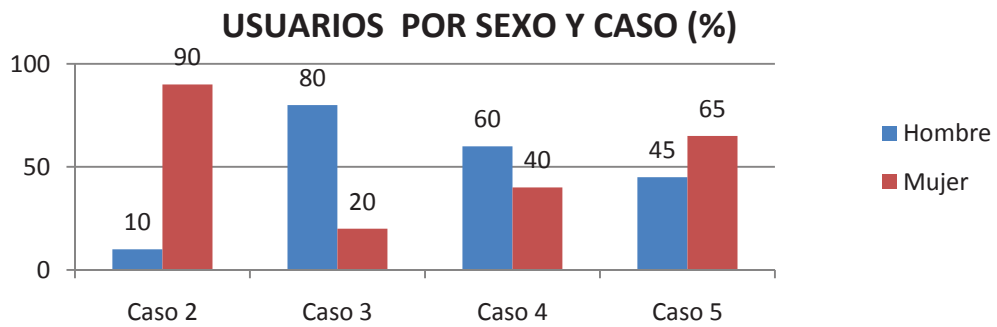


Figura 4.6. Usuarios que respondieron el cuestionario por sexo y caso en porcentajes. Fuente: Elaboración propia.

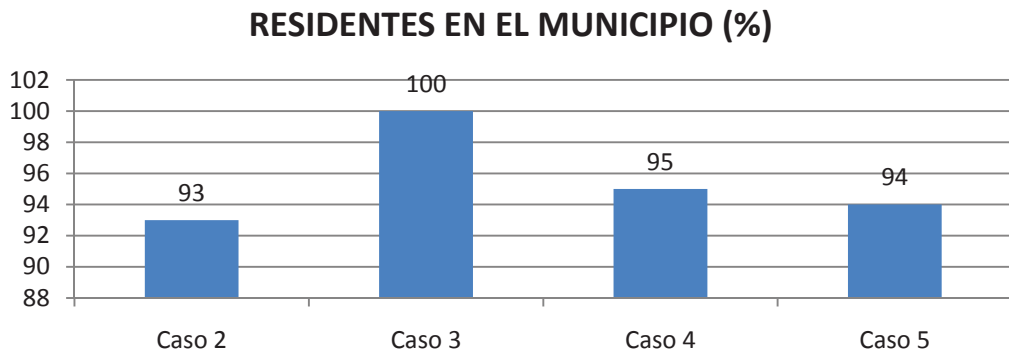


Figura 4.7. Porcentaje de residentes del municipio que respondieron el cuestionario. Fuente: Elaboración propia.

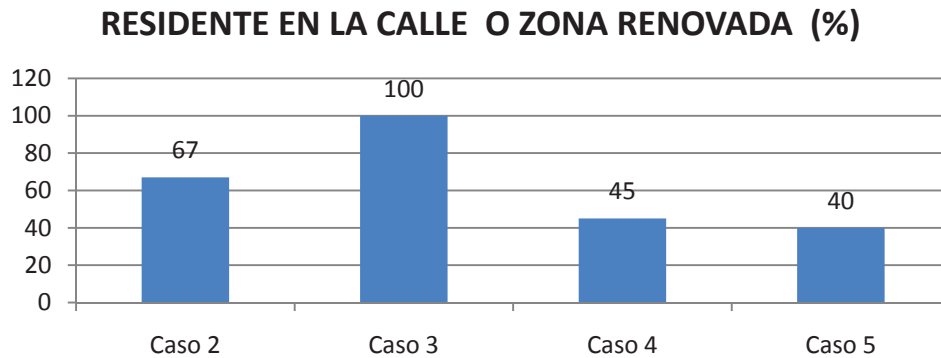


Figura 4.8. Porcentaje de personas que respondieron el cuestionario y que residían en la calle o zona renovada. Fuente: Elaboración propia.

Las respuestas de los participantes, los cálculos y los resultados del resto de variables del cuestionario pueden consultarse en los Anexos 8 al 14.

4.3.4.5. Mediciones lumínicas

Para el desarrollo de las mediciones lumínicas realizadas antes y después de las renovaciones, se tuvo en cuenta lo indicado en los contenidos de la Instrucción Técnica Complementaria EA-IT-07 del Reglamento de Eficiencia Energética en Instalaciones Alumbrado Exterior actualmente en vigor (Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, 2008) y la Norma EN 13201-4: Métodos de medida de las prestaciones fotométricas (Asociación Española de Normalización y Certificación, 2016). **Los parámetros recogidos fueron la Iluminancia, la Uniformidad Media con un luxómetro, la Temperatura de Color de la Fuente de luz y el Índice de Reproducción Cromática con un medidor de luz (espectrómetro).** En aquellos casos en los que no pudo ser utilizado el espectrómetro se estimó la Temperatura de Color en función del tipo de lámpara instalada en la luminaria.

Aunque en los registros se incluyeron las condiciones concretas relacionadas con las mediciones lumínicas efectuadas en cada caso, se enumeran a continuación una serie de principios comunes que rigieron la toma de datos en cada municipio.

Las condiciones climáticas en los días que se efectuaron las mediciones no afectaron significativamente a las medidas, excepto en el caso de las mediciones post-renovación del Caso 7, en

la que los técnicos percibieron a su llegada a la zona de mediciones un poco de niebla y cambiaron los puntos de toma de datos (siempre en la misma zona o vial que en la medición pre-renovación) para evitarla.

Los valores de temperatura y humedad existente nunca fueron demasiados altos o bajos, no afectando a la calibración y a la precisión de los instrumentos de medición de la luz. La climatología en la provincia de Málaga no es, en general, excesivamente dura. No se produjeron altas velocidades de viento que podrían hacer que los instrumentos de medición vibrasen u oscilasen.

Los datos sobre los equipos concretos de medida utilizados se han incluido en la documentación que recoge las mediciones en cada caso. La estrategia de medición y las mediciones efectuadas antes y después de la sustitución de luminarias en cada uno de los casos, así como los resultados de las mismas, pueden comprobarse en los Anexos 8 al 14.

4.3.4.6. Observación directa de los viales iluminados

Coincidiendo con las mediciones lumínicas, los técnicos que realizaron dichas mediciones, siempre acompañados por la investigadora, recogieron imágenes. Estas **instantáneas de las zonas iluminadas y luminarias fueron recogidas tanto en la fase anterior como en la posterior a la renovación** de las instalaciones y en prácticamente, cada caso. Se procuró que no se realizaran las instantáneas en zonas con interferencias de otras fuentes de luz (coches, luminosos, semáforos, etc.) y a una hora en que el aporte de luz solar fuese nulo.

Estas fotografías, así como la información asociada a su elaboración, están recogidas en cada uno de los protocolos del municipio (ver Anexos 8 al 14).

4.3.5. Elaboración del Protocolo

El protocolo de investigación del Estudio de Casos **contiene los procedimientos necesarios para obtener y analizar la información de forma estructurada**. El protocolo es un conjunto de procedimientos, preguntas y criterios que permite que toda la información recogida a lo largo de la investigación pueda ser comparada y procesada conjuntamente (Yin, 2003).

El protocolo ha hecho posible que el posterior proceso de recogida de datos fuese lo más objetivo posible. Esto es necesario e imprescindible cuando el estudio incluye varios casos (para poder comparar sus resultados) o lo llevan a cabo varios investigadores (para evitar juicios de valor). El protocolo contiene:

- **Una visión global de los objetivos de investigación** y de la literatura básica.
- **Los procedimientos para el estudio de campo:** credenciales y acceso de las localizaciones del estudio, fuentes de información, procedimientos para recopilar información, etc.
- **Las preguntas básicas del estudio:** cuestiones que ha de tener en mente el investigador al recopilar su información, formularios para recopilar datos, cuestionarios a repartir, etc.
- **Una guía para elaborar el informe de cada caso:** esquema, formato de la narrativa, contenidos orientativos, etc.

El protocolo de investigación refleja las pautas a seguir en la recopilación de datos e información en los casos seleccionados previamente. El desarrollo de un protocolo de investigación fue un trabajo muy complejo y completo, ya que la investigadora intentó anticiparse a todos aquellos problemas que pudiesen surgir durante la recogida de datos. Así mismo, el protocolo debe estar diseñado en función de los objetivos y de las técnicas de análisis de datos que posteriormente se fuesen a llevar a cabo. Un protocolo definido incorrectamente podría ofrecer información sesgada o llevar a juicios de valor no deseados.

El esquema del protocolo del Estudio de Casos se presenta en la Tabla 4.4., conformando una guía en la toma de datos de cada uno de los casos (los Anexos 8 al 14 detallan los protocolos de cada municipio estudiado):

PLANTILLA DEL PROTOCOLO DE CADA ESTUDIO

Caso nº N. PROTOCOLO DE ESTUDIO DE MUNICIPIO (NOMBRE), FECHA.

1. INTRODUCCION AL ESTUDIO DEL CASO Y OBJETIVO DEL PROTOCOLO

1. Definición de la proposición .
 2. Introducción. Revisión de la Literatura.
 3. Objeto del Estudio del Caso. Rol del protocolo.
 4. Marco teórico del Estudio del Caso.
 5. Selección del caso.
-

2. PROCEDIMIENTO DE RECOGIDA DE LA INFORMACIÓN

- Plan de recolección de datos (información que se espera obtener antes y después de la renovación, hechos observados, documentación finalmente recabada y su origen).
 - Como se prepara cada visita: qué documentación se revisa antes de ir, registros, archivos, entrevistas realizadas (ayuda a la triangulación, al menos, 3 fuentes de evidencia sobre un hecho) contexto del municipio y en relación al resto, estadísticas, situación, etc.
 - Puestos de las personas entrevistadas y lugares,
 1. Fuentes de evidencia. Archivo, estadísticas, antecedentes del municipio.
 2. Descripción de la actuación realizada.
 3. Características requeridas de las luminarias. Memoria de actuación elaborada para la sustitución.
 4. Pliego de características técnicas para la contratación.
 5. Documentos, cálculos de los consumos eléctricos estimados antes y después de la renovación.
 6. Entrevistas.
 7. Encuestas.
 8. Observación directa: visita a las instalaciones antes y después de producirse la renovación para proceder a la medición de los niveles de iluminancia en una misma.
-

3. INFORME DE RESULTADOS DEL ESTUDIO DEL CASO

- Lo que coincide y lo que difiere (criterios técnicos, medioambientales, sociales, económicos).
 - Resultados prácticos.
 - Desarrollo de los hechos: cronología de los acontecimientos, incluyendo la práctica del modelo lógico, presentación de los resultados relevantes, referencias a documentos.
-

4. CONCLUSIONES CASO, EVALUACION Y PREGUNTA DEL ESTUDIO DE CASOS

1. Valoración de los indicadores.
 2. Consideraciones.
-

Tabla 4.4. Protocolo del Estudio de Casos. Adaptado del esquema de Yin (2003).

4.3.6. Recogida de datos del Estudio de Casos

Cada municipio, aun siendo geográfica y demográficamente similar al resto, tiene su propia forma de administrar y gestionar sus actividades. Puede ocurrir que, en un municipio, la transmisión de la información y la relación con el personal sea muy sencilla y accesible mientras que, en otros, todas las gestiones deben realizarse a través del

alcalde, lo que puede retrasar la obtención de los datos e incluso, en algunos, puede ser misión casi imposible acceder a la información.

La fase de recogida de datos ha sido ardua y complicada, en primer lugar, por la gran duración en el tiempo de la misma, casi 3 años en algunos municipios, realizando sucesivas visitas o contactos telefónicos con los responsables municipales. En segundo lugar, por la **variedad de la naturaleza de la información recogida**: recopilación y estudio de documentos, visitas, observaciones, mediciones, cálculos, entrevistas, encuestas,... aunque esta variedad de las fuentes favoreciera la triangulación y reforzara la validez de los resultados, el trabajo que ha requerido fue bastante considerable.

En los estudios de casos, la naturaleza de la información recopilada suele ser de carácter cualitativo, con fuentes de evidencia subjetivas. En este estudio en cambio, la información recopilada ha sido de carácter cualitativo, pero sobre todo cuantitativo y la naturaleza de la información recopilada ha sido objetiva casi en su totalidad. La información introductoria del municipio fue básicamente información estadística y las fuentes de evidencia en su mayoría de origen numérico (datos de mediciones lumínicas, documentación de las Memorias Técnicas de las actuaciones, estimaciones de consumo, encuestas con un cuestionario de preguntas cerrado en su mayoría).

Aunque no se ha ignorado por completo la parte de exploración y libertad en la obtención de información. Para ello, en el cuestionario se incluyó una pregunta abierta y la entrevista también incluyó preguntas abiertas para conseguir aumentar la riqueza de la información. Por ejemplo, cómo actuaba el usuario si detectaba una anomalía o si no estaba satisfecho con los resultados, las dificultades que han encontrado posteriormente a la implantación de la instalación, si les ha dado problemas a posteriori, etc. (Forman et al., 2008).

La recogida de datos se ha realizado sin tener en cuenta el orden del protocolo sino, más bien, la disponibilidad de tiempo y los plazos de ejecución de cada una de las actuaciones. Los protocolos (Anexo 8 al 14) aglutinan los resultados de la búsqueda de información de las distintas fuentes de evidencia establecidas.

4.3.7. Análisis de datos del Estudio de Casos

El análisis de un Estudio de Casos consistió en una descripción detallada de lo realizado y de las premisas establecidas inicialmente. Existen muchas teorías en la fase de análisis de los estudios de casos. Yin (2003) opinaba de, al menos, la existencia de cuatro formas de analizar la información obtenida en la toma de datos. Propuso **elaborar tablas y encontrar información que pudiese ser considerada equivalente para los distintos casos y así dar lugar a una generalización de la información obtenida** (Yin, 2003). Este ha sido el método empleado en el presente estudio. De esta forma, se podrían transformar los datos en descubrimientos, darles sentido (Patton, 2002), clasificarlos y compararlos, además de poder usar en paralelo ideas y conceptos teóricos (Dellve y Hallberg, 2008).

El análisis se inició con la revisión de la información recogida de las distintas fuentes de evidencia. **La repetición en el acto de realizar las sucesivas revisiones facilitó, gracias a la estandarización del proceso, el análisis de los datos.** Gillham (2005) argumenta que al revisar la información obtenida en cada caso, como si de un libro se tratase, el cerebro la percibe como un conjunto de información a analizar. Y no solo eso, comienza a procesar la información que ha recibido y a elaborar (de forma inconsciente) la categorización y clasificación de los datos. Este repaso es una fase previa de preparación para el análisis interpretativo de la información. No es una etapa que deba realizarse a la ligera o de forma apresurada una vez realizadas las revisiones y transcripciones de la información. Un descanso (dos semanas) entre el repaso y el comienzo del análisis preparó físicamente y mentalmente a la investigadora, gracias al descanso realizado y al trabajo inconsciente que el cerebro realiza durante todo ese tiempo. Las transcripciones de las entrevistas se detallaron en cada protocolo.

Existen softwares que ayudan en la etapa de análisis, pues cuanto mayor es la cantidad de información a manejar más recomendable es su uso. Los investigadores suelen demandar que estos programas aumenten su complejidad y capacidad de análisis. Pero no hay que olvidar que la experiencia, la disciplina y la habilidad del investigador son los ingredientes esenciales para la excelencia del estudio cualitativo (DiCicco-Bloom et al., 2002). En nuestro estudio, al ser la naturaleza de los datos a obtener en su mayoría objetivos o de tipo numérico, ha resultado relativamente sencillo comparar los resultados obtenidos de unos casos con otros, no siendo necesario recurrir a un software para la búsqueda de patrones (Pattern Matching). El análisis de los datos

recogidos se realizó colocando en tablas los resultados de cada una de las fuentes de evidencias disponibles por caso. Con esta síntesis se pretendió que emergiesen evidencias que refutasen el listado de indicadores.

La información recogida de fuentes de evidencia no numéricas ha necesitado ser tratada previamente. La transcripción de la información (por ejemplo la de las entrevistas) puede definirse como un proceso de interpretación, identificando los términos clave y eliminando las repeticiones y contenidos sin valor, e incluyendo las aclaraciones e información que se consideraba valiosa y esencial de la original. Se obtuvo así una transcripción válida. Debería resultar una narrativa clara, sencilla, rápida de leer y casi en su totalidad con las palabras del entrevistado. Para ello se siguieron los pasos siguientes:

- A. Se leyeron las transcripciones escritas del protocolo y se clasificaron en función de su rol en el municipio, retirando lo accidental u ocasional del ítem estudiado. Una vez aislado el concepto en su significado genérico, generalizarlo y **buscar la repetición del fenómeno en otros sitios**, al igual que se ha hecho con el resto de fuentes de evidencia. Hay que buscar combinaciones, no variables; considerar diversas explicaciones, desconfiar de la información oficial, estudiar el histórico de los resultados obtenidos y obtener conceptos mientras se realiza el análisis de los datos (Becker, 1998).
- B. Se leyeron las transcripciones e **identificaron palabras y frases clave en el lenguaje del informante extrayéndolas del texto** (Eaves, 2001). El análisis de la información es también hacer distinciones en la información obtenida, de forma que estas diferencias puedan ser comprobadas con mayor claridad (Gillham, 2005).
- C. **Se hizo una lista de estas "ideas clave"**. Creadas por el propio investigador, para sintetizar e identificar la idea que se había querido transmitir. Estas "claves" sirvieron para clasificar, compilar la información y, en caso necesario, agruparse por temas, cuestiones o conceptos. A su vez, estos conceptos pueden agruparse en categorías (Eaves, 2001). En nuestro caso, se utilizó este método para obtener ideas "clave".
- D. **Se agruparon las distintas ideas "clave" en categorías** para identificar resultados.
- E. **Se volvió a realizar todo el proceso** de nuevo para el caso siguiente (Grounded Theory).

Todos los casos tienen una estructura construida paso a paso, según se fueron ejecutando las diferentes etapas de la instalación. La identificación de estas distintas etapas se ha producido cuando se han ido desarrollando las sucesivas tomas de datos y progresivamente se han ido añadiendo etapas (cada vez menos) al tomar los datos de los casos. Se puede considerar que el primer caso estudiado ha resultado ser el prototipo, a partir del cual han ido surgiendo las evidencias, según se han ido elaborando los protocolos del resto de casos.

No todos los casos contienen las mismas etapas, pero poseen elementos en común que se prestan a poder ser comparados. En nuestro caso, las etapas no eran cruciales para en el análisis, pues estas etapas no varían sustancialmente de un caso a otro, pero servían para obtener información sobre las instalaciones. Las categorías ya estaban establecidas de antemano en la primera fase del estudio (adaptada al municipio, económico, lumínico, medioambiental, social y técnico) pero realmente tomaron cuerpo cuando fueron analizadas las sucesivas transcripciones. Las categorías se definieron descriptivas, no abstractas. Serán apartados donde serán incluidas afirmaciones y comentarios del investigador.

En la Tabla 4.5. se presenta una síntesis de los datos extraídos de los protocolos de cada caso. La información se ha clasificado en tablas para favorecer la comparación de los datos (Larrinaga y Rodríguez, 2007). También se expone en gráficos que agregaron frecuencias sobre comportamientos que se repetían, análisis de estos y sus relaciones mediante el establecimiento de indicadores, tales como porcentajes, medias y varianzas.

Datos Obtenidos	Casos	1	2	3	4	5	6	7
General								
Potencia media por luminaria (W)		123	135	124	130	143	131	123
Consumo al año por luminaria (kWh/año)		850	592	437	569	630	575	450
Actuación								
Coste por luminaria instalada (€)		273	418	444	533	172	524	226
Eficiencia lumínica requerida actuación (lm/W)		100	88	100	100	100	100	100
Eficiencia lumínica instalada (lm/W)		100	102	129	102	101	103	120
Número de luminarias objeto de la actuación		406	97	64	63	96	45	20
Porcentaje respecto al total de la luminarias del municipio		100	16	7	28	8	20	16
Potencia media por luminaria actuación (W)		30	35	39	35	38	30	30
Consumo al año por luminaria después de la actuación*(kWh/año)		385 ^R	564 ^R	109 ^R	447 ^E	146 ^E	153 ^E	128 ^E
Porcentaje ahorro energético al año**		45 ^R	5 ^R	75 ^R	21 ^R	75 ^E	80 ^E	80 ^E
Retorno de la inversión (año)***		5 ^R	7 ^R	2 ^R	>7 ^R	3 ^E	>7 ^E	4 ^E
Los entrevistados están conformes		No	Si	Si	Si	Si	Si	Si
Los encuestados están conformes		-	Si	Indiferentes	Si	Si	-	-

Datos Obtenidos	Casos	1	2	3	4	5	6	7
Observación directa aprecia mejoría		Si	Si	No	Si	Si	No	Si
Mediciones Iluminancia ¹ correctas		Supera niveles (4/5)	Supera niveles (2/3)	Supera niveles	Si	Si	No	Si
Mediciones Uniformidad ¹ mejor situación previa		No (4/5)	Si	No	Si	Si	Si	Si
TCC**** requerida		No	Si	Si	Si	Si	Si	Si
IRC***** requerida		Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si
Indicadores								
Ofertante con la mejor o igualado a la mejor valoración del listado de indicadores coincide con oferta elegida		Si	Si	Si	No	Si	Si	-

* Consumo real (R) procedente de la facturación eléctrica del municipio o en su defecto estimado (E) en virtud de la luminaria finalmente instalada.

** Porcentaje de la relación de consumos finales e iniciales reales (R) o en su defecto estimados (E) en virtud de la luminaria finalmente instalada.

*** Número de años que tarda en recuperarse la inversión a partir del consumo real (R) de la facturación del municipio o estimados (E) en virtud de la luminaria finalmente instalada.

**** TCC: Abreviatura de la Temperatura de Color Correlacionada.

*****IRC: Abreviatura del Índice de Reproducción Cromática.

¹ La correspondencia de los resultados de la medición con el resto de evidencias no implica necesariamente el cumplimiento normativo de los niveles de iluminación exigidos.

- No se obtuvieron evidencias de esta fuente de evidencia.

Tabla 4.5. Datos de las fuentes de evidencia por caso. Fuente: Elaboración propia.

4.3.8. Resultados del Estudio de Casos

La Tabla 4.5. de análisis de los datos conseguidos, ha servido de base para obtener los resultados del Estudio de Casos. Para facilitar la interpretación de los mismos, se han presentado al principio los de carácter general y después una síntesis clasificada por categorías de indicador:

- En relación a los indicadores de carácter técnico, la potencia media de cada lámpara existente se sitúa en torno a 130W. En los inventarios de cada caso se puede comprobar que la lámpara más habitual es la de una potencia de 125W o 150W de Vapor de Mercurio. Las reducciones de potencia obtenidas en las renovaciones se situaron por debajo de 74% respecto a la potencia media instalada por municipio. Los ahorros medios estimados del consumo eléctrico se sitúan en un 53%, aunque hay que tener en cuenta que muchas actuaciones afectaban a un número pequeño de puntos de luz en proporción al total del municipio. En otros casos, las actuaciones estaban repartidas entre varios cuadros y no se pudo comprobar los ahorros reales a través de la facturación o no se obtuvo autorización para su estudio. Se observó, además, que las sustituciones de luminarias en los casos más recientes son de menor potencia que en

los casos más antiguos, para una misma potencia en la luminaria existente. Los fabricantes están aumentando progresivamente la eficiencia de los bloques ópticos. En todos los casos, la eficiencia finalmente contratada superó la establecida inicialmente en los requerimientos técnicos de las luminarias.

- En todos los casos, la vida útil finalmente contratada igualaba o superaba la establecida inicialmente en los requerimientos técnicos de las luminarias, excepto en los casos en que los criterios no fueron puramente técnicos: en el Caso 4 la mesa de contratación se decantó por un criterio estético y en el Caso 7, por un criterio económico.
- Se ha evidenciado un nuevo parámetro que se ha requerido en los últimos cuatro casos, "Protección sobretensión de la luminaria de 10kV". Solo aparece en una de las publicaciones de la Fase 1, haciendo referencia a su utilidad, sin especificar si debe exigirse o adjudicarle algún valor a este parámetro. Se ha asimilado inicialmente al **Diseño de la luminaria**.
- En relación a los indicadores de carácter económico, se evidenció que los costes de la luminaria dependían del modelo elegido y estos costes iniciales influyeron directamente en el periodo de retorno de la inversión, siendo el periodo de retorno muy alto en aquellas luminarias de mayor precio. El aspecto estético modificaba la rentabilidad de una instalación. Solo en los casos en que las luminarias tenían un consumo muy alto (de 250W de potencia o mayor) este factor no influyó tanto y los costes también disminuyeron. Sólo en el Caso 1, las actuaciones han generado gastos extra al municipio en el primer año de vida. De los siete casos estudiados, en cuatro de ellos se ha elegido la oferta de menor importe, siempre que cumpliesen los requisitos técnicos exigibles. En dos de los casos no estaba permitido reducir el importe económico del contrato y en un caso todos los ofertantes excepto uno, incumplieron los requerimientos técnicos exigidos, por lo que fueron eliminados.
- En relación a los indicadores medioambientales, en todos los casos se ha cumplido el **Índice de Reproducción Cromática** requerido. La **Temperatura de Color Correlacionada** se ha respetado en todos los casos excepto en uno, en el que la mesa de contratación lo modificó al no existir ofertantes que lo cumplieran. En solo uno de los siete casos, los ofertantes han presentado información que acreditase una limitación de la longitud de onda mínima del LED utilizado. No se

aportó, ni se requirió en ningún caso, información sobre los indicadores **Espectro de emisión de la fuente de luz** y **Sostenibilidad de las materias primas**. Estos indicadores no han sido decisivos en caso alguno.

- Con respecto a los indicadores lumínicos, la disminución de la **Illuminancia/Luminancia media** y de la **Uniformidad media** por debajo de los valores establecidos en el Reglamento 1890/2008 sobre instalaciones de Alumbrado Exterior, es decir los Casos 1, 3 y 6, han sido detectadas por otras vías, aparte de la medición. Además de las mediciones, en las entrevistas a los usuarios, la observación directa o las encuestas han sido detectados estos defectos. En los casos en que se superaron los niveles de iluminación establecidos en un porcentaje superior al 20%, que es el permitido por el Reglamento, este hecho no se han podido detectar por otras fuentes de evidencia.
- De los tres casos que presentaron deficiencias, en el Caso 6 se notificó al alcalde este hecho. El alcalde, después de visitar la zona por su cuenta y comprobar que existía a su juicio buena visibilidad, y no se produjeron quejas de vecinos, decidió mantener estos niveles. Hay que tener en cuenta que los valores de la uniformidad media en este caso habían mejorado, y la opinión final del alcalde fue que no se veía peor y que el municipio estaría ahorrando aún más.
- En aquellos casos en los que el resultado de algún parámetro resultó empeorar la situación inicial, siempre hubo otras fuentes de evidencia distintas que lo reflejaron. Si los resultados de las mediciones arrojaron un resultado desfavorable, otra evidencia indicó que algo no iba bien. En el Caso 1, aunque los valores de iluminancia eran superiores a los iniciales, los de uniformidad eran más desfavorables. Las entrevistas realizadas a los usuarios detectaron esta anomalía, describiendo ellos mismos el clásico efecto cebra que una disposición o fotometría inadecuadas producen en los viales. En el Caso 3 ocurrió igual con las mediciones de uniformidad, y si bien las entrevistas no arrojaron evidencia alguna al respecto, los resultados de la encuesta mostraron una indiferencia de los usuarios a la iluminación instalada, no sabiendo si les parece mejor que la anterior o no. En el Caso 6, se detectó una reducción de la iluminancia en la observación directa y la iluminancia medida. Se observó que, en los casos en que la uniformidad mejoraba, no se producían contradicciones con otras fuentes de evidencia. **La "Uniformidad" es el valor a mantener o mejorar, más importante que la iluminancia.**

- A los usuarios que cumplimentaron los cuestionarios, no se les informó ni requirió noción alguna sobre principios de iluminación. Aun así, han contestado en desacuerdo a las preguntas "trampa" de manera correcta en los casos en los que los niveles de iluminación habían mejorado. El cuestionario incluyó tres ítems que podrían hacer pensar que se estaba calificando la instalación como correcta, pero en realidad estaban describiendo un posible defecto (deslumbramiento, por ejemplo). Los usuarios calificaron la instalación como satisfactorias de forma global, excepto en el Caso 3, que el resultado podría calificarse indiferente, ni de aceptación ni de rechazo. En este caso, la **Uniformidad Media** empeoró respecto a la situación inicial. En el Caso 2 y 4 los usuarios no estuvieron de acuerdo con las tres preguntas que definían defectos en la instalación, y en el Caso 5 con dos de las tres. En estos tres casos, las mediciones a posterior mejoraban los valores iniciales.
- En el Caso 3, de entre las preguntas en que los usuarios han declarado en el cuestionario estar conformes, una de ellas era una pregunta "trampa" en las que indicaba defectos de la instalación (deslumbramientos, falta de uniformidad, etc.). También detectaron a simple vista el cambio de Temperatura de Color Correlacionado, mostrando su desacuerdo a un aumento de la calidez de la iluminación cuando en realidad las luminarias pasaron de Vapor de Sodio de Alta Presión (con Temperaturas de Color Correlacionado que suelen oscilar entre 2000-3000K) a LEDs con una Temperatura de Color Correlacionada de 4000K.
- **Todos los usuarios entrevistados se han mostrado de acuerdo con los resultados de la actuación**, excepto en el Caso 1, donde se produjo un empobrecimiento de la uniformidad media. Existe otro caso, el Caso 3, donde también se produjo este empeoramiento. Sin embargo, aunque en la encuesta resultan indiferentes al resultado de la actuación, en las entrevistas se muestran satisfechos. Una explicación podría ser la naturaleza misma de la actuación, ya que en el Caso 1 fue en el núcleo urbano del municipio y en el Caso 3 en un polígono industrial, donde los desplazamientos de los usuarios se producen en su mayoría en vehículos. Además, los usuarios que elaboraron las encuestas no fueron informados de los ahorros que podía generar la actuación y a los entrevistados si se les informó.
- En todos los casos, la oferta que mejor valoraba los indicadores de la lista de indicadores obtenida en la primera fase del estudio, ha sido la

elegida por el Ayuntamiento, excepto en el Caso 4, en la que se decidió primar el criterio estético.

- En relación a la lista de indicadores, los resultados indicaron que, en todos los casos, más del 71% estaban presentes en el Pliego de Prescripciones Técnicas o era un requerimiento necesario en la Memoria Técnica de la instalación. Pero a la hora de requerir los indicadores, en los Pliegos de contratación y valorarlos, el porcentaje disminuye bastante.

En la Figura 4.9., puede comprobarse como el porcentaje de indicadores requeridos en los Pliegos de contratación disminuye drásticamente.

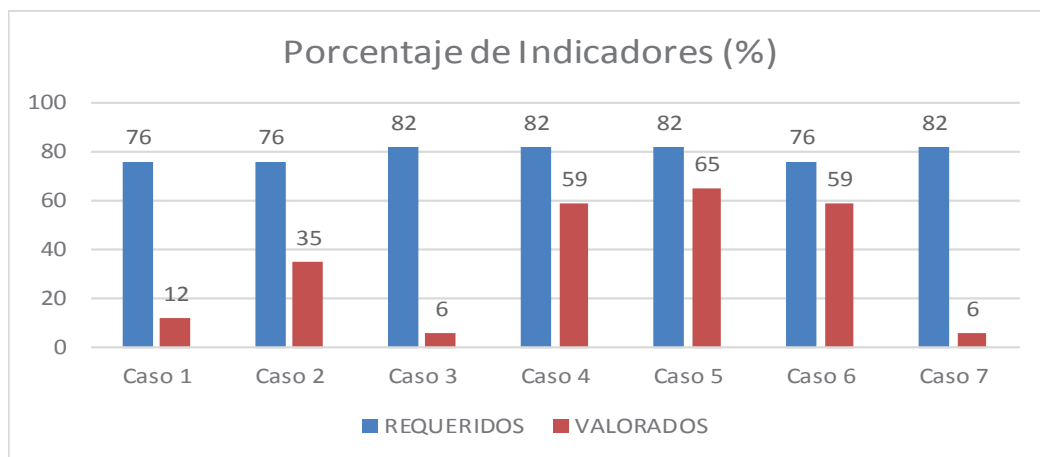


Figura 4.9. Porcentaje de indicadores requeridos/valorados por caso (Pliegos o Memoria Técnica). Fuente: Elaboración propia.

En tres de los casos (casos 1, 3 y 7) sólo se valoró el indicador **Coste de la luminaria**. Puede comprobarse que son los que tienen un porcentaje más bajo de indicadores valorados en la Figura 4.9. De los tres, el Caso 3 eliminó ofertantes con una oferta económica más baja que el elegido (ver Anexo 10) porque no aportaron la totalidad de indicadores requeridos. En el Caso 1 (ver Anexo 8) ambos ofertantes aportaron todos los indicadores requeridos. Puede afirmarse que finalmente fue solo el Caso 7 el que tuvo en cuenta únicamente el criterio económico.

Los indicadores valorados en más del 50% de las ofertas son, junto al **Coste de la luminaria**, las **Horas de servicio/ Ciclo de vida instalación/ Vida útil** y **Potencia/Intensidad de trabajo del punto de luz**.

En la Tabla 4.6. se muestra los casos en que cada indicador fue requerido o valorado.

Caso	1		2		3		4		5		6		7		%R	%V
Indicador	R	V	R	V	R	V	R	V	R	V**	R	V	R	V	%R	%V
1 Coste de la luminaria en el lugar de la instalación	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	100	100
2 Diseño de la luminaria	X		X	X	X		X	X	X	X	X	X	X		100	57
3 Eficacia/eficiencia lumínica fuente luz/instalación	X		X	X	X		X	X	X	X	X	X	X		100	57
4 Espectro de emisión de la fuente de luz															0	0
5 Luminancia/Iluminancia media/semicilíndrica de la instalación*	X						X	X			X	X			71	0
6 Factor de potencia del punto de luz			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		86	43
7 Flujo luminoso emitido por fuente de luz	X				X										29	0
8 Fotometría	X		X	X	X		X	X	X	X	X	X	X		100	14
9 Fuente de luz/Instalación regulable	X		X	X	X		X	X	X	X	X	X	X		100	43
10 Horas de servicio/Ciclo de vida instal./Vida útil	X		X	X	X		X	X	X	X	X	X	X		100	57
11 Índice de Reproducción Cromática			X	X	X		X	X	X	X	X	X	X		86	43
12 Porcentaje Emisión al Hemisferio Superior	X		X	X	X		X	X	X	X	X	X	X		100	43
13 Potencia/Intensidad de trabajo punto de luz	X		X	X	X		X	X	X	X	X	X	X		100	57
14 Sostenibilidad de las materias primas															0	0
15 Temperatura de Color de la fuente de luz	X		X	X	X		X	X	X	X	X	X	X		100	43
16 Disposición de los puntos de luz ^ª	X	X	X	X	X		X	X			X	X			100	29
17 Superficie a iluminar ^ª	X	X	X	X	X		X	X			X	X			100	29

* Este indicador se ha considerado requerido si existía en el Proyecto o Memoria el cálculo luminotécnico con los niveles establecidos.

ª Este parámetro se ha considerado requerido cuando el pliego contemplaba la valoración de las mejoras en número de unidades de luminaria.

** En el Caso 5, cada característica técnica se valoró de manera individual, 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. Se valoró con "0" puntos aquellas ofertas que cumplían los requisitos mínimos indicados en la Memoria y, por tanto no aportaban mejoras. Igualmente, se valoró con "0" puntos aquellas ofertas que no cumplían alguno de los requisitos mínimos indicados en la Memoria, decidiendo la Mesa de Contratación, en cada caso, si aceptaba o no estas ofertas.

Tabla 4.6. Tabla de indicadores de la primera Fase requeridos (R) y valorados (V) en cada caso. Fuente: Elaboración propia.

4.3.9. Validez de los datos obtenidos en el Estudio de Casos

De acuerdo a lo indicado por Larrinaga y Rodríguez (2007), se ha procurado mantener una cadena de evidencia, de forma que pudiese ser reconstruida por otros investigadores; si siguen la secuencia establecida entre evidencia y su contexto, las preguntas a ser contestadas por el estudio, los criterios y técnicas utilizados y las conclusiones resultantes. Se ha creado una base de datos de cada caso (notas, documentos, registros, narraciones) que conforman los Anexos 8 al 14 de esta Tesis.

Validez estructural.

- Para comprobar la idoneidad de las instalaciones, se utilizaron un número mayor de tres de las seis Fuentes de Evidencia presentadas (mediciones, entrevistas, encuestas, estudio de la documentación). Se estudió en cada caso si la actuación se adaptaba a las necesidades del municipio y el grado de satisfacción de los distintos

- actores (usuarios, personal de mantenimiento, responsables municipales).
- Las fases en este estudio de casos fueron secuenciales y siempre coincidentes, no siendo el factor temporal decisivo, pero sí las decisiones que se tomaron en cada caso y los resultados medidos o estimados. Estos resultados fueron los que aportan la información clave.
 - Las entrevistas realizadas en todos los casos proveyeron a los investigadores de información que se contrastó con los resultados de la observación directa y las mediciones. Los entrevistados, además, recibieron información de la instalación durante la entrevista, que les enriqueció sus aportaciones.
 - El análisis efectuado en los apartados anteriores y los protocolos con el desarrollo de los datos obtenidos en cada caso aportaron una explicación detallada tanto de la fase de recogida de información como de su posterior tabulación y análisis.

Validez interna o lógica.

- Se ha utilizado el primer caso como prototipo, las tablas de análisis se diseñaron inicialmente a partir de los resultados de este primer caso y luego se fueron modificando en función del resto. Se comparó el patrón obtenido con otro preestablecido (un protocolo de un caso con el anterior). Por ejemplo, los resultados de eficiencia energética en los primeros casos fueron reales, pero la imposibilidad de conseguir esta información en todos los casos hizo que se modificara la tabla e incluir también los resultados estimados para poder establecer una comparación, aunque fuese aproximada.
- Nunca se perdió de vista la lista de indicadores identificada en la primera fase y la validación de la misma, que fue el objetivo último del Estudio de Casos.
- En los casos de estudio de esta investigación, el factor temporal no fue decisivo, aunque sí se ha observado un rápido cambio en la tecnología de las luminarias instaladas que puede modificar los indicadores previamente seleccionados. Es un factor a tener en cuenta.

Validez externa o generalizabilidad.

En prácticamente todos los municipios, se han podido obtener la mayor parte de las evidencias, ya sean reales o por estimación. Excepto la encuesta a los usuarios en las que 3 municipios no participaron. Al no

tener influencia alguna sobre el desarrollo de las encuestas, no se pudo influir para que los municipios la distribuyeran. De todas formas, existían otras fuentes de evidencia que han compensado, en parte, esta falta.

Fiabilidad.

Se han utilizado los protocolos como plantilla de estudio de cada caso para que pueda ser trazable y replicada la metodología utilizada. Además, estos mismos protocolos cumplimentados se configuran como una de base de datos junto a las tablas de análisis.

4.4. Discusión y Resultados obtenidos en la Segunda Fase

El análisis de los casos ha generado una serie de aportaciones al estudio, como son:

- En todos los casos, excepto en uno en que primó el criterio estético sobre el resto, la mesa de contratación eligió la oferta con el listado de indicadores obtenidos en la primera fase mejor valorados. Que las ofertas con los mejores valores del listado de indicadores sean siempre las elegidas, al ser un estudio cualitativo, no es causa suficiente de generalización, pero es una evidencia que apunta a que los indicadores pueden aportar soluciones idóneas.
- De los 7 casos estudiados, en 3 casos se eligió la oferta económica más baja de entre las presentadas. De estos 3 casos, solo uno utilizó en exclusiva el indicador **Coste de la luminaria** para efectuar su elección, sin tener en cuenta el resto de indicadores. La Ley de Contratación del Sector Público prima las ofertas de menor importe económico en la contratación en la Administración Pública. Dos de los municipios ni siquiera incluyeron parámetros técnicos de valoración en sus pliegos. A no ser que el Pliego de Prescripciones Técnicas lo indique expresamente, el criterio económico primará sobre el resto de criterios. Esta consideración también hay que tenerla en cuenta, pues si el pliego no hace referencia a la Memoria o Proyecto, o no se recogen requerimientos técnicos en el pliego, el ofertante no tiene obligación de aportarlos. Y si no los aporta, no pueden ser requeridos o valorados.
- Se ha comprobado que, además de en la fase de valoración de ofertas, el listado de indicadores podría resultar útil a los técnicos municipales en la elaboración de los pliegos de contratación. Así obligaría a los ofertantes a que aportasen la información que el técnico municipal considere importante. Existen indicadores, por ejemplo, los de carácter medioambiental, que no están siendo valorados.

- En todos los casos, se ha producido un ahorro energético considerable y una satisfacción generalizada de los resultados, excepto en aquellos en que no se ha mejorado la uniformidad media de los viales. Es necesario incluir en los pliegos algún parámetro que estime los resultados lumínicos u obligue a realizar una instalación de prueba para poder efectuar mediciones lumínicas antes de la adjudicación del contrato.
- El empeoramiento de los niveles de iluminación, que después de la actuación se ha obtenido en algunos casos, se pudo detectar, además de por las mediciones, por otras fuentes (entrevistas, observación directa, encuestas). Pero estas fuentes de evidencia tuvieron que ser recogidas también a posteriori. Es necesario incluir en los pliegos algún parámetro que estime los resultados lumínicos u obligue a realizar una instalación de prueba para poder efectuar mediciones lumínicas antes de la adjudicación del contrato.
- Las siete actuaciones objeto del estudio de casos incluían en casi todas ellas distintos tipos de luminarias. Se ha valorado, en cada caso, sólo una luminaria (la mayor en número) y múltiples ofertantes (entre 2 y 15). Aumentando el número de ofertantes, se ha incrementado el grado de certeza y ayudado a validar los resultados obtenidos. El aumento del número de luminarias evaluadas en cada caso hubiese complicado excesivamente el estudio y tampoco hubiese enriquecido los resultados. Al ser todas las luminarias utilizadas con tecnología LED, el nivel de exigencia de los parámetros requeridos hubiese sido similar.

En relación al listado de indicadores se realizan las siguientes consideraciones:

- En todos los casos, las luminarias ofertadas disponían de **Fotometría**. En todos los casos que las actuaciones fueron renovaciones, el indicador **Disposición de los puntos de luz** fue invariable. En aquellas que hubo una parte de instalación nueva, ningún ofertante modificó la disposición de los puntos de luz establecida en la Memoria Técnica o Proyecto. Estos indicadores no fueron relevantes en la toma de decisiones.
- El indicador **Superficie a iluminar** sólo puede variar en los casos en que el ofertante presentó una mejora en el número de luminarias ofertadas (Caso 1 y 2). La reforma de la Ley de Contratos del Sector Público que entró en vigor en marzo de 2018 eliminó esta posibilidad, por lo que este indicador pasaría a ser invariable en los casos de contratación en la administración pública.
- En todos los casos, la valoración del **Flujo luminoso emitido por una fuente de luz** quedó neutralizada con el de **Potencia de trabajo del**

punto de luz. Se valoraron estos dos indicadores independientes, pero opuestos en la valoración que se anulaban siempre entre sí. Para poder obtener una valoración correcta de estos indicadores, podría utilizarse el indicador **Eficacia/eficiencia lumínica fuente de luz/instalación** junto con el de **Potencia de trabajo del punto de luz** para elegir la solución más eficiente y de menor consumo, por lo que el indicador **Flujo luminoso emitido por una fuente de luz** dejaría de tener peso en la valoración.

- El indicador **Diseño de la luminaria** se compone de varios ítems (6), de los que cada municipio sólo ha solicitado algunos, variando su número en cada caso. Este indicador ha sido considerado como requerido o valorado si, al menos, uno de estos ítems aparecía en la Memoria, Proyecto o Pliego. **Se ha incluido en este indicador un séptimo parámetro "Protección sobretensión de 10kV".**
- El **Coste de la luminaria**, las **Horas de servicio/vida útil** o la garantía del producto han sido los indicadores más requeridos o valorados.
- El **Espectro de la fuente de luz** y la **Sostenibilidad de las materias primas**, ambos de categoría medioambiental, no se han requerido en caso alguno. Solo en un caso se ha aportado la longitud de onda mínima para justificar el espectro.
- El **Factor de mantenimiento** es un parámetro que habitualmente es aportado por los fabricantes de luminarias aunque no se ha valorado en el estudio de casos, pues no fue seleccionado en la primera fase del estudio. Aunque sólo fue requerido en dos de los siete casos estudiados y no fue valorado en ninguno, los fabricantes lo aportaron en la mayoría (en cinco casos).
- Se comprobó la existencia de indicadores, como el **Factor de potencia del punto de luz**, que podían ser valorados y otros que no, pero que deberían ser requeridos. En el caso de este indicador existe un reglamento que establece su valor. En otros indicadores, sin embargo, el desarrollo tecnológico podría hacerlos variar, por lo que no se puede establecer un rango de valores fijo.

Como primera conclusión, puede afirmarse que existe un porcentaje mayor del 70% de indicadores de la relación de primera fase, que han sido utilizados en los casos reales estudiados. **Pero los resultados de las valoraciones de estos indicadores, no dependen tanto de ellos mismos, sino de si son requeridos o valorados en el procedimiento de contratación.**

Como segunda conclusión añadir que, aunque pueden existir criterios que puntualmente se impongan al resto (estéticos) y la administración esté obligada a valorar el criterio económico siempre, existe un margen en el que se pueden exigir unos mínimos valores de eficiencia, calidad y sostenibilidad. El estudio de casos ha demostrado que la exigencia de un mínimo de indicadores redunda en beneficio para el municipio y disminuye las quejas de los usuarios.

A la vista de la diferencia de resultados entre las valoraciones de unos indicadores y otros surge también la cuestión de si todos los indicadores deberían tener el mismo peso en la valoración de la oferta.

Con el estudio de estos 7 casos reales se adquirió información validada, real y explicativa que enriquecieron la información aportada sobre el listado de indicadores y la posibilidad de establecer posibles valores o intervalos óptimos para estos indicadores. Esta fase ha servido para asegurarse de que estos indicadores son útiles para tomar decisiones, pero existen algunas lagunas que deberían ser solventadas antes:

- ¿Debería existir más concreción en los valores de los indicadores?
- Y si se concretan estos valores, ¿se les debería dar la misma importancia a unos indicadores con respecto a otros?
- ¿Hay indicadores que no hace falta valorar, aunque sea necesario aportarlos?
- Hay indicadores que son compuestos de varios ítems o características diferenciadas, ¿eso cómo se valora?

Todas estas cuestiones que son necesarias para proseguir la investigación no fueron resueltas. Para resolverlas se utilizó la opinión de expertos elaborando un estudio Delphi. El desarrollo y resultados del mismo se detallan en el siguiente capítulo.

4.5. Bibliografía

- AENOR (2016). UNE-EN 13201-4: Iluminación de carreteras. Parte 4: Métodos para la medida de las prestaciones fotométricas. Recuperado de <https://portal-aenormas-aenor-com.uma.debiblio.com/aenor/visor.asp?pidnorma=087057057062064063063057-936786190&pidi>
- Alarcon, V. (2006). Introducción a la investigación en ciencias sociales. Working Paper del Departament d'Organització d'Empreses de la Universitat Politècnica de Catalunya.

- Becker, H. (1998). *Tricks of the Trade*. Chicago. The University of Chicago Press.
- Corbin, J., & Morse, J. (2003). The Unstructured Interactive Interview: Issues of Reciprocity and Risks when Dealing with Sensitive Topics. *Qualitative Inquiry*, 9(3), 335–354. <https://doi.org/10.1177/1077800403009003001>.
- Creswell, J., Hanson, W., Clark Plano, V., & Morales, A. (2007). Qualitative Research Designs: Selection and Implementation. *The Counseling Psychologist*, 35(2), 236–264. <https://doi.org/10.1177/0011000006287390>.
- Creswell, J.W. (2007): *Qualitative Inquiry and Research Design. Choosing Among five Approaches* (2nd. Ed.). California. SAGE. California.
- Dellve, L., & Hallberg, L. (2008). "Making it work in the frontline" explains female home care workers' defining, recognizing, communicating and reporting of occupational disorders. *International Journal of Qualitative Studies on Health and Well-Being*, 3(3), 176–184. <https://doi.org/10.1080/17482620801979549>.
- Diccio-Bloom, B., & Crabtree, B. (2006). The qualitative research interview. *Medical Education*, 40(4), 314–321. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2929.2006.02418.x>
- Eaves, Y. (2001). A synthesis technique for grounded theory data analysis. *Journal of Advanced Nursing*, 35(5), 654–663. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2648.2001.01897.x>
- Eisenhardt, K. M. (1989). Building theories from case study research. *Academy of management review*, 14(4), 532-550.
- España. Ministerio de Industria, Turismo y Comercio. Real Decreto 1890/2008, de 14 de noviembre, por el que se aprueba el Reglamento de Eficiencia Energética en Instalaciones de Alumbrado Exterior. Boletín Oficial del Estado, 19 de noviembre de 2008, núm. 279, pp. 45988-46057.
- Forman, J., Creswell, J., Damschroder, L., Kowalski, C., Krein, S., & Forman, J. (2008). Qualitative research methods: key features and insights gained from use in infection prevention research. *American Journal of Infection Control*, 36(10), 764–771. <https://doi.org/10.1016/j.ajic.2008.03.010>
- Gibbert, M., Ruigrok, W., & Wicki, B. (2008). What passes as a rigorous case study? *Strategic Management Journal*, 29(13), 1465–1474. <https://doi.org/10.1002/smj.722>.
- Gillham, B. (2005). *Research interviewing, the range of techniques*. Maidenhead, UK: McGraw-Hill Education.
- Helmer, O., & Rescher, N. (1959). ON THE EPISTEMOLOGY OF THE INEXACT SCIENCES. *Management Science (pre-1986)*, 6(1), 25–52. <https://doi.org/10.1287/mnsc.6.1.25>.
- Jefatura del Estado. Ley 9/2017, de 8 de noviembre, de Contratos del Sector Público, por la que se transponen al ordenamiento jurídico español las Directivas

del Parlamento Europeo y del Consejo 2014/23/UE y 2014/24/UE, de 26 de febrero de 2014. BOE núm. 272, de 9 de noviembre de 2017. Referencia: BOE-A-2017-12902.

- Kongsvik, T., Almklov, P., & Fenstad, J. (2010). Organisational safety indicators: Some conceptual considerations and a supplementary qualitative approach. *Safety Science*, 48(10), 1402–1411. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2010.05.016>.
- Larrinaga, O. & Rodríguez J. (2007): "El estudio de casos como metodología de investigación científica en economía de la empresa y dirección estratégica". XXI Congreso anual AEDEM. Universidad Rey Juan Carlos I, Vol. 1. *Ponencias*, p. 34. Madrid.
- Lloria, M.B. (2004). El diseño organizativo y los facilitadores para la creación de conocimiento. Un estudio cualitativo. *Revista de Economía y Empresa*, 21, 11-3.
- Patton, M.Q. (2002). Two Decades of Developments in Qualitative Inquiry: A Personal, Experiential Perspective. *Qualitative Social Work*, 1(3), 261–283. <https://doi.org/10.1177/1473325002001003636>.
- Rubin, H.J., & Rubin, I.S. (2005): *Qualitative Interviewing: The Art Of Hearing Data*. (2nd ed.) California. Sage publications.
- Seale, C., Silverman, D. (1997). Ensuring rigour in qualitative research. *The European Journal of Public Health*, 7(4), 379–384. <https://doi.org/10.1093/eurpub/7.4.379>.
- Stake, R. (1995). *The art of case study research*. Thousand Oaks. Sage Publications.
- Tellis, W. (1997). Information technology in a university: a case study. *Campus-Wide Information Systems*, 14(3), 78–91. <https://doi.org/10.1108/10650749710187617>
- Yin, R. (2009). *Case study research: Design and methods* (4th ed.). Los Angeles. Sage Publications.
- Yin, R. K. (2003). *Case study research: Design and methods* (3rd ed.). Thousand Oaks, CA: Sage.

CAPÍTULO 5

5. ESTUDIO DE EXPERTOS	107
5.1. Objeto	109
5.2. El método Delphi	109
5.2.1. <i>Introducción</i>	109
5.2.2. <i>Descripción del método Delphi</i>	109
5.2.3. <i>Justificación y validez del método Delphi</i>	111
5.3. Diseño del estudio para el desarrollo del método Delphi	112
5.3.1. <i>Definición, alcance y fines del Delphi</i>	112
5.3.2. <i>Proposición y elección del número de Expertos</i>	112
5.3.3. <i>Participantes en el panel de expertos</i>	113
5.3.4. <i>Diseño y selección de las herramientas de medición del Delphi</i>	114
5.4. Desarrollo del Delphi	115
5.4.1. <i>Primera Ronda</i>	115
5.4.1.1. <i>Elaboración de la 1ª ronda del cuestionario Delphi</i>	116
5.4.1.2. <i>Distribución, tabulación e identificación de resultados.</i> <i>Nivel de respuesta</i>	116
5.4.1.3. <i>Comunicación al panel de expertos de los</i> <i>resultados obtenidos</i>	117
5.4.2. <i>Segunda Ronda</i>	123
5.4.2.1. <i>Elaboración de la 2ª ronda del cuestionario Delphi</i>	123
5.4.2.2. <i>Distribución, tabulación e identificación de resultados.</i> <i>Nivel de respuesta</i>	124
5.4.2.3. <i>Comunicación al panel de expertos de los</i> <i>resultados obtenidos</i>	125
5.4.2.4. <i>Necesidad de rondas sucesivas</i>	130
5.5. Análisis cuantitativo de las rondas del Delphi	131
5.6. Análisis conceptual de los resultados del Delphi	133
5.7. Conclusiones del Delphi	141

5.8. Metodología del Proceso analítico jerárquico	146
5.8.1. <i>Introducción</i>	146
5.8.2. <i>Descripción del AHP</i>	147
5.8.3. <i>Validez del AHP</i>	148
5.9. Justificación de la aplicación del AHP a los resultados del estudio Delphi	149
5.9.1. <i>Uso del AHP en los indicadores en los casos multi-ofertantes</i>	
2 y 3	151
5.9.2. <i>Resultados de la aplicación del AHP</i>	153
5.10. Análisis de los Pliegos de contratación en España	154
5.11. Resultados obtenidos en la tercera fase	161
5.12. Validez de los resultados	163
5.13. Bibliografía	163

5.1. Objeto

La primera y segunda fases de este estudio condujeron a unos resultados que, según se recomendó en el apartado discusión, debían ser consultados a un grupo de expertos para que aportasen su visión y experiencia a las cuestiones que se plantearon. La aplicación del método Delphi y el posterior Análisis Jerárquico servirán para **tomar decisiones, tanto sobre los indicadores evidenciados en las fases anteriores, como sobre nuevas propuestas o valoraciones de los expertos.**

5.2. El método Delphi

5.2.1. Introducción

El método Delphi fue desarrollado en la Rand Corporation en los años 50 (Rowe y Wright, 1999), mientras se desarrollaba un proyecto para fines militares patrocinado por la Fuerzas Armadas norteamericanas. Es *"un método utilizado para obtener un consenso válido de opiniones entre expertos sobre una cuestión, mediante cuestionarios sucesivos intercalados con realimentación controlada de la información"* (Dalkey y Helmer, 1963, p. 458 citados por Rowe y Wright, 1999). Como Miller (2006) indicó, mientras las investigaciones basadas en encuestas intentan identificar lo que "es", el método Delphi intenta encontrar lo que "debería ser".

La aplicación de este método *permite "poder contar con el conocimiento, información e intuición de un número elevado de personas o expertos, interactuando de una manera estructurada y sistemática desde lugares geográficamente distantes, y en momentos temporales no exactamente coincidentes, con el fin de afrontar procesos de decisión"* (Landeta et al., 2002, p. 178).

El gran número de expertos, su dispersión geográfica actual y la facilidad de comunicación entre ellos, facilitan hoy en día el uso de esta técnica.

5.2.2. Descripción del método Delphi

El método Delphi es una técnica de análisis cualitativa iterativa y secuencial (Hsu y Sandford, 2007) diseñada para crear consenso sobre una cuestión que debe requerir de en ciertos aspectos de un juicio puramente humano (Rowe y Wright, 1999).

La Figura 5.1. muestra un diagrama general del desarrollo del método Delphi.

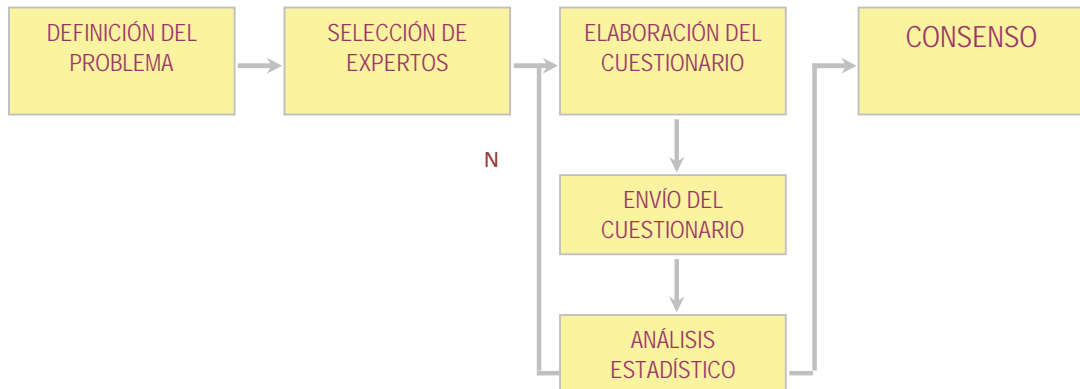


Figura 5.1. Diagrama del método Delphi. Fuente: Adaptado de Alarcón (2006) y Chaminade et al. (1999)

Se puede utilizar para requerir una opinión o con fines predictivos (Chaminade et al., 1999). En este estudio, les será solicitada a los expertos únicamente su opinión.

Por medio de preguntas a expertos elaboradas en forma de cuestionarios que se van cumplimentando de forma sucesiva, se pone de manifiesto convergencias de opiniones y se deducen eventuales consensos. La encuesta se suele cumplimentar de forma anónima (utilizando correo electrónico o mediante cuestionarios web establecidos al efecto) para evitar que las opiniones de los expertos más reconocidos puedan influir en el resto. El objetivo de los cuestionarios sucesivos es: "*disminuir el espacio intercuartil, precisando la mediana*" (Astigarraga, 2003). Por lo tanto, permite tratamiento estadístico de los resultados (Hsu y Sandford, 2007).

La debilidad de esta técnica suele ser la limitación de la información intercambiada y la duración del método (Landeta et al., 2002). Para garantizar la objetividad y efectividad en su desarrollo, se actuó básicamente en tres campos de acción:

1. Incidiendo en la selección de expertos más apropiada para poder integrar los diferentes puntos de vista de los profesionales del sector. Se eligieron expertos de diferente perfil (fabricantes, técnicos, investigadores) que desarrollasen además, su actividad a nivel nacional e internacional.

2. Ayudando al experto: definiendo con precisión la situación, suministro y realimentación de la información fruto de interacción con el resto de expertos.
3. Obteniendo propuestas directas de los expertos e información que garantizase un alto nivel de la calidad de las mismas.

En los casos en los que no se produzca consenso, el método Delphi permite aislar las causas de la falta de acuerdo dentro del grupo e identificar la información adicional que pueda reducir la divergencia de las opiniones (Hellmer, O., 1994).

5.2.3. Justificación y validez del método Delphi

En el capítulo anterior, los resultados mostraron que la lista de indicadores era válida. Pero a su vez, fueron detectadas una serie de cuestiones sin resolver:

- Falta de concreción y valoración de algunos indicadores (**Diseño de la luminaria, Potencia/Intensidad máxima de trabajo del punto de luz**)
- Indicadores que parecían no aportar nada a la decisión (**Disposición de los puntos de luz, Fotometría**).
- Necesidad de ponderación de los indicadores entre sí y el establecimiento de unos rangos de valores que facilitase la labor de valoración de los indicadores.

Estas indeterminaciones indujeron a identificar en primer lugar, y desarrollar después, alguna herramienta que le permitiera contar con una opinión experta y contrastada. También, para que esta opinión pudiese ser evaluada y discernir así estas cuestiones con mayor garantía de validez.

El método Delphi servía para todos esos propósitos: aumentar el conocimiento sobre las dificultades advertidas, encontrar opciones válidas y reflexionar sobre este fenómeno complejo de forma más profunda con las aportaciones de los expertos.

La falta de recursos para hacer coincidir en lugar y tiempo a los expertos fue otra de las causas que motivó la decisión de la elección del método. También justificó su elección la facilidad que permite el uso del correo electrónico para la transmisión de las encuestas y los resultados de las mismas. Según Skulmoski et al. (2007), la verificación continua de

los resultados durante el proceso mediante las rondas sucesivas, es fundamental para la mejora de la fiabilidad de los resultados.

El objetivo último de este estudio es aportar una garantía de validez (externa) a las conclusiones del estudio bibliográfico y el estudio de casos precedentes.

5.3. Diseño del estudio para el desarrollo del método Delphi

Como ha sido descrito en apartados anteriores, el método Delphi (Landeta et al., 2002; Rowe y Wright, 1999) es:

- Un proceso iterativo.
- Mantiene el anonimato de los participantes.
- Dispone de una realimentación de información controlada.
- Aporta una respuesta estadística de grupo.

En este apartado, se establecen las condiciones de inicio del estudio para el desarrollo del método Delphi.

5.3.1. Definición, alcance y fines del Delphi

Los resultados del estudio de casos presentados en la segunda fase, se han expuesto presentado en forma de cuestionarios sucesivos (Anexos 16 y 17) que fueron enviados de forma iterativa al grupo de expertos. El objetivo final era encontrar un consenso en la utilidad de los resultados obtenidos en las fases anteriores y la aportación de información de valor que los reforzase y completase.

5.3.2. Proposición y elección del número de expertos

La elección de los expertos es una cuestión importante porque de esta elección va a depender la calidad de los resultados que se obtuvieran. Los expertos deben ser profesionales directamente relacionados con las cuestiones a tratar e interesados en los resultados (Hsu y Sandford, 2007), ya sea de forma profesional o académica (Alarcón, 2006).

Los estudios realizados por los investigadores de la Rand Corporation señalaron la necesidad de un número mínimo de siete expertos, "habida cuenta que el error disminuye notablemente por cada experto añadido hasta llegar a los siete expertos" (Astirraga, 2003, p. 10). Hay otros

autores (Skulmoski et al., 2007) que establecen un mínimo más bajo aún, pudiendo variar de 4 a 171 expertos, concluyendo que no existe un Delphi "típo" sino que el método se modifica para adaptarse a las circunstancias y las cuestiones a investigar.

Según Hsu y Sandford (2007), si el número de expertos es demasiado grande pueden producirse inconvenientes inherentes a la técnica, como una tasa de respuesta baja de los expertos o grandes intervalos de tiempos de respuesta de los cuestionarios. Es por ello que el tamaño de un panel de expertos debería situarse por debajo de los 50. La mayoría de los estudios que han aplicado el método Delphi han utilizado un panel de entre 15 y 20 expertos.

5.3.3. Participantes en el panel de expertos

Los expertos del Delphi debían ser elegidos de forma que "*el conocimiento de cada experto en su área concreta de conocimiento derivase en el beneficio del grupo al compartirla con el resto*" (Rowe et al., p. 241, 1991). Antes de la elaboración de los cuestionarios, siguiendo a Skulmoski et al. (2007), se establecieron cuatro premisas para valorar la idoneidad de los posibles candidatos experto:

- El conocimiento y la experiencia con los temas objeto de investigación.
- La capacidad y voluntad de participar.
- Disponibilidad de tiempo suficiente para participar.
- Habilidades efectivas de comunicación.

La falta de independencia de los expertos podría haber constituido un inconveniente, por esta razón los expertos elegidos estaban aislados y sus opiniones fueron recogidas por vía electrónica y de forma anónima; así pues, se obtuvo la opinión real de cada experto (Astigarraga, 2003). De esta forma, además, el moderador pudo filtrar la información que recibía y enviaba según los objetivos de la investigación (Alarcón, 2006). Otro criterio de selección fue la diversidad del ámbito de actividad y la amplia experiencia de los expertos. Los diferentes colectivos profesionales a los que pertenecían han sido garantía de que la opinión que aportaban podrían enriquecer los resultados del estudio.

En la Tabla 5.1 se presenta un resumen de la trayectoria profesional de los expertos.

PUESTOS OCUPADOS EN LA ACTUALIDAD POR LOS EXPERTOS	PAÍS	AÑOS EN EL PUESTO
Director I+D empresa fabricación luminarias	España	> 20 años
Director Comercial empresa fabricación luminarias	España	> 20 años
Director Técnico empresa fabricante de luminarias	España	15-20 años
Responsable Oficina Técnica fábrica de luminarias	España	5-10 años
Astrónomo	España	15-20 años
Técnica Medioambiente Administración autonómica	España	5-10 años
Técnica Medioambiente Administración autonómica	España	10-15 años
Técnico Administración supramunicipal (Diputación)	España	15-20 años
Técnico municipal Ayuntamiento	España	10-15 años
Astrónomo	España	> 20 años
Experto en Seguridad Vial	Suecia	10-15 años
Profesor Escuela de Ingeniería	Rusia	> 20 años
Profesor Escuela de Ingeniería	España	10- 15 años
Profesor Escuela de Ingeniería	España	> 20 años
Profesor Escuela de Ingeniería	España	5-10 años
Técnico municipal Ayuntamiento	España	> 20 años

Tabla 5.1. Resumen de la actividad y experiencia de los expertos. Fuente: Elaboración propia.

5.3.4. Diseño y selección de las herramientas de medición del Delphi

La herramienta de medición del estudio consistió en un cuestionario de preguntas cerradas. Las proposiciones que se presentaron en el cuestionario para consultar a los expertos trataban de relacionar los indicadores de la lista, que finalmente se validó en la fase segunda del Estudio de Casos.

A esta lista se añadió el parámetro **Factor de mantenimiento**. Este no fue seleccionado en la primera fase del estudio bibliográfico porque es el resultado de operar otros parámetros y por lo tanto no es independiente. Pero los parámetros o factores de los que depende no suelen aportarse, mientras que el **Factor de mantenimiento** es un parámetro que en la segunda fase se comprobó que es aportado por los fabricantes, incluso sin ser requerido. Aunque solo fue requerido en dos casos, los ofertantes lo aportaron en cinco de los siete casos. Por eso, se tomó la decisión de incluirlo de forma que los expertos tuviesen también la posibilidad de opinar sobre este parámetro.

En la primera ronda también se añadió también el indicador **Eficacia o eficiencia lumínica de la luminaria/instalación** porque, aún no

siendo independiente, en las dos fases anteriores del estudio se había evidenciado su importancia. Fue requerido en todos los casos estudiados según se expuso en el Capítulo 4 y fue valorado en cuatro de los siete casos. El indicador **Iuminancia/Luminancia media/ semicilíndrica de la instalación**, sin embargo, no se incluyó inicialmente en esta tercera fase porque, aunque en la primera fase del estudio existieron evidencias claras de su importancia y en la segunda fase se requirió en cinco de los siete casos, no se valoró en ninguno de ellos.

El objetivo de estas cuestiones era presentar los indicadores a los expertos, que los comprendiesen, se cuestionasen los conceptos y descripciones de los mismos y decidiesen su utilidad para el objetivo concreto de la investigación. Fue necesario incluir también el contexto en que se iba a producir la valoración: la fase de selección de una oferta por un técnico municipal.

Además de aportar sus opiniones sobre los indicadores, se les requirió que diesen su opinión sobre si existía algún grado de preponderancia de unos indicadores sobre otros. Es decir, si todos los indicadores debían tener el mismo peso en las valoraciones. Al final del cuestionario los expertos tenían que seleccionar los indicadores, a su juicio, más importantes y relevantes, que constituyeran una auténtica ayuda y soporte para el técnico municipal.

El enunciado de las cuestiones se simplificó al máximo para no dilatar las respuestas de los expertos ni el análisis de las mismas. Como norma general, se procuró que las preguntas no ocupasen más de tres líneas y fuesen claramente entendibles por todos los expertos (se tradujo al inglés para facilitar la comprensión a los expertos que no entendían español). Se establecieron cinco niveles de respuesta en la primera ronda (siguiendo las condiciones de uso de una Escala de Likert) desde el total y absoluto desacuerdo hasta el acuerdo total y absoluto.

5.4. Desarrollo del Delphi

5.4.1. Primera ronda

Lo habitual en la primera ronda de cuestionarios es presentar un cuestionario desestructurado, de preguntas abiertas (Hsu y Sandford, 2007). Esto permite a los expertos señalar las ideas que ellos opinan, más importantes (Rowe y Wright, 1999). Esta etapa inicial de introducción no ha sido necesaria en el presente estudio, debido a que

ya se disponía de las conclusiones de la primera y segunda Fase para orientar los contenidos de los cuestionarios. Además, al ser la primera ronda estructurada, se pudo simplificar el trabajo posterior y disminuir el número de iteraciones.

5.4.1.1. Elaboración de la primera ronda del cuestionario Delphi

En la elaboración del cuestionario se procuró que los enunciados de las preguntas fueron precisos, cuantificables e independientes.

En la primera ronda, el cuestionario iba acompañado por una presentación que indicaba los fines, el espíritu del estudio, así como una carta de presentación con las condiciones prácticas del desarrollo del estudio, plazo de respuestas, garantía de anonimato, etc. Esta carta de presentación puede consultarse en el Anexo 15.

El cuestionario elaborado fue entregado previamente, para su lectura, a una persona experta en alumbrado público y a otra que no lo era, para evitar posibles errores de comprensión. A raíz de esta consulta se realizaron modificaciones en la forma de expresar algunas cuestiones para mejorar su comprensión.

El criterio que se siguió para obtener el grado de acuerdo entre los participantes consistió en clasificar las respuestas obtenidas en 4 niveles. Siguiendo las recomendaciones de Ferrando et al. (2008), se consideró unanimidad en caso en que se lograra un 100% de acuerdo, consenso amplio cuando hubiera más del 80% de coincidencia en dichas opiniones, mayoría suficiente si el acuerdo se situaba entre el 66-80% y, finalmente, se consideró acuerdo insuficiente cuando las coincidencias en las valoraciones de los participantes no superaban los 2/3.

El cuestionario de la primera ronda puede ser consultado en el Anexo 16.

5.4.1.2. Distribución, tabulación e identificación de resultados. Nivel de respuesta

Las fases de recogida y análisis de datos siguieron un proceso iterativo. Para ello, se utilizó el correo electrónico, lo que permitió una mayor rapidez y control de los resultados intermedios y

finales. Además, posibilitó una participación efectiva de los expertos seleccionados (Landeta et al., 2002).

En esta primera iteración, se envió un cuadrante con el cronograma completo del estudio. En él se indicó que los participantes tenían 2 semanas para responder el cuestionario. Durante el periodo de envío y recogida de los cuestionarios de la primera ronda, se produjo la festividad de Navidad, por lo que el plazo se amplió finalmente una semana más. De los 17 expertos que aceptaron formar parte del Panel, 15 contestaron el cuestionario dentro del periodo de entrega finalmente establecido, uno lo entregó 2 días después, pero finalmente sus respuestas también fueron aceptadas, pues aún no se había finalizado el tratamiento de los resultados del resto de los expertos. Por último, un encuestado no lo entregó, por lo que finalmente el panel se conformó con 16 expertos.

5.4.1.3. Comunicación al panel de expertos de los resultados obtenidos

Después de recibir las respuestas de los expertos, se analizaron los datos, generando información estadística de los resultados. Posteriormente, y siguiendo las recomendaciones de Alarcón (2006), se envió la segunda ronda del cuestionario a todos los expertos junto a los resultados obtenidos de la primera ronda.

El proceso de análisis de los resultados de la primera ronda fue básicamente un resumen de los resultados obtenidos. Esto permitió a los participantes una oportunidad de introspección (Hsu y Sandford, 2007) en sus opiniones y clarificar la información que previamente se había utilizado para rellenar el cuestionario.

Para el análisis de las puntuaciones se tomaron en consideración dos categorías: las puntuaciones entre 4 y 5 se consideraron como un pronunciamiento favorable a las cuestiones propuestas, mientras que las puntuaciones entre 1 y 2 se valoraron como un pronunciamiento desfavorable. A partir de este criterio, el grado de acuerdo entre los participantes se clasificó, como se ha explicado anteriormente, en cuatro niveles: unanimidad en el caso de que se lograra un 100% de acuerdo respecto a las categorías de puntuación, de 4 a 5 o 1 a 2;

consenso amplio cuando hubiera más del 80% de coincidencias en dichas categorías; mayoría suficiente si el acuerdo se situaba entre 66% y 80%; y, finalmente se considero que el acuerdo era insuficiente cuando las coincidencias en las valoraciones de los participantes no superaban los 2/3 (<66%).

La Tabla 5.2. muestra un resumen de los resultados obtenidos:

RESULTADOS 1ª RONDA CUESTIONARIO DELPHI		CA	MS	AI
1	El Coste de la luminaria influye tanto en el procedimiento de contratación, que su valor puede modificar o influir en el área o Superficie a iluminar de un proyecto o actuación. Por lo tanto el Coste de la luminaria influye en el número final de luminarias a instalar.			50%
2	Es preferible elegir una luminaria de bajo coste, ajustada básicamente a especificaciones y con un periodo de retorno de la inversión coincidente con el plazo de garantía, a una luminaria de mayor calidad y precio, por encima de las especificaciones, en las que el periodo de retorno de la inversión supera al de la garantía del fabricante.			40%
3	No es necesario valorar los indicadores Disposición de los puntos de luz y Superficie a iluminar pues, si la actuación es una renovación de luminarias, no se va a modificar la disposición de luminarias y si no lo es, esta información está previamente definida en la Memoria Técnica o Proyecto. Estos dos indicadores no sirven para decidirse por una u otra oferta.		80% D	
4	La definición conceptual del indicador Diseño de la luminaria enumera una lista de conceptos. Esta lista es correcta y completa; no sobra ni falta ningún concepto que pueda ayudar al técnico a elegir la luminaria que tenga un mejor diseño.			56%
5	El Diseño de la luminaria y la Sostenibilidad de las materias primas son los únicos indicadores necesarios para garantizar que la luminaria elegida es la de menor impacto ambiental.			63%
6	La Eficacia lumínica de la luminaria debería utilizarse junto a la Potencia/Intensidad de trabajo de la luminaria en las valoraciones, descartando el Flujo luminoso . El Flujo y la Potencia suelen ser opuestos, pues la luminaria de mayor potencia suele ser la de mayor flujo luminoso. Los dos se anularían entre sí en una valoración.		69% D	
7	Los fabricantes suelen aportar los valores del Índice de Rendimiento del Color y Temperatura de Color Correlacionada . Con estos dos indicadores no se hace necesario disponer de los valores del Espectro de emisión de una fuente de luz .		69% D	
8	En la actualidad, casi el 100% las fuentes de luz son de LED, por lo que el Factor de depreciación (de mantenimiento de la instalación) es invariable para todas las luminarias ofertadas, así que se podría prescindir de este indicador en favor de las Horas de servicio/Vida pues la vida sí varía de unas fuentes de luz LED a otras.		69% D	
9	El valor de las Horas de servicio/Vida de la luminaria está incompleto si no se conoce la vida útil del equipo auxiliar (driver).			69% A

RESULTADOS 1ª RONDA CUESTIONARIO DELPHI		CA	MS	AI
10	La Intensidad de trabajo de la luminaria no debería limitar su valor máximo en los pliegos, pues penalizaría el desarrollo tecnológico de nuevos sistemas de tecnología LED, de mayor tamaño, potencia y capacidad de disipación de calor.			56%
11	El Factor de Potencia de la luminaria es esencial en la valoración de ofertas, pues sirve para valorar la vida del conjunto de los equipos y estimar los costes de explotación de la actuación.			50%
12	Los fabricantes suelen aportar el valor del Flujo Hemisférico Superior instalado (FHS inst.) de la luminaria, pues existe un reglamento que limita su valor máximo. Con este indicador y la disposición de los puntos de luz descrita en la Memoria Técnica o Proyecto no se hace necesario disponer de la Fotometría/Distribución (espacial) de la intensidad luminosa de una superficie.	94% D		
13	El concepto de Instalación regulable es esencial para la toma de decisiones. En la oferta debe detallarse el tipo y características técnicas del sistema de regulación y un cálculo estimado del ahorro energético y económico durante la vida útil de los puntos de luz ofertados.	94% A		
14	Todos los indicadores presentados y descritos deberían requerirse en las Prescripciones o Pliegos Técnicos de contratación. Si no está de acuerdo, ¿Cuales eliminaría? y ¿Cuales añadiría?:			54%
15	Todos los indicadores que usted considera necesarios deben valorarse con la misma importancia, es decir, deben tener el mismo peso al valorarse en el pliego de contratación. Por ejemplo, en el caso de haber seleccionados los indicadores Potencia de la fuente de luz e Índice de Rendimiento del Color, una mejora en la oferta de uno tendría el mismo peso en la valoración que una mejora en el otro.		79% D	

Nota. D: Desacuerdo, A: Acuerdo, CA: Consenso amplio (Acuerdo > 80%), MS: Mayoría suficiente (Acuerdo 66-80%), AI: Acuerdo Insuficiente (Acuerdo <66%)

Tabla 5.2. Resultados de la 1ª ronda del Delphi. Fuente: Elaboración propia.

La Tabla 5.2. muestra que no se llegó a acuerdo en 7 de las 15 proposiciones presentadas, casi la mitad de las mismas. Las numerosas aportaciones y opiniones que los expertos realizaron principalmente en la Proposición 14 han sido presentadas en los apartados 5.6. y 5.7. Estas aportaciones sirvieron para orientar y diseñar el contenido de la segunda ronda del estudio.

A continuación, se expone un resumen operativo de los resultados obtenidos por proposición:

Proposición 1. Esta cuestión pretendía excluir al indicador **Superficie a iluminar** de la lista. La necesidad del indicador **Coste de la luminaria** estaba fuera de dudas, ya que una administración no puede adjudicar un contrato sin conocer el valor económico del bien a adquirir. Los expertos no llegaron a un acuerdo en la primera ronda. No se reiteró esta cuestión en la

segunda ronda, pues la Proposición 3 volvía a cuestionar el indicador **Superficie a iluminar**, y en esta sí se produjo consenso.

Proposición 2. En esta no se relacionó ningún indicador, debido a que el objetivo era identificar si los expertos daban más importancia a la parte económica que a la de calidad. No se produjo acuerdo entre ellos pero sus justificaciones establecieron dos corrientes: la de los expertos que anteponian la calidad a cualquier otra consideración y la de aquellos que, sabiendo que la parte económica de una oferta suele ser la más valorada en las adjudicaciones públicas, estaban de acuerdo en términos generales, aunque ponían en duda la necesidad, e incluso la posibilidad, de cumplir dentro del periodo de la garantía, con el periodo de retorno de la inversión. Aunque, por perfil del experto, las opiniones estuvieron repartidas, ningún experto del perfil Fabricante estuvo de acuerdo. Fue reformulada en la segunda ronda.

Proposición 3. Se pretendía que los expertos eliminaran de la lista los dos indicadores: **Disposición de los puntos de luz** y **Superficie a iluminar**. Se obtuvo, en esta primera ronda, una mayoría suficiente en desacuerdo. Esta respuesta, junto a las aportaciones de los expertos en otras proposiciones, indujo a los investigadores a confirmar que de nuevo la necesidad de añadir a la lista el indicador **Cumplimiento de los requerimientos luminotécnicos (Luminancia/Iluminancia media/semicilíndrica de la instalación)**.

Proposición 4. El objetivo era crear un indicador, **Diseño de la luminaria**, que aunase la información básica relacionada con las características constructivas y de diseño de la luminaria sin los parámetros (eléctricos, lumínicos, etc.) que, por su grado de importancia, debían ser valorados como indicadores independientes. No hubo acuerdo por lo que tuvo que ser reformulada en la segunda ronda. La mayoría de los expertos indicaron que la descripción de este indicador estaba incompleta. Se completó con las aportaciones de los expertos y se extrajeron tres parámetros que formaban parte de la descripción para convertirlos en tres nuevos indicadores (grado IP del bloque

óptico o luminaria, Grado IK de la luminaria y Protecciones contra sobretensión y sobreintensidad).

Proposición 5. Tenía como objetivo sintetizar en dos indicadores la información que sobre impacto ambiental era necesario conocer para una valoración de la luminaria. De nuevo no obtuvo acuerdo de los expertos, por lo que tuvo que ser reformulada en la segunda ronda. La mayoría de los expertos indicaron que, además del indicador **Diseño de la luminaria**, la descripción del indicador **Sostenibilidad de las materias primas** estaba incompleta. La descripción de este indicador se amplió con las aportaciones de los expertos, en la siguiente ronda.

Proposición 6. El objetivo de esta proposición era que los expertos eliminaran alguno de los tres indicadores que presenta, considerándolo como prescindible. Aunque los resultados de la primera ronda mostraron una mayoría suficiente en desacuerdo, se reescribió en la segunda ronda, al existir un número elevado de expertos que opinaron que el indicador que se pretendía eliminar, el **Flujo luminoso de la fuente de luz**, era en realidad el más importante de los tres. El objetivo de esta reformulación era que se especificase si hacían falta los tres o sólo con dos indicadores de ellos era suficiente.

Proposición 7. En esta ocurrió exactamente igual que en la anterior. Se intentaba eliminar uno de los tres indicadores y se llegó a una mayoría suficiente en desacuerdo. Se volvió a formular la pregunta ya que, como se puede comprobar en la Fase anterior, el indicador que se pretendía eliminar, **Espectro de emisión de la fuente de luz**, no suele aportarse por los fabricantes y es más complejo de interpretar por el técnico municipal que los otros dos (el **Índice del Rendimiento del Color** y la **Temperatura de Color Correlacionada**).

Proposición 8. De nuevo, el objetivo era relacionar los indicadores de forma que los expertos acordaran eliminar alguno de los dos de la lista de indicadores. Se alcanzó en la primera ronda una mayoría suficiente en desacuerdo y no se incluyó en la segunda ronda.

Proposición 9. El objetivo era completar la descripción del indicador **Horas de servicio/Vida**. La respuesta de los expertos

fue un acuerdo por mayoría suficiente y no se volvió a formular en la segunda ronda.

Proposición 10. Esta proposición intentaba que los expertos se pusiesen de acuerdo en determinar el grado de importancia que el indicador **Intensidad de trabajo de la luminaria** debía tener en la valoración de la luminaria. Los expertos no llegaron a acuerdo en esta cuestión. Con las justificaciones que aportaron se reformuló para la segunda ronda.

Proposición 11. Se formuló en la primera ronda con la intención de cuestionarse la necesidad de tener que valorar el indicador **Factor de potencia**, cuyo valor está establecido por un Reglamento, es decir, no cabía valoración alguna. Pero los expertos no alcanzaron un acuerdo, surgiendo en esta cuestión los conceptos de "Indicador requerido o exigible" e "Indicador valorable o evaluable". No volvió a preguntarse de nuevo como una cuestión independiente, aunque sí se volvió a pedir opinión a los expertos sobre esta "categorización" de los indicadores en la segunda ronda.

Proposición 12. Tenía como objetivo eliminar el indicador **Fotometría/Distribución espacial de la intensidad luminosa de una superficie** de la lista de indicadores. Los expertos llegaron a un consenso en desacuerdo en la primera ronda.

Proposición 13. La inclusión del indicador **Instalación regulable** dentro de la lista de indicadores esenciales obtuvo un consenso por acuerdo de los expertos en la primera ronda.

Proposición 14. Esta fue la proposición esencial de la primera ronda. El objetivo de las primeras proposiciones fue ir presentando los indicadores para comenzar a hacer reflexionar a los expertos sobre los mismos. Se pretendía que los expertos opinasen finalmente cuales eran, a su juicio, los indicadores más importantes. Esta cuestión no obtuvo acuerdo suficiente y tuvo que ser reformulada teniendo en cuenta las aportaciones de los expertos en la segunda ronda. Uno de los expertos recomendó el análisis del documento "Requerimientos Técnicos exigibles para luminarias con tecnología LED de alumbrado exterior" editado por el CEI y elaborado junto al IDAE, ya que consideraba que estaba directamente relacionado con esta cuestión. Se procedió a la

identificación y estudio del mismo para tenerlo en cuenta en las descripciones de indicadores que se iban a modificar en la ronda siguiente. Además del enunciado anteriormente expuesto, se invitaba a los expertos a elegir de entre la lista de indicadores aquellos tres que, en su opinión, eran imprescindibles y aquellos que podían eliminarse de la lista.

Proposición 15. Fue la segunda en importancia del cuestionario. Pretendía que opinaran, una vez que los expertos establecieran sus indicadores principales, sobre el grado de importancia de unos sobre otros en las valoraciones de las ofertas. Los expertos llegaron a una mayoría suficiente en desacuerdo en la primera ronda. Esta cuestión volvió a preguntarse mediante una tabla de valoración en segunda ronda.

5.4.2. Segunda ronda

En la segunda ronda los participantes tuvieron la oportunidad de comprobar si las respuestas de la primera reflejaban sus opiniones, al compartir los resultados.

5.4.2.1. Elaboración de la segunda ronda del cuestionario Delphi

La segunda ronda se realizó reescribiendo en parte las preguntas orientadas a los resultados de la primera. Esto permitió centrar las opiniones de los expertos en una dirección u otra de forma inequívoca. Las posibilidades de respuesta también siguieron siendo 5, iguales a la primera ronda.

Aquellas cuestiones en las que se llegó a una mayoría suficiente o consenso amplio, fueron eliminadas del cuestionario, suprimiéndose de esta forma seis cuestiones.

Las **Proposiciones 6 y 7**, aunque obtuvieron una mayoría suficiente, fueron rediseñadas para la segunda ronda. El motivo, indicado ya en el apartado anterior, fue la gran cantidad de aportaciones de interés recibidas. Se concretaron estas aportaciones incluyendo algunas de las apreciaciones aportadas.

Aunque las **Proposiciones 1 y 11** no obtuvieron consenso en la primera ronda, no volvió a requerirse la opinión de los expertos. Estos indicaron, en su mayoría, un consenso en la

importancia del **Coste de la luminaria** y de la imposibilidad legal de modificar el objeto de proyecto en una adjudicación pública. Por otro lado, existe un reglamento que exige que el **Factor de Potencia** se encuentre dentro de un rango de valores determinado, por lo que no se volvió a preguntar por este indicador. Los expertos justificaron la exigencia y los valores de este indicador para dar cumplimiento a la normativa en vigor (Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión).

Se reescribieron cinco **Proposiciones: 2, 4, 5, 10 y 14**, para matizar más la opinión del grupo y se incluyeron las aportaciones de los expertos en la primera ronda.

En esta ronda, el cuestionario se inició con unas sencillas instrucciones para poner en contexto a los expertos. Se explicó en detalle, para que no hubiese lugar a dudas, en qué fase exacta del proceso de contratación serían utilizados los indicadores, por quién y para qué.

Se modificó la descripción conceptual de dos indicadores para recoger las sugerencias de la mayoría de los expertos, el **Diseño de la luminaria** y **Sostenibilidad de las materias primas**. El cuestionario de la segunda ronda se presenta en el Anexo 17.

5.4.2.2. Distribución, tabulación e identificación de resultados. Nivel de respuesta

La distribución del cuestionario se realizó de idéntica forma que en la primera ronda. De los dieciséis expertos que contestaron la primera ronda, solo trece enviaron el cuestionario de la segunda en el plazo establecido. Durante la distribución de la segunda ronda, el experto número 17 se puso en contacto con los investigadores para formar parte del grupo, pero debido a lo avanzado de proceso se decidió no contar finalmente con su participación. Aunque el número de expertos había disminuido en 4 miembros, seguía existiendo un número de aportaciones significativas respecto al total (81%) y se decidió continuar con el estudio tal y como estaba diseñado en inicio.

En esta segunda ronda, los participantes tuvieron la oportunidad de modificar sus opiniones y obtener información sobre la perspectiva común que del colectivo de expertos estaba emergiendo.

5.4.2.3. Comunicación al panel de expertos de los resultados obtenidos

Los resultados de la segunda ronda, como en la ronda anterior, fueron enviados a los expertos aunque un mes después del plazo indicado en el cronograma. Las respuestas de los expertos fueron medidas numéricamente para reflejar una respuesta promedio. Además, se calculó el grado de acuerdo del grupo y también se elaboró el grado de acuerdo en subgrupos por perfil de experto (1. Fabricante, 2. Técnico Municipal, 3. Técnico Medioambiental/ Astrónomo, 4. Académico). También pudieron indicarse las proposiciones que no obtuvieron acuerdo, por lo que se salieron de los rangos establecidos como acuerdo.

La tabla 5.3. muestra un resumen de los resultados de las dos rondas. Se incluye, además, los porcentajes de acuerdo por perfil de experto. Se han asociado las proposiciones de la segunda ronda a las de la primera para darles un sentido de continuidad:

RESULTADOS CUESTIONARIO DELPHI		1ª RONDA	PERFIL	2ª RONDA	PERFIL
1	El Coste de la luminaria influye tanto en el procedimiento de contratación, que su valor puede modificar o influir en el área o Superficie a iluminar de un proyecto o actuación. Por lo tanto el Coste de la luminaria influye en el número final de luminarias a instalar.	50%	1	75% A	
			2	75% D	
			3	50%	
			4	75% A	
2	Es preferible elegir una luminaria de bajo coste, ajustada básicamente a especificaciones y con un periodo de retorno de la inversión coincidente con el plazo de garantía, a una luminaria de mayor calidad y precio, por encima de las especificaciones, en las que el periodo de retorno de la inversión supera al de la garantía del fabricante.	40%	1	100% D	
			2	50%	
			3	50%	
			4	50%	
Aunque el periodo de retorno de la inversión de una instalación supere el de garantía de una luminaria, es preferible elegir la luminaria de mayor calidad con el presupuesto disponible, superando las especificaciones en todos los indicadores que sea posible.				91% A	1 100% A 2 50% 3 100% A 4 75% A
3	No es necesario valorar los indicadores Disposición de los puntos de luz y Superficie a iluminar pues si la actuación es una renovación de luminarias, no se va a modificar la disposición de luminarias y si no lo es, esta información está previamente definidas en la Memoria Técnica o Proyecto. Estos dos indicadores no sirven para decidirse por una u otra oferta.	80% D	1	75% D	
			2	25%	
			3	75% D	
			4	100% D	
4	La definición conceptual del indicador Diseño de la luminaria	56%	1	25%	

RESULTADOS CUESTIONARIO DELPHI		1ª RONDA	PERFIL	2ª RONDA	PERFIL
	enumera una lista de conceptos. Esta lista es correcta y completa; no sobra ni falta ningún concepto que pueda ayudar al técnico a elegir la luminaria que tenga un mejor diseño.		2 100% D 3 75% D 4 50%		
	La definición conceptual del indicador Diseño de la luminaria enumera una lista de conceptos (se ha ampliado). Esta lista es correcta y bastante completa para ayudar al técnico a elegir la luminaria con un diseño mejor adaptado a sus necesidades (la información referente a las características lumínicas y eléctricas, se considera de la suficiente importancia como para considerarla aparte.			67% A	1 50% 2 100% A 3 100% A 4 50%
5	El Diseño de la luminaria y la Sostenibilidad de las materias primas son los únicos indicadores necesarios para garantizar que la luminaria elegida es la de menor impacto ambiental.	63%	1 50% 2 50% 3 75% D 4 75% D		
	El Diseño de la luminaria la Sostenibilidad de las materias primas (se ha modificado su descripción identificándolo con el Análisis del Ciclo de Vida de la luminaria) junto a la Fotometría y al Espectro de emisión de una fuente de luz son los indicadores necesarios para garantizar que la luminaria elegida es la de menor impacto ambiental.			67% A	1 50% 2 50% 3 100% A 4 50%
6	La Eficacia lumínica de la luminaria debería utilizarse junto a la Potencia/Intensidad de trabajo de la luminaria en las valoraciones, descartando el Flujo luminoso . El Flujo y la Potencia suelen ser opuestos, pues la luminaria de mayor potencia suele ser la de mayor flujo luminoso. Los dos se anularían entre sí en una valoración.	69% D	1 75% D 2 50% 3 100% D 4 75% D		
	El Flujo luminoso debería utilizarse junto a la Eficacia lumínica de la luminaria en la valoración de las luminarias, pero no se puede descartar la Potencia/Intensidad de trabajo de la luminaria . Los tres parámetros son necesarios en una valoración.			75% A	1 100% A 2 100% A 3 75% A 4 50%
7	Los fabricantes suelen aportar los valores del Índice de Rendimiento del Color y Temperatura de Color Correlacionada . Con estos dos indicadores no se hace necesario disponer de los valores del Espectro de emisión de una fuente de luz .	69% D	1 50% 2 50% 3 100% D 4 75% D		
	Los fabricantes suelen aportar los valores del Índice de Rendimiento del Color y Temperatura de Color Correlacionada . Aunque con estos dos indicadores no se conoce el Espectro de emisión de una fuente de luz (y por lo tanto el porcentaje de luz azul/ultravioleta emitida) al técnico municipal le puede ser suficiente con estos dos valores, siempre y cuando la actuación se sitúe en una zona que carezca de restricciones medioambientales.			58%	1 100% A 2 50% 3 75% D 4 100% A
8	En la actualidad, casi el 100% las fuentes de luz son de LED, por		1 100% D		

RESULTADOS CUESTIONARIO DELPHI		1ª RONDA	PERFIL	2ª RONDA	PERFIL
	lo que el Factor de depreciación (de mantenimiento de la instalación) es invariable para todas las luminarias ofertadas, así que se podría prescindir de este indicador en favor de las Horas de servicio/Vida pues la vida sí varía de unas fuentes de luz LED a otras.	69% D	2 50% 3 75% D 4 75% D		
9	El valor de las Horas de servicio/Vida de la luminaria está incompleto si no se conoce la vida útil del equipo auxiliar (driver).	69% A	1 25,00% 2 75% A 3 100% A 4 75% A		
10	La Intensidad de trabajo de la luminaria no debería limitar su valor máximo en los pliegos, pues penalizaría el desarrollo tecnológico de nuevos sistemas de tecnología LED, de mayor tamaño, potencia y capacidad de disipación de calor.	56%	1 50% 2 50% 3 50% 4 75% A		
	El desarrollo tecnológico de nuevos sistemas de tecnología LED, de mayor tamaño, potencia y capacidad de disipación de calor permitirían un menor número de LEDs por luminaria. Pero la Intensidad de trabajo de la luminaria debería seguir limitándose, procurando que no se supere la intensidad de trabajo del LED en relación a su intensidad máxima (por ejemplo, no superar la intensidad de trabajo en un porcentaje de la máxima).			55%	1 50% 2 100% A 3 33% 4 50%
11	El Factor de Potencia de la luminaria , es esencial en la valoración de ofertas, pues sirve para valorar la vida del conjunto de los equipos y estimar los costes de explotación de la actuación.	50%	1 75% A 2 50% 3 50% 4 50%		
12	Los fabricantes suelen aportar el valor del Flujo Hemisférico Superior Instalado (FHS inst.) de la luminaria pues existe un reglamento que limita su valor máximo. Con este indicador y la disposición de los puntos de luz descrita en la Memoria Técnica o Proyecto no se hace necesario disponer de la Fotometría/Distribución (espacial) de la intensidad luminosa de una superficie .	94% D	1 100% D 2 100% D 3 100% D 4 75% D		
13	El concepto de Instalación regulable es esencial para la toma de decisiones. En la oferta debe detallarse el tipo y características técnicas del sistema de regulación y un cálculo estimado del ahorro energético y económico durante la vida útil de los puntos de luz ofertados.	94% A	1 75% A 2 100% A 3 100% A 4 75% A		
14	Todos los indicadores presentados y descritos deberían requerirse en las prescripciones o pliegos técnicos de contratación.	54%	1 50% 2 50% 3 66% A 4 75% A		
	La oferta debería aportar información de los 21 indicadores, pues el técnico debe comprobar que se cumplen unos criterios mínimos establecidos, ya sea porque existe una normativa			58%	1 50% 2 50% 3 50%

RESULTADOS CUESTIONARIO DELPHI	1ª RONDA	PERFIL	2ª RONDA	PERFIL
obligatoria o publicaciones prestigiosas que los recomiendan. Pero sólo algunos de estos indicadores son esenciales en la valoración de las ofertas.			4	75% A
15 Todos los indicadores que usted considera necesarios, deben valorarse con la misma importancia, es decir, deben tener el mismo peso al valorarse en el pliego de contratación. Por ejemplo, en el caso de haber seleccionados los indicadores Potencia de la fuente de luz e Índice de Rendimiento del Color, una mejora en la oferta de uno tendría el mismo peso en la valoración que una mejora en el otro.	1 2 79% D 3 4	75% D 66% D 75% D 75% D		

Nota. D: Desacuerdo, A: Acuerdo, CA: Consenso amplio (Acuerdo > 80%), MS: Mayoría suficiente (Acuerdo 66-80%), AI: Acuerdo Insuficiente (Acuerdo <66%), 1: Perfil Fabricante, 2: perfil Técnico Municipal, 3: Perfil Técnico Medioambiental/Astrónomo, 4: Perfil Académico.

Tabla 5.3. Resultados del Delphi. Fuente: Elaboración propia.

En la segunda ronda, se reescribió la **Proposición 2**, contemplando las aportaciones de los expertos, muchos de los cuales dieron más peso a la calidad que al precio de la luminaria. Los expertos que pertenecen al sector de fabricación y técnicos municipales no cambiaron su opinión, pero los técnicos ambientales y los académicos aumentan su grado de acuerdo, llegando finalmente a obtener en esta segunda ronda un consenso amplio. Uno de los expertos recomendó de nuevo el análisis del documento "Requerimientos Técnicos exigibles para luminarias con tecnología LED de alumbrado exterior" editado por el CEI y elaborado junto al IDAE, ya que consideraba que la nueva descripción del indicador **Diseño de la luminaria** no había incluido todos los requerimientos que este documento incorpora. Los resultados de esta cuestión serán tratados en el apartado de 5.6. y 5.7.

La redefinición de la **Proposición 4** en la segunda ronda, en relación al indicador **Diseño de la luminaria**, incluyendo las aportaciones de los expertos, produjo un acuerdo por mayoría suficiente. De todas formas, algunos expertos volvieron a opinar que la descripción estaba incompleta y necesitaba presentar algunos conceptos con mayor detalle, como por ejemplo, los materiales y los espesores de los acabados de la luminaria. Otros insistieron en incluir parámetros como la fotometría en la descripción.

La redefinición de los conceptos de los indicadores **Diseño de la luminaria** y **Sostenibilidad de las materias primas** en la **Proposición 5** se elaborará a partir de las aportaciones de los expertos. Además, se incluyeron los indicadores **Fotometría** y **Espectro de emisión de una fuente de luz**. En esta segunda ronda, se produjo un acuerdo por mayoría suficiente.

La revisión del contenido de la **Proposición 6**, en la segunda ronda, ha conseguido un aumento el porcentaje de acuerdo por mayoría suficiente, pero no se ha conseguido el objetivo de eliminar uno de los tres indicadores que presentaba.

La nueva reformulación de la **Proposición 7** consiguió aún menos acuerdo que en la anterior ronda. En esta cuestión, en las dos rondas se ha obtenido el mismo resultado, los expertos no han llegado a un acuerdo. Se considera innecesario volver a preguntarles de nuevo.

Con relación a la **Proposición 10**, los expertos se mantuvieron en la segunda ronda con el mismo grado de desacuerdo, haciendo inútil volver a preguntar de nuevo por la misma cuestión.

En relación a la **Proposición 14**, el porcentaje de acuerdo se elevó ligeramente, pero no fue significativo. Se obtuvieron los mismos resultados que en la primera ronda, haciendo inútil volver a preguntar de nuevo por lo mismo.

El cuestionario incluyó, al final, la lista de indicadores actualizada con respecto a la primera ronda y se les solicitaba (**Proposición 8** de la segunda ronda) que clasificaran los indicadores como "Exigibles" y/o "Valorables". No se les dio instrucciones de si esta clasificación era excluyente para que los expertos tuviesen libertad plena en la clasificación. También, se les volvió a solicitar que clasificasen los indicadores por orden de importancia. Los resultados de esta cuestión serán tratados en los apartados 5.6. y 5.7.

5.4.2.4. Necesidad de rondas sucesivas

La segunda ronda de la consulta coincidió con el envío de los resultados de la primera ronda a los expertos. Los cuales dieron una nueva respuesta, y además, la mayoría de ellos la justificaron. Según Astigarraga (2003), las variaciones respecto a

los resultados iniciales suelen ser mínimas en éste tipo de estudios, alcanzando en la segunda ronda un acuerdo en la mayoría de proposiciones.

Además, se observó saturación teórica en aquellas en las que no se llegó a un acuerdo. De estas tres proposiciones, en dos de ellas el grado de acuerdo disminuyó aún más en la segunda ronda que en la primera, y en la otra el acuerdo aumentó, aunque en un porcentaje muy bajo. Esto indica que las opiniones de los expertos se polarizaron aún más haciendo inútil una tercera consulta.

También se constató en la mayoría de las proposiciones un intercambio de información suficiente. Aunque la formulación teórica del método Delphi propiamente dicha comprende varias etapas sucesivas de envíos de cuestionarios de vaciado y de explotación según indica Astigarraga (2003), en buena parte de los casos puede limitarse a dos etapas, sin afectar a la calidad de los resultados, tal y como demuestra la experiencia acumulada (Skulmoski et al., 2007).

Los expertos, sobre todo en la segunda ronda, hicieron aportaciones de una mayor complejidad y detalle que en la primera, abordando por completo el ámbito en que se circunscribía el técnico municipal. Por ello, y por la razón antes mencionada sobre los resultados de las proposiciones donde no se llegó a un acuerdo; el proceso iterativo se consideró finalizado. Además, realizar más iteraciones con certeza darían lugar a las mismas conclusiones o hartarían a los expertos al ser preguntados tres veces por lo mismo. Incorporar una tercera ronda de consultas habría implicado asumir unos niveles de abandono (en la segunda ronda se produjo un abandono del 19% de los expertos), un esfuerzo organizativo y una duración temporal que, probablemente, hubieran sido negativas para el estudio.

5.5. Análisis cuantitativo de las rondas del Delphi

Para presentar los resultados estadísticos de cada una de las rondas se ha utilizado la mediana, que es un valor que suele utilizarse para representar la opinión colectiva del grupo (Hsu y Sandford, 2007). Para la

medida de dispersión se ha utilizado el rango intercuartil (López-Sánchez y Pulido-Fernández, 2014). También se ha utilizado el análisis de la varianza y la desviación típica (Riggs, 1983).

Rondas/Resultados	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Primera ronda															
Mediana (Me)/Q2	3,5	3	1	2	2	1,5	2	1	4	4	3,5	1	5	4	2
Moda	4	3	1	3	1	1	1	1	5	5	4	1	5	4	1
Des. Típica (σ)	1,45	1,29	0,82	1,20	1,26	1,52	1,67	1,48	1,20	1,63	1,53	1,02	0,77	1,39	1,38
Rango intercuartil (Q3-Q1)	2	2	1	2	2	2,25	2	2	2	2,5	3	0	0	1	1
Segunda ronda															
Mediana (Me)/Q2	-	5	-	4	4	4	4	-	-	4	-	-	-	4	-
Moda	-	5	-	4	4	5	4	-	-	5	-	-	-	3	-
Des. Típica (σ)	-	0,69	-	0,87	1,38	0,83	1,44	-	-	1,51	-	-	-	0,9	-
Rango intercuartil (Q3-Q1)	-	1	-	1	1,25	1,25	2,25	-	-	2	-	-	-	2	-
Q3-Q1 1ª Ronda	2,00	2,00	1,00	2,00	2,00	2,25	2,00	2,00	2,00	2,50	3,00	0,00	0,00	1,00	1,00
Q3-Q1 2ª Ronda		1,00		1,00	1,25	1,25	2,25			2,00				2,00	
Variación		1,00		1,00	0,75	1,00	-0,25			0,50				-1,00	

Tabla 5.4. Resultados estadísticos del Delphi. Fuente: Elaboración propia.

La diferencia de las desviaciones típicas de la primera y la segunda ronda proporciona una idea de la variación del grado de consenso conseguido. En las cuestiones en la que el valor de la desviación típica disminuye en la segunda ronda respecto a la primera, es indicativo de que los expertos han acercado sus posturas, alcanzando un grado de consenso mayor.

En el caso de los estudios desarrollados con el método Delphi, el valor más utilizado es el intercuartil (Q3-Q1). Este valor representa "el rango de la mitad media de la puntuaciones" (Nick y Lee-Ross, 1998, p. 104, citado por López-Sánchez y Pulido-Fernández, 2014) y se calcula ordenando los datos de mayor a menor, mostrando la diferencia entre el valor colocado a la izquierda por el 75 por ciento de las respuestas ordenadas (tercer cuartil, Q3) y el valor colocado a la izquierda en un 25 por ciento de ellos (primer cuartil, Q1). Cuanto más corta es la distancia, mayor es la estabilidad de las respuestas y la convergencia de puntos de vista. Su reducción en rondas

sucesivas muestra un acuerdo o consenso entre expertos, que asegura la objetividad de sus resultados y su calidad (López-Sánchez y Pulido-Fernández, 2014).

Como puede observarse, los resultados se corresponden con los de la Tabla 5.3. La **Proposición 7** no solo no ha alcanzó un acuerdo sino que disminuyó en la segunda ronda, una vez reescrita con las aportaciones de algunos expertos.

En la **Proposición 10**, aunque ocurrió algo parecido, como los desacuerdos eran tan acusados en la primera ronda, y en la segunda han sido bastante más bajos, se han terminado acercando posturas aunque sin llegar a una mayoría suficiente. Como puede observarse el rango intercuartil en la segunda ronda se sitúa por encima de 1,5. López-Sánchez y Pulido-Fernández (2014) establecieron un acuerdo suficiente cuando este valor estaba situado entre 0,7 y 1,5.

La **Proposición 14**, aunque aumentó ligeramente su grado de acuerdo en la segunda ronda, no llegó a una mayoría suficiente y el grado de desacuerdo aumentó entre los expertos en la segunda ronda.

En la Tabla 5.3. se han presentado los enunciados de cada una de las proposiciones con el grado de acuerdo alcanzado en la primera y en la segunda ronda. Los resultados del estudio muestran que se ha producido acuerdo en el 80% (12) de las proposiciones presentados (15). No se ha llegado a acuerdo en las **Proposiciones 7, 10 y 14**.

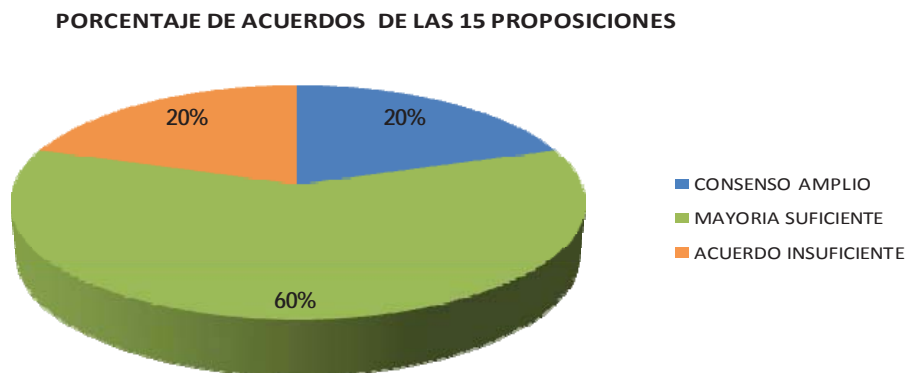


Figura 5.2. Porcentaje de acuerdos. Fuente: Elaboración propia.

5.6. Análisis conceptual de resultados del Delphi

Este apartado tratará de presentar las aportaciones técnicas de los expertos en conjunto y por perfil de experto. Se señalan los cambios de opinión de los expertos y sus motivaciones, evidenciando el grado de estabilidad de sus respuestas.

Para poner en contexto los resultados conceptuales del estudio, habría que recordar que la labor del experto era aportar cuáles, en su opinión, eran los indicadores imprescindibles y capaces de evaluar por parte del técnico municipal. Estos técnicos suelen estar a la vez en diversos asuntos y, en ocasiones, no disponen de un grado de especialidad que les permita exigir unas prescripciones excesivamente complejas.

El momento temporal en que el técnico se serviría de estos indicadores sería durante la fase final de toma de decisiones. Es decir, una vez que:

- Se ha elaborado la Memoria Técnica o Proyecto que la define completamente (área de actuación, disposición de los puntos de luz, los cálculos justificativos).
- Se ha justificado el cumplimiento legislativo de los niveles reglamentarios, factores de utilización, mantenimiento, etc.
- Se ha liberado un presupuesto, iniciado el proceso de contratación y después de que los instaladores hubiesen enviado sus ofertas.

Después de todas esas actuaciones es cuando se serviría de la lista de indicadores.

Ya fuese actuación nueva o renovación, se partió del supuesto de que existía una Memoria Técnica o Proyecto previo con los cálculos fotométricos/luminotécnicos y de ahorro energético, y que los instaladores la habían estudiado antes de elaborar su oferta, justificándola, con sus propios cálculos.

Se analizan, a continuación, las aportaciones obtenidas, en relación a las proposiciones y rondas, al listado de indicadores:

- El indicador **Coste de la luminaria** ha resultado sin duda imprescindible. Aunque no estaba en duda la necesidad de su inclusión en la lista de imprescindibles, se relacionó con el indicador **Superficie a iluminar** para intentar eliminar este último de la lista de imprescindibles. La intención era asociar la idea de que una disminución en el coste de la luminaria podía hacer que el municipio se planteara extender la actuación a más zonas, ya que dispondría de más

presupuesto. Los expertos dividieron sus opiniones. Los que no estaban de acuerdo con esta afirmación opinaron que una contratación de la administración pública no podía ser modificada en la etapa de valoración de las ofertas, por lo que la variación de la superficie a iluminar, en el caso de las administraciones, resultaba imposible. Esto es cierto, la Ley de Contratos 9/2017 del Sector Público no permite cambiar el objeto de contrato una vez comenzado el procedimiento de contratación. En el lado opuesto, si en lugar de bajar el precio unitario de la luminaria este subía y, por lo tanto su calidad, el número de luminarias podía descender y el coste de la instalación en su conjunto también para la misma superficie a iluminar.

Cuando en la primera ronda se pidió a los expertos que eligieran 3 indicadores, el indicador **Coste de la luminaria** se situó dentro de los tres más elegidos. Sin embargo en la segunda ronda ningún experto lo situó en primer lugar y se produjo un empate al calificarlo como "Exigible" o "Valorable". Estos resultados lo identifican como un indicador muy importante pero, como un experto indicó acertadamente *"Puede ser muy perverso si no se asocia a otros indicadores"*.

- La necesidad del indicador **Superficie a iluminar** se volvió a cuestionar en la tercera proposición, donde se produjo un desacuerdo por mayoría suficiente en la primera ronda, por lo que se decidió no ponerlo en cuestión de nuevo. También incluía al indicador **Disposición de los puntos de luz**, con la intención de que los expertos lo descartasen. Prácticamente, todos los expertos estuvieron de acuerdo en que debía existir una justificación o cálculo lumínico que necesitaba del valor de estos dos indicadores para poder elaborarse. Aunque se indicó que esta justificación ya existía previamente, los expertos insistieron que la comprobación de estos cálculos en la fase de valoración de ofertas era fundamental. Uno de los expertos citó como ejemplo que una luminaria con una mejor fotometría podía permitir una distribución con un número menor de luminarias, que disminuyera los costes de mantenimiento a posteriori. Estas aportaciones que los expertos realizaron, entre otras, confirmaron la inclusión del indicador **Luminancia/iluminancia media/semicilíndrica** de la instalación que se realizó en la fase 1. Equivale al indicador **Cumplimiento de los niveles de iluminación**.

Cuando en la primera ronda se pidió a los expertos que eligieran tres indicadores, el indicador **Superficie a iluminar** no fue elegido por ninguno de ellos, al contrario, algunos indicaron que podía ser eliminado.

En la segunda ronda sólo dos expertos lo situaron por encima de la décima posición en cuanto a importancia y lo calificaron en su mayoría como "Valorable".

En el caso del indicador **Disposición de los puntos de luz**, sólo dos expertos lo eligieron en la primera ronda. En la segunda, ningún experto lo situó por encima del sexto lugar y lo calificaron en su mayoría como "Valorable".

El indicador **Luminancia/iluminancia media/semicilíndrica** de la instalación (incluido como **Cumplimiento de los niveles de iluminación**) fue elegido por el 31% de los expertos en la primera ronda. En la segunda ronda fue elegido de forma mayoritaria como "Exigible". Fue situado por más del 50% de los expertos dentro de los 6 primeros.

- La Proposición 2 no incluyó en ninguna de las dos rondas referencias a indicadores, porque la intención era invitar a los expertos a posicionarse en el lado de la calidad o en el de la rentabilidad económica. Aunque algunos de ellos se decantaron desde el principio por la calidad, otros argumentaron que las prestaciones de una luminaria se especifican y estas deben cumplirse, *"Si se pretendía adquirir una luminaria de mayor calidad, pues haberla prescrito"*. A esto se sumó una aportación que argumentó que usualmente en las contrataciones de la administración se debía escoger la de menor importe económico y que casi nunca se cubre el periodo de retorno de la inversión con la garantía, soliendo ser menor. En la segunda ronda, la pregunta se reescribió dando más peso a la calidad que a la rentabilidad económica y obtuvo un consenso amplio.
- El indicador **Diseño de la luminaria** ha sido con diferencia el más polémico. Aunque en la primera ronda no se produjo acuerdo, todos los expertos coincidieron en que estaba incompleto. Algunos querían introducir atributos que estaban ya descritos en otro indicador (**Fotometría**) a otros les faltaban atributos. Con las aportaciones de los expertos se reescribieron las Proposiciones 4 y 5 que son las que hacen referencia a este indicador. Aunque en la segunda ronda sí se consiguió alcanzar un acuerdo por mayoría suficiente, los expertos siguieron incidiendo en que existían carencias en la descripción de este indicador, faltando por ejemplo el atributo de acabados (espesores de materiales y recubrimientos, elementos anticorrosión) y una mejor definición de los materiales. Cuando se pidió en la primera ronda a los expertos que eligieran tres indicadores, el indicador **Diseño de la luminaria** se situó

dentro de los tres más elegidos, en la segunda ronda más de la mitad valoraron los atributos de este indicador como “Exigibles”. Estos resultados lo identifican como un indicador muy importante aunque no hubo una mayoría de expertos, solo un 40%, que lo situara por encima del sexto lugar.

- Al indicador **Sostenibilidad de las materias primas**, le ocurrió prácticamente igual que al anterior, aunque en la primera ronda consiguió un acuerdo por mayoría suficiente. Los expertos argumentaron que estaba incompleto (fundamentalmente faltaba el análisis del ciclo de vida, la huella de carbono, certificaciones medioambientales del proceso de fabricación y del producto final y otros indicadores ya descritos como la eficiencia de la luminaria y el espectro). Este indicador volvió a reescribirse en la segunda ronda, y aunque aumentó el porcentaje de acuerdo por mayoría suficiente, casi la mitad de los expertos siguieron indicando que este indicador estaba incompleto e incluso que había que dividir esta sostenibilidad en dos vertientes: lumínica y ambiental.

Cuando se pidió en la primera ronda a los expertos que eligieran 3 indicadores, solo dos situaron al indicador en cuestión dentro de los tres más elegidos. En la segunda ronda, más de la mitad lo valoraron como un indicador “Exigible” y más del 50% lo situaron por encima del octavo lugar.

- El objetivo de la **Proposición 6** fue tratar de que los expertos eliminaran, al menos, uno de los tres indicadores contenidos en ella. Partiendo de que el indicador **Eficacia/eficiencia lumínica de la fuente de luz/instalación** es el cociente entre el indicador **Flujo luminoso emitido** y **Potencia de trabajo del punto de luz**, la investigadora supuso que los expertos podían llegar a un acuerdo y elegir, de entre los tres, los dos más significativos. En la primera ronda se produjo un desacuerdo por mayoría suficiente, sólo tres expertos estuvieron de acuerdo. Más de un tercio de los expertos argumentaron que el indicador **Flujo luminoso emitido**, el que se pretendía eliminar, era en realidad el más importante, y por donde había que comenzar a diseñar la instalación. Un 25% de expertos indicaron en sus aportaciones que los tres parámetros eran importantes, aunque en caso de tener que elegir dos, era la potencia y no el flujo, el de menor importancia de los tres. Algunos sí dieron más importancia a la potencia, pero en la medida en que iba asociada a la intensidad de corriente que era para ellos un indicador fundamental. A la vista de que no había sido posible eliminar

ninguno de los tres indicadores, se reescribió englobando los tres indicadores y se obtuvo un acuerdo por mayoría suficiente.

El indicador **Eficacia/eficiencia lumínica de la fuente de luz/instalación** fue el más elegido de todos cuando se pidió en la primera ronda a los expertos que eligieran tres indicadores imprescindibles, sin embargo los indicadores **Flujo luminoso emitido** y **Potencia de trabajo del punto de luz** solo fueron elegidos por un 12% de los expertos. En la segunda ronda, los tres indicadores fueron elegidos de forma mayoritaria como indicadores "Exigibles". El 100% de los expertos situaron el indicador **Eficacia/eficiencia lumínica de la fuente de luz/instalación** dentro de los diez primeros y el 80% dentro de los cuatro primeros. Este resultado coincide con el obtenido en la fase 1, donde este indicador fue uno de los dos más citado. En los otros dos indicadores hay división de opiniones sin una clara mayoría, situándolos unos en puestos muy elevados y otros casi al final de la lista de indicadores prioritarios.

- El objetivo de la **Proposición 7** fue eliminar la necesidad, al técnico municipal, de tener que estudiar en la fase de valoración de ofertas el indicador **Espectro de emisión de la fuente de luz**, al ser un indicador más complejo de evaluar que los indicadores **Índice de Rendimiento del Color** y **Temperatura de Color Correlacionada**, muy sencillos de evaluar y los fabricantes suelen aportarlos prácticamente en todos los casos. Aunque hubo un desacuerdo por mayoría suficiente se volvió a reescribir, buscando el acuerdo de los expertos para evitar valorar este indicador en el caso en que la zona a iluminar no dispusiera de restricciones medioambientales. El resultado de la segunda ronda no sólo no produjo un acuerdo, sino que polarizó las respuestas aún más, como puede comprobarse en la Tabla 5.3. Los técnicos medioambientales no estuvieron de acuerdo en su mayoría en ninguna de las dos rondas, haciendo imposible un acuerdo suficiente.

Aunque los expertos reflejaron en sus opiniones la importancia del indicador **Espectro de emisión de la fuente de luz**, sólo dos expertos lo eligieron como uno de los 3 indicadores imprescindibles en la primera ronda, mientras que los indicadores **Índice de Rendimiento del Color** y **Temperatura de Color Correlacionada** sólo fueron elegidos por uno y ninguno, respectivamente. En la segunda ronda tampoco se produjo una tendencia clara en la selección de estos tres indicadores como "Exigibles" o "Valorables". El indicador **Espectro de emisión de la fuente de luz** presentó un empate de expertos y en los otros dos

indicadores se decantaron levemente hacia el concepto de “Valorables”. Sólo el *perfil Técnico Ambiental* en el indicador **Espectro de emisión de la fuente de luz** y el *perfil Fabricante* en los indicadores **Índice de Rendimiento del Color y Temperatura de Color Correlacionada** los situaron por encima de los nueve primeros.

- Las **Proposiciones 8 y 9** incluyeron el indicador **Horas de servicio/Vida**. En la **Proposición 8** se pretendía que sustituyese al indicador **Factor de depreciación de la instalación** de la instalación, pero los expertos argumentaron que este factor no dependía sólo de la luminaria sino de las condiciones del entorno, por lo que no podía ser eliminado. Lo que sí expusieron fue la posibilidad de fijar su valor, de forma que se exigiesen unas características concretas de la luminaria (cierres, acumulación de suciedad, etc.) por defecto o fijas. En la primera ronda, se alcanzó un desacuerdo por mayoría suficiente y esta cuestión no fue de nuevo presentada a los expertos, al igual que la **Proposición 9**, en la que los expertos lograron un acuerdo por mayoría suficiente, al valorar como necesario conocer la vida útil del driver.

Ningún experto eligió el indicador **Factor de depreciación de la instalación** dentro de los tres indicadores imprescindibles en la primera ronda, sin embargo el indicador **Horas de servicio/Vida** fue elegido por el 25% de los expertos. En la segunda ronda, ambos fueron elegidos de forma mayoritaria como indicadores “Exigibles”. Todos los expertos, excepto uno, situaron el indicador **Factor de depreciación de la instalación** por debajo del puesto 9 y, al contrario, solo uno situó el indicador **Horas de servicio/Vida** por encima.

- La **Proposición 10**, al igual que la 7, no solo no produjo un acuerdo entre los expertos, sino que en la segunda ronda este acuerdo se redujo. El objetivo era eliminar la limitación de la intensidad máxima de trabajo del LED, debido a que la tecnología va produciendo avances que pueden hacer que estos componentes puedan asumir valores por encima de los tradicionalmente reconocidos como de “bajo riesgo” para la vida de los mismos. La primera fase no produjo acuerdo, ni de forma global entre expertos ni por perfiles. En la segunda ronda, en la que se reescribió la pregunta con las aportaciones que, fundamentalmente, hicieron los expertos de *perfil Fabricante*, se produjo un desacuerdo aún mayor, aunque el *perfil Técnico Municipal* llegó a un acuerdo del 100% en limitar en cierta medida esta intensidad de trabajo.

Solo un experto eligió el indicador **Potencia/Intensidad de trabajo de la luminaria** de entre los tres indicadores imprescindibles en la primera

ronda. En la segunda ronda fue elegido de forma mayoritaria como indicador "Exigible". El 40% de los expertos lo situaron dentro de los diez primeros.

- El indicador **Factor de Potencia de la luminaria**, se cuestionó en la **Proposición 11**. Al ser un factor con unos valores limitados de forma reglamentaria no volvió a cuestionarse, aún sin haber alcanzado acuerdo, ya que era exigible obligatoriamente. De este modo pasó a ser cuestionado en la pregunta final, en la que se valoró el grado de importancia que los expertos le daban en relación al resto de indicadores.

Ningún experto eligió el indicador **Factor de potencia de la luminaria** dentro de los tres indicadores imprescindibles en la primera ronda. En la segunda ronda, como era de esperar, fue elegido de forma mayoritaria como "Exigible". Solo el 20% de los expertos situaron este indicador dentro de los diez primeros.

- El indicador **Flujo Hemisférico Superior Instalado**, al igual que el anterior, debe tener unos valores determinados por el Reglamento de Eficiencia Energética en instalaciones alumbrado exterior, por lo que no puede ser eliminado del listado de indicadores. La **Proposición 12** tenía como objetivo que los expertos intentasen argumentar la posibilidad de eliminar el indicador **Fotometría** de la lista de indicadores. Las aportaciones anteriores de los expertos ya hicieron intuir la imposibilidad de eliminar este indicador, esencial para establecer otros indicadores y garantizar que la instalación cumpla sus objetivos lumínicos. Y efectivamente mostraron un desacuerdo por consenso amplio.

Ambos indicadores fueron elegidos por los expertos de entre los tres indicadores imprescindibles en la primera ronda, obteniendo el indicador **Fotometría**, más del doble de votaciones que el indicador **Flujo Hemisférico Superior**. En la segunda ronda, los dos indicadores fueron elegidos de forma mayoritaria como indicadores "Exigibles". Todos los expertos, excepto uno, situaron ambos indicadores dentro de los diez primeros en la segunda ronda. El 33% situaron el indicador **Fotometría** en primer lugar y el 60% situaron el indicador **Flujo Hemisférico Superior** en tercer lugar.

- El indicador **Horas de funcionamiento regulables** se presentó en la Proposición 13 a los expertos como muy importante a la hora de tomar decisiones y de valorar una oferta, pues es el camino futuro (o casi presente) para proseguir con el proceso de descenso de los consumos

energéticos en las instalaciones de alumbrado público. Los expertos respondieron en la primera ronda con un acuerdo por consenso amplio.

El indicador **Horas de funcionamiento regulables**, no fue de los más elegidos cuando se pidió a los expertos que eligieran tres indicadores imprescindibles en la primera ronda. En la segunda, fue elegido de forma mayoritaria como "Exigible". El 40% de los expertos situaron el indicador **Horas de funcionamiento regulables** dentro de los 10 primeros.

- La **Proposición 14** pretendió que los expertos, una vez hubieron de reflexionar sobre los indicadores de forma independiente, refrendaran el listado de indicadores, o en su defecto incluyeran otros nuevos para de esta forma validar y completar o simplificar la lista. No se produjo un acuerdo y cada experto hizo una elección particular de **sus indicadores esenciales**. Las conclusiones de estas aportaciones se presentan en el capítulo siguiente. La segunda ronda, aunque elevó ligeramente el grado de acuerdo, tampoco aclaró si la lista de indicadores era adecuada, al no producirse un acuerdo suficiente. Si estudiamos los resultados por perfil, se puede comprobar que los acuerdos no se debían al distinto perfil de los expertos, ya que no hubo acuerdos dentro del mismo perfil. Se extrajeron, eso sí, las conclusiones de entre las numerosas aportaciones que hicieron en cada una de las rondas, que conforman la introducción del siguiente capítulo.
- La **Proposición 15** pretendía que los expertos opinaran si los indicadores debían o no tener el mismo peso. La respuesta fue un desacuerdo por mayoría suficiente. En su mayoría, opinaron que no todos los indicadores debían tener la misma importancia o peso en una valoración. En la segunda ronda, se trató de clarificar este asunto invitando a los expertos a que clasificaran los indicadores como "Exigibles" o "Valorables". Esta clasificación, aceptando ya los resultados de la primera ronda, hizo una distinción entre los indicadores de mayor peso que se presenta en el próximo apartado.

Los nuevos indicadores establecidos por las aportaciones de los expertos en la primera ronda: **Grados de Protección IP e IK**, y **Protección contra sobretensión y sobreintensidad** fueron elegidos de forma mayoritaria como "Exigibles" en la segunda ronda y, además, situados por los expertos dentro de los 10 primeros.

5.7. Conclusiones del Delphi

A continuación se presentan los resultados de esta fase del estudio, a modo de descripción de cada indicador estudiado, con las aportaciones de los expertos y una valoración en función de su importancia respecto al resto de indicadores. En la Tabla 5.5. se presentan las valoraciones que los expertos realizaron sobre los indicadores en porcentajes y el resultado a la calificación de cada indicador como "Exigible" o "Valorable". Algunos expertos añadieron, además, recomendaciones para establecer un rango de valor a los indicadores. Estas recomendaciones forman parte del apartado de conclusiones de la Tesis.

Indicador	Esencial*	Prescindible*	Exigible**	Valorable**
I01. Coste de una luminaria en el lugar de la instalación.	44	0	X	X
I02. Disposición de los puntos de luz.	13	0		X
I03. Diseño de una luminaria.	44	0	X	
I04. Eficacia o eficiencia lumínica de una luminaria/instalación	56	0	X	
I05. Espectro de emisión de una fuente de luz.	13	0	X	X
I06. Factor de depreciación/mantenimiento de una instalación.	0	6	X	
I07. Factor de potencia de un punto de luz.	0	6	X	
I08. Flujo luminoso emitido por una fuente de luz	13	13	X	
I09. Fotometría	31	0	X	
I10. Horas de funcionamiento/regulación de una instalación.	13	6	X	
I11. Horas de servicio/Vida útil de una instalación.	25	6	X	
I12. Índice de Rendimiento de Color (IRC) de una fuente de luz	6	6		X
I13. Flujo Hemisférico Superior Instalado (FHS inst) de una luminaria.	13	6	X	
I14. Potencia/Intensidad de trabajo de un punto de luz.	6	0	X	
I15. Sostenibilidad de las materias primas/Coste del Ciclo de Vida del punto de luz/Instalación.	13	6	X	
I16. Superficie a iluminar/Aumento del número de luminarias.	0	19		X
I17. Temperatura de Color Correlacionada (T _{cp}) de una fuente de luz.	0	13		X
I18. Grado de Protección IP del conjunto sistema óptico y de la luminaria.			X	
I19. Grado de Protección IK de la luminaria.			X	
I20. Protecciones contra sobretensión y sobreintensidad de un punto de luz.			X	
I21. Cumplimiento de los requerimientos luminotécnicos.			X	

Nota: * Porcentaje de expertos que le dieron esta calificación, ** Elección de la mayoría de los expertos
Sombreados los indicadores valorables.

Tabla 5.5. Clasificación y valoración de los indicadores realizada por los expertos en porcentajes. Fuente: Elaboración propia.

- **I01. Coste de una luminaria en el lugar de la instalación.**
Descripción: Coste económico de cada luminaria desde su etapa de diseño, producción y transporte hasta el lugar de la instalación. Esta descripción no fue puesta en duda por ningún experto. Aunque existen otros costes, de explotación, de mantenimiento etc., no están incluidos. Es un indicador muy importante, exigible y valorable aunque, según los expertos, "el precio de una luminaria no debía ser el único indicador a valorar". Los indicadores que potencien un aumento de la calidad de la luminaria (indicadores lumínicos y de sostenibilidad) deberían prevalecer en la medida de lo posible.
- **I02. Disposición de los puntos de luz.** *Descripción: Distribución espacial de luminarias de la instalación. Incluye los conceptos de interdistancia, altura de colocación y longitud del brazo/báculo. Esta descripción no fue puesta en duda por experto alguno. Se ha considerado importante en la medida en que establece los parámetros espaciales para el cálculo de otros indicadores no independientes (**I21. Cumplimiento de los requerimientos luminotécnicos**) que los expertos si han considerado importantes. Fue estimado más valorable que exigible.*
- **I03. Diseño de una luminaria.** *Descripción: Modelo o estética, dimensiones, peso, sistema de fijación, sistema de manipulación y apertura, compartimentación del interior, descripción de los tipos de materiales y composición de los mismos, recubrimientos, espesores y respectivas normas de aplicación; en su caso, porcentaje de cobre de las aleaciones y sistemas de protección contra la corrosión, sistema de disipación de calor que garanticen una temperatura máxima en el interior de X °C, corriente de alimentación del LED, capacidad de sustitución con otras ópticas/estandarización que permitan la actualización del sistema óptico, marcado CE del módulo LED, driver y del conjunto. Este indicador ha resultado importante: debe definirse y ser exigible en una oferta.*
- **I04. Eficacia o eficiencia lumínica de una luminaria/instalación.**
Descripción: Es la relación entre el flujo luminoso emitido por una luminaria (lm) y la potencia total consumida por el sistema óptico más su equipo auxiliar (W). El flujo luminoso de la luminaria es el emitido por la fuente de luz, descontando las pérdidas debidas a la intensidad y temperatura real, las pérdidas debidas a la lente utilizada y las pérdidas producidas por el cerramiento de la luminaria. Ningún experto ha

cuestionado esta descripción, pero tres han añadido la necesidad de incorporar a este indicador el concepto de utilancia (relación entre el flujo que llega a la calzada y el emitido por la luminaria) y dos, el índice SLEEC (Street Light Energy Efficient Coeficient). Los expertos han opinado en su mayoría que este es el indicador más importante, además de considerarlo exigible. Es esencial en la valoración de una luminaria.

- **I05. Espectro de emisión de una fuente de luz.** *Descripción:* Distribución espectral de la radiación emitida por una fuente de luz para una excitación especificada (intensidad de corriente). Aunque el indicador alude a la totalidad del espectro, la exigencia de los expertos se centró en la necesidad de tener un conocimiento de "el porcentaje de luz azul" del LED que iba a ser instalado. Fundamentalmente, la demanda era debida a motivos medioambientales. Este indicador fue valorado como exigible y valorable a partes iguales.
- **I06. Factor de depreciación/mantenimiento de una instalación.** *Descripción:* Es la relación entre los valores de iluminancia que se pretenden mantener a lo largo de la vida de la instalación de alumbrado y los valores de inicio. Los expertos consideraron que era necesario que el técnico municipal tuviese en cuenta el valor de este parámetro, que dependía, además de la luminaria, de las condiciones del entorno. Este indicador fue valorado mayoritariamente como exigible.
- **I07. Factor de potencia de un punto de luz.** *Descripción:* Cociente entre la potencia activa (kW) y la potencia aparente (kVA) consumida por una luminaria. Al igual que el anterior, este indicador se estableció como necesario y exigible por los expertos.
- **I08. Flujo luminoso emitido por una fuente de luz.** *Descripción:* Valor del flujo luminoso inicial (lm) declarado por el fabricante de un tipo de sistema óptico en condiciones especificadas. Este indicador ha sido calificado por los expertos como exigible.
- **I09. Fotometría.** *Descripción:* Distribución (espacial) de la intensidad luminosa de un punto de luz sobre una superficie. *Representación mediante curvas y tablas del valor de la intensidad luminosa de un punto de luz en función de sus direcciones en el espacio.* Por consenso amplio, opinaron que era un indicador imprescindible pues "es la función principal que debe tener una luminaria". Además de esencial lo consideraron exigible.
- **I10. Horas de funcionamiento/Regulación de una instalación.** *Descripción:* Cualquiera de los sistemas utilizados para establecer el número de horas de funcionamiento de la instalación. Los expertos

consideraron este indicador como necesario, por acuerdo amplio en la primera ronda, y exigible.

- **I11. Horas de servicio/Vida útil de una instalación.** *Descripción:* Horas de servicio totales de la instalación y horas vida de una luminaria (las del sistema LED y driver por separado) antes de considerarse inservible, según criterios especificados. Fue calificado como un indicador esencial y exigible.
- **I12. Índice de Rendimiento de Color (IRC) de una fuente de luz.** *Descripción:* Es el grado en que el color psicofísico de un objeto iluminado por el iluminante de ensayo coincide con el del mismo objeto iluminado con el iluminante de referencia, habiéndose tenido en cuenta el estado de adaptación cromática. Aunque no se llegó a un acuerdo suficiente en las cuestiones que relacionan a este indicador, los expertos lo han considerado necesario y valorable.
- **I13. Flujo Hemisférico Superior Instalado (FHS inst.) de una luminaria.** *Descripción:* Relación entre la emisión directa al Hemisferio Superior y la emisión total de una luminaria instalada. Aunque los expertos indicaron que el indicador **I09. Fotometría** englobaba el valor de este indicador, y que era más importante, tampoco opinaron que debiera eliminarse, pues su valor está limitado reglamentariamente y el técnico municipal debe darle cumplimiento. Por unanimidad, este indicador se consideró exigible.
- **I14. Potencia/Intensidad de trabajo de un punto de luz.** *Descripción:* Consumo (W) del conjunto del sistema óptico más el equipo auxiliar e intensidad de alimentación de la luminaria (mA). En el caso de la potencia, los expertos acordaron que no podía descartarse aunque esté perdiendo importancia su valor absoluto en relación a otros indicadores como la eficiencia. En el caso de la intensidad de corriente, no se produjo acuerdo a nivel general, solo el *perfil Técnico Municipal* sí llegó a un acuerdo por unanimidad en establecer límites a los valores de intensidad máxima del LED. Este indicador ha sido considerado como exigible por los expertos.
- **I15. Sostenibilidad de las materias primas/Coste del Ciclo de Vida de un punto de luz/Instalación.** *Descripción:* Análisis del coste del ciclo de vida de la luminaria, incluyendo el conjunto del sistema óptico, el driver, la luminaria, el soporte y la instalación necesaria (CCV). Esta descripción, aportada por los expertos en la primera ronda, no presentó objeciones en la segunda. Este indicador ha sido considerado como exigible por los expertos.

- **Superficie a iluminar/Aumento del número de luminarias.** *Descripción: Área o superficie inicial objeto del proyecto. Incluye el concepto de aumento de la superficie a iluminar debido a los ahorros de los costes de explotación previstos.* Este indicador se consideró inicialmente necesario y valorable por los expertos por consenso amplio. Aunque en la segunda ronda, indicaron que el ámbito de actuación de una actuación no puede variar en contrataciones de la administración pública, por lo que resultó un indicador invariable. El 20% de los expertos lo eliminaría de la lista de indicadores esenciales. Por estos motivos, se ha eliminado de la lista de indicadores en favor del indicador **I02. Disposición de los puntos de luz.** La disposición sí puede variar, debido a que los ofertantes pueden presentar distintas fotometrías y distribuciones de luminarias, siempre que cumplan los niveles de iluminación y los justifiquen en los cálculos luminotécnicos.
- **I16. Temperatura de Color Correlacionada (T_{cp}) de una fuente de luz.** *Descripción: Temperatura de radiador de Plank cuyo color percibido, bajo condiciones especificadas, es el más parecido al de un estímulo dado de la misma luminosidad.* Aunque no se ha llegado a un acuerdo suficiente en las cuestiones que relacionan a este indicador, los expertos, en sus justificaciones, lo han considerado necesario y mayoritariamente valorable.
- **I17. Grado de Protección IP del conjunto sistema óptico y de la luminaria.** *Descripción: Grado de protección contra la penetración de elementos extraños del conjunto del sistema óptico incluido el driver y de la luminaria.* Los expertos opinaron mayoritariamente en la segunda ronda que debía ser exigible, y para un 72% estaba entre los 10 indicadores más importantes.
- **I18. Grado de protección IK de la luminaria.** *Descripción: Grado de protección contra impactos mecánicos de la luminaria.* Los expertos opinaron mayoritariamente que debía ser exigible, y para un 45% estaba entre los 10 indicadores más importantes.
- **I19. Protecciones contra sobretensión y sobreintensidad de un punto de luz.** *Descripción: Protecciones de intensidad de corriente o tensión del conjunto del sistema óptico y el driver, por encima de sus valores de trabajo.* Los expertos opinaron mayoritariamente que debía ser exigible, y para un 36% estaba entre los 10 indicadores más importantes.
- **I20. Cumplimiento de los requerimientos luminotécnicos.** *Descripción: Justificación del cumplimiento de los niveles de luminancia*

e iluminancia media y semicilíndrica, uniformidad media y longitudinal, deslumbramiento perturbador (TI), Índice de deslumbramiento (GR) y Relación con el entorno (SR) requeridos a la superficie a iluminar según el RD 1890/2008. Los expertos opinaron mayoritariamente que debía ser exigible y esencial, siendo para un 54% uno de los 10 indicadores más importantes.

No hubo finalmente acuerdo en la idoneidad de la lista de indicadores propuesta. Los expertos tampoco aportaron nuevos indicadores en un porcentaje significativo y consideraron prescindibles algunos de los indicadores de la lista (ver Tabla 5.5.). Un pequeño número aportó parámetros que ya fueron identificados en la Fase 1 de estudio pero que no fueron seleccionados como indicadores por depender de otros. En concreto, se trató de los parámetros: Factor de utilización (dos expertos), Emisión de armónicos (un experto) y SLEEC (dos expertos). Hubo también aportaciones de nuevos parámetros que no habían sido contemplados anteriormente: Vida útil del driver del sistema óptico (un experto) e Índice G (dos expertos). Ninguna de las fases anteriores ha eliminado resultados o aportaciones que no coincidiesen con las propuestas iniciales. En esta, se ha mantenido el mismo criterio, por lo que se han integrado también estas aportaciones, que se tendrán en cuenta en las fases sucesivas del estudio.

5.8. Metodología del proceso analítico jerárquico

5.8.1. Introducción

El proceso analítico jerárquico (AHP) es una técnica descriptiva para la toma de decisiones multicriterio. Fue desarrollada en la década de los 70 del siglo XX por Thomas L. Saaty. En ella, los elementos de valoración están estructurados de forma jerárquica. Es ampliamente utilizada en multitud de áreas de conocimiento debido a su flexibilidad, simplicidad y facilidad de uso (Ho y Ma, 2018). El objetivo de esta técnica es obtener, de entre varias opciones, la más ajustada a los intereses de un grupo de trabajo.

Tiene un fundamento (Saaty, 1990) psicológico (la mente humana está muy bien diseñada para las comparaciones por pares), matemático (se utilizan matrices que deben cumplir criterios de reciprocidad, homogeneidad y consistencia) y empírico (ha sido contrastado en prácticamente todos los sectores del conocimiento).

Esta técnica se ha desarrollado ampliamente y, en la actualidad, se utiliza en la toma de decisiones de grupos de expertos, pues permite poder contar con el conocimiento, la intuición e información de estos, interactuando de una forma estructurada y sistemática, con el fin de afrontar procesos de decisión. Difiere con respecto al método Delphi en que los expertos deben trabajar juntos durante todo el desarrollo de la técnica y en momentos temporales coincidentes, lo que ofrece más oportunidades a los participantes para intercambiar ideas, una mejor estructura para la toma de decisiones y más oportunidades para modificar sus opiniones (Lai et al., 2002).

Como desventaja, la gran cantidad de tiempo y expertos que deben actuar juntos y a la vez puede suponer que el beneficio que pueda obtenerse no merezca los recursos necesarios para desarrollarla e incluso resulte tediosa y desanime a los expertos (Lockett et al., 1986).

5.8.2. Descripción del AHP

El AHP trata de comparar un conjunto de alternativas. El método de Saaty (1990) estructura el problema, en primer lugar, estableciendo niveles en los criterios de selección.

En el nivel más bajo se sitúan las distintas alternativas. En el siguiente nivel se sitúan los criterios ordenados de forma jerárquica por orden de importancia, a juicio de los expertos, para la valoración de las distintas alternativas. En la parte alta de esta estructura se sitúan los objetivos del estudio. En la Figura 5.3. se ha realizado el diagrama jerárquico adaptado al objeto de nuestro estudio.



Figura 5.3. Diagrama jerárquico. Fuente: Adaptado de Saaty (1990)

A continuación, en cada nivel de la estructura se establecen comparaciones por pares con respecto al elemento inmediatamente superior. Según explica Saaty, se obtiene una serie de pesos locales para la comparación entre criterios y una serie de preferencias para las

comparaciones entre alternativas. El cálculo de estos valores se hace mediante un procedimiento algebraico que obtiene el autovector asociado al mayor autovalor dentro de las matrices de comparación. Para poder elaborar las matrices, que valoren la importancia de los criterios, se utiliza una "Escala Fundamental" entre 1 y 9 (Saaty, 2008). Seguidamente, se sintetiza toda la información obtenida y calculada, se realiza una suma ponderada entre los pesos locales y las preferencias, dando lugar a los pesos globales que permiten jerarquizar las alternativas.

De esta forma, se obtiene una puntuación cuantitativa que procede de la valoración de criterios que pueden ser cuantitativos o cualitativos, permitiendo evaluar los criterios y, de esa forma, las distintas alternativas existentes.

5.8.3. Validez del AHP

La técnica AHP dispone de una teoría evidente e indiscutible (Saaty, 1990): resume diversas opiniones o juicios en un resultado representativo, y su proceso de obtención puede repetirse. Además, para dotar de validez al método, las matrices resultado tienen que cumplir una serie de requisitos de transitividad y de proporcionalidad, con el menor error posible.

Esta consistencia (Saaty, 1990) se mide con la Proporción de Inconsistencia, que es el cociente entre el Índice de Consistencia (CI) de la matriz recíproca y el Índice Aleatorio (AI), que es una medida aleatoria de consistencia. Es decir, aseguran que los juicios no tengan errores entre ellos o no se haya producido contradicciones en los mismos. Un resultado de este cociente igual o inferior a 0.10 es considerado aceptable. Para aquellos casos en que sea mayor, las opiniones y los juicios deben ser reevaluados. El CI y la razón de consistencia (CR) permiten determinar hasta qué punto la decisión en la comparación por pares es consistente y no está influenciada por sesgos o por contradicciones (Ozdemir, 2005; Alonso y Lamata, 2006).

5.9. Justificación de la aplicación del AHP a los resultados del estudio Delphi

Al no disponer de medios para hacer coincidir en espacio y tiempo a los expertos, el método Delphi hizo posible la consulta que ha permitido depurar la lista de indicadores y evitar que los expertos pudiesen influenciarse entre sí.

Como puede observarse en la Tabla 5.5., de los 21 indicadores evaluados, 15 han resultado ser exigibles. Aunque los expertos opinaron que había parámetros cuyo valor "*va a depender de cada situación de proyecto*". Una vez establecidas estas condiciones, en estos indicadores exigibles, un aumento en la calidad o mejora de los mismos no debería influir en la decisión del técnico. Por lo tanto, los valores establecidos para estos indicadores exigibles deberían indicarse previamente en el Proyecto o Memoria Técnica o en el Pliego de Prescripciones Técnicas, antes de la fase de estudio de ofertas presentadas y toma de decisiones del técnico municipal.

Los expertos han definido 6 indicadores como valorables o cuasi valorables. **Estos seis indicadores son los que el técnico municipal puede utilizar para la evaluar las ofertas presentadas en la fase de selección de oferta:**

- El indicador **Coste de una luminaria en el lugar de la instalación** fue valorado como exigible y valorable a partes iguales. Se incluye como valorable siguiendo la premisa de no eliminar ninguna posibilidad. El ofertante está obligado a aportar el indicador, por lo que es factible su valoración.
- El indicador **Espectro de emisión de una fuente de luz** fue estimado como exigible y valorable a partes iguales. Se incluye como valorable siguiendo la premisa de no eliminar ninguna posibilidad. Como se comprobó en el estudio de casos y en el de la plataforma de contratación, no suele ser aportado por los expertos.
- El indicador **Superficie a iluminar** fue descartado de las lista.
- En relación al indicador valorable **Disposición de los puntos de luz**, los ofertantes suelen aportarlos.
- Los indicadores valorables **Índice de Rendimiento de Color (IRC) y Temperatura de Color Correlacionada (Tcp) de una fuente de luz** suelen estar disponibles. Aunque algunos expertos opinaron que estos dos indicadores son suficientes y sustituían al **Espectro de emisión de**

una fuente de luz "excepto en casos medioambientales muy sensibles", otros indicaron que pueden carecer de exactitud para poder ser valorados de forma fiable en el caso de las fuentes de luz LED (Van Bommel y Rouhana, 2019), y los valoraron como prescindibles. Se incluyen, siguiendo la premisa de no eliminar ninguna posibilidad.

El resto de indicadores podría reducirse a una lista de comprobación.

El método Delphi ha permitido obtener unos pesos porcentuales de todos indicadores gracias a las respuestas de los expertos a la **Proposición 8** en la segunda ronda. Los pesos porcentuales de la Tabla 5.6. se han obtenido calculando una media ponderada de la respuesta de los expertos. Ella muestra el porcentaje de importancia que la mayoría de expertos concedió a los indicadores valorables y sirven como porcentajes de valoración de las ofertas presentadas en una contratación. Puede utilizarse directamente para establecer criterios de ponderación cuando existiese un único ofertante, pero cuando existe más de una oferta que debe ser valorada, se complica el proceso de selección.

Pesos de los indicadores valorables	Peso porcentual
I01. Coste de una luminaria en el lugar de la instalación.	22%
I02. Disposición de los puntos de luz.	14%
I05. Espectro de emisión de una fuente de luz.	26%
I12. Índice de Rendimiento de Color (IRC) de una fuente de luz.	19%
I16. Temperatura de Color Correlacionada (T _{cp}) de una fuente de luz.	19%

Tabla 5.6. Pesos de los indicadores valorables otorgados por los expertos. Fuente: Elaboración propia.

El AHP podría parecer incompatible con el método Delphi ya que utiliza un procedimiento diferente para conseguir el mismo objetivo: la toma de decisiones. Aunque existen estudios que los han presentado como técnicas antagónicas (Lai et al., 2002), en este caso, se han utilizado de forma complementaria (Riaño y Palomino, 2015; Becerra y Rodríguez, 2017).

Para valorar más de una oferta, el técnico necesita de una herramienta de toma de decisiones multicriterio, para ello se ha recurrido al proceso AHP. La cuantificación de cada criterio y la valoración de los pesos de las matrices requirieron de conocimiento y experiencia (Martínez, 2016), que en este estudio aportaron los expertos. El vector propio aproximado (Riaño y Palomino, 2015) se ha calculado a partir de los pesos globales que se han obtenido de forma numérica gracias a las conclusiones de los expertos del Delphi. De esta forma, no fue necesario realizar una estimación, como se

realiza habitualmente en el desarrollo del AHP, sino que se dispone de un criterio consensuado y previamente establecido.

Siguiendo el diagrama de la Figura 5.3., en el Nivel 1 se situarían las distintas ofertas que se presentasen en la mesa de contratación que cumplan los valores mínimos requeridos para los indicadores exigibles, el resto de ofertas serían descartadas. En el Nivel 2 se situarían los indicadores valorables cuyos criterios de valoración son los que se indican en la Tabla 5.6. con los pesos establecidos por los expertos.

De esta forma, el técnico municipal podría tomar una decisión, en el caso en que tuviese que seleccionar entre más de una oferta. Como para poder aplicar el AHP es necesario disponer de valores, a modo de ejemplo de aplicación del AHP, se ha utilizado la información disponible de las ofertas del Estudio de Casos Múltiple elaborado en la fase anterior.

Indicadores valoración	Casos	1	2	3	4	5	6	7
I01. Coste de una luminaria en el lugar de la instalación.		X	X	X				X
I02. Disposición de los puntos de luz.								
I05. Espectro de emisión de una fuente de luz.			X					
I12. Índice de Rendimiento de Color (IRC) de una fuente de luz.			X	X	X		X	
I16. Temperatura de Color Correlacionada (T _c p) de una fuente de luz.					X			

Tabla 5.7. Información sobre Indicadores valorables de que se dispone en cada caso para la aplicación método AHP. Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 5.7. se muestran cuales son los casos a los que les puede ser de aplicación el estudio AHP. En los casos 1, 5, 6 y 7, en los que no hay indicadores a valorar o sólo uno, no sería de utilidad su uso. En el Caso 4, tampoco sería necesario realizar la ponderación, pues los pesos de ambos indicadores coinciden (ver Tabla 5.6.).

Solo pudieron utilizarse como ejemplo de aplicación del método AHP los Casos 2 y 3. En el Caso 2, se introdujo en la valoración el indicador **Espectro de emisión de una fuente de luz**, pues los ofertantes aportaron datos sobre el mismo.

5.9.1. Uso del AHP en los indicadores en los casos de multi-ofertantes 2 y 3

Como se introdujo en el apartado 5.8, el proceso AHP identifica de entre los ofertantes aquel cuyos criterios de valoración tuviesen el valor más ventajoso con respecto al resto. En la Tabla 5.7. aparecen los criterios (o indicadores) valorados en cada caso.

La Figura 5.4. presenta los diagramas de los Casos 2 y 3, con los niveles de importancia jerárquicos y las distintas opciones o alternativas posibles.

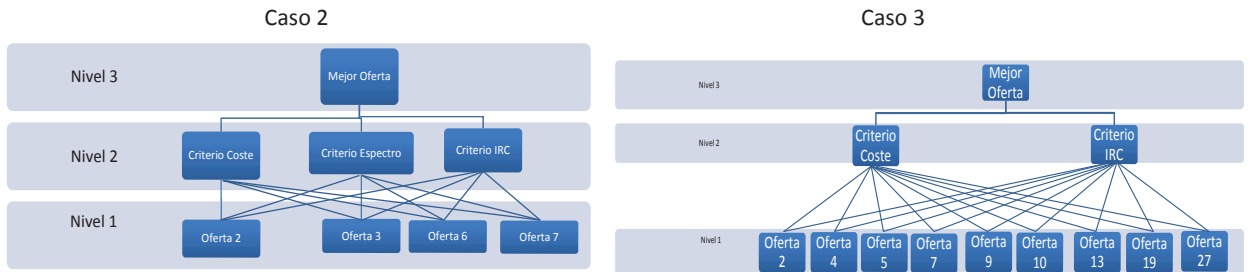


Figura 5.4. Diagramas jerárquicos de los Casos 2 y 3. Fuente: Elaboración propia.

Las matrices de ponderación de cada criterio y sus autovectores se muestran en la Tabla 5.8.

Caso 2				Caso 3		
Matriz de comparación por pares (A)			Autovector (w)		Matriz de comparación por pares (A)	Autovector (w)
	I01 Coste	I05 Espectro	I12 IRC		I01 Coste	I12 IRC
I01 Coste	1,00	0,33	3,00	0,2605	1,00	3,00
I05 Espectro	3,00	1,00	5,00	0,6333	0,33	1,00
I12 IRC	0,33	0,20	1,00	0,1062	1,33	4,00
	4,33	1,53	9,00	1,00		0,67

CRITERIO: I01 Coste	2	3	6	7	
2	1	1	1/3	1	0,1667
3	1	1	1/3	1	0,1667
6	3	3	1	3	0,5000
7	1	1	1/3	1	0,1667
	6,00	6,00	2,00	6,00	1,00

CRITERIO: I05 Espectro	2	3	6	7	
2	1	1	1/3	1	0,1667
3	1	1	1/3	1	0,1667
6	3	3	1	3	0,5000
7	1	1	1/3	1	0,1667
	6,00	6,00	2,00	6,00	1,00

CRITERIO: I12 IRC	2	3	6	7	
2	1	1	1	1/3	0,1667
3	1	1	1	1/3	0,1667
6	1	1	1	1/3	0,1667
7	3	3	3	1	0,5000
	6,00	6,00	6,00	2,00	1,00

CRITERIO: I01 Coste	2	4	5	7	9	10	13	19	27	
2	1,00	0,33	0,33	0,33	0,20	0,20	0,33	0,33	0,33	0,0331
4	3,00	1,00	1,00	1,00	5,00	0,33	3,00	3,00	3,00	0,1422
5	3,00	1,00	1,00	1,00	5,00	0,33	3,00	3,00	3,00	0,1422
7	3,00	1,00	1,00	1,00	5,00	0,33	3,00	3,00	3,00	0,1422
9	5,00	0,20	0,20	0,20	1,00	0,14	0,33	0,33	0,33	0,0431
10	5,00	3,00	3,00	3,00	7,00	1,00	5,00	5,00	5,00	0,3082
13	3,00	0,33	0,33	0,33	3,00	0,20	1,00	1,00	1,00	0,0630
19	3,00	0,33	0,33	0,33	3,00	0,20	1,00	1,00	1,00	0,0630
27	3,00	0,33	0,33	0,33	3,00	0,20	1,00	1,00	1,00	0,0630
	29,00	7,53	7,53	7,53	32,20	2,94	17,67	17,67	17,67	1,00

CRITERIO: I12 IRC	2	4	5	7	9	10	13	19	27	
2	1,00	1,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	1,00	0,2000
4	1,00	1,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	1,00	0,2000
5	0,33	0,33	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,33	0,0667
7	0,33	0,33	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,33	0,0667
9	0,33	0,33	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,33	0,0667
10	0,33	0,33	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,33	0,0667
13	0,33	0,33	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,33	0,0667
19	0,33	0,33	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,33	0,0667
27	1,00	1,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	1,00	0,2000
	5,00	5,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	5,00	1,00

Tabla 5.8. Matrices de ponderación y vector de prioridad/autovector de los Casos 2 y 3. Fuente: Elaboración propia.

El análisis de la consistencia, descrito en el apartado 5.8.3., se obtuvo calculando el máximo valor propio (suma del máximo valor propio de cada uno de los criterios). Con este dato se realizaron los cálculos del Índice de Consistencia (CI) y la Relación de Consistencia

(CR) que permitieron establecer la consistencia de las comparaciones y la no existencia de sesgos o de contradicciones. Como puede observarse en la Tabla 5.9., se obtuvo una valor para la Relación de Consistencia en el Caso 2 de 0,033 y en el Caso 3, de 0. Ambos valores resultaron inferiores al límite de 0,1 propuesto por Saaty (1990) para establecer la consistencia de las matrices.

Caso 2						Caso 3					
			máx.	CI	CR=C/RI				CI	CR=C/RI	
I01 Coste	0,7901	3,0330				I01 Coste	1,0000	2,0000			
I05 Espectro	1,9456	3,0720	3,0387	0,0194	3,34%	I12 IRC	0,3333	2,0000	2,0000	0,0000	0,00%
I12 IRC	0,3197	3,0112									
		9,1161						4,0000			
Suma	3,06	N= 3	3,038714681	0,019357	0,033374725	Suma	1,33	N= 2	2	0,000000	0

Tabla 5.9. Análisis de la consistencia de los Casos 2 y 3. Fuente: Elaboración propia.

Una vez demostrada la consistencia de las matrices, se multiplicaron los autovectores de cada criterio por su peso relativo y se obtuvo el máximo peso global o valor máximo de cada alternativa.

5.9.2. Resultados de la aplicación del Proceso Analítico Jerárquico

En la Tabla 5.10. se presentan los pesos de las distintas alternativas considerándose la mejor, la que obtuvo el mayor peso. La siguiente será la segunda mejor alternativa, y así sucesivamente. En el Caso 2 la mejor opción fue la oferta 6 y en el Caso 3, la 10.

Caso 2				Caso 3			
Matriz de prioridades				Matriz de prioridades			
	Criterios				Criterios		
Alternativas	I01 Coste	I05 Espectro	I12 IRC	Alternativas	I01 Coste	I12 IRC	Vector Prioridad Alternativa
2	0,17	0,17	0,17	2	0,03	0,20	0,05
3	0,17	0,17	0,17	4	0,14	0,20	0,10
6	0,50	0,50	0,17	5	0,14	0,07	0,08
7	0,17	0,17	0,50	7	0,14	0,07	0,08
				9	0,04	0,07	0,03
				10	0,31	0,07	0,17
				13	0,06	0,07	0,04
				19	0,06	0,07	0,04
				27	0,06	0,20	0,06
Vector Prioridad	0,26	0,63	0,11	Vector Prioridad	0,50	0,17	

Tabla 5.10. Resultados del método AHP en los Casos 2 y 3. Fuente: Elaboración propia.

Las ofertas seleccionadas como "MEJOR ALTERNATIVA" (ver Tabla 5.10.) coincidieron con las mejor valoradas en la Fase del Estudio de Casos, donde se evaluaron según la lista de indicadores. Esto reforzó los resultados obtenidos, pero hasta cierto punto es lógico suponer que se eliminan posibilidades de error cuando se procura tener en cuenta el número máximo de variables y se descartan solo las que no evidencian utilidad.

Estas dos selecciones coincidieron, además, con las que finalmente ejecutaron los municipios en ambos casos. Esta mención se realiza a título anecdótico, sin tener carácter estadístico de conclusión del estudio.

5.10. Análisis de los Pliegos de Contratación en España

Aunque se hayan establecido, gracias a los distintos estudios llevados a cabo en fases anteriores, una serie de recomendaciones en relación a los posibles indicadores a utilizar en la valoración de ofertas, se ha afirmado también la necesidad de requerir estos en los Pliegos de Contratación para que los indicadores que se pretendan analizar estén obligatoriamente presentes en las ofertas.

Para contrastar los indicadores obtenidos hasta ahora con los que están siendo exigidos actualmente, y como complemento a los estudios realizados, se ha analizado la documentación disponible en la Plataforma de Contratación del Estado de un total de 70 municipios. Esta documentación sirvió para la contratación real de actuaciones de alumbrado público en diferentes puntos del país y fueron publicadas entre los años 2015 y 2019.

Se han incluido tanto actuaciones de renovación como nuevas instalaciones de alumbrado. Según Seale y Silverman (1997), el uso combinado de los métodos cuantitativos y cualitativos o "mixed methods", "asegurará la representatividad de los casos, respaldará generalizaciones y dará validez equivalente al de la elección teórica de los casos" (p. 380).

De la documentación recabada, en algunos ha faltado la Memoria o Proyecto, en otros el Pliego de Condiciones Técnicas o Administrativas, en otros no se entendieron los contenidos al estar en un lenguaje distinto al castellano.

Se han seleccionado finalmente aquellos que contenían, al menos, el pliego donde se incluyeran las valoraciones de las luminarias o una memoria técnica o proyecto, resultando finalmente analizados 55 procedimientos de contratación.



Figura 5.5. Distribución geográfica de los procedimientos de contratación estudiados. Fuente: Elaboración propia.

Se ha procedido a la lectura e identificación de los parámetros utilizados en los pliegos. Posteriormente, se han comparado con los ya establecidos y se han clasificado en grupos conceptuales que cumpliesen las características de las luminarias dentro de las 6 categorías determinadas en la primera fase del estudio.

La Tabla 5.11. muestra los parámetros identificados, su correspondencia con la lista de indicadores ordenados de mayor a menor requerimiento en porcentajes, el rango de valores en que ha sido requerido y el valor que más se ha repetido (Moda).

Parámetro Pliego	Indicador Asimilado	Requerido %	Se valora %*	Rango (Moda)
Coste de la luminaria	I01 Coste de una luminaria en el lugar de la instalación.	100	100	Adaptado al municipio
Disposición de los puntos de luz	I02 Disposición de los puntos de luz	100	33	Adaptado al municipio
Diseño de la luminaria	I03 Diseño de la luminaria	93	35	Adaptado al municipio
Eficiencia mínima de la luminaria /lámpara (lm/W)	I04 Eficacia o eficiencia lumínica de una luminaria/instalación.	82	27	65-150 (100)/65-172 (105)
Espectro de emisión de la fuente de luz	I05. Espectro de emisión de una fuente de luz.	7	0	Long. onda mín. 425-440nm (440nm) Ig=1,5
Factor de mantenimiento	I06. Factor de depreciación/mantenimiento de una instalación.	20	0	0,7-0,90 (0,85)
Factor de potencia mínimo	I07. Factor de potencia de un punto de luz.	47	4	0,90-0,97 (0,9)

Parámetro Pliego	Indicador Asimilado	Requerido %	Se valora %*	Rango (Moda)
Flujo Luminoso del sistema	I08. Flujo luminoso emitido por una fuente de luz.	38	0	Adaptado al municipio
Fotometría	I09 Fotometría	91	0	Todas (Asimétrica)
Fuente de luz instalación regulable/Regulación de flujo	I10. Horas de funcionamiento/regulación de una instalación.	89	5	DOBLE NIVEL-TELEGESTION (DALI)
Fuente de luz instalación regulable/Regulación de los periodos de encendido	I10. Horas de funcionamiento/regulación de una instalación.	80	5	CELULA FOTOELECTRICA
Telegestión	I10. Horas de funcionamiento/regulación de una instalación.	40	65	Adaptado al municipio
Horas de servicio/Vida útil	I11. Horas de servicio/Vida útil de una instalación.	73	8	L70B1050000-L90B10100000 (L80B10100.000)
Vida útil del driver	I11. Horas de servicio/Vida útil de una instalación.	9	40	50.000-100.000 h (100.000h)
Índice de Reproducción Cromática (IRC) mínimo	I12. Índice de Rendimiento de Color (IRC) de una fuente de luz.	64	3	70-80 (80)
Porcentaje de Emisión al Hemisferio Superior/FHSl instalada máxima	I13. Flujo Hemisférico Superior Instalado (FHS inst) de una luminaria.	60	0	0-5% (1%)
Potencia del conjunto (sistema óptico+driver)	I14. Potencia/Intensidad de trabajo de un punto de luz.	62	0	Adaptado al municipio
Intensidad de trabajo	I14. Potencia/Intensidad de trabajo de un punto de luz.	42	0	350-1050mA (350mA)
Potencia máxima del equipo (driver)	I14. Potencia/Intensidad de trabajo de un punto de luz.	5	0	Adaptado al municipio
Sostenibilidad de las materias primas	I15. Sostenibilidad de las materias primas/Coste del Ciclo de Vida de un punto de luz/instalación.	0	0	No existe información
Temperatura de Color de la fuente de luz (K)	I16 Temperatura de Color Correlacionada (T _{cp}) de una fuente de luz.	84	2	2700-6500 (4000)
IP luminaria mínimo y bloque óptico	I17 Grado de Protección IP del conjunto sistema óptico y de la luminaria.	85	9	IP54-IP67 (IP66)
IK luminaria mínimo	I18. Grado de protección IK de la luminaria	78	7	IK08-IK10(İK08)
Protección sobretensión	I19. Protecciones contra sobretensión y sobreintensidad de un punto de luz	62	9	4-20kV (10kV)
Estudio luminotécnico muestra de viales	I20 Cumplimiento de los requerimientos luminotécnicos	78	33	Cumplimiento normativo
Garantía (años)		78	81	1-15 (5)
Clase eléctrica de la luminaria		45	4	I-II (II)
Temperatura de trabajo		38	5	2700-6500K (4000K)
Documento de requerimientos técnicos IDAE		33	0	Adaptado al municipio
Rendimiento mínimo de la luminaria		24	15	65-90% (90%)
Nº LEDs		22	0	2-128 (16)

Parámetro Pliego	Indicador Asimilado	Requerido %	Se valora %*	Rango (Moda)
%THD máxima		13	29	8-25% (8%)
Tiempo de encendido		9	0	1s-regulable (1s)
Eficiencia del equipo (driver)		2	0	92%
Resistencia aerodinámica		2	0	0,06m ²

Nota: Sombreados los parámetros valorados en más del 10% de los procedimientos que los han requerido.

Tabla 5.11. Tabla porcentual de los parámetros técnicos evidenciados en el estudio estadístico de los pliegos de contratación. Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 5.11., se puede comprobar la identificación de estos parámetros con los identificadores de referencia. Se ha identificado un total de 35 parámetros, de los cuales 25 han sido asimilados a alguno de los indicadores establecidos en el estudio Delphi.

El resto de parámetros no estaban adscritos a los indicadores, aunque algunos de ellos habían sido descritos o identificados en fases anteriores. Se detalla a continuación el tratamiento dado a 5 de ellos:

- El parámetro **Garantía** de la luminaria, no apareció en la primera fase del estudio, pero sí en la segunda fase del Estudio de Casos. En el estudio Delphi se presentó como una prueba de calidad, pero ningún experto propuso integrarlo en la lista de indicadores. Fue requerido en el 78% de los municipios y valorado en el 81% en los pliegos donde había sido requerido. Debido al porcentaje tan alto de utilización en los casos reales estudiados, y que aporta seguridad al municipio, se incluye en la lista de indicadores, dejando a criterio del técnico la posibilidad de que sea exigible o valorable. Se recomendaría que si fuese valorable, fuese acompañado de otros indicadores que completasen este criterio de calidad.
- El parámetro **Rendimiento de la luminaria** había aparecido en el estudio bibliográfico de la Fase 1 pero no fue seleccionado. Posteriormente dos expertos le hicieron mención en el Delphi. Este parámetro ha sido valorado en 2 pliegos (15%) de los 13 pliegos (24%) en que se ha requerido. Se puede incluir como indicador exigible de eficiencia de la luminaria, pues como indicador valorable se considera que en ninguna de las fases, ni tan siquiera el número de pliegos en los que ha sido valorado, se justifica su inclusión.
- El parámetro **Porcentaje de armónicos** había aparecido en el estudio bibliográfico de la Fase 1. Un experto hizo mención de este parámetro en el Delphi de expertos. Fue valorado en 2 pliegos (29%) de los 7 (13%) en que se ha requerido. Se puede incluir como indicador exigible de eficiencia de la instalación, pues como indicador valorable se considera

que en ninguna de las fases, ni tan siquiera el número de pliegos en los que ha sido valorado, se justifica su inclusión.

- La **Clase eléctrica de la luminaria** y el **Número de LEDs**, se han integrado dentro del indicador **I03. Diseño de la luminaria**. Estos parámetros no fueron identificados como tales en la Fase 1. De las publicaciones estudiadas en esta fase, existe una publicación que mencionaba la necesidad de aislamiento eléctrico de la luminaria sin entrar en detalle, y tres que describieron el sistema LED, incluyendo el **Número de LEDs**. En el estudio Delphi, los expertos sí lo mencionaron como elemento descriptivo de la luminaria. Los expertos no aludieron directamente a estos parámetros, pero de forma mayoritaria indicaron que había que completar el indicador **I03. Diseño de la luminaria**, por lo que estas aportaciones optimizarán su descripción. Fueron exigidos en el 45% y en el 22% de los pliegos respectivamente. La **Clase eléctrica de la luminaria** fue valorada en el 4% de los pliegos en los que fue requerida.

Y por último el resto de parámetros cuya inclusión en la lista de indicadores no ha quedado claramente justificada:

- Documento de requerimientos técnicos del IDAE. Ninguna de las publicaciones estudiadas en la Fase 1 referenció este documento. Al menos, un experto sí hizo referencia al mismo en el estudio Delphi. Ha sido requerido en un 33% de los pliegos y no ha sido valorado. Este documento puede servir al técnico municipal para ampliar sus conocimientos técnicos, pero aporta rangos de valores que no facilitan la comparación de ofertas y no justifica la elección de estos rangos en algunos elementos (establece, por ejemplo, un número mínimo de distribuciones fotométricas por tipo de luminaria sin justificar claramente el motivo).
- Resistencia aerodinámica de la luminaria y Eficiencia del driver. No se tienen precedentes de que estos parámetros pueda variar su valor de una luminaria a otra de forma que pueda considerarse determinante o valorable. Ninguna de las publicaciones estudiadas en la Fase 1 referenciaba estos parámetros. Tampoco aparecieron en los estudios de casos. Los expertos no han hecho mención a estos parámetros. Han sido requeridos en 1 pliego (2%) y no han sido valorados. Estos parámetros no serán tenidos en cuenta.
- Tiempo de encendido de los LEDs. Ninguna publicación de la Fase 1 alude como un parámetro a valorar, a no ser que se realicen comparaciones entre tecnología LED y de descarga. Como el anterior, los

expertos no hicieron mención a este parámetro. Se ha requerido en el 9% y valorado en el 0%. Este parámetro no será tenido en cuenta.

- Temperatura de trabajo del LED. Aunque sí existen múltiples referencias a la importancia de la temperatura ambiente en el correcto funcionamiento y vida de LED, no se encontraron referencias concretas para establecer unos valores específicos a su rango de trabajo en la Fase 1 del estudio. Los expertos del Delphi hicieron referencias a la temperatura de trabajo en relación a la intensidad de corriente de trabajo del LED, pero no aludieron específicamente a intervalos o rangos de temperatura de funcionamiento de los LEDs. Se ha requerido en el 38% (21 pliegos) y valorado en el 5%. Este 5% corresponde a un solo pliego, por lo que no será tenido en cuenta.

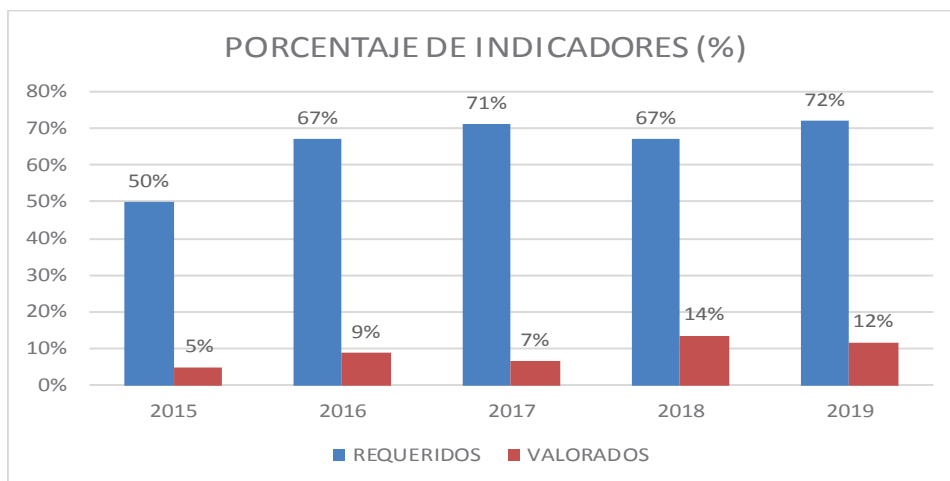


Figura 5.6. Porcentaje de indicadores resultado del estudio Delphi requeridos/valorados en los procedimientos de contratación estudiados por año. Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 5.12. se presenta el porcentaje en que el listado de indicadores resultante del Delphi ha sido requerido y valorado en cada procedimiento de contratación. Como puede comprobarse, existe un porcentaje de moderado a alto en el uso de los indicadores que resultaron del estudio Delphi en los pliegos de contratación.

Se ha de considerar que, aunque los porcentajes del Delphi no sirven para una generalización estadística, al ser el estudio de carácter cualitativo, podrían ayudar en la fase explicativa de los resultados. Los resultados del estudio de la plataforma de contratación, sin embargo, al ser de carácter cuantitativo, sí pueden servir para ello.

Indicadores	REQUERIDOS		VALORADOS		
	Delphi	PL	Delphi	Ord	PL
1 Coste de la luminaria en el lugar de la instalación.	X	100%	X	15	100%
2 Disposición de los puntos de luz.		100%	X	20	33%
3 Diseño de la luminaria.	X	93%		17	35%
4 Eficacia o eficiencia lumínica de una luminaria/instalación.	X	82%		1	27%
5 Espectro de emisión de la fuente de luz.	X	7%	X	6	0%
6 Factor de depreciación/mantenimiento de una instalación.	X	20%		7	0%
7 Factor de potencia de un punto de luz.	X	47%		16	4%
8 Flujo luminoso emitido por una fuente de luz.	X	38%		9	0%
9 Fotometría.	X	91%		4	0%
10 Horas de funcionamiento/regulación de una instalación.	X	80%		8	5%
11 Horas de servicio/Vida útil de una instalación.	X	73%		11	8%
12 Índice de Rendimiento de Color (IRC) de una fuente de luz.		64%	X	18	3%
13 Flujo Hemisférico Superior Instalado (FHS inst) de una luminaria.	X	60%		3	0%
14 Potencia/Intensidad de trabajo de un punto de luz.	X	62%		13	0%
15 Sostenibilidad de las materias primas/Coste del Ciclo de Vida de un punto de luz/instalación.	X	0%		10	0%
16 Temperatura de Color Correlacionada (T _{cp}) de una fuente de luz.		84%	X	19	2%
17 Grado de Protección IP del conjunto sistema óptico y de la luminaria.	X	85%		5	9%
18 Grado de protección IK de la luminaria.	X	78%		14	7%
19 Protecciones contra sobretensión y sobreintensidad de un punto de luz.	X	62%		12	9%
20 Cumplimiento de los requerimientos luminotécnicos.	X	78%		2	33%

Nota: La columna Ord indica el orden de importancia que los expertos dieron a los indicadores en la segunda ronda del Delphi.

Tabla 5.12. Tabla porcentual de los parámetros técnicos requeridos/valorados en el Delphi y en los pliegos (PL) estudiados en la Plataforma. Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 5.12. puede comprobarse que hay indicadores valorables utilizados en un porcentaje muy alto de pliegos, que sin embargo los expertos no han considerado esenciales, son los casos de los indicadores **Coste y Diseño de una luminaria**. Sin embargo en otros indicadores, como **Cumplimiento de los requerimientos luminotécnicos y Eficacia o eficiencia lumínica**, si han coincidido.

Se puede observar también que ciertos indicadores requeridos en los pliegos (aunque después no hayan sido valorados en igual medida) han coincidido con el grado de importancia que los expertos les han atribuido, por ejemplo la **Fotometría, Horas de funcionamiento/regulación**,

Horas del servicio/Vida útil, Grado de Protección IP y Flujo Hemisférico Superior Instalado.

Por último se constata una serie de indicadores que han sido requeridos en los pliegos en un porcentaje muy alto pero que ni han sido valorados en una proporción elevada en los pliegos, ni los expertos los han valorado esenciales. Son: **Temperatura de Color Correlacionada, Grado de protección IK y Disposición de los puntos de luz**. Respecto al primero, el estudio Delphi concluyó que puede carecer de exactitud para poder ser valorado de forma fiable (Galadí, 2018). Para aumentar su grado de exactitud y obtener el porcentaje de luz azul, podría valorarse en su lugar el indicador **Espectro de emisión de una fuente de luz**. Pero como puede comprobarse, aunque los expertos lo han valorado como importante, prácticamente no aparece en los pliegos de contratación. Los fabricantes no suelen aportar este valor, hay que exigírselo. Y aún exigiéndolo, habría que estudiar la forma en que el espectro debiera ser estudiado para obtener el porcentaje de luz azul emitida, que es el parámetro medioambiental más delicado. En cuanto a la **Disposición de los puntos de luz**, se utiliza casi exclusivamente para obtener el indicador **Cumplimiento de los requerimientos luminotécnicos**.

Como conclusión del estudio de los pliegos, puede afirmarse que, aunque hay indicadores que aparecen en los pliegos y son importantes, hay otros que, por su importancia, también deberían recogerse y casi no hay constancia de su presencia. En el apartado conclusiones se ahondará más en las posibles causas y soluciones a esta realidad.

5.11. Resultados obtenidos en la tercera Fase

Se partió de un listado de indicadores validado en la segunda Fase con un Estudio de Casos que completó las descripciones iniciadas en el análisis bibliográfico de la primera Fase.

El estudio Delphi pretendía que los expertos validaran, además la lista resultante de indicadores, cosa que no ha sucedido. Pero los expertos tampoco presentaron alternativas a la lista. De las 15 proposiciones que se presentaron en el Delphi, se llegó a un acuerdo en el 80% de las mismas. Los expertos, en esta tercera Fase, jerarquizaron una lista de 20 indicadores por orden de importancia y aportaron rangos de valores y pesos a esta jerarquización.

Clasificaron, además, la lista de indicadores como "Exigibles" o "Valorables", simplificando la tarea del técnico municipal, que puede exigir

la mayor parte de los indicadores (75%) en etapas previas a la valoración de las ofertas (Proyecto o Memoria, Pliego de prescripciones técnicas) y eliminar aquellas ofertas en las que no se aporten los valores de los "indicadores exigibles".

El análisis AHP permitió la evaluación sistemática y rigurosa de los indicadores "Valorables" en aquellos casos en que tuviesen que evaluarse más de dos indicadores en más de dos ofertas.

Se ha realizado, por último, un estudio estadístico de los pliegos de la Plataforma de Contratación del Estado entre los años 2015 y 2019. La comparativa de los resultados del Delphi y las ofertas de la plataforma (ver Tabla 5.12.) ha servido para confrontar las opiniones de los expertos con la realidad actual y situarla en relación a la posibilidad de acceso a los indicadores de evaluación.

Los expertos designaron como los indicadores esenciales la **Eficacia o Eficiencia lumínica** seguida del **Coste y el Diseño de una luminaria**. El indicador más valorado en el estudio Delphi ha sido la **Eficacia o Eficiencia lumínica** seguida del **Cumplimiento de los requerimientos luminotécnicos y Flujo Hemisférico Superior Instalado**. En los pliegos, los indicadores valorados en mayor porcentaje han sido el **Coste de una luminaria** y la **Garantía**.

La **Eficacia o Eficiencia lumínica** (a igualdad de Flujo luminoso) ha sido el indicador esencial en todas las fases del estudio. Sin embargo, los expertos no lo han estimado valorable, y en los pliegos estudiados, el porcentaje que lo ha considerado valorado no ha sido significativo (27%). En el estudio de casos sí se valoró en, aunque estos resultados no pueden considerarse generalizables. El motivo de que este indicador no se considere valorable puede deberse a la inexactitud que puede presentarse en la interpretación del término *Eficiencia* (eficiencia del sistema óptico o de la luminaria) o no considerarlo un valor estable, debido a que el avance tecnológico de los LEDs eleva periódicamente su valor.

Del estudio de los pliegos, se ha confirmado la idea introducida ya por los expertos del Delphi de incluir una justificación del **Cumplimiento de los requerimientos luminotécnicos y el Factor de depreciación/mantenimiento**.

El estudio estadístico de los pliegos de prescripciones técnicas ha completado la descripción del indicador **Diseño de una luminaria** y ha añadido tres nuevos indicadores, la **Garantía, el Rendimiento y el Porcentaje de armónicos de una luminaria**, a la lista de indicadores.

Se ha constatado la ausencia de indicadores de la categoría medioambiental, como el **Espectro de emisión de una fuente de luz** y **Sostenibilidad de las materias primas/Coste del Ciclo de Vida**, en los proyectos, memorias técnicas y requerimientos técnicos de los pliegos.

La recogida de información, el estudio y el análisis de los resultados que se han generado en cada una de las fases ha permitido establecer unas conclusiones con una base sólida y fundamentada, que han posibilitado finalmente alcanzar los objetivos del estudio, que no son otros que proveer al técnico municipal de herramientas válidas y fiables para valoración equilibrada, sostenible y ajustada a los intereses municipales. En las conclusiones de este trabajo se desarrolla la herramienta en detalle, pero el problema puede ser de otra naturaleza: el acceso a los indicadores

5.12. Validez de los resultados

La validación de los resultados del Delphi se ha realizado en el apartado 5.6 y 5.7 y los del proceso analítico jerárquico en el apartado 5.9.1. Estos apartados muestran como los resultados disponen de garantías de validez, fiabilidad y precisión.

5.13. Bibliografía

- Alarcon, V. (2006). Introducción a la investigación en ciencias sociales. Working Paper del Departament d'Organització d'empreses de la Universitat Politècnica de Catalunya.
- Alonso, J. A., & Lamata, M. T. (2006). Consistency in the analytic hierarchy process: a new approach. *International journal of uncertainty, fuzziness and knowledge-based systems*, 14(04), 445-459.
- Astigarraga, E. (2003). El método delphi. San Sebastián: Universidad de Deusto.
- Becerra Fernández, M., & Rodríguez Yee, R. (2017). Selection of alternatives for the natural gas supply in Colombia using the Analytic Hierarchy Process. *Ingeniería*, 22(2), 190-210.
- Chaminade, C., Escobar, C. G., & Muñoz, M. P. S. (1999). En busca de una teoría sobre la medición y gestión de los intangibles en la empresa: una aproximación metodológica. *Ekonomiaz: Revista vasca de economía*, (45), 188-213. Recuperado de: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/oaiart?codigo=265867>.

- España. Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE) (2019). Requerimientos técnicos exigibles para luminarias con tecnología LED de alumbrado exterior.
- España. Ministerio de Industria, Turismo y Comercio. Real Decreto 1890/2008, de 14 de noviembre, por el que se aprueba el Reglamento de Eficiencia Energética en Instalaciones de Alumbrado Exterior. Boletín Oficial del Estado, 19 de noviembre de 2008, núm. 279, pp. 45988-46057.
- España. Ministerio de Industria, Turismo y Comercio. Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión. Boletín Oficial del Estado, 18 de septiembre de 2002, núm. 224, pp. 33084-33086.
- Ferrando, P. B., Alcamí, J. M. G., &Cencillo, F. R. (2008). Prioridades estratégicas para la mejora del sistema de prevención de riesgos laborales en España: un estudio Delphi entre profesionales de la salud y seguridad en el trabajo. *Archivos de prevención de riesgos laborales*, 11(1), 20-26.
- Galadí-Enríquez, D. (2018). Beyond CCT: The spectral index system as a tool for the objective, quantitative characterization of lamps. *Journal of Quantitative Spectroscopy and Radiative Transfer*, 206, 399-408.
- Helmer, O. (1994). Adversary Delphi. *Futures*, 26(1), 79-87.
- Ho, W., &Ma, X. (2018). The state-of-the-art integrations and applications of the analytic hierarchy process. *European Journal of Operational Research*, 267(2), 399-414.
- Hsu, C. C., &Sandford, B. A. (2007). The Delphi technique: making sense of consensus. *Practical Assessment, Research & Evaluation*, 12(10), 1-8.
- Lai, V. S., Wong, B. K., &Cheung, W. (2002). Group decision making in a multiple criteria environment: A case using the AHP in software selection. *European Journal of Operational Research*, 137(1), 134-144.
- Landeta, J., Matey, J., Ruíz, V., &Villarreal, O. (2002). Alimentación de modelos cuantitativos con información subjetiva: aplicación Delphi en la elaboración de un modelo de imputación del gasto turístico individual en Catalunya. *Qüestió: quaderns d'estadística i investigació operativa*, 26(1).
- Lockett, G., Hetherington, B., Yallup, P., Stratford, M., &Cox, B. (1986). Modelling a research portfolio using AHP: a group decision process. *R&D Management*, 16(2), 151-160.

- López-Sánchez, Y., J.I. Pulido-Fernández (2014) Incorporating sustainability into tourism policy: A strategic agenda for Spain. *European Journal of Tourism Research* 7, pp. 57-78.
- Martínez-Gómez, J. (2016). Use of multicriteria decision making methods for biomass selection in Fischer-Tropsch reactors. *Ingenius-Revista de Ciencia y Tecnología*, (15), 27-36.
- Miller, L. E. (2006). Determining what could/should be: The Delphi technique and its application. In meeting of the 2006 annual meeting of the Mid-Western Educational Research Association, Columbus, Ohio.
- Ozdemir, M. S. (2005). Validity and inconsistency in the analytic hierarchy process. *Applied Mathematics and Computation*, 161(3), 707-720.
- Riaño-Luna, C. E., & Palomino-Leiva, M. L. (2015). Proceso analítico jerárquico para evaluar tres laboratorios virtuales en la educación superior. *Entramado*, 11(1), 194-204.
- Riggs, W. E. (1983). The Delphi technique: An experimental evaluation. *Technological forecasting and social change*, 23(1), 89-94.
- Rowe, G., Wright, G., & Bolger, F. (1991). Delphi: a reevaluation of research and theory. *Technological forecasting and social change*, 39(3), 235-251.
- Rowe, G., Wright, G., 1999. The Delphi technique as a forecasting tool: issues and analysis. *International Journal of Forecasting*, 15, 353–375.
- Saaty, T. L. (1990). How to make a decision: the analytic hierarchy process. *European journal of operational research*, 48(1), 9-26.
- Saaty, T. L. (2008). Relative measurement and its generalization in decision making why pairwise comparisons are central in mathematics for the measurement of intangible factors the analytic hierarchy/network process. *RACSAM-Revista de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Serie A. Matemáticas*, 102(2), 251-318.
- Seale, C., Silverman, D. (1997). Ensuring rigour in qualitative research. *The European Journal of Public Health*, 7(4), 379–384. <https://doi.org/10.1093/eurpub/7.4.379>.
- Skulmoski, G. J., Hartman, F. T., & Krahn, J. (2007). The Delphi method for graduate research. *Journal of Information Technology Education: Research*, 6(1), 1-21.

- Van Bommel, W., Rouhana, A., (2019). The science of lighting: A guide about the nature and behaviour of light. Signify Lighting Academy. The Netherlands. www.signify.com/global/lighting-academy.

CAPÍTULO 6

6. CONCLUSIONES	167
6.1. Conclusiones finales	169
6.2. Futuras líneas de trabajo relacionadas	177
6.3. Bibliografía	178

6.1. Conclusiones finales

Las instalaciones de alumbrado público han de ser diseñadas y ejecutadas teniendo en cuenta una serie de factores de naturaleza muy diversa: Técnicos, Sociales, Medioambientales, Económicos, Lumínicos y de Adaptación al Municipio.

La tecnología actual en torno a los sistemas LED está en continua evolución. La introducción constante de mejoras en las fuentes de luz puede generar confusión a los responsables municipales, obligados a asegurar el rendimiento energético máximo de estas instalaciones, velando por el ajuste económico, desde su contratación, procurando la facilidad en la regulación del uso y ausencia de averías en la fase de conservación y mantenimiento, garantizando la satisfacción y cumplimiento de las necesidades visuales de los ciudadanos y, finalmente, alcanzando la sostenibilidad medioambiental en cada etapa de la vida de la instalación.

Durante las distintas fases de esta Tesis se ha procurado elaborar, de una forma rigurosa válida y fiable, un listado de indicadores que incluyera los principales factores que influyen en la correcta elección de un sistema de alumbrado público. En las instalaciones municipales, la luminaria suele ser el elemento clave y de mayor peso económico del punto de luz. Debido a ello, el objetivo ha sido determinar unas directrices y elaborar una herramienta de decisión que facilitase una elección de luminarias acertada para el municipio.

Se ha realizado en primer lugar, una búsqueda científica, donde se han extraído parámetros característicos de los estudios relacionados con estas instalaciones, a partir de publicaciones en revistas indexadas. Con esta búsqueda, se obtuvo una relación de 48 parámetros. Para simplificar su número, dicha relación ha sido posteriormente filtrada, siguiendo tres criterios: posibilidad de obtención del parámetro previo a la instalación, independencia y accesibilidad al mismo. Los resultados se han convertido en una lista de indicadores.

La lista de indicadores ha sido contrastada mediante un estudio múltiple de siete casos reales de implantaciones en municipios de Málaga y valorada en un estudio Delphi, desarrollado por un grupo de expertos de distintos ámbitos (académico, profesional, municipal y medioambiental) con una carrera profesional nacional e internacional amplia y contrastada. El estudio Delphi permitió optimizar el listado y las descripciones de los indicadores. Aunque el carácter del Análisis bibliográfico, del Estudio de Casos y del estudio Delphi de expertos ha sido cuantitativo y cualitativo, principalmente han sido cualitativos.

Finalmente, se han comparado los resultados de carácter cualitativo obtenidos con el estudio estadístico de Pliegos de Prescripciones Técnicas para la contratación municipal, publicados entre los años 2015 y 2019. Este estudio, de carácter cuantitativo, permitió completar la descripción de un indicador y añadir dos indicadores más a la lista.

El análisis de los pliegos, además, ha constatado las diferencias entre "lo que debería ser" y "lo que es en realidad" en materia de contratación de instalaciones de alumbrado público.

El desarrollo de todo este proceso ha servido para dotar a los indicadores de unas descripciones conceptuales completas y un rango de valores que puedan servir de utilidad al responsable de establecer las variables decisivas de la instalación.

La **primera conclusión** de esta Tesis es la descripción de cada uno de los indicadores identificados, que pueden ser consultadas en el Anexo 18 de la Tesis expuesta.

Las conclusiones se presentan desde una perspectiva práctica, con la intención de que puedan ser aplicables en casos reales de procesos contratación. Aunque esta pretendida "simplificación" no ha de ser interpretada, en ningún caso como, una eliminación o pérdida de información. En cada una de las fases, ante la posible duda sobre la eliminación de un parámetro o indicador, el criterio adoptado ha sido la inclusión en la lista, ya fuese completando los indicadores existentes o añadiéndolos como nuevos, para que no se perdiese la riqueza de la información que pudiesen aportar. Solo en los casos en que la influencia de estos parámetros o indicadores se ha demostrado como no significativa se ha justificado su eliminación.

La **segunda conclusión** de la Tesis es la evidencia de la necesidad de incluir en los Proyectos o Memorias Técnicas, y en el Pliego de Prescripciones Técnicas, aquellos indicadores que el técnico municipal estime que deban ser requeridos. En la segunda fase de la Tesis, quedó demostrado que la inclusión de los indicadores establecidos por el municipio en estos documentos aseguraba, en la práctica, la posibilidad de que se dispusiese de ofertas para valorar que contemplasen estos indicadores en la fase posterior de adjudicación. También, en esta fase, se demostró que en la mesa de contratación se podían tomar decisiones basadas en criterios ajenos a los puramente técnicos y de calidad presentes en el Proyecto o Memoria Técnica, como pueden ser los estéticos, pero debían estar previamente contemplados en el Pliego de Prescripciones Técnicas de contratación.

Los valores de los indicadores que han de incluirse deben estar adaptados al municipio, pero puede recomendarse un rango de valores que aseguren una correcta elección.

En la Tabla 5.1., se presenta la **tercera conclusión** de la presente Tesis: los rangos de valores recomendados para que puedan aplicarse de una forma sencilla e intuitiva. Los indicadores han sido desglosados y se ha detallado el alcance de la información solicitada, para precisar con mayor exactitud los requisitos que el técnico habría de solicitar al fabricante, en caso en que no estuviesen en su catálogo. Para los indicadores clasificados como "Exigibles" se trata de un valor con carácter de mínimos, que debe quedar justificado expresamente en la oferta. A los indicadores clasificados como "Valorables" se les ha incluido una recomendación o rango de valor que puede servir de referencia y los pesos de valoración obtenidos en la tercera fase. Se ha añadido, además, una columna donde aparece el orden de prioridad que los expertos dieron a los indicadores en el estudio Delphi, que puede servir de ayuda si se tuviesen que limitar, por alguna razón, el número de indicadores seleccionados.

INDICADOR	ORD
Exigibles	
I03. Diseño de la luminaria.	17
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Modelo elegido por el municipio. ▪ Detalle de las dimensiones y peso en unidades del Sistema Internacional. ▪ Descripción del sistema de fijación ^b. ▪ Descripción del sistema de manipulación y apertura. ▪ Existencia de compartimentación del interior de la luminaria. ▪ Exigencia de cumplimiento normativo de los materiales constitutivos principales ^{a,b}. ▪ Especificar espesores de capas protectoras de la luminaria (pintura, anticorrosión, etc.) ^a. ▪ Descripción del sistema de disipación de calor. ▪ Especificación del valor de la temperatura máxima en el interior de la luminaria ^{a,b}. ▪ Especificar el número de LEDs del sistema óptico ^{a,b}. ▪ Indicar el valor de la corriente de alimentación del LED ^{a,b}. ▪ Especificar la clase eléctrica de la luminaria ^b. ▪ Disponer de posibilidad de sustitución de la óptica del sistema óptico/estandarización. ▪ Disponer de Marcado CE del módulo LED ^b. ▪ Disponer de Marcado CE del driver ^b. ▪ Disponer de Marcado CE del conjunto ^b. 	
I04. Eficacia o eficiencia lumínica de una luminaria/instalación.	1
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Valor mínimo: 100 lm/W. ▪ SLEEC/RLEEC: valor más bajo posible ^d. 	
I06. Factor de de depreciación/mantenimiento de una instalación.	7
Condiciones normales de contaminación en el lugar de la instalación, valor máximo: 0,85 ^b .	

INDICADOR	ORD
I07. Factor de potencia de un punto de luz. Valor mínimo:>0,90 ^c , recomendado:>0,95 ^d .	16
I08. Flujo luminoso emitido por una fuente de luz. Mayor valor del flujo en relación a la potencia. La Intensidad de corriente máxima de trabajo del LED por debajo del 70% de la máxima admisible a una temperatura establecida ^a .	9
I09. Fotometría. Adaptada a situación de proyecto, aplicada en I20 ^{a, b} .	4
I10. Horas de funcionamiento/regulación de una instalación. Exigencia de un sistema de regulación mínimo por cuadro, incluyendo justificación detallada del sistema y ahorros obtenidos ^a .	8
I11. Horas de servicio/Vida útil de una instalación. <ul style="list-style-type: none"> ▪ Horas de servicio del sistema óptico: 100.000 h. a 25°C especificando LXX y Byy ^b, cuyos valores se recomiendan: L80/90B10. ▪ Horas de servicio del resto de elementos, igual que las del sistema óptico. Deben justificarse por separado. 	11
I13. Flujo Hemisférico Superior Instalado (FHS inst) de la luminaria. Valor mínimo posible ^d . Este porcentaje puede aumentarse en algunas zonas en función de la zonificación lumínica establecida.	3
I14. Potencia/Intensidad de trabajo de un punto de luz. <ul style="list-style-type: none"> ▪ Menor valor de potencia ^a para el mismo flujo luminosos emitido, I08 ^a. ▪ Intensidad de corriente máxima de trabajo del LED, por debajo del 70% de la máxima admisible a una temperatura establecida ^a. 	13
I15. Sostenibilidad de las materias primas/Coste del Ciclo de Vida de un punto de luz/instalación. Menor impacto ambiental en el estudio del ciclo de vida de la instalación ^a .	10
I17. Grado de Protección IP del conjunto sistema óptico y de la luminaria. Valor mínimo:IP65 ^e ; valor recomendado:IP66 ^e .	5
I18. Grado de protección IK de la luminaria. Valor mínimo: IK08 ^c .	14
I19. Protecciones contra sobretensión y sobreintensidad de un punto de luz. <ul style="list-style-type: none"> ▪ 6kV/3kA en luminarias Clase II ^b. ▪ 10kV/10kA en luminarias Clase I o exista un punto de la luminaria conectada a tierra ^b. 	12
I20. Cumplimiento de los requerimientos luminotécnicos. Cumplimientos de los niveles reglamentarios establecidos en el RD1890/2008.	2
I22. Rendimiento, utilancia de una luminaria. Fu, Utilancia:valor máximo posible ^d .	
I23. Porcentaje de armónicos del conjunto sistema óptico de una luminaria. Valor máximo: 10% ^d .	
Valorables	
I01. Coste de la luminaria en el lugar de la instalación. <ul style="list-style-type: none"> ▪ El más bajo. Valorarlo junto a otros o al menos que existan exigibles, a criterio del municipio ^a. <p>Peso sobre el resto de indicadores valorables: 22%</p>	15

INDICADOR	ORD
I02. Disposición de los puntos de luz.	20
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Menor número de luminarias utilizadas para la misma superficie a iluminar^a. Peso sobre el resto de indicadores valorables: 14%.	
I05. Espectro de emisión de la fuente de luz.	6
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Justificación del menor porcentaje de luz azul (Espectro, Índice G o equivalente)^a. Peso sobre el resto de indicadores valorables: 26%.	
I12. Índice de Rendimiento de Color (IRC) de la fuente de luz.	18
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Valor mínimo: 70^b. Valor recomendado: 80. Peso sobre el resto de indicadores valorables: 19%.	
I16. Temperatura de Color Correlacionada (T_{cp}/TCC) de una fuente de luz.	19
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Valor máximo: 3000K^d. En función de la zonificación lumínica puede verse reducido. Peso sobre el resto de indicadores valorables: 19%.	
I21. Garantía.	19
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Luminaria: periodo de garantía mínimo, 5 años^b. ▪ Driver y resto de dispositivos: periodo de garantía mínimo de cada dispositivo, 5 años. 	

Nota: La columna **Ord** es el orden de importancia que los expertos dieron a los indicadores en la segunda ronda del Delphi.
^a Recomendado por los expertos del Delphi, ^b Recomendado en el documento de Requerimientos Técnicos exigibles para luminarias con tecnología LED de alumbrado exterior. IDAE, ^c Requerido por el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (R.D. 842/2002), ^d Recomendado por Doulos et al. (2019), ^e Recomendado por la guía técnica del ITC-EA 04 del RD1890/2008.

Tabla 6.1. Tabla de Indicadores y valores recomendados. Fuente: Elaboración propia.

El documento que aparece referenciado en la Tabla 6.1., "Requerimientos Técnicos exigibles para luminarias con tecnología LED de alumbrado exterior" (Rev. 10 de Octubre 2019) editado por el CEI y elaborado junto al IDAE, ha sido recomendado por algunos expertos para establecer valores e indicadores. Este documento se ha utilizado como guía para la recomendación de algunos valores en aquellos indicadores en que los expertos no se han pronunciado. Además de este documento, pueden utilizarse aquellos documentos o publicaciones que de forma objetiva y neutral aporten mejoras y actualizaciones a los resultados obtenidos en el presente estudio.

Los indicadores que se establezcan como valorables pueden evaluarse, en el caso en que se presente un grupo numeroso de ofertas, utilizando el método AHP desarrollado en el apartado 5.9., teniendo en cuenta los pesos obtenidos de las recomendaciones de los expertos incluidos en la Tabla 6.1.

Como **cuarta conclusión**, y complemento a la Tabla 6.1., se enumeran evidencias significativas relativas al estudio y a algunos indicadores:

- El **I01 Coste de la luminaria**, a pesar de la valoración de los expertos, es el principal indicador de una contratación. No solo ha quedado evidenciado en el estudio de los pliegos, sino que la misma Ley de

contratos del sector público así lo establece. Por ello es fundamental asociar este indicador a otros que aseguren unos requisitos mínimos de calidad, rendimiento y sostenibilidad. Esto evitará problemas de mantenimiento a posteriori, y el posible descontento de los usuarios finales de la instalación. En el lado opuesto, si en lugar de bajar el precio unitario de la luminaria se aumentase su calidad, por ejemplo mejorando su **Fotometría**, el número de luminarias podía descender y el coste de instalación y su mantenimiento a posteriori también.

- El indicador **I21 Garantía** no se evidenció en la fase inicial del estudio y sólo ha mostrado su extraordinaria importancia cuando se ha tratado información real de pliegos de contratación. Ha sido concretamente en los estudios de los siete casos en la segunda fase y en el de los pliegos de contratación en la tercera. Es un indicador que tiene importancia pues **aporta seguridad al municipio, al existir un plazo amplio en que el adjudicatario hará frente a los fallos o averías que puedan surgir**. Se recomienda el estudio detallado de los términos concretos de la garantía de cada uno de los elementos de la instalación, de forma que se contemplen los fallos habituales de cada uno de ellos.
- Como resultado del estudio Delphi, la mayoría de los indicadores, concretamente el 75%, han resultado ser exigibles. El análisis de los pliegos muestra que, en la práctica, se están incluyendo algunos de los indicadores categorizados como exigibles, como por ejemplo **I10 Sistemas de regulación por telegestión, I03 Diseño de la luminaria, I20 Cumplimiento de los requerimientos luminotécnicos (segundo en orden de importancia según la mayoría de expertos) y I11 Vida del driver**, como indicadores que pueden ser valorables en la contratación. Es un criterio técnico que no se cuestiona. Aunque, respecto al indicador **I10 Horas de funcionamiento/regulación**, debe tenerse en cuenta lo que los expertos apuntaron, **considerándolo muy importante a la hora de tomar decisiones**. Pues *es el camino futuro (o casi presente) para proseguir con el proceso de descenso de los consumos energéticos en las instalaciones de alumbrado público*.
- A pesar del alto grado de importancia que las publicaciones en la primera fase y posteriormente los expertos, en la tercera, otorgaron a los indicadores relacionados con la protección del medioambiente, estos han sido los constantes ausentes, tanto en las memorias técnicas, proyectos como en los pliegos de contratación de los casos estudiados en la segunda fase y en la tercera. No debería dilatarse más en el tiempo la

inclusión de requerimientos de indicadores medioambientales que garanticen la sostenibilidad de las instalaciones. Deben, además, ser exigidos a las administraciones y a los fabricantes. Existen indicadores de sostenibilidad que datan de casi 10 años en otros sectores. Un ejemplo son el Índice de Contribución de la Estructura a la Sostenibilidad (ICES) y el Índice de Sensibilidad Medioambiental (ISM) de la Instrucción de Hormigón Estructural EHE-08, editada por el Ministerio de Fomento en el año 2011. Ambos indicadores aplican los principios de sostenibilidad en las distintas fases de fabricación del hormigón para satisfacer criterios medioambientales, económicos y sociales. La propia Ley de contratación del sector público incluye en sus artículos 145 y 148 el cálculo del ciclo de vida como un criterio de adjudicación de contrato, como extensión del criterio económico coste-eficacia de un bien, obra o servicio. Por lo tanto, **deben exigirse a los fabricantes certificaciones medioambientales del proceso de fabricación y del producto final.**

- En relación a la contaminación lumínica, aunque el indicador **I05 Espectro de emisión de la fuente de luz** presentó un empate de expertos entre considerarlo exigible o valorable, finalmente se ha estimado como valorable, aunque en la actualidad esta información no se suele aportar en las ofertas. Los fabricantes deben proporcionar sistemas más precisos, además de los disponibles hasta ahora (**I12 Índice del Rendimiento de Color e I16 Temperatura de Color Correlacionado**) para valorar el porcentaje de luz azul con una cierta garantía. Estos sistemas (Índice G u otros métodos válidos) deberán ser fácilmente valorables por el técnico.
- Debe exigirse una justificación o cálculo lumínico que asegure el cumplimiento de los niveles de iluminación en todos casos, tanto en la renovación como en las nuevas instalaciones. Esta exigencia asegura, antes de la contratación, una distribución adecuada de los puntos de luz y el cumplimiento de los requerimientos luminotécnicos que se convierten en exigencia reglamentaria durante la ejecución de la instalación.
- Aunque el **I04 Eficacia o eficiencia lumínica** es un indicador que deriva de otros, no puede eliminarse de una valoración; ha sido el indicador más citado en los artículos de investigación estudiados en la primera fase y fue valorado por los expertos como esencial y el más importante. Aunque los pliegos no suelen valorarlo, sí aparece como requerido en un porcentaje alto. **Este indicador debe estar presente en la lista de indicadores del técnico municipal.** Será quien tendrá

que decidir si considerarlo requerido o valorable en función de la situación concreta de proyecto.

- Los pliegos estudiados y los estudios de casos han rebelado que los pliegos de contratación disponen de un amplio margen de mejora. Se pueden incluir, aparte de los criterios económicos, otros, como los de sostenibilidad, anteriormente citados, medioambientales y luminotécnicos.
- **Los sistemas de regulación deberán encargarse justificar la sostenibilidad de los sistemas de alumbrado público**, disminuyendo los consumos, adaptándose a las necesidades en tiempo real de los ciudadanos y diversificando la funcionalidad de sus elementos. El sistema de alumbrado deberá convertirse en un multi-servicio para el ciudadano y una ventana que conecte con el municipio y la totalidad de su viario, pudiendo desarrollar funcionalidades cuyo límite sólo va a estar en nuestra imaginación.

Esta Tesis **presenta un listado de indicadores** de diversas fuentes documentales científicas, extraídas de la realidad y de expertos en la materia. Siguiendo de forma rigurosa diversos métodos de investigación, los indicadores han sido identificados, cuestionados, seleccionados y valorados. Antes de configurarse como definitivos, se ha procurado garantizar, en cada fase, el cumplimiento de los criterios de validez, fiabilidad y exactitud que los diferentes métodos aportaban y los medios disponibles han permitido. El periodo total de estudio ha abarcado 5 años, desde 2015 a 2019.

Los técnicos municipales, en virtud de las conclusiones del presente estudio, deberían establecer la situación de proyecto, seleccionar de la tabla los indicadores y plasmar los exigibles por escrito en la memoria técnica o proyecto, antes del procedimiento de contratación. Si fuese posible incluso, deberían instalar previamente muestras en tramos de viales, que les permitirían la comprobación del cumplimiento de los requerimientos luminotécnicos y el parecer de los ciudadanos.

Al iniciarse la fase de contratación, comprobarán que los indicadores que han establecido como valorables se incluyen en el pliego de prescripciones técnicas, además de asegurarse que el pliego contempla la ejecución de la instalación, según los principios recogidos en la memoria técnica o proyecto. Con estas precauciones en la fase de valoración, se habrán asegurado que los ofertantes cumplen los indicadores y solo deberán valorar, con los pesos establecidos, los indicadores valorables.

Finalmente, una recomendación a los técnicos de pequeños municipios es la formación continua, apoyarse en otras administraciones o externalizar

el diseño y renovación de las instalaciones del alumbrado público si considera que no puede interpretar los contenidos presentados. Se recomienda, principalmente, la formación y reciclaje para impedir errores en la toma de decisiones en la contratación de estas actuaciones.

La Tabla 6.1 de indicadores necesitará ser revisada periódicamente. El rápido desarrollo de la tecnología LEDs obliga a ello.

6.2. Futuras líneas de trabajo relacionadas

El desafío de un estudio de esta naturaleza es la cantidad inmensa de información que ha sido necesario analizar. En la actualidad, se sigue analizando la información obtenida en la segunda fase del Estudio de Casos, debido al rechazo que se está produciendo en algunos municipios a la ausencia total de emisión de luz en el plano horizontal.

Pueden encontrarse varias vías futuras de investigación, que se han evidenciado a raíz de los resultados obtenidos:

- Estudio de los distintos fabricantes y tipos de LEDs para precisar un valor óptimo de la intensidad máxima de trabajo en cada uno de ellos.
- El desarrollo práctico de un indicador de sostenibilidad de las instalaciones de alumbrado público. Cálculo de los costes y análisis del ciclo de vida de este tipo de instalaciones.
- El desarrollo práctico de un indicador que valorase el porcentaje de luz azul del espectro de emisión de las fuentes de luz LED.
- Continuación del estudio de los Pliegos de Contratación, ampliando el estudio a otros países. A raíz del estudio estadístico de los pliegos, se ha generado una gran cantidad de información que podría compararse con la de otros países.
- Con la información recabada, se podría elaborar un Pliego de Prescripciones Técnicas tipo, que completara el asesoramiento de los técnicos municipales.
- Los estudios de casos han aportado una información muy completa sobre los procesos de renovación de luminarias, desde la elaboración de la memoria técnica hasta la comprobación, a posteriori, de los ahorros reales producidos. Podría repetirse en otros países y elaborar un análisis comparativo que enriquecería, aún más, los hallazgos de esta fase del estudio.
- Se podría realizar una búsqueda de los estudios que se hayan realizado en la administración pública española y/o europea en materia de

contratación de instalaciones de alumbrado público y compararla con los resultados del presente estudio.

- Los estudios de casos han aportado una información muy completa sobre los procesos de renovación de luminarias fundamentalmente. Podrían incorporarse más casos que afecten a obra nueva, aprovechando los resultados del presente estudio.

6.3. Bibliografía

- Doulos, L.T., Sioutis, I., Kontaxis, P., Zissis, G., &Faidas, K. (2019). A decision support system for assessment of street lighting tenders based on energy performance indicators and environmental criteria: Overview, methodology and case study. *Sustainable Cities and Society*, 51, 101759.
- España. Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE) (2019). Requerimientos técnicos exigibles para luminarias con tecnología LED de alumbrado exterior.
- España. Jefatura del Estado. Ley 9/2017, de 8 de noviembre, de Contratos del Sector Público, por la que se transponen al ordenamiento jurídico español las Directivas del Parlamento Europeo y del Consejo 2014/23/UE y 2014/24/UE, de 26 de febrero de 2014. BOE núm. 272, de 9 de noviembre de 2017. Referencia: BOE-A-2017-12902.
- España. Ministerio de Fomento (2011). Instrucción de Hormigón Estructural EHE-08.
- España. Ministerio de Industria, Turismo y Comercio. Real Decreto 1890/2008, de 14 de noviembre, por el que se aprueba el Reglamento de Eficiencia Energética en Instalaciones de Alumbrado Exterior. Boletín Oficial del Estado, 19 de noviembre de 2008, núm. 279, pp. 45988-46057.
- España. Ministerio de Industria, Turismo y Comercio. Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión. Boletín Oficial del Estado, 18 de septiembre de 2002, núm. 224, pp. 33084-33086.

CAPÍTULO 7

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

179

- AENOR (2016). UNE-EN 13201-4: Iluminación de carreteras. Parte 4: Métodos para la medida de las prestaciones fotométricas. Recuperado de <https://portal-aenormas--aenor--com.uma.debiblio.com/aenor/visor.asp?pidnorma=087057057062064063063057-936786190&pidi>
- AENOR (2016). UNE-EN 13201-5: Iluminación de carreteras. Parte 5: Indicadores de prestaciones energéticas. Recuperado de <https://portal-aenormas--aenor--com.uma.debiblio.com/aenor/visor.asp?pidnorma=087057057062064063063058-936786190&pidioma=ES&pidtipo=>
- AENOR (2018). UNE-EN 60598-1:2015/A1:2018. Luminarias. Parte 1: Requisitos generales y ensayos.
- Alarcon, V. (2006). Introducción a la investigación en ciencias sociales. Working Paper del Departament d'Organització d'empreses de la Universitat Politècnica de Catalunya.
- Alonso, J. A., & Lamata, M. T. (2006). Consistency in the analytic hierarchy process: a new approach. *International journal of uncertainty, fuzziness and knowledge-based systems*, 14(04), 445-459.
- Anguera Argilaga, M., & Hernández Mendo, A. (2013). La metodología observacional en el ámbito del deporte. *E-balonmano.com: Revista de Ciencias del Deporte*, 9(3) 135–160.
- Anguera, M.T., Portell M., Chacón-Moscoso, S. & Sanduvete-Chaves, S. (2018). Indirect observation in everyday contexts: concepts and methodological guidelines within a Mixed Methods framework. *Frontiers in Psychology*, 9 (13), 1-20.
- Anguera-Argilaga, M.T. (1991). Proceso de categorización. *Metodología observacional en la investigación psicológica*. P.P.U. Barcelona, 1, 115-167.
- Anguera-Argilaga, M.T., Magnusson, M. & Jonsson, G. (2007). Instrumentos no estándar; planteamiento, desarrollo y posibilidades. *Avances en Medición*, 5 (1), 63-82.
- Annika K. Jägerbrand. (2016). LED (Light-Emitting Diode) Road Lighting in Practice: An Evaluation of Compliance with Regulations and Improvements for Further Energy Savings. *Energies*, 9(5), 357–357. <https://doi.org/10.3390/en9050357>

- Astigarraga, E. (2003). El método delphi. San Sebastián: Universidad de Deusto.
- Becerra Fernández, M., &Rodríguez Yee, R. (2017). Selection of Alternatives for the Natural Gas Supply in Colombia Using the Analytic Hierarchy Process. *Ingeniería*, 22(2), 190-210.
- Becker, H. (1998). *Tricks of the Trade*. Chicago. The University of Chicago Press.
- Bouman, M. (1987). Luxury and Control: The Urbanity of Street Lighting in Nineteenth-Century Cities. *Journal of Urban History*, 14(1), 7–37. <https://doi.org/10.1177/009614428701400102> .
- Budak, V.P. &Ilyna, E. (2013). Choosing luminaire efficiency parameters during development for external illumination. *Light & Engineering* 21(2), 13-20.
- Burgos-Payán, M., Correa-Moreno F.J.&Riquelme-Santos, J.M. (2012). Improving the energy efficiency of street lighting. A case in the South of Spain. 9th International Conference on the European Energy Market.
- Burgueño, J. (1996). *Geografía política de la España constitucional: la división provincial*. Madrid: Centro de estudios políticos y constitucionales.
- Castellano, J., Hernandez-Mendo, A., Gómez de Segura, P., Fontetxa, E. &Bueno, I., (2000). Sistema de codificación y análisis de la calidad del dato en el futbol de rendimiento. *Psicothema*, 12(4), 635-641. ISSN 0214-9915.
- CEI (2013). *El Libro blanco de la iluminación*.
- Chaminade, C., Escobar, C. G., &Muñoz, M. P. S. (1999). En busca de una teoría sobre la medición y gestión de los intangibles en la empresa: una aproximación metodológica. *Ekonomiaz: Revista vasca de economía*, (45), 188-213. Recuperado de: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/oaiart?codigo=265867>.
- Chen, Z., Ma, Y.L., &Hu, Y.K. (2009) Lighting quality indicators with space sense for urban lighting environment. *Journal of Chongqing University* 32(7), 839-843.
- Corbin, J., &Morse, J. (2003). The Unstructured Interactive Interview: Issues of Reciprocity and Risks when Dealing with Sensitive Topics. *Qualitative Inquiry*, 9(3), 335–354. <https://doi.org/10.1177/1077800403009003001>.
- Creswell, J., Hanson, W., Clark Plano, V., &Morales, A. (2007). Qualitative Research Designs: Selection and Implementation. *The Counseling Psychologist*, 35(2), 236–264. <https://doi.org/10.1177/0011000006287390>.
- Creswell, J.W. (2007): *Qualitative Inquiry and Research Design. Choosing Among five Approaches* (2nd. Ed.). California. SAGE. California.

- De la Rasilla, M., Duarte, E., Santamaría, D. et al. (2010). Licnología paleolítica: las lámparas de las cuevas de Llonín y el Covarón (Asturias). *Zephyrus*, LXV, 103-116. ISSN: 0514-7336.
- Dehoff, P. (2012). Lighting quality and energy efficiency is not a contradiction. *Light & Engineering*, 20(30), 34-39. https://www.researchgate.net/publication/297529355_LIGHTING_QUALITY_AND_ENERGY_EFFICIENCY_IS_NOT_A_CONTRADICTION
- Dellve, L., & Hallberg, L. (2008). "Making it work in the frontline" explains female home care workers' defining, recognizing, communicating and reporting of occupational disorders. *International Journal of Qualitative Studies on Health and Well-Being*, 3(3), 176–184. <https://doi.org/10.1080/17482620801979549>.
- Diccico-Bloom, B., & Crabtree, B. (2006). The qualitative research interview. *Medical Education*, 40(4), 314–321. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2929.2006.02418.x>
- Doulos, L.T., Sioutis, I., Kontaxis, P., Zissis, G., & Faidas, K. (2019). A decision support system for assessment of street lighting tenders based on energy performance indicators and environmental criteria: Overview, methodology and case study. *Sustainable Cities and Society*, 51, 101759.
- Eaves, Y. (2001). A synthesis technique for grounded theory data analysis. *Journal of Advanced Nursing*, 35(5), 654–663. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2648.2001.01897.x>
- Eisenhardt, K. M. (1989). Building theories from case study research. *Academy of management review*, 14(4), 532-550.
- Ekrias, A. (2010). Development and enhancement of road lighting principles. Dissertation for the degree of Doctor of Science in Technology to be presented with due permission of the Faculty of Electronic, Lighting Unit. Aalto University School of Science and Technology (Espoo, Finland).
- España, JEFATURA del Estado. Ley 27/2013, de 27 de diciembre, de racionalización y sostenibilidad de la Administración Local. *Boletín Oficial del Estado*, 312, 106430-106473.
- España, JEFATURA del Estado. Ley 7/1985, de 2 de abril, Reguladora de las Bases del Régimen Local. *Boletín Oficial del Estado*, 80(3), 8945-8964.
- España. Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE) (2019). *Requerimientos técnicos exigibles para luminarias con tecnología LED de alumbrado exterior*.

- España. Jefatura del Estado. Ley 9/2017, de 8 de noviembre, de Contratos del Sector Público, por la que se transponen al ordenamiento jurídico español las Directivas del Parlamento Europeo y del Consejo 2014/23/UE y 2014/24/UE, de 26 de febrero de 2014. BOE núm. 272, de 9 de noviembre de 2017. Referencia: BOE-A-2017-12902.
- España. Ministerio de Fomento (2011). Instrucción de Hormigón Estructural EHE-08.
- España. Ministerio de Industria, Turismo y Comercio. Real Decreto 1890/2008, de 14 de noviembre, por el que se aprueba el Reglamento de Eficiencia Energética en Instalaciones de Alumbrado Exterior. Boletín Oficial del Estado, 19 de noviembre de 2008, núm. 279, pp. 45988-46057.
- España. Ministerio de Industria, Turismo y Comercio. Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión. Boletín Oficial del Estado, 18 de septiembre de 2002, núm. 224, pp. 33084-33086.
- Espín Estrella, A., &Cordeiro, M. (2001). Introducción a la historia del alumbrado: del aceite a la incandescencia. Granada: [s.n.].
- Ezquerro, G., Gandolfo, M., Ramos, A., &Urraca, I. (2001). Guía técnica de eficiencia energética en Iluminación. Instituto para la Diversificación y Ahorro Energético y Comité español de Iluminación. Madrid.
- Fahie, J. J. (1901). A history of wireless telegraphy: Including some bare-wire proposals for subaqueous telegraphs. Blackwood.
- Falchi, F., Cinzano, P., Elvidge, C. D., Keith, D. M., &Haim, A. (2011). Limiting the impact of light pollution on human health, environment and stellar visibility. *Journal of environmental management*, 92(10), 2714-2722.
- Ferrando, P. B., Alcamí, J. M. G., &Cencillo, F. R. (2008). Prioridades estratégicas para la mejora del sistema de prevención de riesgos laborales en España: un estudio Delphi entre profesionales de la salud y seguridad en el trabajo. *Archivos de prevención de riesgos laborales*, 11(1), 20-26.
- Fiaschi, D., Bandinelli, R. &Conti, S. (2012). A case study for energy issues of public buildings and utilities in a small municipality: Investigation of possible improvements and integration with renewables. *Applied Energy*, 97, 101-114.
- Forman, J., Creswell, J., Damschroder, L., Kowalski, C., Krein, S., &Forman, J. (2008). Qualitative research methods: key features and insights gained from use in infection prevention research. *American Journal of Infection Control*, 36(10), 764–771. <https://doi.org/10.1016/j.ajic.2008.03.010>

-
- Galadí-Enríquez, D. (2018). Beyond CCT: The spectral index system as a tool for the objective, quantitative characterization of lamps. *Journal of Quantitative Spectroscopy and Radiative Transfer*, 206(C), 399–408. <https://doi.org/10.1016/j.jqsrt.2017.12.011>
 - Gibbert, M., Ruigrok, W., & Wicki, B. (2008). What passes as a rigorous case study? *Strategic Management Journal*, 29(13), 1465–1474. <https://doi.org/10.1002/smj.722>.
 - Gillham, B. (2005). *Research interviewing, the range of techniques*. Maidenhead, UK: McGraw-Hill Education.
 - Gómez de Segura, P., Hernández Mendo, A., Fontetxa, E., Bueno, I., & Castellano Paulis, J. (2000). Sistema de codificación y análisis de la calidad del dato en el fútbol de rendimiento. *Psicothema*, 12(4), 635–641. Recuperado de: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/oaiart?codigo=2008615>
 - González Leonor, M., & Fusi, J. (2004). El pensamiento de los primeros administrativistas españoles y su plasmación en la estructura de la administración del estado. Universidad Complutense de Madrid, Madrid.
 - Habel, J. & Zak, P. (2011). The future of public lighting. *Przeglad Elektrotechniczny*, 87(4), 50-52.
 - Heath, G. W., Parra, D. C., Sarmiento, O. L., Andersen, L. B., Owen, N., Goenka, S., ... & Lancet Physical Activity Series Working Group. (2012). Evidence-based intervention in physical activity: lessons from around the world. *The lancet*, 380(9838), 272-281.
 - Helmer, O. (1994). Adversary Delphi. *Futures*, 26(1), 79-87.
 - Helmer, O., & Rescher, N. (1959). ON THE EPISTEMOLOGY OF THE INEXACT SCIENCES. *Management Science (pre-1986)*, 6(1), 25–52. <https://doi.org/10.1287/mnsc.6.1.25>.
 - Herbert, D., & Davidson, N. (1994). Modifying the built environment: the impact of improved street lighting. *Geoforum*, 25(3), 339–350. [https://doi.org/10.1016/0016-7185\(94\)90035-3](https://doi.org/10.1016/0016-7185(94)90035-3).
 - Hernández Mendo, A., Blanco Villaseñor, Á., Pastrana, J., Morales Sánchez, V., & Ramos - Pérez, F. (2016). SAGT: Aplicación informática para análisis de generalizabilidad. *Revista Iberoamericana de Psicología del Ejercicio y el Deporte*, 11(1) 77–89.
 - History of the Public Lighting of Paris (1933). *Nature* 132, 888–889. doi: 10.1038/132888c0

- Ho, W., &Ma, X. (2018). The state-of-the-art integrations and applications of the analytic hierarchy process. *European Journal of Operational Research*, 267(2), 399-414.
- Horowitz, M. (2001). Economic indicators of market transformation: energy efficient lighting and EPA's green lights. *The Energy Journal*, 22(4), 95–122. <https://doi.org/10.5547/ISSN0195-6574-EJ-Vol22-No4-5>.
- Hsu, C. C., &Sandford, B. A. (2007). The Delphi technique: making sense of consensus. *Practical Assessment, Research & Evaluation*, 12(10), 1-8.
- Huang, S. C., Lee, L. L., Jeng, M. S., &Hsieh, Y. C. (2012, November). Assessment of energy-efficient LED street lighting through large-scale demonstration. In *2012 International Conference on Renewable Energy Research and Applications (ICRERA)* (pp. 1-5). IEEE.
- Iwata, M. &Uchida, S. (2011). Experiment to evaluate visibility with street luminaires with different Upward Light Output Ratios and the use of calculated veiling luminance to determine contrast performance. *Journal of Light and Visual Environment*, 35 (1), 42-54.
- Jägerbrand, A.K. (2015). New framework of sustainable indicators for outdoor LED(Light emitting diodes) lighting and SSL (Solid State Lighting). *Sustainability*, 7, 1028-1063.
- Janiga, P. &Gasparovsky, D., (2011). *Power Quality in Public Lighting Installations*, Power Quality, Mr Andreas Eberhard (Ed.), Bratislava, Eslovaquia. ISBN: 978-953-307-180-0.
- Kempenaers, B., Borgström, P., Loës, P., Schlicht, E., &Valcu, M. (2010) Artificial night lighting affects dawn song, extra-pair siring success, and lay date in songbirds. *Current Biology* 20(19), 1735–1739.
- Knight, C. (2010). Field surveys of the effect of lamp spectrum on the perception of safety and comfort at night. *Lighting Research &Technology*, 42 (3), 313-329.
- Kolláth, Z., Dömény, A., Kolláth, K., &Nagy, B. (2016). Qualifying lighting remodelling in a Hungarian city based on light pollution effects. *Journal of Quantitative Spectroscopy and Radiative Transfer*, 181, 46–51. <https://doi.org/10.1016/j.jqsrt.2016.02.025>
- Kongsvik, T., Almklov, P., &Fenstad, J. (2010). Organisational safety indicators: Some conceptual considerations and a supplementary qualitative approach. *Safety Science*, 48(10), 1402–1411. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2010.05.016>.

- Kostic A. & Djokic, L. (2012). Subjective impressions under LED and Metal Halide lighting. *Lighting Research & Technology*, 0, 1-15.
- Kostic, A. M., Kremic, M. M., Djokic, L. S., & Kostic, M. B. (2013). Light-emitting diodes in street and roadway lighting—a case study involving mesopic effects. *Lighting Research & Technology*, 45(2), 217-229.
- Kostic, M., Djokic, L., Pojatar, D., & Strbac-Hadzibegovic, N. (2009). Technical and economic analysis of road lighting solutions based on mesopic vision. *Building and Environment*, 44(1), 66-75.
- Krippendorff K., & Wolfson, L. (1990). Metodología de análisis de contenido: teoría y práctica. Barcelona: Paidós.
- Krippendorff, K. (2013). Commentary: A dissenting view on so-called paradoxes of reliability coefficients. *Annals of the International Communication Association*, 36 (1), 481–499.
- Lai, V. S., Wong, B. K., & Cheung, W. (2002). Group decision making in a multiple criteria environment: A case using the AHP in software selection. *European Journal of Operational Research*, 137(1), 134-144.
- Landeta, J., Matey, J., Ruíz, V., & Villarreal, O. (2002). Alimentación de modelos cuantitativos con información subjetiva: aplicación Delphi en la elaboración de un modelo de imputación del gasto turístico individual en Catalunya. *Qüestiió: quaderns d'estadística i investigació operativa*, 26(1).
- Larrinaga, O. & Rodríguez J. (2007): "El estudio de casos como metodología de investigación científica en economía de la empresa y dirección estratégica". XXI Congreso anual AEDEM. Universidad Rey Juan Carlos I, Vol. 1. Ponencias, p. 34. Madrid.
- Lee, C. & Moudon, A.V. (2008) Neighbourhood design and physical activity. *Building Research & Information*. 36 (5), 395–411. <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/09613210802045547>.
- Li, F., Chen Y., Liu Y. & Chen D. (2012). Comparative in situ study of LEDs and HPS in road lighting. *Journal of Illuminating Engineering Society of North America*, 8 (3), 205-214.
- Liu, G. (2014). Sustainable feasibility of solar photovoltaic powered street lighting systems. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, 56(C), 168–174. <https://doi.org/10.1016/j.ijepes.2013.11.004>
- Lloria, M.B. (2004). El diseño organizativo y los facilitadores para la creación de conocimiento. Un estudio cualitativo. *Revista de Economía y Empresa*, 21, 11-3.

- Lockett, G., Hetherington, B., Yallup, P., Stratford, M., & Cox, B. (1986). Modelling a research portfolio using AHP: a group decision process. *R&D Management*, 16(2), 151-160.
- López-Sánchez, Y., J.I. Pulido-Fernández (2014) Incorporating sustainability into tourism policy: A strategic agenda for Spain. *European Journal of Tourism Research* 7, pp. 57-78.
- Martínez-Gómez, J. (2016). Use of multicriteria decision making methods for biomass selection in Fischer-Tropsch reactors. *Ingeniería-Revista de Ciencia y Tecnología*, (15), 27-36.
- Mattfield, M., Ehlers, F. B. & Reichenbach, M. C. (2012). Optimising the lighting equipment on the Mittelplate drilling and production island in the German Wadden Sea tidal lands. *Oil Gas European Magazine*, 38 (2), 90-94.
- Miller, L. E. (2006). Determining what could/should be: The Delphi technique and its application. In meeting of the 2006 annual meeting of the Mid-Western Educational Research Association, Columbus, Ohio.
- Mockey I.O. & Manzano, E. (2013). The energy impact of luminaire depreciation on urban lighting. *Energy for Sustainable Development*, 17, 357–362.
- Morillas Núñez, R. M., de Andrés, J.R., Guzmán, R., & Gago, A. (2019). Identificación de indicadores para la toma de decisiones en la selección de ofertas en concursos de alumbrado público. CIDIP Málaga, 2019. <http://dspace.aepro.com/xmlui/handle/123456789/2274>.
- Morillas, R.M. & de Andrés, J.R. (2015). Identificación de Indicadores para la toma de decisiones en las instalaciones de Alumbrado Exterior de un Municipio. *Greencities*, 2015.
- Morillas, R.M., & de Andrés, J.R. (2019). Renewing street lighting with led technology: a single case study in Casarabonela. *Light & Engineering*, 27(6), 16-26.
- Novak, J.D., & Gowing, D.B. (1988). *Aprendiendo a aprender*. Barcelona: Martínez Roca.
- Ozdemir, M. S. (2005). Validity and inconsistency in the analytic hierarchy process. *Applied Mathematics and Computation*, 161(3), 707-720.
- Patton, M.Q. (2002). Two Decades of Developments in Qualitative Inquiry: A Personal, Experiential Perspective. *Qualitative Social Work*, 1(3), 261–283. <https://doi.org/10.1177/1473325002001003636>.

- Pérez-López, R., Morales-Sánchez, V., Anguera, M., & Hernández-Mendo, A. (2015). Evaluación de la calidad total en servicios municipales deportivos orientados a la población infantil: aportaciones desde el análisis cualitativo con ATLAS.ti. Cuadernos de Psicología del Deporte, 15(1), 143–150. <https://doi.org/10.4321/S1578-84232015000100014>.
- Qu, C., nd. Chronicles of Huayang. (n.d.).
- Riaño-Luna, C. E., & Palomino-Leiva, M. L. (2015). Proceso analítico jerárquico para evaluar tres laboratorios virtuales en la educación superior. Entramado, 11(1), 194-204.
- Riggs, W. E. (1983). The Delphi technique: An experimental evaluation. Technological forecasting and social change, 23(1), 89-94.
- Rodrigues, C. R., Almeida, P. S., Soares, G. M., Jorge, J. M., Pinto, D. P., & Braga, H. A. (2011, June). An experimental comparison between different technologies arising for public lighting: LED luminaires replacing high pressure sodium lamps. In 2011 IEEE International Symposium on Industrial Electronics (pp. 141-146). IEEE.
- Romero-Hernández, S., Romero-Hernández, O. (2009). Product design optimization: An interdisciplinary approach. In Product Realization (1-22). Springer, Boston, MA.
- Round, H. J. (1907), "A note on carborundum", Electrical World, 49: 309
- Rowe, G., Wright, G., & Bolger, F. (1991). Delphi: a reevaluation of research and theory. Technological forecasting and social change, 39(3), 235-251.
- Rowe, G., Wright, G., 1999. The Delphi technique as a forecasting tool: issues and analysis. International Journal of Forecasting, 15, 353–375.
- Rubin, H.J., & Rubin, I.S. (2005): Qualitative Interviewing: The Art Of Hearing Data. (2nd ed.) California. Sage publications.
- Rutter, P., & Keirstead, J. (2012). A brief history and the possible future of urban energy systems. Energy Policy, 50(C), 72–80. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2012.03.072>
- Saaty, T. L. (1990). How to make a decision: the analytic hierarchy process. European journal of operational research, 48(1), 9-26.
- Saaty, T. L. (2008). Relative measurement and its generalization in decision making why pairwise comparisons are central in mathematics for the measurement of intangible factors the analytic hierarchy/network

process. RACSAM-Revista de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Serie A. Matemáticas, 102(2), 251-318.

- Sáez Castán, J. M. (2008). Análisis crítico de La civilización hispano-árabe de Titus Burckhardt.
- Seale, C., Silverman, D. (1997). Ensuring rigour in qualitative research. *The European Journal of Public Health*, 7(4), 379–384. <https://doi.org/10.1093/eurpub/7.4.379>.
- Silva, J., Mendes, J.F.G. & Silva, L.T. (2010). Assesment of energy efficiency in street lighting design. *The Sustainable City IV (2010) WIT Transactions on Ecology and the Environment*, 129, 705-715.
- Skulmoski, G. J., Hartman, F. T., & Krahn, J. (2007). The Delphi method for graduate research. *Journal of Information Technology Education: Research*, 6(1), 1-21.
- Stake, R. (1995). *The art of case study research*. Thousand Oaks. Sage Publications.
- Strong, M. (2018). *Illuminating the path of darkness: social and sacred power of artificial light in Pharaonic Period Egypt (Doctoral thesis)*. <https://doi.org/10.17863/CAM.24194>.
- Szekeres, P., Wilson, A. D., Haak, C. R., Danylchuk, A. J., Brownscombe, J. W., Elvidge, C. K., ... & Cooke, S. J. (2017). Does coastal light pollution alter the nocturnal behavior and blood physiology of juvenile bonefish (*Albula vulpes*)?. *Bulletin of Marine Science*, 93(2), 491-505. <https://doi.org/10.5343/bms.2016.1061>
- Tellis, W. (1997). Information technology in a university: a case study. *Campus-Wide Information Systems*, 14(3), 78–91. <https://doi.org/10.1108/10650749710187617>
- Templier, M., Paré G. (2015). A Framework for Guiding and Evaluating Literature Reviews. *Communications of the Association for Information Systems* 37(1), 6.
- Thomson, J. (2003). *The Scot who Lit the World: The Story of William Murdoch, Inventor of Gas Lighting*. Janet Thomson.
- Van Bommel, W., Rouhana, A., (2019). *The science of lighting: A guide about the nature and behaviour of light*. Signify Lighting Academy. The Netherlands. www.signify.com/global/lighting-academy.

- Wall, E. (2009). Traffic safety behaviour among young people in different residential settings: the use of seat belts, bicycle helmets, and reflectors by young people in Sweden. *International Journal of Injury Control and Safety Promotion*. [Online] 16 (4), 197–204. <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/17457300903306971>.
- Xiao, Y., & Watson, M. (2019). Guidance on conducting a systematic literature review. *Journal of Planning Education and Research*, 39(1), 93-112.
- Yang, C.Y., Yang, C.Y. & Chen, S.Q. (2009) Light reflecting characteristics of building materials and energy saving of nightscape luminance. *Tumu Jianzhu yu Huanjing Gongcheng. Journal of Civil, Architectural and Environmental Engineering*, 31(5), 90-94.
- Yin R, K, (2009). *Case Study Research; Design and Methods* (4th Ed.). Thousand Oaks, CA. Sage.
- Yin, R. K. (2003). *Case study research: Design and methods* (3rd ed.). Thousand Oaks, CA: Sage.
- Ylinen, A. M., Tähkämö, L., Puolakka, M., & Halonen, L. (2011). Road lighting quality, energy efficiency, and mesopic design—LED street lighting case study. *Leukos*, 8(1), 9-24.
- Zanon, B. & Verones, S. (2013). Climate change, urban energy and planning practices: Italian experiences of innovation in land management tools. *Land Use Policy*, 32, 343-355.

Páginas web:

- Instituto Nacional de Estadística. Recuperado el 12 de noviembre de 2019 de: https://www.ine.es/daco/daco42/codmun/cod_num_muni_provincia_ccaa.htm.
- <http://www.intechopen.com/books/power-quality/power-quality-in-public-lighting-installations>
- Premium Light Pro (2018). *LED Street lighting: Procurement & Design Guidelines*. Austrian Energy Agency. Recuperado el 1 de enero de 2020, de: http://www.premiumlightpro.eu/fileadmin/user_upload/Guidelines/Premium_Light_Pro_Outdoor_LED_Guidelines.pdf

ANEXOS

- ANEXO 1. LISTADO DE DOCUMENTOS NORMATIVOS
- ANEXO 2. LISTADO DE DOCUMENTOS METODOLÓGICOS
- ANEXO 3. LISTADO DE PUBLICACIONES CON NUMERO DE CITAS POR DOCUMENTO
- ANEXO 4. INFORMES DE LA DOBLE CODIFICACIÓN/VALIDEZ
- ANEXO 5. TABLA CODIGO-CITA DE LA DOBLE CODIFICACIÓN/VALIDEZ
- ANEXO 5. TABLA DE COOCURRENCIAS POR CÓDIGO
- ANEXO 6. RELACIONES POR CLASIFICACIÓN
- ANEXO 7. SELECCIÓN DE PARÁMETROS
- ANEXO 8. PROTOCOLOS Y BASE DE DATOS CASOS 1
- ANEXO 9. PROTOCOLOS Y BASE DE DATOS CASOS 2
- ANEXO 10. PROTOCOLOS Y BASE DE DATOS CASOS 3
- ANEXO 11. PROTOCOLOS Y BASE DE DATOS CASOS 4
- ANEXO 12. PROTOCOLOS Y BASE DE DATOS CASOS 5
- ANEXO 13. PROTOCOLOS Y BASE DE DATOS CASOS 6
- ANEXO 14. PROTOCOLOS Y BASE DE DATOS CASOS 7
- ANEXO 15. CARTA DE PRESENTACIÓN DEL ESTUDIO
- ANEXO 16. CUESTIONARIOS ESTUDIO DELPHI 1ª RONDA
- ANEXO 17. CUESTIONARIOS ESTUDIO DELPHI 2ª RONDA
- ANEXO 18. DESCRIPCIÓN DE LOS INDICADORES

Anexo 1. Listado de documentos normativos

N Id. Referencia bibliográfica

- 1 3 Ministerio de Industria Turismo y Comercio. Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE). Comité Español de Iluminación (CEI. 2018). Requerimientos técnicos exigibles para luminarias con tecnología Led de alumbrado exterior: Recuperado de https://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_Requerimientos_LED_REV-4-120815_81a949fd.pdf.
- 2 4 EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION (2003). EN 13201-2: Road lighting-Part 2; Performance requirements Recuperado de <http://svstsv.com/assets/files/content/norms/bur/EN-13201-2.pdf>.
- 3 5 EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION (2003). EN 13201-3: Road lighting-Part 3: Calculation of performance. Recuperado de <http://svstsv.com/assets/files/content/norms/bur/EN-13201-3.pdf>
- 4 6 EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION (2003). EN 13201-4: Road lighting-Part 4: Methods of measuring lighting performance.
- 5 7 EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION (2004). CEN TR 13201-1: Road lighting - Part 1: Selection of lighting classes. Recuperada de http://www.arpa.fvg.it/export/sites/default/istituzionale/servizi/inquinamento_luminoso/allegati/cen_tr_13201-1_2004.pdf
- 6 8 AENOR (2008). UNE-EN 12464-2: Iluminación de los lugares de trabajo. Parte 2: Lugares de trabajo en exteriores. Recuperada de <https://portal-aenormas-aenor-com.uma.debiblio.com/aenor/visor.asp?pidnorma=087057057062064058066058-936786172&pidioma=ES&pidti>
- 7 9 Comisión Europea (2011). Libro verde. Iluminamos el futuro. Recuperado de https://www.ceisp.com/fileadmin/pdf/Led/Green_Paper_Lighting_the_Future_Castellano.pdf
- 8 10 European Comission (2011). Green paper. Lighting de cities. Accelerating the development of innovative lighting in European cities. Recuperado de <https://ec.europa.eu/transparency/regdoc/rep/1/2011/EN/1-2011-889-EN-F1-1.Pdf>
- 9 11 European Comission (2013). Lighting de cities. Accelerating the development of innovative lighting in European cities. Recuperado de https://www.ceisp.com/fileadmin/pdf/Led/Anexos_Informe_Final_Ingles.pdf
- 10 12 International Standard ISO/CIE: (2013). CIE S 023/E: Characterization of the Performance of Illuminance Meters and Luminance Meters. Recuperado de <https://www.sis.se/api/document/preview/918649/>
- 11 13 España. Ministerio de Industria, Turismo y Comercio (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. Recuperado de [ttps://www.boe.es/boe/dias/2008/11/19/pdfs/A45988-46057.pdf](https://www.boe.es/boe/dias/2008/11/19/pdfs/A45988-46057.pdf).
- 12 14 España. Ministerio de Industria, Turismo y Comercio. (2005). Real Decreto 208/2005, de 25 de febrero sobre aparatos eléctricos y electrónicos y la gestión de residuos. Recuperado de <https://www.boe.es/buscar/pdf/2005/BOE-A-2005-3242-consolidado.pdf>.
- 13 15 España. Ministerio de Industria, Turismo y Comercio. (2004). Instrucción Técnica complementaria BT-09. Instalaciones de alumbrado exterior. Guía Técnica de aplicación Recuperado de http://www.f2i2.net/documentos/lisi/rbt/guias/guia_bt_09_sep04R1.pdf.

- 14 16 España. Ministerio de Industria, Turismo y Comercio. (2004). Instrucción Técnica Complementaria BT-44. Instalaciones de receptores para alumbrado. Guía Técnica de aplicación. Recuperado de http://www.f2i2.net/documentos/lsi/rbt/ITC_BT_44.pdf.
- 15 17 España. Jefatura del Estado (2014). Ley 9/2017, de 8 de noviembre, de contratos del Sector Público, por la que se transponen al ordenamiento jurídico español las Directivas del Parlamento Europeo y del Congreso 2014/23/UE y 2014/24/UE, de 26 de febrero de 2014. Recuperado de <https://www.boe.es/buscar/pdf/2017/BOE-A-2017-12902-consolidado.pdf>
- 16 18 European Commission (2009). 245/2009. of 18 March 2009: Implementing Directive 2005/32/EC of European Parliament and of the Council with regards to ecodesign requirements for fluorescent lamps without integrated ballast, for high intensity discharge lamps and for ballasts and luminaires able to operate such lamps, and repealing Directive 2000/55/EC of the European Parliament and of the Council (Text with EEA relevance). Recuperado de <https://publications.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/0ddbc72c-4a57-46ff-a2ff-d1b2b300776d/language-en>.
- 17 19 EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION (2015). EN 13201-5: Road lighting-Part 5: Energy Efficiency Requirements. Recuperado de <https://infostore.saiglobal.com/preview/is/en/2015/i.s.en13201-5-2015.pdf?sku=1843914>

Anexo 2. Listado de documentos metodológicos

- N Id.
- 1 1 Larrinaga, O. & Rodríguez, J. (2010). El estudio de casos como metodología de investigación científica en dirección y economía de la empresa. Una aplicación a la internalización. Case study as a methodology of scientific research in business, economics, and management. An application of the internationalisation. *Investigaciones Europeas de Dirección y Economía de la Empresa*, 16 (3), 31–52,192,194. [https://doi.org/10.1016/S1135-2523\(12\)60033-1](https://doi.org/10.1016/S1135-2523(12)60033-1)
 - 2 86 Guzys, D., Dickson-Swift, V., Kenny, A. & Threlkeld, G. (2015). [Review of *Gadamerian philosophical hermeneutics as a useful methodological framework for the Delphi technique*]. *International Journal of Qualitative Studies on Health and Well-being*, 10 1–14. <https://doi.org/10.3402/qhw.v10.26291>
 - 3 158 Castellano, J., Hernandez-Mendo, A., Gómez de Segura, P., Fontetxa, E. & Bueno, I., (2000). Sistema de codificación y análisis de la calidad del dato en el fútbol de rendimiento. *Psicothema*, 12(4), 635-641. ISSN 0214-9915
 - 4 159 Agbozo, F., Colecraft, E., Jahn, A., & Guetterman, T. (2018). Understanding why child welfare clinic attendance and growth of children in the nutrition surveillance programme is below target: lessons learnt from a mixed methods study in Ghana. *BMC Nursing*, 17 (1), 1–14. <https://doi.org/10.1186/s12912-018-0294-y>
 - 5 160 Gil Madrona, P., Gómez Barreto, I. & González Villora, S. (2016). Percepción de los estudiantes de maestro de educación infantil sobre su formación intercultural. *Magis: Revista Internacional de Investigación en Educación*, 9(18), 111–128. <https://doi.org/10.11144/Javeriana.m9-18.pmei>
 - 6 161 Anguera Argilaga, M. T. (1986). La investigación cualitativa. *Educar* (10), 23-50.
 - 7 162 Mayring, P. (2000). Qualitative Content Analysis. *Forum: Qualitative Social Research*, 1 (2 Art. 20).
 - 8 163 Pérez López, R., Morales Sánchez, V., Anguera Argilaga, M. & Hernández Mendo, A. (2015). Evaluación de la calidad total en servicios municipales deportivos orientados a la población infantil: Aportaciones desde el análisis cualitativo con ATLAS.ti. *Cuadernos de Psicología del Deporte*, rte, 2015, vol. 15, num. 1, p. 143–150.
 - 9 164 Arbulu, A., Lapresa, D., Usabiaga, O & Castellano, J., (2016). Detección y aplicación de T-Patterns en la escalada de élite. *Cuadernos de Psicología del Deporte*, 16(1), 95–102. <http://dx.doi.org/10.1080/17461391.2015.1009494>
 - 10 165 Ayala Alvarez, R. & Hernández Mendo, A. (2003). El análisis de contenido: el mensaje publicitario y los medios impresos. *Lecturas: Educación física y deportes*, (57). Retrieved from <http://dialnet.unirioja.es/servlet/oaiart?codigo=299197>
 - 11 166 Moran, M., Van Cauwenberg, J., Hercky - Linnewiel, R., Cerin, E., Deforche, B. & Plaut, P. (2014). Understanding the relationships between the physical environment and physical activity in older adults: a systematic review of qualitative studies. *INTERNATIONAL JOURNAL OF BEHAVIORAL NUTRITION AND PHYSICAL ACTIVITY*, 11(1), 79. <https://doi.org/10.1186/1479-5868-11-79>
 - 12 167 Anguera Argilaga, M., Portell Vidal, M., Chacón - Moscoso, S. & Sanduvete Chaves, S. (2018). Indirect observation in everyday contexts: Concepts and methodological guidelines within a mixed methods framework. *Frontiers in Psychology*, Frontiers in Psychology, 2018, vol. 9, num. 13.
 - 13 168 Proulx, J. & Maheux, J. (2016). [Review of *Approaches to Qualitative Research in Mathematics Education* by A. Bikner-Ahsbahs, C. Knipping, & N. Presmeg (Eds.): 592 pp. Dordrecht, The Netherlands: Springer Science + Business Media, 2015. ISBN: 978-94017918
 - 14 169 Miguel Quesada, F. (2010). Mapas conceptuales a partir de entrevistas cualitativas. Integración de métodos mediante el uso conjunto de ATLAS/ti y SPSS. *Papers: Revista de Sociología*, 95(2). <https://doi.org/10.5565/rev/papers/v95n2.43>

- 15 170 Fernández-García, A., García Llamas, J. & Pérez Serrano, G. (2016). Grado de Satisfacción de los Adultos con los Programas Universitarios. *Revista Complutense de Educación*, 27 (3), 1021–1040. https://doi.org/10.5209/rev_RCED.2016.v27.n3.47239
- 16 171 Sparer, E., Catalano, P., Herrick, R. & Dennerlein, J. (2016). Improving safety climate through a communication and recognition program for construction: a mixed methods study. *Scandinavian Journal of Work, Environment & Health*, 42 (4), 329–337. <https://doi.org/10.5271/sjweh.3569>

Anexo 3. Listado de publicaciones

N	Id.	Referencia Bibliografica	Conteo de citas
1	20	Su-Chin Huang, Li-Ling Lee, Ming-Shan Jeng & Yao-Ching Hsieh. (2012). Assessment of energy-efficient LED street lighting through large-scale demonstration. <i>2012 International Conference on Renewable Energy Research and Applications (ICRERA)</i> , 1–5.	21
2	21	Knight, C. (2010). Field surveys of the effect of lamp spectrum on the perception of safety and comfort at night. <i>Lighting Research & Technology</i> , 42(3), 313–329. https://doi.org/10.1177/1477153510376794	5
3	22	Habel, J., Zak, P. (2011) The future of public lighting. <i>Przeglad Elektrotechniczny</i> , 87 (4), 50-52.	16
4	23	Sánchez de Miguel, A., Zamorano, J., Gómez Castaño, J., & Pascual, S. (2014). Evolution of the energy consumed by street lighting in Spain estimated with DMSP-OLS data. <i>Journal of Quantitative Spectroscopy and Radiative Transfer</i> , 139(C), 109–117. https://doi.org/10.1016/j.jqsrt.2013.11.017	3
5	25	Hu, X., Qian, K., & Hu, X. (2013). Optimal design of optical system for LED road lighting with high illuminance and luminance uniformity. <i>Applied Optics</i> , 52(24), 5888–5893. https://doi.org/10.1364/AO.52.005888	12
6	27	Janiga, P. & Gasparovsky, D., (2011). Power Quality in Public Lighting Installations, Power Quality, Mr Andreas Eberhard (Ed.), Bratislava, Eslovaquia. ISBN: 978-953-307-180-0. http://www.intechopen.com/books/power-quality/power-quality-in-public-lighting-installations	6
7	29	Jägerbrand, A. (2015). New Framework of Sustainable Indicators for Outdoor LED (Light Emitting Diodes) Lighting and SSL (Solid State Lighting). <i>Sustainability</i> , 7(1), 1028–1063. https://doi.org/10.3390/su7011028	168
8	30	Ekrias, A. Development and enhancement of road lighting principles (2010). Dissertation for the degree of Doctor of Science in Technology to be presented with due permission of the Faculty of Electronic, Lighting Unit. Aalto University School of Science and Technology (Espoo, Finland).	25
9	31	Falchi, F., Cinzano, P., Elvidge, C., Keith, D., & Haim, A. (2011). Limiting the impact of light pollution on human health, environment and stellar visibility. <i>Journal of Environmental Management</i> , 92(10), 2714–2722. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2011.06.029	36
10	32	Kostic, M., Djokic, L., Pojatar, D. & Strbac-Hadzibegovic, N. (2009). Technical and economic analysis of road lighting solutions based on mesopic vision. <i>Building and Environment</i> , 44(1), 66–75. https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2008.01.013	16
11	33	Fotios, S. (2009). Comment on “Technical and economic analysis of road lighting solutions based on mesopic vision. <i>Building and Environment</i> 2009;44:66–75.” <i>Building and Environment</i> , 44(9), 2006–2007. https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2008.12.001	2
12	37	Herring, H. (1999). Does energy efficiency save energy? The debate and its consequences. <i>Applied Energy</i> , 63(3), 209–226. https://doi.org/10.1016/S0306-2619(99)00030-6	5
13	38	Polzin, F., Von Flotow, P., & Nolden, C. (2016). Modes of governance for municipal energy efficiency services – The case of LED street lighting in Germany. <i>Journal of Cleaner Production</i> , 139, 133–145. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.07.100	10
14	39	Hemphälä, H., Hansson, G., Dahlqvist, C., & Eklund, J. (2012). Visual ergonomics interventions in mail sorting facilities. <i>Work: A Journal Of Prevention, Assessment & Rehabilitation</i> , 41(1), 3433–3437. https://doi.org/10.3233/WOR-2012-0620-3433	8

15	40	Lu, H. & Liu, G. (2014). Spatial effects of carbon dioxide emissions from residential energy consumption: A county-level study using enhanced nocturnal lighting. <i>Applied Energy</i> , 131, 297–306. https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2014.06.036	3
16	42	Annika K. Jägerbrand. (2016). LED (Light-Emitting Diode) Road Lighting in Practice: An Evaluation of Compliance with Regulations and Improvements for Further Energy Savings. <i>Energies</i> , 9(5), 357–357. https://doi.org/10.3390/en9050357	14
17	45	Lee, C., & Moudon, A. (2008). Neighbourhood design and physical activity. <i>Building Research & Information</i> , 36(5), 395–411. https://doi.org/10.1080/09613210802045547	3
18	46	Gualda, J. A. & Tolosa, J. A. (2012) Alumbrado público ¿VSAP o LED?. <i>Luminotecnica</i> (Marzo-Abril), 53-59.	11
19	52	Pracki, P. & Jägerbrand, A. (2013) Application of road lighting energy efficiency evaluation system in practice. In Proceedings of the CIE Centenary Conference “Towards a New Century of Light”, Paris, France, 15–16, 1038–1043.	10
20	55	Pachamanov, A. & Pachamanova, D. (2008). Optimization of the light distribution of luminaries for tunnel and street lighting. <i>Engineering Optimization</i> , 40(1), 47–65. https://doi.org/10.1080/03052150701591160	19
21	56	Ryan, B., Qu, R., Schock, A. & Parry, T. (2011). Integrating human factors and operational research in a multidisciplinary investigation of road maintenance. <i>Ergonomics</i> , 54(5), 436–452. https://doi.org/10.1080/00140139.2011.562983	5
22	57	Zanon, B. & Verones, S. (2013). Climate change, urban energy and planning practices: Italian experiences of innovation in land management tools. <i>Land Use Policy</i> , 32, 343–355. https://doi.org/10.1016/j.esd.2013.03.006	6
23	58	Farrington, D., & Welsh, B. (2004). Measuring the Effects of Improved Street Lighting on Crime. <i>The British Journal of Criminology</i> , 44(3), 448–467. https://doi.org/10.1093/crimin/azh045	9
24	59	Wall, E. (2009). Traffic safety behaviour among young people in different residential settings: the use of seat belts, bicycle helmets, and reflectors by young people in Sweden. <i>International Journal of Injury Control and Safety Promotion</i> , 16(4), 197–204. https://doi.org/10.1080/17457300903306971	3
25	60	Heath, G., Parra, D., Sarmiento, O., Andersen, L., Owen, N., Goenka, S., ... Wells, J. (2012). Evidence-based intervention in physical activity: lessons from around the world. <i>Lancet (London, England)</i> , 380(9838), 272–281. https://doi.org/10.1016/S0140-6736(12)60816-2	4
26	61	Lindenmann, H., Burger, H., Laube, M. & Partl, M. (2006). HMB Reflectors: A New Horizontal Retro-reflecting System to Improve Safety at Pedestrian Crossings. <i>Transport Reviews</i> , 26(3), 351–363. https://doi.org/10.1080/01441640500524218	4
27	62	Grose, M. (2010). Small Decisions in Suburban Open Spaces: Ecological Perspectives from a Hotspot of Global Biodiversity Concerning Knowledge Flows between Disciplinary Territories. <i>Landscape Research</i> , 35(1), 47–62. https://doi.org/10.1080/01426390903414943	8
28	63	Clark, M., Berry, T., Spence, J., Nykiforuk, C., Carlson, M. & Blanchard, C. (2010). Key stakeholder perspectives on the development of walkable neighbourhoods. <i>Health & Place</i> , 16(1), 43–50. https://doi.org/10.1016/j.healthplace.2009.08.001	3

- 29 64 Taylor, M. & Khan, U. (2011). Skate-Park Builds, Teenaphobia and the Adolescent Need for Hang-Out Spaces: The Social Utility and Functionality of Urban Skate Parks. *Journal of Urban Design*, 16(4), 489–510. <https://doi.org/10.1080/13574809.2011.586142> 5
- 30 65 Powe, N., Willis, K. & Garrod, G. (2006). Difficulties in valuing street light improvement: trust, surprise and bound effects. *Applied Economics*, 38(4), 371–381. <https://doi.org/10.1080/00036840500369274> 5
- 31 67 Leclercq, S. (2000). In-company same- and low-level falls: From an understanding of such accidents to their prevention. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 25(1), 59–67. [https://doi.org/10.1016/S0169-8141\(98\)00095-X](https://doi.org/10.1016/S0169-8141(98)00095-X) 4
- 32 68 Mockey I.O. & Manzano, E. (2013). The energy impact of luminaire depreciation on urban lighting. *Energy for Sustainable Development*, 17, 357–362. <https://doi.org/10.1016/j.esd.2013.03.006> 15
- 33 69 Valentová, M., Quicheron, M. & Bertoldi, P. (2015). LED Projects and Economic Test Cases in Europe. *International Journal of Green Energy*, 12(8), 843–851. <https://doi.org/10.1080/15435075.2014.887568> 24
- 34 70 Kostic, A., & Djokic, L. (2014). Subjective impressions under LED and metal halide lighting. *Lighting Research & Technology*, 46(3), 293–307. <https://doi.org/10.1177/1477153513481037> 16
- 35 71 Rabaza, O., Peña-García, A., Pérez-Ocón, F., & Gómez-Lorente, D. (2013). A simple method for designing efficient public lighting, based on new parameter relationships. *Expert Systems with Applications*, 40(18), 7305–7315. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2013.07.037> 14
- 36 72 Haans, A., Kort, d, & Human Technology Interaction. (2012). Light distribution in dynamic street lighting: two experimental studies on its effects on perceived safety, prospect, concealment, and escape. *Journal of Environmental Psychology*, 32(4), 342–352. <https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2012.05.006> 15
- 37 74 Gil-de-Castro, A., Moreno-Munoz, A., Larsson, A., de La Rosa, J., & Bollen, M. (2013). LED street lighting: A power quality comparison among street light technologies. *Lighting Research & Technology*, 45(6), 710–728. <https://doi.org/10.1177/1477153512450866> 8
- 38 75 Burgos-Payan, M., Correa-Moreno, F., & Riquelme-Santos, J. (2012). Improving the energy efficiency of street lighting. A case in the South of Spain. *2012 9th International Conference on the European Energy Market*, 1–8. <https://doi.org/10.1109/EEM.2012.6254664> 14
- 39 76 Fiaschi, D., Bandinelli, R. & Conti, S. (2012). A case study for energy issues of public buildings and utilities in a small municipality: Investigation of possible improvements and integration with renewables. *Applied Energy*, 97, 101–114. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2012.03.008> 5
- 40 77 Al-Anbuky, A. (2014). Sensor-Actuator Smart lighting System, in 2014 2nd International Conference on ICT for Sustainability. ICT4S 2014. 311–317. 5
- 41 78 Ylinen, A., Tähkämö, L., Puolakka, M. & Halonen, L. (2011). Road Lighting Quality, Energy Efficiency, and Mesopic Design - LED Street Lighting Case Study. *LEUKOS*, 8(1), 9–24. <https://doi.org/10.1582/LEUKOS.2011.08.01.001> 22
- 42 79 Radulovic, D., Skok, S., & Kirincic, V. (2011). Energy efficiency public lighting management in the cities. *Energy*, 36(4), 1908–1915. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2010.10.016> 8

- 43 80 Rodrigues, C., Almeida, P., Soares, G., Jorge, J., Pinto, D. & Braga, H. (2011). An experimental comparison between different technologies arising for public lighting: LED luminaires replacing high pressure sodium lamps. *2011 IEEE International Symposium on Industrial Electronics*, 141–146. <https://doi.org/10.1109/ISIE.2011.5984147> 15
- 44 81 Kostic, A., Kremic, M., Djokic, L. & Kostic, M. (2013). Light-emitting diodes in street and roadway lighting – a case study involving mesopic effects. *Lighting Research & Technology*, 45(2), 217–229. <https://doi.org/10.1177/1477153512440771> 14
- 45 82 Lobão, J., Devezas, T. & Catalão, J. (2014). Decision Support in the Investment Analysis on Efficient and Sustainable Street Lighting. *IFIP Advances in Information and Communication Technology, AICT-423*, 345–352. https://doi.org/10.1007/978-3-642-54734-8_38 4
- 46 83 Phd, F., Phd, Y., Phd, Y. & Chen, D. (2012). Comparative in Situ Study of LEDs and HPS in Road Lighting. *LEUKOS*, 8(3), 205–214. <https://doi.org/10.1582/LEUKOS.2012.08.03.003> 9
- 47 84 Iwata, M. & Uchida, S. (2011) Experiment to evaluate visibility with street luminaires with different Upward Light Output Ratios and the use of calculated veiling luminance to determine contrast performance. *Journal of Light and Visual Environment*, 35 (1), 42-54. https://www.jstage.jst.go.jp/article/jlve/35/1/35_1_42/_article 14
- 48 89 Szekeres, P., Wilson, A.D.M., Haak, C.R., Bienie-Gauvin, K. & Cooke, S.J. (2017). Does coastal light pollution alter the nocturnal behavior and blood physiology of juvenile bonefish (*Albula vulpes*)?. *Bulletin of Marine Science*. 93(2), 491–505. <https://doi.org/10.5343/bms.2016.1061> 4
- 49 102 Dehoff, P. (2012). Lighting quality and energy efficiency is not a contradiction. *Light & Engineering* 20(30), 34-39. https://www.researchgate.net/publication/297529355_LIGHTING_QUALITY_AND_ENERGY_EFFICIENCY_IS_NOT_A_CONTRADICTION 4
- 50 104 James D Hale, Gemma Davies, Alison J Fairbrass, Thomas J Matthews, Christopher D F Rogers, & Jon P Sadler. (2013). Mapping lightscapes: spatial patterning of artificial lighting in an urban landscape. *PLoS ONE*, 8(5), e61460. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0061460> 12
- 51 105 Cruz-Muñoz, F., & Isunza, G. (2017). Construcción del hábitat en la periferia de la Ciudad de México: Estudio de caso en Zumpango. *EURE (Santiago)*, 43(129), 187–207. <https://doi.org/10.4067/S0250-71612017000200009> 3
- 52 107 Liu, G. (2014). Sustainable feasibility of solar photovoltaic powered street lighting systems. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, 56(C), 168–174. <https://doi.org/10.1016/j.ijepes.2013.11.004> 9
- 53 108 Nair, G. & Dhoble, S. (2015). [Review of *A perspective perception on the applications of light-emitting diodes*]. *Luminescence*, 30(8), 1167–1175. <https://doi.org/10.1002/bio.2919> 13
- 54 109 Kolláth, Z., Dömény, A., Kolláth, K. & Nagy, B. (2016). Qualifying lighting remodelling in a Hungarian city based on light pollution effects. *Journal of Quantitative Spectroscopy and Radiative Transfer*, 181, 46–51. <https://doi.org/10.1016/j.jqsrt.2016.02.025> 11
- 55 111 Kempenaers, B., Borgström, P., Loës, P., Schlicht, E. & Valcu, M. (2010). Artificial night lighting affects dawn song, extra-pair siring success, and lay date in songbirds. *Current Biology*, 20(19), 1735–1739. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2010.08.028> 4

- 56 112 Herbert, D. & Davidson, N. (1994). Modifying the built environment: the impact of improved street lighting. *Geoforum*, 25(3), 339–350. [https://doi.org/10.1016/0016-7185\(94\)90035-3](https://doi.org/10.1016/0016-7185(94)90035-3) 6
- 57 117 di Sora, M. (2001) Plan of the Modification of Public Lighting in Frosinone in Accordance with the Rule for the Limitation of Light-Pollution and Power Consumption. Preserving the Astronomical Sky. IAU Symposium 196, 126–129. 6
- 58 120 Pain, R., & Townshend, T. (2002). A safer city centre for all? Senses of 'community safety' in Newcastle upon Tyne. *Geoforum*, 33(1), 105–119. [https://doi.org/10.1016/S0016-7185\(01\)00025-2](https://doi.org/10.1016/S0016-7185(01)00025-2) 7
- 59 121 Fröhner, K.D., & Li, Z. (2004). Stability and instability of an outdoor illumination installation. *Journal of Environmental Engineering and Landscape Management*, 12 (4), 115–119. <https://doi.org/10.1080/16486897.2004.9636831> 9
- 60 122 Rakonjac, I. Rakonjac, I., Kirin, S., Spasojevic-Brkic, V. & Sedmak, A. (2011). Risk analysis by key-coefficient assessment-Public lighting project example, Tech. Technol. Educ. Ma. 6, 1016-1024. 4
- 61 123 Sergio Romero-Hernandez and & Romero-Hernandez, O. (2009). Product Design Optimization: An Interdisciplinary Approach. Product Realization, A Comprehensive Approach. M.M.Tomovic, S. Wang (eds.). DOI 10.1007/978-0-387-09482-3_9 11
- 62 124 Papagiannis, G., Dagoumas, A., Lettas, N., & Dokopoulos, P. (2008). Economic and environmental impacts from the implementation of an intelligent demand side management system at the European level. *Energy Policy*, 36(1), 163–180. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2007.09.005> 7
- 63 125 Jollands, N., Waide, P., Ellis, M., Onoda, T., Laustsen, J., Tanaka, K., ... Meier, A. (2010). The 25 IEA energy efficiency policy recommendations to the G8 Gleneagles Plan of Action. *Energy Policy*, 38(11), 6409–6418. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2009.11.090> 3
- 64 126 Rutter, P. & Keirstead, J. (2012). A brief history and the possible future of urban energy systems. *Energy Policy*, 50(C), 72–80. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2012.03.072> 3
- 65 127 Barraza Garcia, R., Velazquez Angulo, G., Romero Gonzalez, J., Flores Tavizon, E. & Huertas Cardozo, J. (2014). LED street lighting as a strategy for climate change mitigation at local government level. *IEEE Global Humanitarian Technology Conference (GHTC 2014)*, 345–349. <https://doi.org/10.1109/GHTC.2014.6970303> 2
- 66 128 Czyzewski, D. (2016). Monitoring of the subsequent LED lighting installation in Warsaw in the years 2014-2015. *2016 IEEE Lighting Conference of the Visegrad Countries (Lumen V4)*, 1–4. <https://doi.org/10.1109/LUMENV.2016.7745524> 17
- 67 129 Gutiérrez-Escolar, A., Castillo-Martínez, A., Gómez-Pulido, J.M., Gutiérrez-Martínez, J.M., Stapic, Z. & Medina-Merodio, J.A. (2015). A Study to Improve the Quality of Street Lighting in Spain. *Energies*, 8(2), 976–994. <https://doi.org/10.3390/en8020976> 26
- 68 130 Mattfeld, M., Ehlers, F. B. & Reichenbach, M. C. (2012). Optimising the lighting equipment on the mittelplate drilling and production island in the German wadden sea tidelands. *Oil Gas European Magazine*, 38 (2), 90-94. 3
- 69 131 Pauley, S. (2004). Pauley, S. & Pauley, S. (2004). Lighting for the human circadian clock: recent research indicates that lighting has become a public health issue. *Medical Hypotheses*, 63(4), 588–596. Retrieved from <http://search.proquest.com/docview/66809001/issue>. *Medical Hypotheses*, 63(4), 588–596. 3
- 70 132 Crouch, C.L, Vicent, Richard L. (1983). Disability and discomfort glare field studies under Low luminance conditions. Light and Lighting '83, 20TH Session- Commission Internationale de l'Éclairage. 3
- 71 133 Calera, Alfonso A. Tiempos y ritmos de trabajo. Incidencias en la salud. (2004). Jesús Vicens (ed.) Tiempo y Cambio Social. Editorial Germanía, Alzira. 3

- 72 134 Castro-Toledo, F., Perea-García, J., Bautista-Ortuño, R., & Mitkidis, P. (2017). Influence of environmental variables on fear of crime: Comparing self-report data with physiological measures in an experimental design. *Journal of Experimental Criminology*, 13(4), 537–545. <https://doi.org/10.1007/s11292-017-9295-1> 3
- 73 135 Elvidge, C., Baugh, K., Dietz, J., Bland, T., Sutton, P., & Kroehl, H. (1999). Radiance Calibration of DMSP-OLS Low-Light Imaging Data of Human Settlements. *Remote Sensing of Environment*, 68(1), 77–88. [https://doi.org/10.1016/S0034-4257\(98\)00098-4](https://doi.org/10.1016/S0034-4257(98)00098-4) 5
- 74 136 Horowitz, M. (2001). Economic indicators of market transformation: energy efficient lighting and EPA's green lights. *The Energy Journal*, 22(4), 95–122. <https://doi.org/10.5547/ISSN0195-6574-EJ-Vol22-No4-5> 7
- 75 137 Levin, N., & Zhang, Q. (2017). A global analysis of factors controlling VIIRS nighttime light levels from densely populated areas. *Remote Sensing of Environment*, 190, 366–382. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2017.01.006> 3
- 76 138 Pinto, M., Mendonca, T., Duque, C., & Braga, H. (2015). Power quality measurements embedded in smart lighting systems. *2015 IEEE 24th International Symposium on Industrial Electronics (ISIE), 2015-*, 1202–1207. <https://doi.org/10.1109/ISIE.2015.7281643> 6
- 77 139 Gasparovsky, D., Schwarcz, P. & Janiga, P. (2011). Assessment and measurement of energy demand and efficiency in public lighting networks, 1st International Conference on Lighting in Engineering, Architecture and the Environment, LIGHT 2011, 121, 133-145. 3
- 78 141 Silva, J., Mendes, J.F.G. & Silva, L.T. (2010). Assesment of energy efficiency in street lighting design. The Sustainable City IV (2010) WIT Transactions on Ecology and the Environment, 129, 705-715. 17
- 79 142 Yang, C.Y., Yang, C.Y. & Chen, S.Q. (2009) Light reflecting characteristics of building materials and energy saving of nightscape luminance. *Tumu Jianzhu yu Huanjing Gongcheng/Journal of Civil, Architectural and Environmental Engineering* 31(5), 90-94. 4
- 80 143 Chen, Z., Ma, Y.L., & Hu, Y.K. (2009) Lighting quality indicators with space sense for urban lighting environment. *Journal of Chongqing University* 32(7), 839-843. 4
- 81 144 Parker, G. (2006) Prudential borrowing for public lighting... A beginner's guide. *Lighting Journal (Rugby, England)* 71(4), 37-39. 4
- 82 145 Crossman, H. (2004) Getting 'Best Value' out of lighting and PFI. *Lighting Journal (Rugby, England)* 69(5), 11. 3
- 83 175 Budak, V.P. & Ilyna, E. (2013). Choosing luminaire efficiency parameters during development for external illumination. *Light & Engineering* 21(2), 13-20. 38
- 84 176 Galadí-Enríquez, D. (2018). Beyond CCT: The spectral index system as a tool for the objective, quantitative characterization of lamps. *Journal of Quantitative Spectroscopy and Radiative Transfer*, 206(C), 399–408. <https://doi.org/10.1016/j.jqsrt.2017.12.011> 19
- 85 182 EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION. (2004). EN 13201-1: Road lighting- Part 1: Selection of lighting classes. Recuperado de http://www.arpa.fvg.it/export/sites/default/istituzionale/servizi/inquinamento_luminoso/allegati/cen_tr_13201-1_2004.pdf 7
- 86 183 AENOR (2016). UNE-EN 13201-2: Iluminación de carreteras. Parte 2: Requisitos de prestaciones. Recuperado de <https://portal--aenormas--aenor--com.uma.debiblio.com/aenor/visor.asp?pidnorma=087057057062064063062065-936786190&pidioma=ES&pidtipo=N#page=1>. 14

87	184	AENOR (2016). UNE-EN 13201-3: Iluminación de carreteras. Parte 3: Cálculos de prestaciones. Recuperado de https://portal--aenormas--aenor--com.uma.debiblio.com/aenor/visor.asp?pidnorma=087057057062064063062066-936786190&pidioma=ES&pidtipo=N#page=1	10
88	185	AENOR (2016). UNE-EN 13201-4: Iluminación de carreteras. Parte 4: Métodos para la medida de las prestaciones fotométricas. Recuperado de https://portal--aenormas--aenor--com.uma.debiblio.com/aenor/visor.asp?pidnorma=087057057062064063063057-936786190&pidi	3
89	186	AENOR (2016). UNE-EN 13201-5: Iluminación de carreteras. Parte 5: Indicadores de prestaciones energéticas. Recuperado de https://portal--aenormas--aenor--com.uma.debiblio.com/aenor/visor.asp?pidnorma=087057057062064063063058-936786190&pidioma=ES&pidtipo=	11

Anexo 4

Proyecto (Análisis de indicadores validez gabs09)

Informe creado por Ross en 23/09/2018

Informe de citas por Códigos

Total de citas (199)

○ Barreras que impiden el paso de luz

1 Citas:

1:177 Barrier (19:368 [19:374]) - D 1: 40. Indicadores ANIKA

○ Calidad de vida/ Bienestar

4 Citas:

1:144 The social impact of outdoor lighting is divided here into the followi..... (24:73 [24:323]) - D 1: 40. Indicadores ANIKA / 1:166 Johansson et al. [101] developed an observer-based environmental asses..... (27:32 [27:803]) - D 1: 40. Indicadores ANIKA / 1:169 POLQ questionnaire (27:1382 [27:1399]) - D 1: 40. Indicadores ANIKA / 1:172 De Boer scale rating survey (27:1543 [27:1569]) - D 1: 40. Indicadores ANIKA

○ Características del suelo

1 Citas:

1:81 Percentage savings (kWh/year) due to intelligent lighting compensati..... (13:1855 [13:1954]) - D 1: 40. Indicadores ANIKA

○ Contaminacion luminica

9 Citas:

1:3 light pollution (2:1783 [2:1799]) - D 1: 40. Indicadores ANIKA / 1:20 ecological impact (8:188 [8:207]) - D 1: 40. Indicadores ANIKA / 1:25 light pollution (8:1414 [8:1430]) - D 1: 40. Indicadores ANIKA / 1:49 Light pollution (9:2352 [9:2366]) - D 1: 40. Indicadores ANIKA / 1:86 light pollution (15:3445 [15:3460]) - D 1: 40. Indicadores ANIKA / 1:94 light pollution research, (17:846 [17:872]) - D 1: 40. Indicadores ANIKA / 1:111 Loss of star visibility Number of visible stars Visibility of th..... (18:2559 [18:2676]) - D 1: 40. Indicadores ANIKA / 1:161 perform surveys that investigate inhabitants' sleeping habits (and dis..... (26:752 [26:892]) - D 1: 40. Indicadores ANIKA / 1:174 Light pollution can be perceived as negative visual impact or decrease..... (27:1975 [27:2263]) - D 1: 40. Indicadores ANIKA

○ Coste de explotación

4 Citas:

1:115 85% of the environmental impact is connected to the use phase, 15% t..... (19:1405 [19:1560]) - D 1: 40. Indicadores ANIKA / 1:129 cleaning costs, the maintenance costs may be difficult to calculate..... (21:1943 [21:2023]) - D 1: 40. Indicadores ANIKA / 1:138 Percentage energy savings per year PB (22:1983 [22:2019]) - D 1:

40. Indicadores ANIKA / 1:142 The costs can then be used to calculate how much money will be saved o..... (23:1370 [23:1609]) - D 1: 40. Indicadores ANIKA

○ Coste de la instalación

4 Citas:

1:17 costs. (2:3795 [2:3800]) - D 1: 40. Indicadores ANIKA / 1:135 Life cycle cost analysis (LCC, monetary value) (22:1644 [22:1689]) - D 1: 40. Indicadores ANIKA / 1:139 Savings due to the reduced number of accidents when lighting is inst..... (22:2058 [22:2132]) - D 1: 40. Indicadores ANIKA / 1:143 Such costs are called external and should be internalized and includ..... (23:2407 [23:2564]) - D 1: 40. Indicadores ANIKA

○ Coste de la luminaria

1 Citas:

1:127 prices (21:1912 [21:1918]) - D 1: 40. Indicadores ANIKA

○ Deslumbramiento GR

8 Citas:

1:12 glare (2:2537 [2:2543]) - D 1: 40. Indicadores ANIKA / 1:37 glare (9:1253 [9:1257]) - D 1: 40. Indicadores ANIKA / 1:42 glare (9:1530 [9:1534]) - D 1: 40. Indicadores ANIKA / 1:89 Disability and discomfort glare (17:179 [17:209]) - D 1: 40. Indicadores ANIKA / 1:153 Glare index (GR) (24:2225 [24:2240]) - D 1: 40. Indicadores ANIKA / 1:154 Threshold increment (TI) or veiling luminance (24:2245 [24:2292]) - D 1: 40. Indicadores ANIKA / 1:156 Reduce glare from non-road lighting (24:2368 [24:2402]) - D 1: 40. Indicadores ANIKA / 1:175 Discomfort glare is unwanted light that can impair vision, is annoying..... (27:2533 [27:2622]) - D 1: 40. Indicadores ANIKA

○ Diseño de la luminaria: fuente de luz

15 Citas:

1:27 light source (8:2497 [8:2511]) - D 1: 40. Indicadores ANIKA / 1:33 shielding, (9:1134 [9:1143]) - D 1: 40. Indicadores ANIKA / 1:46 Eliminate overlighting (Light loss factor (LLF), lamp lumen deprecia..... (9:2110 [9:2223]) - D 1: 40. Indicadores ANIKA / 1:75 Intelligent lighting to control LLF (13:1217 [13:1251]) - D 1: 40. Indicadores ANIKA / 1:88 various cut-off designs (17:66 [17:88]) - D 1: 40. Indicadores ANIKA / 1:91 shielding and recommendations for lighting levels and design. (17:426 [17:490]) - D 1: 40. Indicadores ANIKA / 1:97 Thus, including optical filters in the covering or glass of the LED..... (17:1987 [17:2112]) - D 1: 40. Indicadores ANIKA / 1:105 Full cut-off, cut-off, semi cut-off and sharp cutoff design (18:1962 [18:2020]) - D 1: 40. Indicadores ANIKA / 1:114 Specially designed lighting to avoid light trespass in adjacent area..... (18:2949 [18:3019]) - D 1: 40. Indicadores ANIKA / 1:124 Heat sink of aluminum (kg or kg-equivalent antimony (Sb)) extrac..... (20:1357 [20:1437]) - D 1: 40. Indicadores ANIKA / 1:125 kg (of waste product) Hazardous waste Recycling (20:1581 [20:1633]) - D 1: 40. Indicadores ANIKA / 1:130 a good design of luminaire and fixtures will reduce maintenance costs (21:2936 [21:3005]) - D 1: 40. Indicadores ANIKA / 1:131 If luminaires are of standard IP65 or higher they require less mainten..... (21:3133 [21:3258]) - D 1: 40. Indicadores ANIKA / 1:132 Steel lamp posts that are fully galvanized have lower total costs than..... (21:3260 [21:3351]) - D 1: 40. Indicadores ANIKA / 1:155 Shielding (Table 3) (24:2296 [24:2314]) - D 1: 40. Indicadores ANIKA

○ Disminucion de la criminalidad

2 Citas:

1:164 Improved lighting can reduce crime in an area by improved surveillance..... (26:1744 [26:1951]) - D 1: 40. Indicadores ANIKA / 1:165 A meta-analysis based on 13 different studies showed that improved lig..... (26:2294 [26:2661]) - D 1: 40. Indicadores ANIKA

○ Disminución de los accidentes de tráfico

1 Citas:

1:145 the presence of road lighting significantly reduces the number of fata..... (24:479 [24:581]) - D 1: 40. Indicadores ANIKA

○ Distribución de las luminarias en el espacio

3 Citas:

1:31 lamp post spacing (8:2566 [8:2582]) - D 1: 40. Indicadores ANIKA / 1:78 Number of luminaires/area (13:1520 [13:1544]) - D 1: 40. Indicadores ANIKA / 1:102 Number of luminaires/area (18:1609 [18:1633]) - D 1: 40. Indicadores ANIKA

○ Eficiencia energética de la fuente de luz

8 Citas:

1:6 energy efficient, (2:2201 [2:2219]) - D 1: 40. Indicadores ANIKA / 1:21 energy efficiency (8:210 [8:226]) - D 1: 40. Indicadores ANIKA / 1:58 higher luminous efficacy (12:532 [12:555]) - D 1: 40. Indicadores ANIKA / 1:70 kW/Lx/km or kW/cd/m² /km or kWh/lx/km or kWh/cd/m² (13:771 [13:824]) - D 1: 40. Indicadores ANIKA / 1:116 The two most significant parameters of the environmental impacts wer..... (19:1562 [19:1672]) - D 1: 40. Indicadores ANIKA / 1:118 Data on lumen/W and hours of operation during lifetime is generally av..... (19:2110 [19:2187]) - D 1: 40. Indicadores ANIKA / 1:120 Lumen/watt (Lm/W) (20:890 [20:906]) - D 1: 40. Indicadores ANIKA / 1:128 luminous efficacy (21:1920 [21:1937]) - D 1: 40. Indicadores ANIKA

○ Emision de Co2

5 Citas:

1:1 CO2 emissions (2:1083 [2:1096]) - D 1: 40. Indicadores ANIKA / 1:16 CO2 emissions (2:3778 [2:3790]) - D 1: 40. Indicadores ANIKA / 1:119 quantification of energy consumption and CO2 emissions for the whole l..... (19:2748 [19:2888]) - D 1: 40. Indicadores ANIKA / 1:122 kWh (energy) kg CO2 (CO2) (20:1078 [20:1105]) - D 1: 40. Indicadores ANIKA / 1:123 kWh (energy) Solar or wind-powered lights (20:1225 [20:1268]) - D 1: 40. Indicadores ANIKA

○ Espectro de la fuente de luz

8 Citas:

1:29 spectral distribution (8:2528 [8:2548]) - D 1: 40. Indicadores ANIKA / 1:40 limit/change the spectral wavelength distribution of light sources (9:1347 [9:1413]) - D 1: 40. Indicadores ANIKA / 1:53 Optical filters for wavelengths <480 nm (9:2972 [9:3010]) - D 1: 40. Indicadores ANIKA / 1:82 from 5 cd/m² and at spectral lengths of 380–830 nm, with a peak at..... (13:2244 [13:2320]) - D 1: 40. Indicadores ANIKA / 1:93 LED/SSL light sources have a different spectral distribution than trad..... (17:492 [17:793]) - D 1: 40. Indicadores ANIKA / 1:95 the lack of standards for evaluating the spectral distribution of prod..... (17:1456 [17:1603]) - D 1: 40. Indicadores ANIKA / 1:106 Optical filters for wavelengths < 480 nm (18:2137 [18:2176]) - D 1: 40. Indicadores ANIKA / 1:160 Use of melatonin suppression index (MSI) or spectral distribution ha..... (26:300 [26:537]) - D 1: 40. Indicadores ANIKA

○ Factor de mantenimiento

5 Citas:

1:46 Eliminate overlighting (Light loss factor (LLF), lamp lumen deprecia..... (9:2110 [9:2223]) - D 1: 40. Indicadores ANIKA / 1:74 (LLD) or maintenance factor (13:1186 [13:1212]) - D 1: 40. Indicadores ANIKA / 1:181 correct maintenance factor or light loss factor, (10:3821 [10:3873]) - D 1: 40. Indicadores ANIKA / 1:182 Lumen maintenance and light loss factors (LLF) represent the decline i..... (14:1351 [14:1545]) - D 1: 40. Indicadores ANIKA / 1:183 The sustainability indicators suggested here are LLF and LLD, as well..... (14:3836 [14:3953]) - D 1: 40. Indicadores ANIKA

○ Factor de utilización

2 Citas:

1:46 Eliminate overlighting (Light loss factor (LLF), lamp lumen deprecia..... (9:2110 [9:2223]) - D 1: 40. Indicadores ANIKA / 1:74 (LLD) or maintenance factor (13:1186 [13:1212]) - D 1: 40. Indicadores ANIKA

○ Flujo luminoso de la fuente de luz

3 Citas:

1:30 luminous flux (8:2551 [8:2563]) - D 1: 40. Indicadores ANIKA / 1:39 limit/change the intensity of light (luminous flux) (9:1288 [9:1341]) - D 1: 40. Indicadores ANIKA / 1:52 Luminous flux or luminous intensity per square meter (Lm/m² ; Lx/m²..... (9:2803 [9:2884]) - D 1: 40. Indicadores ANIKA

○ Fotometría

4 Citas:

1:34 limiting the luminous intensity distribution (9:1145 [9:1188]) - D 1: 40. Indicadores ANIKA / 1:184 photometric (8:2606 [8:2616]) - D 1: 40. Indicadores ANIKA / 1:185 photometric (27:355 [27:365]) - D 1: 40. Indicadores ANIKA / 1:186 photometric (27:2973 [27:2983]) - D 1: 40. Indicadores ANIKA

○ Fuente de luz regulable .

11 Citas:

1:4 dimmed (2:2057 [2:2064]) - D 1: 40. Indicadores ANIKA / 1:8 dimmed (2:2226 [2:2232]) - D 1: 40. Indicadores ANIKA / 1:38 duration of light, (9:1269 [9:1287]) - D 1: 40. Indicadores ANIKA / 1:50 Reduce lighting at critical times of biological activity (9:2505 [9:2560]) - D 1: 40. Indicadores ANIKA / 1:51 Dimming schedule Adaptive lighting with activation sensors (9:2598 [9:2658]) - D 1: 40. Indicadores ANIKA / 1:61 dimming or intelligent controlling systems are very easy to achieve wi..... (12:888 [12:967]) - D 1: 40. Indicadores ANIKA / 1:76 Reduced energy consumption by controlled dimming (13:1255 [13:1306]) - D 1: 40. Indicadores ANIKA / 1:101 great possibilities to reduce the duration of illumination for non-roa..... (17:3160 [17:3414]) - D 1: 40. Indicadores ANIKA / 1:110 Innovative technology (for example controllable by the public) and/o..... (18:2384 [18:2473]) - D 1: 40. Indicadores ANIKA / 1:140 Dimming at night can reduce light pollution and reduce energy costs, f..... (23:525 [23:630]) - D 1: 40. Indicadores ANIKA / 1:152 Percentage of full wattage per hour (or of saved energy per year) (24:2126 [24:2193]) - D 1: 40. Indicadores ANIKA

○ GDP

4 Citas:

1:137 Regional GDP per luminaire Regional GDP per luminous flux per area (22:1854 [22:1922]) - D 1: 40. Indicadores ANIKA / 1:173 Investments in old lighting systems irrespective of location (27:1620 [27:1681]) - D 1: 40. Indicadores ANIKA / 1:187 electricity generation) in a region and how the energy used for LED/..... (19:2398 [19:2521]) - D 1: 40. Indicadores ANIKA / 1:188 for example real capita gross domestic product (GDP, a measure of nati..... (22:2180 [22:2348]) - D 1: 40. Indicadores ANIKA

○ Horas de servicio/ciclo de vida

7 Citas:

1:18 life cycle assessments (5:72 [5:95]) - D 1: 40. Indicadores ANIKA / 1:22 LCA results. (8:249 [8:260]) - D 1: 40. Indicadores ANIKA / 1:60 longer lifespan of LEDs. (12:585 [12:609]) - D 1: 40. Indicadores ANIKA / 1:66 Duration of road lighting operation t (h/year) (12:2312 [12:2357]) - D 1: 40. Indicadores ANIKA / 1:73 Light loss factor (LLF), lamp lumen depreciation (13:1135 [13:1182]) - D 1: 40. Indicadores ANIKA / 1:117 useful life (i.e., hours of operation during lifetime) (19:1680 [19:1733]) - D 1: 40. Indicadores ANIKA / 1:121 Hours of operation during lifetime (hours) (20:965 [20:1009]) - D 1: 40. Indicadores ANIKA

○ Índice de Reproducción Cromática (IRC)

2 Citas:

1:11 color rendering index (2:2299 [2:2320]) - D 1: 40. Indicadores ANIKA / 1:84 high correlated color temperature (13:2973 [13:3006]) - D 1: 40. Indicadores ANIKA

○ Índice de Supresión de la Melatonina (MSI)

6 Citas:

1:99 melatonin suppression action spectrum and proposed a melatonin suppr..... (17:2390 [17:2477]) - D 1: 40. Indicadores ANIKA / 1:108 Melatonin suppression index (MSI) (18:2239 [18:2271]) - D 1: 40. Indicadores ANIKA / 1:158 Non-visual effects of LED/SSL products may result in an impact on the..... (25:2724 [25:2858]) - D 1: 40. Indicadores ANIKA / 1:159 Light spectra of shorter wavelengths (blue and green) may trigger or..... (25:3137 [25:3386]) - D 1: 40. Indicadores ANIKA / 1:160 Use of melatonin suppression index (MSI) or spectral distribution ha..... (26:300 [26:537]) - D 1: 40. Indicadores ANIKA / 1:162 Melatonin suppression index (MSI) (26:1445 [26:1477]) - D 1: 40. Indicadores ANIKA

○ Luminancia/iluminancia media

7 Citas:

1:65 Average luminance of the road surface L (cd/m²) (12:2258 [12:2306]) - D 1: 40. Indicadores ANIKA / 1:69 Measurements of the illuminance or luminance of road lighting can be v..... (12:3182 [12:3298]) - D 1: 40. Indicadores ANIKA / 1:80 cd/m², luminance or road surface reflection coefficient (for measu..... (13:1754 [13:1851]) - D 1: 40. Indicadores ANIKA / 1:112 Maximum levels of permissible illuminance or luminance for different..... (18:2741 [18:2855]) - D 1: 40. Indicadores ANIKA / 1:148 Luminance (average cd/m²) (24:1665 [24:1693]) - D 1: 40. Indicadores ANIKA / 1:163 Luminous flux/area (lm/area) (26:1482 [26:1509]) - D 1: 40. Indicadores ANIKA / 1:170 Illuminance (lux) (27:1404 [27:1420]) - D 1: 40. Indicadores ANIKA

○ Niveles de iluminación de los viales

8 Citas:

1:7 reduce lighting levels (2:2245 [2:2267]) - D 1: 40. Indicadores ANIKA / 1:43 legislation/recommendations/guidelines (9:1924 [9:1961]) - D 1: 40. Indicadores ANIKA / 1:48 Establish maximum levels for other kinds of lighting (9:2277 [9:2328]) - D 1: 40. Indicadores ANIKA / 1:56 Improve and change lighting to reduce the impact in sensitive areas (9:3157 [9:3226]) - D 1: 40. Indicadores ANIKA / 1:92 related to overlighting and trespassing light (17:346 [17:390]) - D 1: 40. Indicadores ANIKA / 1:104 National or regional guidelines on levels of lighting (see also regu..... (18:1768 [18:1865]) - D 1: 40. Indicadores ANIKA / 1:112 Maximum levels of permissible illuminance or luminance for different..... (18:2741 [18:2855]) - D 1: 40. Indicadores ANIKA / 1:146 standardized requirements on e.g., minimum levels of luminance, lumi..... (24:933 [24:1086]) - D 1: 40. Indicadores ANIKA

○ Porcentaje de emisión al hemisferio superior

9 Citas:

1:23 sky glow (8:704 [8:711]) - D 1: 40. Indicadores ANIKA / 1:24 sky glow (8:1318 [8:1326]) - D 1: 40. Indicadores ANIKA / 1:32 sky glow (9:210 [9:218]) - D 1: 40. Indicadores ANIKA / 1:35 trespassing light (9:1202 [9:1219]) - D 1: 40. Indicadores ANIKA / 1:36 overlighting (9:1235 [9:1247]) - D 1: 40. Indicadores ANIKA / 1:41 trespassing light (9:1505 [9:1525]) - D 1: 40. Indicadores ANIKA / 1:45 Use lamp shielding (%) (9:2084 [9:2105]) - D 1: 40. Indicadores ANIKA / 1:87 sky glow (15:3989 [15:3996]) - D 1: 40. Indicadores ANIKA / 1:105 Full cut-off, cut-off, semi cut-off and sharp cutoff design (18:1962 [18:2020]) - D 1: 40. Indicadores ANIKA

○ Potencia de la fuente de luz

5 Citas:

1:2 energy consumption (2:1355 [2:1373]) - D 1: 40. Indicadores ANIKA / 1:28 power effect (8:2514 [8:2525]) - D 1: 40. Indicadores ANIKA / 1:59 lower power consumption (12:558 [12:580]) - D 1: 40. Indicadores ANIKA / 1:63 The power of each luminaire P (W) (12:2184 [12:2217]) - D 1: 40. Indicadores ANIKA / 1:81 Percentage savings (kWh/year) due to intelligent lighting compensati..... (13:1855 [13:1954]) - D 1: 40. Indicadores ANIKA

○ Retorno de la inversión

5 Citas:

1:126 payback time, (21:1517 [21:1530]) - D 1: 40. Indicadores ANIKA / 1:133 The simplest way to calculate payback time is to divide the cost of in..... (22:54 [22:165]) - D 1: 40. Indicadores ANIKA / 1:134 It should be noted that the calculation of payback time is dependent..... (22:1203 [22:1388]) - D 1: 40. Indicadores ANIKA / 1:136 Payback time (PB) on return of investment (22:1729 [22:1769]) - D 1: 40. Indicadores ANIKA / 1:141 The payback time on these systems, depending on energy prices, can be..... (23:746 [23:894]) - D 1: 40. Indicadores ANIKA

○ S/P Ratio

11 Citas:

1:10 low scotopic/photopic (S/P) ratio (2:2079 [2:2113]) - D 1: 40. Indicadores ANIKA / 1:54 Radiant p-band flux to photopic flux ratio (P-band) (9:3015 [9:3065]) - D 1: 40. Indicadores ANIKA / 1:71 Scotopic/photopic (S/P) ratio (13:944 [13:972]) - D 1: 40. Indicadores ANIKA / 1:98 called the P-band, needs to be protected and can be calculated by an i..... (17:2243 [17:2348]) - D 1: 40. Indicadores ANIKA / 1:107 Radiant p-band flux to photopic flux ratio (P-band) (18:2181 [18:2234]) - D 1: 40. Indicadores ANIKA / 1:147 an evaluation of the S/P ratio (24:1142 [24:1171]) - D 1: 40. Indicadores ANIKA / 1:150 S/P ratio (24:1943 [24:1951]) - D 1: 40. Indicadores ANIKA / 1:171 Scotopic/photopic (S/P) ratio (27:1425 [27:1453]) - D 1: 40. Indicadores ANIKA / 1:189 the outdoor lighting would be more optimal for mesopic vision [60]. Fo..... (13:2849 [13:2967]) - D 1: 40. Indicadores ANIKA / 1:190 To calculate mesopic values, it is necessary to know the background ph..... (13:3123 [14:570]) - D 1: 40. Indicadores ANIKA / 1:192 A review on road light and pedestrian reassurance after dark suggests..... (27:1685 [27:1907]) - D 1: 40. Indicadores ANIKA

○ Salud del usuario (humana/animal)

10 Citas:

1:19 the health effects (5:116 [5:134]) - D 1: 40. Indicadores ANIKA / 1:50 Reduce lighting at critical times of biological activity (9:2505 [9:2560]) - D 1: 40. Indicadores ANIKA / 1:55 Melatonin suppression index (MSI) (Table 3) (9:3069 [9:3111]) - D 1: 40. Indicadores ANIKA / 1:96 Filtering out short wavelengths (<480 nm) with optical filters in noct..... (17:1604 [17:1825]) - D 1: 40. Indicadores ANIKA / 1:157 LED and SSL lighting poses a blue light hazard due to photochemical da..... (25:1912 [25:2291]) - D 1: 40. Indicadores ANIKA / 1:161 perform surveys that investigate inhabitants' sleeping habits (and dis..... (26:752 [26:892]) - D 1: 40. Indicadores ANIKA / 1:162 Melatonin suppression index (MSI) (26:1445 [26:1477]) - D 1: 40. Indicadores ANIKA / 1:178 Photobiological hazard (26:1323 [26:1345]) - D 1: 40. Indicadores ANIKA / 1:179 May cause health effects (26:1358 [26:1383]) - D 1: 40. Indicadores ANIKA / 1:180 Flicker is a variation of the optical output of a light source and may..... (25:2371 [25:2607]) - D 1: 40. Indicadores ANIKA

○ Sensación de seguridad

4 Citas:

1:47 Follow minimum values for safety (e.g., roads) (9:2227 [9:2272]) - D 1: 40. Indicadores ANIKA / 1:164 Improved lighting can reduce crime in an area by improved surveillance..... (26:1744 [26:1951]) - D 1: 40. Indicadores ANIKA / 1:168 Number of crimes in an area (27:1284 [27:1310]) - D 1: 40. Indicadores ANIKA / 1:193 this contradicts current road standards, which demand a minimum lumina..... (10:3446 [10:3572]) - D 1: 40. Indicadores ANIKA

○ SLEEC

6 Citas:

1:67 After that, installed power load, power density, normalized power dens..... (12:2361 [12:2521]) - D 1: 40. Indicadores ANIKA / 1:68 To calculate the kW/Lx/km or kW/cd/m2 /km, it is necessary to know th..... (12:2961 [12:3181]) - D 1: 40. Indicadores ANIKA / 1:70 kW/Lx/km or kW/cd/m2 /km or kWh/lx/km or kWh/cd/m2 (13:771 [13:824]) - D 1: 40. Indicadores ANIKA / 1:80 cd/m2 , luminance or road surface reflection coefficient (for measu..... (13:1754 [13:1851]) - D 1: 40. Indicadores ANIKA / 1:163 Luminous flux/area (lm/area) (26:1482 [26:1509]) - D 1: 40. Indicadores ANIKA / 1:195 lux per area and individual light exposure levels are included here as..... (26:562 [26:723]) - D 1: 40. Indicadores ANIKA

○ SLI

2 Citas:

1:100 star light index (SLI) as indicators characterizing the spectral dis..... (17:2489 [17:2592]) - D 1: 40. Indicadores ANIKA / 1:109 Star light index (SLI) (18:2276 [18:2297]) - D 1: 40. Indicadores ANIKA

○ Sostenibilidad social

4 Citas:

1:15 social sustainability, (2:3212 [2:3233]) - D 1: 40. Indicadores ANIKA / 1:123 kWh (energy) Solar or wind-powered lights (20:1225 [20:1268]) - D 1: 40. Indicadores ANIKA / 1:124 Heat sink of aluminum (kg or kg-equivalent antimony (Sb)) extrac..... (20:1357 [20:1437]) - D 1: 40. Indicadores ANIKA / 1:125 kg (of waste product) Hazardous waste Recycling (20:1581 [20:1633]) - D 1: 40. Indicadores ANIKA

○ Superficie a iluminar/Aumento nº luminarias

6 Citas:

1:13 potential rebound effects of cheaper lighting (2:2550 [2:2594]) - D 1: 40. Indicadores ANIKA / 1:77 Percentage (rebound effect) (13:1489 [13:1515]) - D 1: 40. Indicadores ANIKA / 1:79 New luminaires in non-lit areas (13:1549 [13:1579]) - D 1: 40. Indicadores ANIKA / 1:80 cd/m², luminance or road surface reflection coefficient (for measu..... (13:1754 [13:1851]) - D 1: 40. Indicadores ANIKA / 1:103 New luminaires in non-lit area (18:1638 [18:1667]) - D 1: 40. Indicadores ANIKA / 1:163 Luminous flux/area (lm/area) (26:1482 [26:1509]) - D 1: 40. Indicadores ANIKA

○ Temperatura de color

2 Citas:

1:72 Correlated color temperature, degrees Kelvin (K) (13:977 [13:1024]) - D 1: 40. Indicadores ANIKA / 1:151 Correlated color temperature, (24:1955 [24:1983]) - D 1: 40. Indicadores ANIKA

○ Uniformidad

2 Citas:

1:57 (low luminance uniformity) (10:3342 [10:3367]) - D 1: 40. Indicadores ANIKA / 1:149 Luminance uniformity (minimum (24:1698 [24:1726]) - D 1: 40. Indicadores ANIKA

Proyecto (Análisis indicadores 4 gabs09 evolución sin estudios de casos 2019 validez)

Informe creado por Ross en 11/03/2019

Informe de citas por Códigos

Total de citas (205)

29 40. Indicadores ANIKA

41 Códigos transitivos:

Año de publicación

1 Citas:

29:1 2015 (1:15 [1:19]) - D 29: 40. Indicadores ANIKA

Barreras que impidan el paso de la luz a zonas protegidas

2 Citas:

29:53 Barriers to stop trespassing light Specially designed lighting to a..... (18:2911 [18:3019]) - D 29: 40. Indicadores ANIKA / 29:117 reducing trespassing light and eliminating overlighting (9:1191 [9:1247]) - D 29: 40. Indicadores ANIKA

Calidad de vida del usuario/bienestar

4 Citas:

29:86 A review on road light and pedestrian reassurance after dark suggests..... (27:1685 [27:1974]) - D 29: 40. Indicadores ANIKA / 29:129 the details of dimming in time-of-day schedules and the lighting lev..... (12:1042 [12:1306]) - D 29: 40. Indicadores ANIKA / 29:157 De Boer scale rating survey (27:1543 [27:1569]) - D 29: 40. Indicadores ANIKA / 29:158 POLQ questionnaire Investments in old lighting systems irrespecti..... (27:1598 [27:1681]) - D 29: 40. Indicadores ANIKA

Características del suelo (materiales)

2 Citas:

29:28 cd/m² , luminance or road surface reflection coefficient (for measu..... (13:1754 [13:1851]) - D 29: 40. Indicadores ANIKA / 29:38 Pavements with lighter surface characteristics can be used to increa..... (15:3230 [15:3460]) - D 29: 40. Indicadores ANIKA

Contaminación lumínica

10 Citas:

29:95 light pollution (2:1784 [2:1798]) - D 29: 40. Indicadores ANIKA / 29:102 light pollution (8:451 [8:467]) - D 29: 40. Indicadores ANIKA / 29:111 light pollution in terms of sky glow affects ecosystems/populations/..... (9:183 [9:259]) - D 29: 40. Indicadores ANIKA / 29:159 light pollution (3:3504 [3:3518]) - D 29: 40. Indicadores ANIKA / 29:160 light pollution (6:2374 [6:2388]) - D 29: 40. Indicadores ANIKA / 29:161 light pollution (10:2805 [10:2819]) - D 29: 40. Indicadores ANIKA / 29:162 light pollution (12:1222 [12:1236]) - D 29: 40. Indicadores ANIKA / 29:163 light pollution (14:2320 [14:2334]) - D 29: 40. Indicadores ANIKA / 29:164 light pollution (17:1354 [17:1368]) - D 29: 40. Indicadores ANIKA / 29:172 The second group of search terms was life cycle, LCA, carbon dioxide..... (6:3099 [6:3280]) - D 29: 40. Indicadores ANIKA

○ Coste de explotación de la instalación (€)

5 Citas:

29:63 prices, luminous efficacy, and cleaning costs, the maintenance cost..... (21:1912 [21:2259]) - D 29: 40. Indicadores ANIKA / 29:64 $LCC = C_b + C_m + C_e + C_r - RV$ (2) where (C_b) is the cost to buy which..... (21:2389 [21:2815]) - D 29: 40. Indicadores ANIKA / 29:66 Life cycle cost analysis (LCC, monetary value) (22:1644 [22:1689]) - D 29: 40. Indicadores ANIKA / 29:89 cost-efficient outdoor lighting system. (2:635 [2:674]) - D 29: 40. Indicadores ANIKA / 29:91 cost savings and lower CO₂ (2:1059 [2:1086]) - D 29: 40. Indicadores ANIKA

○ Coste de la ejecución de la instalación (€)

3 Citas:

29:39 For road lighting, use of shielding may reduce luminance uniformity, t..... (16:3684 [16:3820]) - D 29: 40. Indicadores ANIKA / 29:64 $LCC = C_b + C_m + C_e + C_r - RV$ (2) where (C_b) is the cost to buy which..... (21:2389 [21:2815]) - D 29: 40. Indicadores ANIKA / 29:66 Life cycle cost analysis (LCC, monetary value) (22:1644 [22:1689]) - D 29: 40. Indicadores ANIKA

○ Coste de la luminaria (€) en el lugar de la instalación

2 Citas:

29:64 $LCC = C_b + C_m + C_e + C_r - RV$ (2) where (C_b) is the cost to buy which..... (21:2389 [21:2815]) - D 29: 40. Indicadores ANIKA / 29:66 Life cycle cost analysis (LCC, monetary value) (22:1644 [22:1689]) - D 29: 40. Indicadores ANIKA

○ Deslumbramiento Perturbador (TI)

8 Citas:

29:16 This can be accomplished by turning off lights at specific times durin..... (10:2821 [10:2962]) - D 29: 40. Indicadores ANIKA / 29:79 Glare index (GR) Threshold increment (TI) or veiling luminance..... (24:2225 [24:2305]) - D 29: 40. Indicadores ANIKA / 29:80 Glare can be the indirect cause of accidents and since LEDs have very..... (25:1041 [25:1240]) - D 29: 40. Indicadores ANIKA / 29:85 Discomfort glare is unwanted light that can impair vision, is annoying..... (27:2533 [27:2727]) - D 29: 40. Indicadores ANIKA / 29:98 such as unwanted effects of glare (2:2510 [2:2543]) - D 29: 40. Indicadores ANIKA / 29:118 glare, (9:1252 [9:1258]) - D 29: 40. Indicadores ANIKA / 29:138 Disability and discomfort glare (17:179 [17:210]) - D 29: 40. Indicadores ANIKA / 29:149 Reduce glare from non-road lighting (24:2368 [24:2402]) - D 29: 40. Indicadores ANIKA

○ Diseño de la luminaria

15 Citas:

29:16 This can be accomplished by turning off lights at specific times durin..... (10:2821 [10:2962]) - D 29: 40. Indicadores ANIKA / 29:35 it is difficult to obtain values for LLF, LLD or the maintenance fac..... (14:3584 [14:3834]) - D 29: 40. Indicadores ANIKA / 29:39 For road lighting, use of shielding may reduce luminance uniformity, t..... (16:3684 [16:3820]) - D 29: 40. Indicadores ANIKA / 29:46 Full cut-off, cut-off, semi cut-off and sharp cutoff design (18:1962 [18:2020]) - D 29: 40. Indicadores ANIKA / 29:115 shielding, (9:1134 [9:1143]) - D 29: 40. Indicadores ANIKA / 29:137 Shielding is achieved by use of different kinds of cut-off on luminair..... (16:3447 [16:3671]) - D 29: 40. Indicadores ANIKA / 29:142 if a luminaire is easy to open without tools or if the lamp is easy to..... (21:3022 [21:3133]) - D 29: 40. Indicadores ANIKA / 29:143 luminaires are of standard IP65 or higher they require less maintenanc..... (21:3136 [21:3259]) - D 29: 40. Indicadores ANIKA / 29:165 Directive on Ecodesign of Energy-related Products (12:746 [12:795]) - D 29: 40. Indicadores ANIKA / 29:166 design (12:2852 [12:2857]) - D 29: 40. Indicadores ANIKA / 29:167 design (13:835 [13:840]) - D 29: 40. Indicadores ANIKA / 29:168 design (13:1111 [13:1116]) - D 29: 40. Indicadores ANIKA / 29:169 design (17:82 [17:87]) - D 29: 40. Indicadores ANIKA / 29:170 design (17:481 [17:486]) - D 29: 40. Indicadores ANIKA / 29:171 lighting design (26:1723 [26:1737]) - D 29: 40. Indicadores ANIKA

○ Disminución de la criminalidad

2 Citas:

29:84 Improved lighting can reduce crime in an area by improved surveillance..... (26:1744 [26:1951]) - D 29: 40. Indicadores ANIKA / 29:153 A meta-analysis based on 13 different studies showed that improved lig..... (26:2293 [26:2441]) - D 29: 40. Indicadores ANIKA

○ Disminución de los accidentes de tráfico

2 Citas:

29:69 Savings due to the reduced number of accidents when lighting is inst..... (22:2058 [22:2132]) - D 29: 40. Indicadores ANIKA / 29:145 road lighting significantly reduces the number of fatal and serious..... (24:494 [24:581]) - D 29: 40. Indicadores ANIKA

○ Disposición de los puntos de luz

4 Citas:

29:11 Luminous flux or luminous intensity per square meter (Lm/m² ; Lx/m²..... (9:2803 [9:2884]) - D 29: 40. Indicadores ANIKA / 29:39 For road lighting, use of shielding may reduce luminance uniformity, t..... (16:3684 [16:3820]) - D 29: 40. Indicadores ANIKA / 29:107 lamp post spacing (8:2566 [8:2582]) - D 29: 40. Indicadores ANIKA / 29:130 Road width RW (m), lamp pole spacing S (m) and area of the illuminated..... (12:2096 [12:2179]) - D 29: 40. Indicadores ANIKA

○ Eficacia/eficiencia lumínica de la fuente de luz/instalación (lm/W)

7 Citas:

29:36 reduced lighting may substantially increase the potential energy eff..... (14:4023 [14:4158]) - D 29: 40. Indicadores ANIKA / 29:54 85% of the environmental impact is connected to the use phase, 15% t..... (19:1404 [19:1733]) - D 29: 40. Indicadores ANIKA / 29:56 Lumen/watt (Lm/W) (20:890 [20:906]) - D 29: 40. Indicadores ANIKA / 29:90 energy-efficient, (2:754 [2:771]) - D 29: 40. Indicadores ANIKA / 29:94 energy savings may be large, (2:1717 [2:1746]) - D 29: 40. Indicadores ANIKA / 29:100 Energy efficiency (8:262 [8:278]) - D 29: 40. Indicadores ANIKA / 29:128 power consumption and longer lifespan of LEDs. Increased energy effi..... (12:564 [12:659]) - D 29: 40. Indicadores ANIKA

○ Emisión de armónicos a la red eléctrica

1 Citas:

29:172 The second group of search terms was life cycle, LCA, carbon dioxide..... (6:3099 [6:3280]) - D 29: 40. Indicadores ANIKA

○ Emisión de tCO₂ a la atmósfera

4 Citas:

29:55 energy consumption and CO₂ emissions in the use phase of the lightin..... (19:3047 [19:3297]) - D 29: 40. Indicadores ANIKA / 29:58 kWh (energy) kg CO₂ (CO₂) (20:1078 [20:1105]) - D 29: 40. Indicadores ANIKA / 29:91 cost savings and lower CO₂ (2:1059 [2:1086]) - D 29: 40. Indicadores ANIKA / 29:93 installations from a strict energy and CO₂ emissions perspective, ther..... (2:1415 [2:1547]) - D 29: 40. Indicadores ANIKA

○ Espectro de emisión de la fuente de luz

10 Citas:

29:12 Optical filters for wavelengths <480 nm (9:2972 [9:3010]) - D 29: 40. Indicadores ANIKA / 29:40 Filtering out short wavelengths (<480 nm) with optical filters in noct..... (17:1604 [17:1819]) - D 29: 40. Indicadores ANIKA / 29:41 Methods for estimating the spectral content of blue-rich light have..... (17:2113 [17:2477]) - D 29: 40. Indicadores ANIKA / 29:48 Optical filters for wavelengths < 480 nm (18:2137 [18:2176]) - D 29: 40. Indicadores ANIKA / 29:83 Light spectra of shorter wavelengths (blue and green) may trigger or..... (25:3136 [25:3386]) - D 29: 40. Indicadores ANIKA / 29:105 spectral distribution (8:2527 [8:2548]) - D 29: 40. Indicadores ANIKA / 29:120 d limit/change the spectral wavelength distribution of light sources (9:1346

[9:1413]) - D 29: 40. Indicadores ANIKA / 29:135 Mesopic design has the potential to save energy by adjusting the spect..... (13:1959 [13:3121]) - D 29: 40. Indicadores ANIKA / 29:139 LED/SSL light sources have a different spectral distribution than trad..... (17:492 [17:702]) - D 29: 40. Indicadores ANIKA / 29:140 Blue-rich lighting can increase the amount of sky glow due to chang..... (17:966 [17:1343]) - D 29: 40. Indicadores ANIKA

○ Factor de mantenimiento de la luminaria (fm)

6 Citas:

29:8 Eliminate overlighting (Light loss factor (LLF), lamp lumen deprecia..... (9:2110 [9:2223]) - D 29: 40. Indicadores ANIKA / 29:17 To ensure that overlighting is not taking place, it is important to u..... (10:3745 [10:3927]) - D 29: 40. Indicadores ANIKA / 29:25 Light loss factor (LLF), lamp lumen depreciation (LLD) or maintenanc..... (13:1135 [13:1251]) - D 29: 40. Indicadores ANIKA / 29:31 Lumen maintenance and light loss factors (LLF) represent the decline i..... (14:1351 [14:1544]) - D 29: 40. Indicadores ANIKA / 29:33 The LLF include factors such as maintenance, site-specific conditions,..... (14:1890 [14:2471]) - D 29: 40. Indicadores ANIKA / 29:35 it is difficult to obtain values for LLF, LLD or the maintenance fac..... (14:3584 [14:3834]) - D 29: 40. Indicadores ANIKA

○ Factor para metodologia

1 Citas:

29:4 An indicator must be a specific variable that arises from a value or m..... (4:740 [4:1136]) - D 29: 40. Indicadores ANIKA

○ Flujo luminoso emitido por una fuente de luz (lm)

4 Citas:

29:11 Luminous flux or luminous intensity per square meter (Lm/m² ; Lx/m²..... (9:2803 [9:2884]) - D 29: 40. Indicadores ANIKA / 29:36 reduced lighting may substantially increase the potential energy eff..... (14:4023 [14:4158]) - D 29: 40. Indicadores ANIKA / 29:106 luminous flux (8:2550 [8:2563]) - D 29: 40. Indicadores ANIKA / 29:119 limit/change the intensity of light (luminous flux), (9:1288 [9:1342]) - D 29: 40. Indicadores ANIKA

○ Fotometria

4 Citas:

29:29 To calculate mesopic values, it is necessary to know the background ph..... (13:3123 [14:374]) - D 29: 40. Indicadores ANIKA / 29:108 other important photometric basic data (8:2588 [8:2627]) - D 29: 40. Indicadores ANIKA / 29:116 limiting the luminous intensity distribution, (9:1144 [9:1189]) - D 29: 40. Indicadores ANIKA / 29:135 Mesopic design has the potential to save energy by adjusting the spect..... (13:1959 [13:3121]) - D 29: 40. Indicadores ANIKA

○ Fuente de luz/Instalación regulable

10 Citas:

29:10 Dimming schedule Adaptive lighting with activation sensors (9:2598 [9:2658]) - D 29: 40. Indicadores ANIKA / 29:15 In addition, reflection by bright surfaces should be limited or redu..... (10:1936 [10:2156]) - D 29: 40. Indicadores ANIKA / 29:18 For roads, dimming schedules are restricted by the need to comply with..... (11:1138 [11:1303]) - D 29: 40. Indicadores ANIKA / 29:26 Reduced energy consumption by controlled dimming Energy savings..... (13:1255 [13:1393]) - D 29: 40. Indicadores ANIKA / 29:42 However, there are great possibilities to reduce the duration of ill..... (17:3138 [17:3287]) - D 29: 40. Indicadores ANIKA / 29:92 intelligent street and road lighting systems, thereby further reduci..... (2:1282 [2:1386]) - D 29: 40. Indicadores ANIKA / 29:96 but cannot be dimmed a (2:2044 [2:2065]) - D 29: 40. Indicadores ANIKA / 29:114 shut-off lighting, (9:1114 [9:1132]) - D 29: 40. Indicadores ANIKA / 29:123 Reduce lighting at critical times of biological activity (9:2505 [9:2560]) - D 29: 40. Indicadores ANIKA / 29:129 the details of dimming in time-of-day schedules and the lighting lev..... (12:1042 [12:1306]) - D 29: 40. Indicadores ANIKA

○ Grado de Visibilidad de las Estrellas (SLI)

1 Citas:

29:51 Star light index (SLI) (18:2276 [18:2297]) - D 29: 40. Indicadores ANIKA

○ Horas de servicio/Vida útil

11 Citas:

29:3 Road lighting installations usually have a long life, sometimes span..... (2:335 [2:420]) - D 29: 40. Indicadores ANIKA / 29:8 Eliminate overlighting (Light loss factor (LLF), lamp lumen deprecia..... (9:2110 [9:2223]) - D 29: 40. Indicadores ANIKA / 29:31 Lumen maintenance and light loss factors (LLF) represent the decline i..... (14:1351 [14:1544]) - D 29: 40. Indicadores ANIKA / 29:33 The LLF include factors such as maintenance, site-specific conditions,..... (14:1890 [14:2471]) - D 29: 40. Indicadores ANIKA / 29:34 There is a risk that the lighting systems will provide too low levels..... (14:3132 [14:3386]) - D 29: 40. Indicadores ANIKA / 29:35 it is difficult to obtain values for LLF, LLD or the maintenance fac..... (14:3584 [14:3834]) - D 29: 40. Indicadores ANIKA / 29:54 85% of the environmental impact is connected to the use phase, 15% t..... (19:1404 [19:1733]) - D 29: 40. Indicadores ANIKA / 29:57 Hours of operation during lifetime (hours) (20:965 [20:1009]) - D 29: 40. Indicadores ANIKA / 29:63 prices, luminous efficacy, and cleaning costs, the maintenance cost..... (21:1912 [21:2259]) - D 29: 40. Indicadores ANIKA / 29:87 owing to the long OPEN ACCESSSustainability 2015, 7 1029 operatin..... (1:2325 [2:46]) - D 29: 40. Indicadores ANIKA / 29:133 Duration of road lighting operation t (h/year) (12:2312 [12:2357]) - D 29: 40. Indicadores ANIKA

○ Índice de Reproducción Cromática (IRC)

1 Citas:

29:136 and general color rendering index (CRI) (14:606 [14:645]) - D 29: 40. Indicadores ANIKA

○ Índice de supresión de la Neurohormona Melatonina (MSI)

7 Citas:

29:14 Melatonin suppression index (MSI) (Table 3) (9:3069 [9:3111]) - D 29: 40. Indicadores ANIKA / 29:41 Methods for estimating the spectral content of blue-rich light have..... (17:2113 [17:2477]) - D 29: 40. Indicadores ANIKA / 29:43 There are currently few manufacturers that offer LED/SSL lamps witho..... (17:2817 [17:3025]) - D 29: 40. Indicadores ANIKA / 29:50 Melatonin suppression index (MSI) (18:2239 [18:2271]) - D 29: 40. Indicadores ANIKA / 29:82 Non-visual effects of LED/SSL products may result in an impact on the..... (25:2724 [25:3003]) - D 29: 40. Indicadores ANIKA / 29:83 Light spectra of shorter wavelengths (blue and green) may trigger or..... (25:3136 [25:3386]) - D 29: 40. Indicadores ANIKA / 29:151 Melatonin suppression index (MSI) (26:1445 [26:1477]) - D 29: 40. Indicadores ANIKA

○ Luminancia/Iluminancia media/semicilindrica de la instalación

8 Citas:

29:11 Luminous flux or luminous intensity per square meter (Lm/m² ; Lx/m²..... (9:2803 [9:2884]) - D 29: 40. Indicadores ANIKA / 29:36 reduced lighting may substantially increase the potential energy eff..... (14:4023 [14:4158]) - D 29: 40. Indicadores ANIKA / 29:52 Maximum levels of permissible illuminance or luminance for different..... (18:2741 [18:2855]) - D 29: 40. Indicadores ANIKA / 29:73 Luminance (average cd/m²) (24:1665 [24:1693]) - D 29: 40. Indicadores ANIKA / 29:75 Illuminance (average lux) (24:1762 [24:1786]) - D 29: 40. Indicadores ANIKA / 29:126 average luminance (10:4100 [10:4118]) - D 29: 40. Indicadores ANIKA / 29:132 Average luminance of the road surface L (cd/m²) (12:2257 [12:2306]) - D 29: 40. Indicadores ANIKA / 29:155 POLQ questionnaire Illuminance (lux) (27:1382 [27:1420]) - D 29: 40. Indicadores ANIKA

○ Normativa nacional e internacional relacionada con el alumbrado público en alguna de las categorías

8 Citas:

29:9 Follow minimum values for safety (e.g., roads) Establish maximum le..... (9:2227 [9:2348]) - D 29: 40. Indicadores ANIKA / 29:33 The LLF include factors such as maintenance, site-specific conditions,..... (14:1890 [14:2471]) - D 29: 40. Indicadores ANIKA / 29:47 National or regional guidelines on levels of lighting (see also regu..... (18:1768 [18:1865]) - D 29: 40. Indicadores ANIKA / 29:52 Maximum levels of permissible

illuminance or luminance for different..... (18:2741 [18:2855]) - D 29: 40. Indicadores ANIKA / 29:121 legislation/recommendations/guidelines (9:1924 [9:1961]) - D 29: 40. Indicadores ANIKA / 29:124 establishment and improvement of legislation/recommendations/guideline..... (10:2556 [10:2675]) - D 29: 40. Indicadores ANIKA / 29:129 the details of dimming in time-of-day schedules and the lighting lev..... (12:1042 [12:1306]) - D 29: 40. Indicadores ANIKA / 29:146 e British Standards Institution (BSI), among others, have developed..... (24:864 [24:1087]) - D 29: 40. Indicadores ANIKA

○ Pais de publicación

1 Citas:

29:2 Sweden (1:383 [1:388]) - D 29: 40. Indicadores ANIKA

○ Porcentaje emisión al hemisferio superior

6 Citas:

29:15 In addition, reflection by bright surfaces should be limited or redu..... (10:1936 [10:2156]) - D 29: 40. Indicadores ANIKA / 29:16 This can be accomplished by turning off lights at specific times durin..... (10:2821 [10:2962]) - D 29: 40. Indicadores ANIKA / 29:44 Cinzano and Falchi [75] suggest a number of indicators for quantifyi..... (17:3882 [18:79]) - D 29: 40. Indicadores ANIKA / 29:46 Full cut-off, cut-off, semi cut-off and sharp cutoff design (18:1962 [18:2020]) - D 29: 40. Indicadores ANIKA / 29:103 causes/effects such as sky glow and ecology. (8:681 [8:727]) - D 29: 40. Indicadores ANIKA / 29:172 The second group of search terms was life cycle, LCA, carbon dioxide..... (6:3099 [6:3280]) - D 29: 40. Indicadores ANIKA

○ Potencia/Intensidad de trabajo del punto de luz (W)

4 Citas:

29:55 energy consumption and CO2 emissions in the use phase of the lightin..... (19:3047 [19:3297]) - D 29: 40. Indicadores ANIKA / 29:58 kWh (energy) kg CO2 (CO2) (20:1078 [20:1105]) - D 29: 40. Indicadores ANIKA / 29:104 power effect, (8:2514 [8:2526]) - D 29: 40. Indicadores ANIKA / 29:131 The power of each luminaire P (W) (12:2185 [12:2217]) - D 29: 40. Indicadores ANIKA

○ Producto Interior Bruto de la zona (GDP)

4 Citas:

29:68 Regional GDP per luminaire Regional GDP per luminous flux per area (22:1854 [22:1922]) - D 29: 40. Indicadores ANIKA / 29:71 Economic activity, for example real capita gross domestic product (GDP)..... (22:2161 [22:2576]) - D 29: 40. Indicadores ANIKA / 29:141 energy production (the mix of electricity generation) in a region and..... (19:2367 [19:2521]) - D 29: 40. Indicadores ANIKA / 29:158 POLQ questionnaire Investments in old lighting systems irrespecti..... (27:1598 [27:1681]) - D 29: 40. Indicadores ANIKA

○ Retorno de la inversion (años)

2 Citas:

29:67 Payback time (PB) on return of investment (22:1729 [22:1769]) - D 29: 40. Indicadores ANIKA / 29:144 The simplest way to calculate payback time is to divide the cost of in..... (22:54 [22:167]) - D 29: 40. Indicadores ANIKA

○ S/P Ratio/P-Band Relación entre la luminancia fotópica y escotópica

14 Citas:

29:13 Radiant p-band flux to photopic flux ratio (P-band) (9:3015 [9:3065]) - D 29: 40. Indicadores ANIKA / 29:23 Scotopic/photopic (S/P) ratio (13:944 [13:972]) - D 29: 40. Indicadores ANIKA / 29:29 To calculate mesopic values, it is necessary to know the background ph..... (13:3123 [14:374]) - D 29: 40. Indicadores ANIKA / 29:30 CCT is typically lower for light sources with low S/P ratios (14:711 [14:771]) - D 29: 40. Indicadores ANIKA / 29:32 LED manufacturers and producers should be able to easily compute and.....

(14:1179 [14:1347]) - D 29: 40. Indicadores ANIKA / 29:41 Methods for estimating the spectral content of blue-rich light have..... (17:2113 [17:2477]) - D 29: 40. Indicadores ANIKA / 29:43 There are currently few manufacturers that offer LED/SSL lamps witho..... (17:2817 [17:3025]) - D 29: 40. Indicadores ANIKA / 29:77 S/P ratio (24:1943 [24:1951]) - D 29: 40. Indicadores ANIKA / 29:86 A review on road light and pedestrian reassurance after dark suggests..... (27:1685 [27:1974]) - D 29: 40. Indicadores ANIKA / 29:97 very low scotopic/photopic (S/P) ratio (2:2075 [2:2113]) - D 29: 40. Indicadores ANIKA / 29:135 Mesopic design has the potential to save energy by adjusting the spect..... (13:1959 [13:3121]) - D 29: 40. Indicadores ANIKA / 29:147 British Standards Institution (BSI) also includes an evaluation of the..... (24:1092 [24:1177]) - D 29: 40. Indicadores ANIKA / 29:148 Scotopic/photopic (S/P) ratio (24:1860 [24:1888]) - D 29: 40. Indicadores ANIKA / 29:156 Scotopic/photopic (S/P) ratio (27:1425 [27:1453]) - D 29: 40. Indicadores ANIKA

○ Salud y bienestar humana y animal

12 Citas:

29:5 Artificial lighting generally does not seem to have any ecological b..... (9:669 [9:888]) - D 29: 40. Indicadores ANIKA / 29:14 Melatonin suppression index (MSI) (Table 3) (9:3069 [9:3111]) - D 29: 40. Indicadores ANIKA / 29:19 The most commonly used LED for outdoor lighting is white and broad-spe..... (11:3115 [11:3743]) - D 29: 40. Indicadores ANIKA / 29:40 Filtering out short wavelengths (<480 nm) with optical filters in noct..... (17:1604 [17:1819]) - D 29: 40. Indicadores ANIKA / 29:41 Methods for estimating the spectral content of blue-rich light have..... (17:2113 [17:2477]) - D 29: 40. Indicadores ANIKA / 29:50 Melatonin suppression index (MSI) (18:2239 [18:2271]) - D 29: 40. Indicadores ANIKA / 29:72 The social impact of outdoor lighting is divided here into the followi..... (24:73 [24:323]) - D 29: 40. Indicadores ANIKA / 29:81 LED and SSL lighting poses a blue light hazard due to photochemical da..... (25:1912 [25:2369]) - D 29: 40. Indicadores ANIKA / 29:82 Non-visual effects of LED/SSL products may result in an impact on the..... (25:2724 [25:3003]) - D 29: 40. Indicadores ANIKA / 29:83 Light spectra of shorter wavelengths (blue and green) may trigger or..... (25:3136 [25:3386]) - D 29: 40. Indicadores ANIKA / 29:109 There are also strong indications of far-reaching ecosystem impacts (8:3313 [8:3383]) - D 29: 40. Indicadores ANIKA / 29:111 light pollution in terms of sky glow affects ecosystems/populations/..... (9:183 [9:259]) - D 29: 40. Indicadores ANIKA

○ Sensación de seguridad

6 Citas:

29:9 Follow minimum values for safety (e.g., roads) Establish maximum le..... (9:2227 [9:2348]) - D 29: 40. Indicadores ANIKA / 29:72 The social impact of outdoor lighting is divided here into the followi..... (24:73 [24:323]) - D 29: 40. Indicadores ANIKA / 29:88 traffic visibility and public safety (2:78 [2:114]) - D 29: 40. Indicadores ANIKA / 29:129 the details of dimming in time-of-day schedules and the lighting lev..... (12:1042 [12:1306]) - D 29: 40. Indicadores ANIKA / 29:154 Perceived outdoor lighting quality has been studied in an environmenta..... (26:2663 [26:2909]) - D 29: 40. Indicadores ANIKA / 29:157 De Boer scale rating survey (27:1543 [27:1569]) - D 29: 40. Indicadores ANIKA

○ Sostenibilidad de las materias primas/Análisis del Ciclo de Vida (LCA)

8 Citas:

29:59 Heat sink of aluminum (20:1357 [20:1377]) - D 29: 40. Indicadores ANIKA / 29:60 (kg or kg-equivalent antimony (Sb)) (20:1382 [20:1416]) - D 29: 40. Indicadores ANIKA / 29:61 extraction impact (20:1421 [20:1437]) - D 29: 40. Indicadores ANIKA / 29:62 kg (of waste product) Hazardous waste Recycling (20:1581 [20:1633]) - D 29: 40. Indicadores ANIKA / 29:63 prices, luminous efficacy, and cleaning costs, the maintenance cost..... (21:1912 [21:2259]) - D 29: 40. Indicadores ANIKA / 29:101 LCA (8:284 [8:287]) - D 29: 40. Indicadores ANIKA / 29:172 The second group of search terms was life cycle, LCA, carbon dioxide..... (6:3099 [6:3280]) - D 29: 40. Indicadores ANIKA / 29:175 LCA (20:1707 [20:1709]) - D 29: 40. Indicadores ANIKA

○ Street Lighting Energy Efficient Coefficient (SLEEC/RLEEC) y Power Density Indicator (PDI)

6 Citas:

29:20 For road lighting system evaluation, Boyce et al. [51] recommend an ag..... (12:1467 [12:1727]) - D 29: 40. Indicadores ANIKA / 29:21 use of kW/Lx/km or kW/cd/m² /km, or a metric based per year is sugges..... (12:2653 [12:3177]) - D 29: 40. Indicadores ANIKA / 29:22 kW/Lx/km or kW/cd/m² /km or kWh/lx/km or kWh/cd/m² (13:771 [13:824]) - D 29: 40. Indicadores ANIKA / 29:127 By reducing the intensity of artificial light

(luminous flux/intensity..... (11:2652 [11:2749]) - D 29: 40. Indicadores ANIKA / 29:150 luminous flux per area (26:551 [26:574]) - D 29: 40. Indicadores ANIKA / 29:152 Luminous flux/area (lm/area) (26:1482 [26:1509]) - D 29: 40. Indicadores ANIKA

○ Superficie a iluminar/Variación nº luminarias o potencia

7 Citas:

29:37 Rebound effect is calculated in accordance with the following example..... (15:1736 [15:2544]) - D 29: 40. Indicadores ANIKA / 29:44 Cinzano and Falchi [75] suggest a number of indicators for quantifyi..... (17:3882 [18:79]) - D 29: 40. Indicadores ANIKA / 29:45 Number of luminaires/area New luminaires in non-lit area (18:1609 [18:1667]) - D 29: 40. Indicadores ANIKA / 29:99 potential rebound effects of cheaper lighting (2:2550 [2:2594]) - D 29: 40. Indicadores ANIKA / 29:112 prevent and limit new areas being lit (9:1026 [9:1063]) - D 29: 40. Indicadores ANIKA / 29:113 limit the extent of illuminated areas by (9:1065 [9:1108]) - D 29: 40. Indicadores ANIKA / 29:134 Percentage (rebound effect) Number of luminaires/area New lumina..... (13:1489 [13:1579]) - D 29: 40. Indicadores ANIKA

○ Temperatura de color de la fuente de luz (K)

3 Citas:

29:24 Correlated color temperature, degrees Kelvin (K) (13:977 [13:1024]) - D 29: 40. Indicadores ANIKA / 29:30 CCT is typically lower for light sources with low S/P ratios (14:711 [14:771]) - D 29: 40. Indicadores ANIKA / 29:78 Correlated color temperature, degrees Kelvin (K) (24:1955 [24:2006]) - D 29: 40. Indicadores ANIKA

○ Uniformidad media/longitudinal de la instalación

4 Citas:

29:39 For road lighting, use of shielding may reduce luminance uniformity, t..... (16:3684 [16:3820]) - D 29: 40. Indicadores ANIKA / 29:74 Luminance uniformity (minimum luminance/average luminance) (24:1698 [24:1757]) - D 29: 40. Indicadores ANIKA / 29:76 Illuminance uniformity (minimum illuminance/average illuminance) (24:1791 [24:1856]) - D 29: 40. Indicadores ANIKA / 29:125 (low luminance uniformity), since this creates dark refuges for organi..... (10:3341 [10:3552]) - D 29: 40. Indicadores ANIKA

Anexo 5

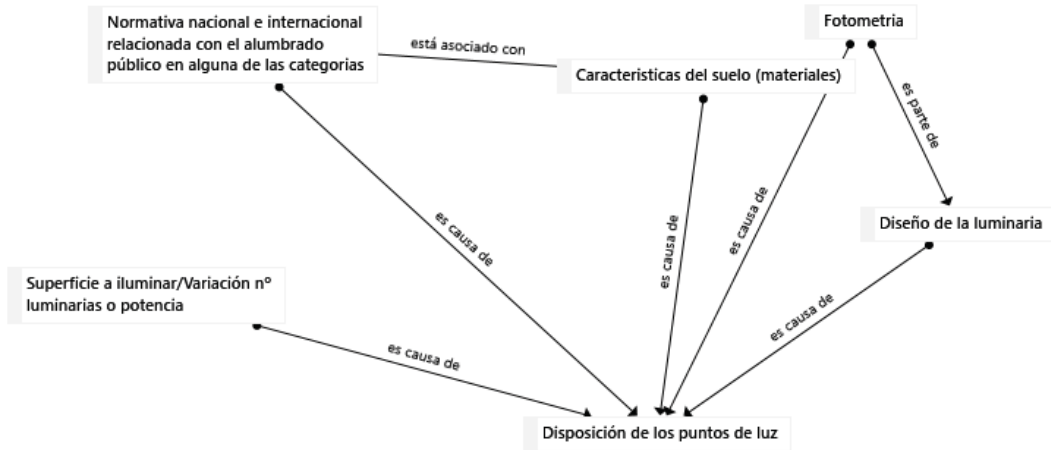
Tabla de coocurrencia de códigos

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
Barreras que impidan el paso de la luz a zonas protegidas	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Calidad de vida del usuario/bienestar	2	0	0	1	1	1	2	1	1	6	0	1	0	0	4	1	1
Características del suelo (materiales)	3	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2	2	0	1
Coefficiente de relación con el entorno	4	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Contaminación luminica	5	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0
Coste de explotación de la instalación	6	0	2	0	0	0	0	17	22	0	0	1	0	0	6	0	3
Coste de la ejecución de la instalación	7	0	1	0	0	0	17	0	19	0	2	1	0	3	4	0	0
Coste de la luminaria en el lugar de la instalación	8	0	1	0	0	0	22	19	0	1	1	1	0	1	5	0	1
Deslumbramiento perturbador (TI)	9	0	6	1	1	0	0	0	1	0	3	1	0	0	0	0	0
Diseño de la luminaria	10	0	0	0	0	0	0	2	1	3	0	0	0	1	4	0	0
Disminución de la criminalidad	11	0	1	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
Disminución de los accidentes de tráfico	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Disposición de los puntos de luz	13	0	0	2	0	0	0	3	1	0	1	0	0	0	3	0	0
Eficacia/eficiencia luminica de la fuente de luz/instalación (lm/W)	14	0	4	2	0	1	6	4	5	0	4	0	1	3	0	1	2
Emisión de armónicos a la red eléctrica	15	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Emisión de tCO2 a la atmósfera	16	0	1	1	0	0	3	0	1	0	0	0	0	0	2	0	0
Espectro de emisión de la fuente de luz	17	0	4	1	0	3	0	0	0	2	1	0	0	0	2	0	0
Factor de mantenimiento de la luminaria (fm)	18	0	0	0	0	1	0	0	0	0	4	0	0	0	1	0	0
Factor de potencia del punto de luz	19	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0
Factor de utilización/utilancia del punto de luz	20	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	0	0
Flujo luminoso emitido por una fuente de luz (lm)	21	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	4	0	0
Fotometría	22	0	4	0	0	1	0	0	0	2	1	0	0	1	0	0	0
Fuente de luz/Instalación regulable	23	0	2	0	0	1	6	2	3	0	0	0	1	0	6	2	0
Grado de Visibilidad de las Estrellas (SLI)	24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Horas de servicio/Vida útil	25	0	2	0	0	1	8	2	4	0	1	0	0	0	5	0	1
Índice de Reproducción Cromática (IRC)	26	0	3	1	0	0	1	1	2	2	0	0	1	0	3	0	0
Índice de Supresión de la Neurohormona Melatonina (MSI)	27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Luminancia/Iluminancia media/semicilíndrica de la instalación	28	0	9	5	1	1	0	0	0	11	2	0	0	2	4	0	0
Normativa nacional e internacional relacionada con el alumbrado público en alguna de las categorías	29	0	1	2	0	2	0	0	0	1	1	1	0	1	3	0	0
Porcentaje emisión al hemisferio superior	30	0	1	0	0	3	0	0	0	5	7	0	0	0	2	1	0
Potencia/Intensidad de trabajo del punto de luz (W)	31	0	1	0	0	0	4	1	2	0	0	0	0	1	10	1	2
Producto Interior Bruto de la zona (GDP)	32	0	2	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Retorno de la inversión (años)	33	0	0	0	0	0	2	2	2	0	0	0	0	0	2	0	1
S/P Ratio/P-Band Relación entre la luminancia fotópica y escotópica	34	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0
Salud y bienestar humana y animal	35	1	2	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Seguridad en el trabajo	36	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Sensación de seguridad	37	0	11	1	0	1	1	1	2	2	0	2	0	0	0	0	1
Sostenibilidad de las materias primas/Análisis del ciclo de vida (LCA)	38	0	1	0	0	1	1	1	0	0	2	0	0	0	3	1	1
Street Lighting Energy Efficient Coefficient (SLEEC/RLEEC) y Power Density Indicator (PDI)	39	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	3	0	0
Superficie a iluminar/Variación nº luminarias o potencia	40	1	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	6	0	0
Temperatura de color de la fuente de luz (K)	41	0	4	2	0	0	0	0	1	1	2	0	1	1	4	0	0
Uniformidad media/longitudinal de la instalación	42	0	11	0	1	0	0	1	0	7	1	0	0	3	4	0	0

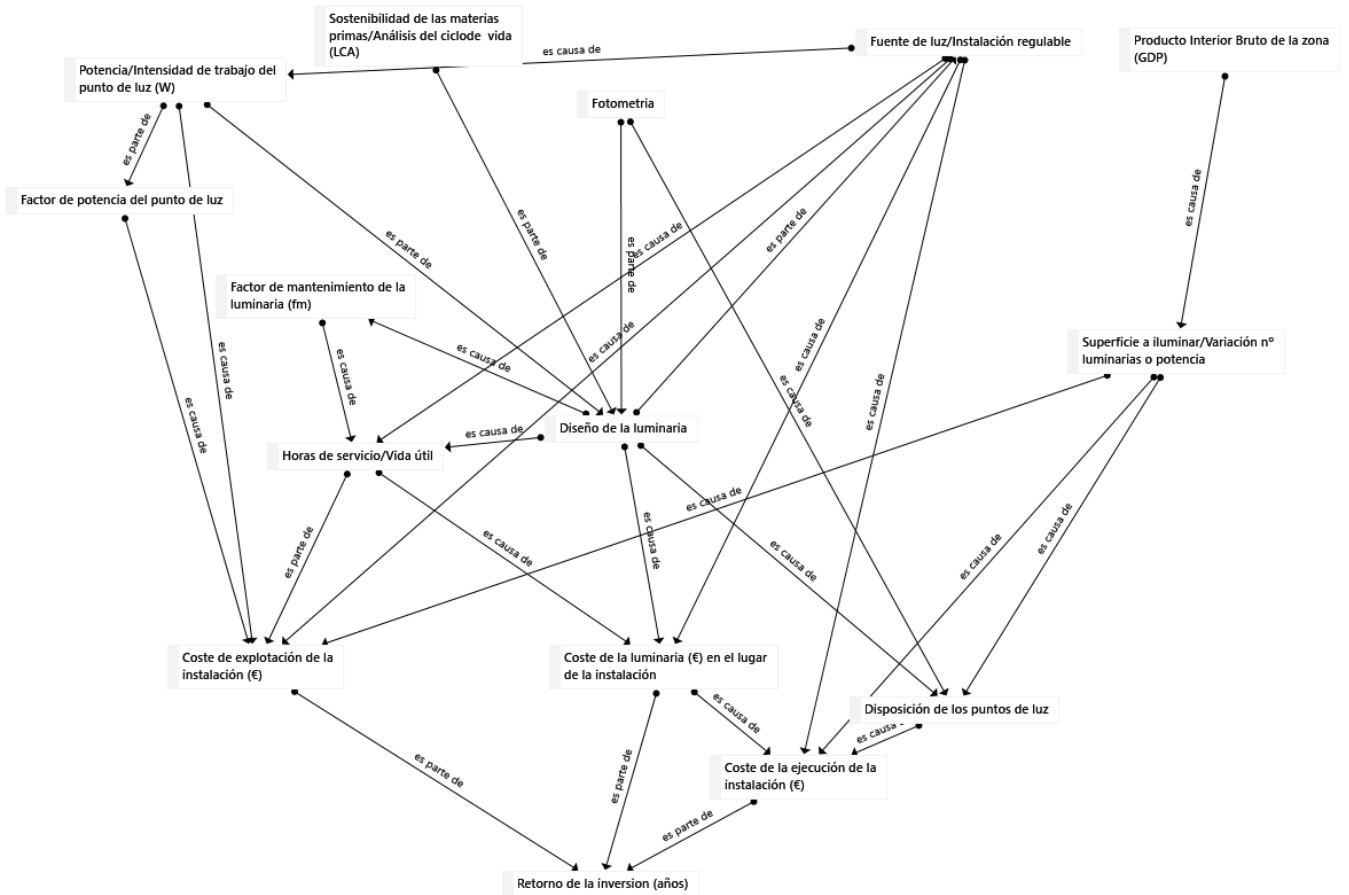
17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	
4	0	1	1	1	4	2	0	2	3	0	9	1	1	1	2	0	1	2	0	11	1	0	0	4	11
1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	5	2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2	0	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
3	1	0	0	0	1	1	0	1	0	0	1	2	3	0	2	0	0	2	0	1	1	0	1	0	0
0	0	0	0	0	0	6	0	8	1	0	0	0	0	4	0	2	0	0	0	1	1	0	1	0	0
0	0	0	0	0	0	2	0	2	1	0	0	0	0	1	0	2	0	0	0	1	1	0	1	0	1
0	0	0	0	0	0	3	0	4	2	0	0	0	0	2	0	2	0	0	0	2	0	0	1	1	0
2	0	0	0	1	2	0	0	0	2	0	11	1	5	0	0	0	0	0	1	2	0	0	0	1	7
1	4	0	0	1	1	0	0	1	0	0	2	1	7	0	0	0	1	0	0	0	2	1	0	2	1
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	2	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	3
2	1	0	2	4	0	6	0	5	3	0	4	3	2	10	0	2	1	0	0	0	3	3	6	4	4
0	0	3	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	2	1	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0
0	0	0	1	4	9	0	0	0	1	2	2	0	0	1	0	0	4	10	0	3	0	0	0	3	1
0	0	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	9	0	0	2	1	0	3	2	2	5	0	0	0	1	0	0	0	0	2	2	2
9	0	0	1	9	0	0	0	0	1	0	12	3	2	2	0	0	4	0	0	1	0	0	0	4	3
0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	1	3	1	3	0	0	0	0	0	3	0	1	0	0	2
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	6	0	0	2	0	3	0	0	1	0	0	1	0	3	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1
1	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	5	1	0	1	0	0	1	0	0	3	0	0	0	6	3
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	5	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	3	12	1	0	0	5	0	0	14	4	5	0	0	1	3	1	6	0	2	4	7	21
0	1	0	0	2	3	3	0	1	1	0	14	0	5	4	0	0	0	0	1	3	0	2	6	0	7
0	0	0	0	2	2	1	0	0	0	0	4	5	0	2	0	0	0	1	0	1	1	0	2	4	0
1	0	1	0	5	2	3	0	3	1	0	5	4	2	0	0	1	0	0	0	0	0	5	8	1	3
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	4	0	0	0	1	2	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	2	0
10	0	0	0	1	0	0	0	0	0	5	3	0	1	0	0	0	1	0	4	5	0	0	2	2	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	4	0	1	0	0	0	0	1
3	0	0	0	0	1	3	0	0	3	0	6	3	1	0	0	0	0	5	1	0	0	0	0	3	4
0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	2	2	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	2
0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	4	6	2	8	1	0	0	2	0	0	0	4	0	0	2
3	0	0	0	2	4	0	0	0	6	0	7	0	4	1	0	0	2	2	0	3	0	0	0	0	3
1	0	0	0	2	3	2	0	1	3	0	21	7	0	3	0	0	0	0	1	4	0	2	2	3	0

Anexo 6. Relaciones por clasificación

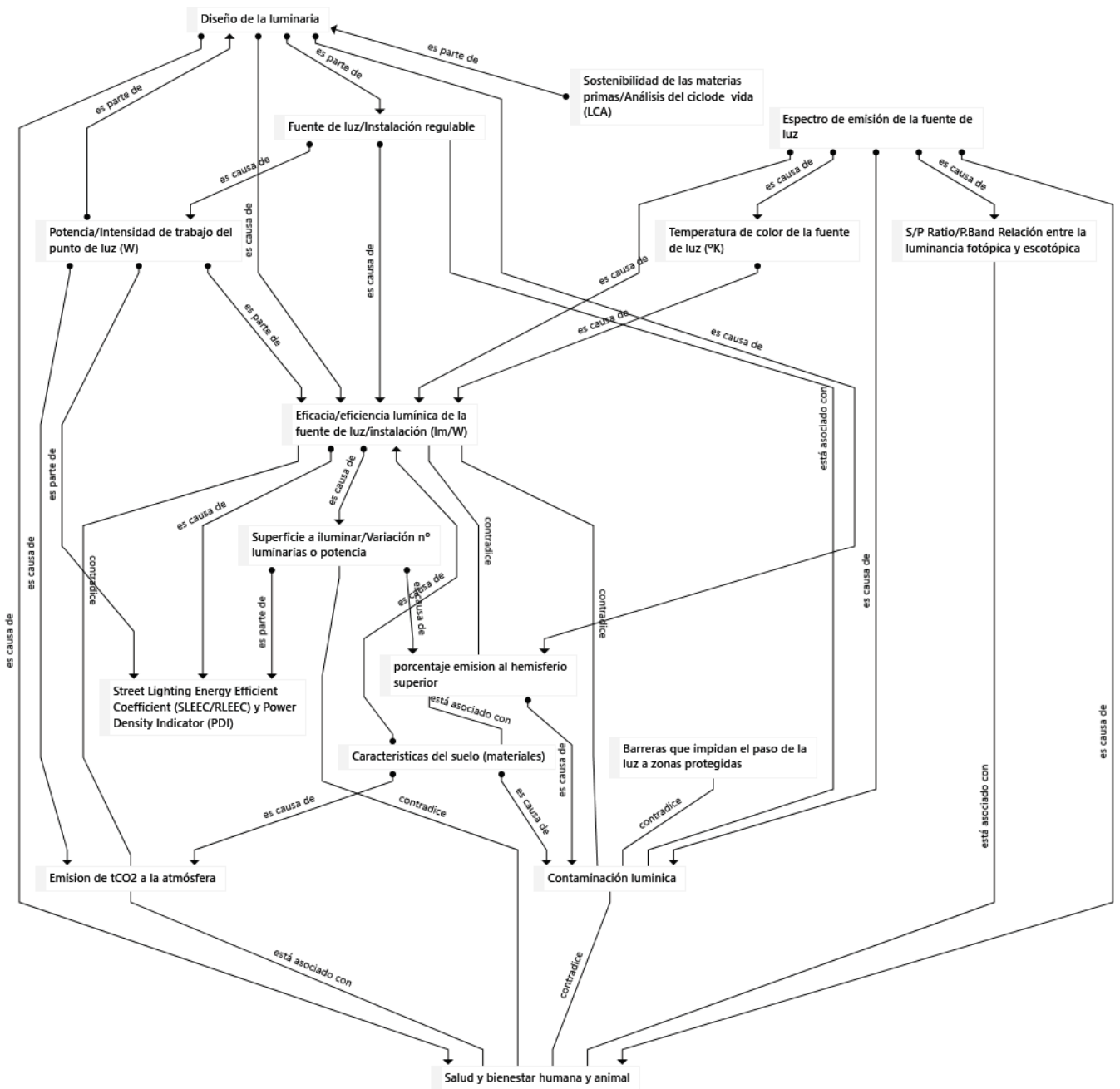
1. Tabla de relaciones de clasificación por relaciones entre parámetros: Adaptación al municipio



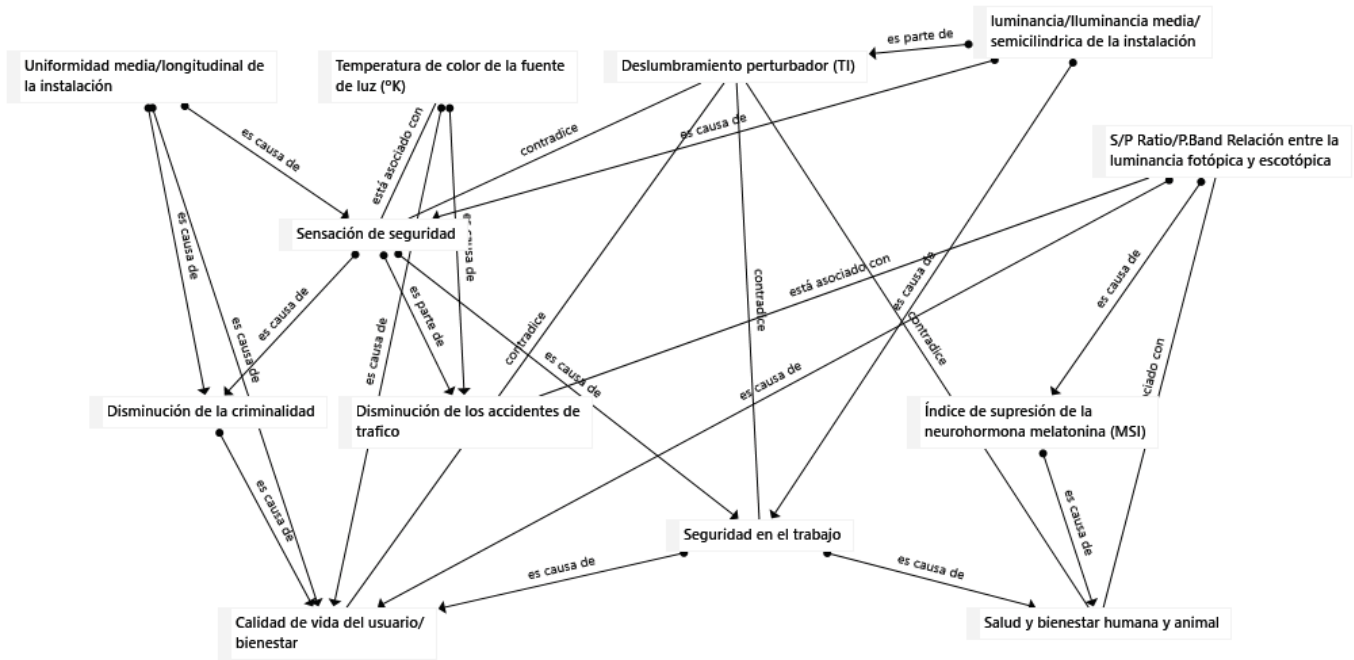
2. Tabla de relaciones de clasificación por relaciones entre parámetros: Económicos



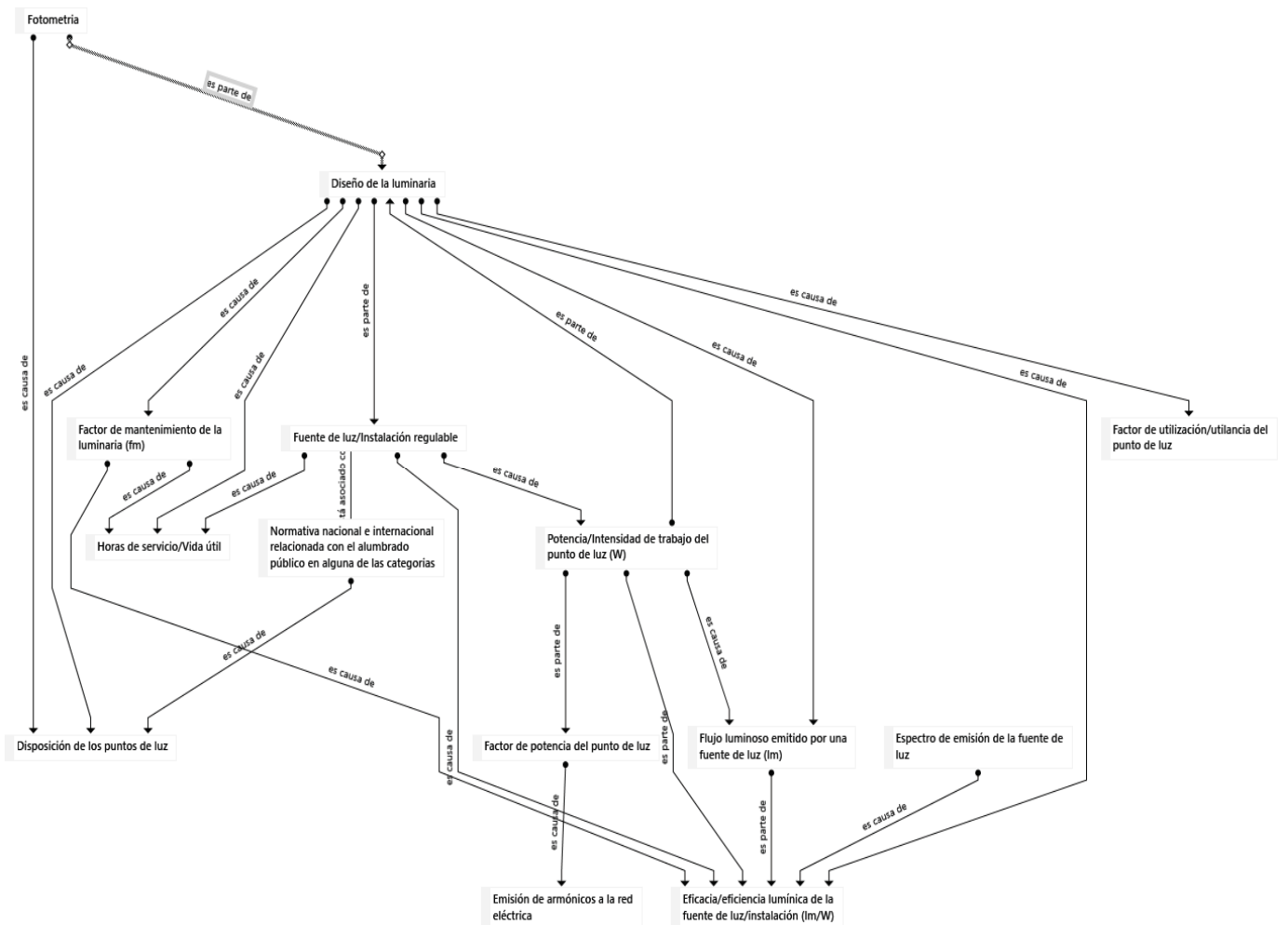
4. Tabla de relaciones de clasificación por relaciones entre parámetros: Medioambientales



5. Tabla de relaciones de clasificación por relaciones entre parámetros: Sociales



6. Tabla de relaciones de clasificación por relaciones entre parámetros: Técnicos



7. Tabla de relaciones de clasificación por relaciones entre parámetros: Finales



Anexo 7. Selección de parámetros

Parámetro	Enraizamiento	Densidad	S1	S2	S3
1 Barreras que impidan el paso de la luz a zonas protegidas	3	1	X		
2 Calidad de vida del usuario/bienestar	49	19			X
3 Características del suelo (materiales)	20	10	X	X	
4 Coeficiente de relación con el entorno (SR)	4	5	X		X
5 Contaminación lumínica	24	12	X		X
6 Coste de explotación de la instalación (€)	44	9	X		X
7 Coste de la ejecución de la instalación (€)	23	6	X		
8 Coste de la luminaria (€) en el lugar de la instalación	28	9	X	X	X
9 Deslumbramiento Perturbador (TI)	40	12	X		X
10 Diseño de la luminaria	47	14	X	X	X
11 Disminución de la criminalidad	14	7			X
12 Disminución de los accidentes de tráfico	12	7			X
13 Disposición de los puntos de luz	37	10	X	X	X
14 Eficacia/eficiencia lumínica de la fuente de luz/instalación (lm/W)	75	18			
15 Emisión de armónicos a la red eléctrica	12	2	X		X
16 Emisión de tCO2 a la atmósfera	21	6	X		X
17 Espectro de emisión de la fuente de luz	43	7	X	X	X
18 Factor de mantenimiento de la luminaria (fm)	21	3	X	X	X
19 Factor de potencia del punto de luz	3	3	X	X	X
20 Factor de utilización/utilancia del punto de luz	10	1	X		X
21 Flujo luminoso emitido por una fuente de luz (lm)	31	8	X	X	X
22 Fotometría	53	8	X	X	X
23 Fuente de luz/Instalación regulable	54	13	X	X	X
24 Grado de Visibilidad de las Estrellas (SLI)	1	1			X
25 Horas de servicio/Vida útil/Garantía	36	6	X	X	X
26 Índice de Reproducción Cromática (IRC)	27	6	X	X	X
27 Índice de Supresión de la Neurohormona Melatonina (MSI)	8	3			X
28 luminancia / Iluminancia media/semicilíndrica de la instalación	81	12			
29 Normativa nacional e internacional relacionada con el alumbrado público en alguna de las categorías	46	12			
30 Porcentaje emisión al hemisferio superior	31	11	X	X	X
31 Potencia/Intensidad de trabajo del punto de luz (W)	45	8	X	X	X
32 Producto Interior Bruto de la zona (GDP)	13	4	X	X	
33 Retorno de la inversión (años)	14	3	X		X
34 S/P Ratio/P-Band Relación entre la luminancia fotópica y escotópica	23	5			
35 Salud y bienestar humana y animal	46	9			X
36 Seguridad en el trabajo	8	6			X
37 Sensación de seguridad	50	8			X
38 Sostenibilidad de las materias primas/Análisis del ciclo de vida (LCA)	14	2			
39 Street Lighting Energy Efficient Coefficient (SLEEC/RLEEC) y Power Density Indicator (PDI)	16	4			
40 Superficie a iluminar/Variación nº luminarias o potencia	31	9	X	X	X
41 Temperatura de color de la fuente de luz (K)	49	7	X	X	X
42 Uniformidad media/longitudinal de la instalación	51	8	X		X
			34	18	37

Anexo 8

<p>Caso 1. Protocolo de estudio: Renovación A.P. Caso 1, año 2015 (PROTOTIPO)</p>
<p>1. DEFINICIÓN DELA PROPOSICIÓN OBJETO DE ESTUDIO ¿Cómo pueden los técnicos municipales identificar la mejor oferta de renovación del alumbrado público de entre las que se les presentan?</p> <p>PROPOSICIÓN OBJETO DEL ESTUDIO DEL CASO ¿Cómo ha sido el proceso de renovación de la instalación de alumbrado público?</p>
<p>2.INTRODUCCIÓN Y REVISIÓN DE LA LITERATURA</p> <p>Se realizó una búsqueda bibliográfica de publicaciones en las distintas bases de datos disponibles. Los recursos consultados fueron los siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none">• Web of Science• Science Direct Journals• Taylor & Francis On Line• Ebsco Online Research Database• Motor de búsqueda Jábega 2.0 (Universidad de Málaga) <p>Además, se ha consultados en internet:</p> <ul style="list-style-type: none">• Web del Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE)• Web del Comité Español de iluminación <p>Se consultaron publicaciones, monografías, tesis, presentaciones realizadas en conferencias, normativa, recomendaciones, etc. Algunas veces, se llegó a estas publicaciones por referencias de otras, o citas que se encontraron en textos. Se seleccionaron un total de 57 publicaciones en el año 2015 y, en una revisión en el año 2018, se añadieron 32, haciendo un total de 89.</p> <p>De estos 89 documentos, se realizó un análisis cualitativo de datos, de los que resultó un listado de 15 indicadores de valoración de una luminaria en el caso de una sustitución, que es el caso que nos ocupa. Aunque se instalaron puntualmente nuevas luminarias en algunas zonas poco iluminadas, la actuación en Caso 1 fue principalmente la sustitución de luminarias.</p> <p>En concreto, del Caso 1 no se han encontrado documentos científicos, artículos, noticias o documentos oficiales que hablen del alumbrado público y Caso 1. La búsqueda de datos se ha realizado entre enero y diciembre de 2017. La documentación se ha recabado mediante visitas y estudio de documentación elaborada por el propio Ayuntamiento del Caso 1 y la Diputación de Málaga.</p>
<p>3. OBJETIVO DEL ESTUDIO DEL CASO</p> <p>El estudio de casos pretende analizar los métodos prácticos llevados a cabo por los técnicos municipales en la renovación de una parte de la instalación de alumbrado público en Caso 1 en el año 2015.</p> <p>Se ha elaborado el estudio desde varias perspectivas: técnica, medioambiental, económica y social.</p> <p>Se han comparado los indicadores técnicos exigidos en el pliego con los 15 indicadores identificados. Se han identificado porcentajes de concordancia entre ambas listas de indicadores, y si realmente la elección de los técnicos fue la acertada, teniendo en cuenta todas las perspectivas.</p>
<p>4. MARCO TEÓRICO.</p> <p>El marco teórico es:</p> <ul style="list-style-type: none">▪ European Committee for Standardization. CEN/TR 13201-1 "Road Lighting Part 1: Selection of lighting classes".▪ European Committee for Standardization. EN 13201-2 "Road lighting - Part 2: Performance requirements".▪ European Committee for Standardization. EN 13201-3:2016. "Road Lighting – Part 3: Calculation of

performance”.

- European Committee for Standardization. EN 13201-5:2015. “Road Lighting – Part 5: Energy performance Indicators”.
- International Commission on Illumination. CIE 126-1997 Guidelines for minimizing sky glow.
- Ministry of Energy, Tourism and the Digital Agenda, Instituto para la Diversificación y la Energía, Comité Español de Iluminación. Requerimientos técnicos exigibles para luminarias con tecnología Led, 2011.
- Ministry of Energy, Tourism and the Digital Agenda. Real Decreto 1890/2008, de 14 de noviembre, por el que se aprueba el Reglamento de Eficiencia Energética en Instalaciones de Alumbrado Exterior.
- Ministry of Presidency. Real Decreto 208/2005, de 25 de febrero, sobre aparatos eléctricos y electrónicos y la gestión de sus residuos incorpora al derecho nacional las Directivas europeas aprobadas en esta materia.
- Ministry of Science and Innovation. Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión.
- Ministry of Finance and Civil Service. Real Decreto legislativo 3/2011 de 14 de noviembre, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Contratos de las Administraciones Públicas.
- European Parliament. Commission Regulation (EC) No 245/2009 of 18 march 2009 implementing Directive 2005/32/EC of the European Parliament and of the Council with regard to ecodesign requirements for fluorescent lamps without integrated ballast, for high intensity discharge lamps, and for ballasts and luminaires able to operate such lamps, and repealing Directive 2000/55/EC of the European Parliament and of the Council.

5. SELECCIÓN DE CASOS

La elección de los casos puede realizarse en función de distintos criterios, en este caso ha sido, fundamentalmente, el criterio temporal.

Los casos se han elegido lo más tarde en el tiempo posible, debido a la novedad tecnológica que se ha estado produciendo desde el año 2013-2017 en el sector del alumbrado público, con la introducción de la tecnología LED y micro LED.

La limitación temporal del desarrollo propio del curso de doctorado, que no permite el estudio de un número infinito de casos, sobre todo si cada uno de ellos puede tener un recorrido de hasta 3 años.

Además del criterio temporal, se han elegido municipios con un número menor de 20.000 habitantes, comúnmente denominados "pequeños municipios", pues son estos los principales beneficiarios de las conclusiones de este estudio. Los municipios pequeños son los que suelen contar con menos recursos y disponen de menos personal técnico.

6. PROCEDIMIENTO

El procedimiento seguido fue:

1. Identificar una muestra de municipios que entre 2015-2018 vayan a renovar su alumbrado público.
2. Antes de la renovación:
 - Elaborar inventario del alumbrado del municipio o de la actuación.
 - Seguimiento del procedimiento de contratación.
 - Examen de las ofertas presentadas.
 - Medición de los niveles de iluminación en una muestra.
3. Después de la renovación:
 - Repetir la medición en la misma muestra.
 - Entrevista/Encuesta con técnico/s y políticos municipal/es.
 - Entrevista/Encuesta con personal de mantenimiento.
 - Entrevista/Encuesta con usuarios de la instalación
 - Elaboración de un estudio comparativo de consumos eléctricos y costes estimados y reales.
 - Calcular la inversión económica y su periodo de retorno (ROI) estimados y reales.

4. Evaluar las ofertas con la lista de indicadores

7. FUENTES DE EVIDENCIA 1: Archivo/estadísticas/histórico

7.1. Antecedentes del municipio

Datos del municipio:

- Nombre de la localidad: Caso 1
- Provincia: Málaga
- Comunidad Autónoma: Andalucía
- Nº de habitantes (2016): 2.573
- Porcentaje de la población mayor de 65 años (%): 22,74
- Renta neta media declarada (€/2014): 10.061,18

Inventario (2012):

- Centros de mando: 4
- Relojes analógicos en cuadro:4
- Célula fotoeléctrica en cuadro:1
- Número Puntos de luz:350
- Número de Lámparas:366
- Potencia total instalada (W):45.045
- Consumo anual (kWh/año):310.931
- Coste anual (€/año):46.026,88
- Porcentaje respecto al consumo total del Ayuntamiento (%):42,47
- Porcentaje de lámparas de mercurio(%): 62
- Contaminación (t CO₂eq):124,37

Tipo	Cantidad	%
Vapor de mercurio. Potencia: 80 W	99	27,05
Vapor de mercurio. Potencia: 125 W	129	35,25
Vapor de sodio alta presión. Potencia: 150 W	135	36,89
Halogenuros metálicos. Potencia: 250 W	3	0,82
TOTAL	366	100

Inventario A.P. Municipio de Caso 1. Fuente POE Caso 1

Ratios:

- Potencia instalada por habitante (W/hab):17,51
- Puntos de luz por 1.000 habitantes (PL/1000 hab):141,08
- Potencia instalada por superficie de población (W/m²): 0,0014
- Facturación anual de electricidad por potencia instalada (€/kW): 102,27
- Consumo anual de electricidad por potencia instalada (kWh/kW)= 6.902,68
- Consumo anual de electricidad por habitante (Wh/hab): 120.843,76
- Superficie de viales asociada al cuadro (m²/cuadro): 22.590,25

7.2. Descripción de la actuación realizada

La actuación consiste en la sustitución de:

Resumen de las actuaciones necesarias	Unidades
Luminaria nueva clásica tipo Villa en calles y plazas del núcleo urbano	365
Grupos ópticos para instalar en luminaria existente clásicas tipo Fernandino en calles y plazas del núcleo urbano	40
Plafón techo para sustituir una luminaria tipo Villa colgada en el techo de un pasaje	1
Brazos de fundición de aluminio, de 60-70 cm de longitud	170
Columnas de fundición de 3,95 m de altura	71
Renovación de cuadro de alumbrado público	3

7.3. Características requeridas de las luminarias.
Memoria de actuación elaborada para la sustitución.
(técnicos económicos, medioambientales)

Ud Luminaria villa mod.BDP765+ mód.24LED-38 W.-3800 lum.-3000K+equipo reg. prog.s/m Dynad. -Completa.
S/instalación ni montaje.

Ud. de luminaria, tipo farol Villa, mod. BDP765-24LED OFR2 Road LUX-R 500mA o equivalente, fabricada con estructura, tapa superior y conexión a columna o brazo en fundición de aluminio, tornillería de acero inoxidable con remate superior y terminaciones decorativas de latón, protección equipo eléctrico IP54, placa portaequipos de aluminio galvanizado de 1,5 mm. Pintura polvo poliéster, previo tratamiento de fosfatación microcristalina, color negro al horno RAL 9005. Fuente de luz: Módulo de 24 LED 34 W. LUXEON R WW - 38 W a 500 mA, Flujo luminoso 3.800 lúmenes, Temperatura de Color LED Blanco cálido, 3000K. Vida útil 90.000 horas. Óptica: Distribución asimétrica longitudinal, cierre de policarbonato sellado IP66, FHS =0%. Marco y óptica de aluminio. Equipo auxiliar electrónico compacto individual, alimentación red 220-240 a.c. 50-60 Hz, Clase II, con regulación programable, modelo DydaDimmer Xitanium Prog. (DD27) para LED o equivalente. Consumo del sistema (bloque+equipo) 38 W. Marcado CE. Sin instalación ni montaje. Conjunto Probado y funcionando.

Ud Sustitución bloque óptico+lámp.+equ. en lum. exist. por mód.24LED-38 W.-3800 lum.-3000K+equipo reg. prog.s/m Dynad.-Completo.

Ud. de sustitución de bloque óptico, lámpara y equipo en punto de luz existente por: Módulo de 24 LED 34 W. LUXEON R WW - 38 W a 500 mA, Flujo luminoso 3.800 lúmenes, Temperatura de Color LED Blanco cálido, 3000K. Vida útil 90.000 horas. Óptica: Distribución asimétrica longitudinal, cierre de policarbonato sellado IP66, FHS =0%. Marco y óptica de aluminio. Equipo auxiliar electrónico compacto individual, alimentación red 220-240 a.c. 50-60 Hz, Clase II, con regulación programable, modelo DydaDimmer Xitanium Prog. (DD27) para LED o equivalente. Consumo del sistema (bloque+equipo) 38 W. Marcado CE. Incluido soporte para adaptación a la luminaria existente, desmontaje del bloque existente e instalación y montaje. Conjunto Probado y funcionando.

7.4. Pliego de características técnicas para la contratación

Características	Valores
Material	Fundición inyectada de aluminio
Grado de protección de la luminaria	IP65
Fuente de luz	Módulo LED
Vida útil de la luminaria	≥ 90.000 h
Existencia de elemento/s de disipación de calor en la fuente de	SI
Flujo luminoso de la fuente de luz	≥ 3800 lúmenes
Consumo del sistema (bloque+equipo)	≤ 38 W.
Temperatura de color	3.000 K (Blanco cálido)
Flujo hacia el Hemisferio Superior instalado de las luminarias (FHSInst)	≤ 1%
Óptica	Distribución asimétrica longitudinal, según requisitos fotométricos.
Grado de protección sistema óptico.	IP54
Protección contra sobreintensidades	Si
Protección contra sobretensiones	≥ 10 KV.
Equipo auxiliar	Electrónico Individual
Regulación	Programable autónoma para 5 niveles de flujo.

8. FUENTES DE EVIDENCIA 2: Documentos/Cálculos

Gastos de consumo primer año puesta en marcha:

Number of Public lighting Suply	Costs 2012 (€)	Costs 2015 (€)	Diferencia(€)
TOTAL (4)	46.026,88	23.816,54	- 22.210,34

Gastos/registros de mantenimiento primer año puesta en marcha:

Costs 2012 (€)	Costs 2015 (€)	Diferencia(€)
4.684,68	600,00	- 4.084,68

9. FUENTES DE EVIDENCIA 3: Entrevistas

	Nº	Fecha	Consentimiento grabación	Duración	Tipo de entrevista
Técnico municipal	1	Sept. 2015	-	30 minutos	Desestructurada
Personal político	1	Junio 2015	-	25 minutos	Desestructurada
	<p>Contenido. Se realizó una entrevista al técnico municipal, testigo de todo el proceso de selección y sustitución, para conocer su opinión, experiencia e impresiones al respecto. Indicó que no había detectado ninguna anomalía, dificultad, ni quejas en el periodo de selección de las ofertas, instalación y puesta en marcha.</p> <p>En su opinión, las luminarias elegidas, sin ser de excesiva calidad, le parecieron técnicamente correctas, sin tener nada concreto que añadir. Entrevistado el alcalde, se remite a las opiniones de sus técnicos y vecinos.</p>				
Personal de mantenimiento	1	Sept. 2015	-	45 minutos	Desestructurada
	<p>Contenido. Se entrevistó a uno de los electricistas municipales, con 20 años de antigüedad en el Ayuntamiento, encargado de resolver las incidencias que pudieran producirse en el funcionamiento diario de la instalación. El entrevistado ofreció su experiencia e impresión al respecto. En la fase de selección de las luminarias, el electricista no indicó nada remarcable. En la fase de ejecución recordó que al principio los vecinos protestaban (la falta de un adecuado alumbrado público puede convertir un paseo para los ciudadanos de un municipio en un auténtico reto, según Clark, Berry, Spence, 2010). Uno de los motivos de quejas fue que no se iluminaban las fachadas; de todas formas, las quejas no habían perdurado. También se produjo otro incidente, la desprogramación de los equipos en un circuito, que la empresa adjudicataria solucionó satisfactoriamente. Actualmente, en la fase de mantenimiento y garantía, indicó que no realizaba labores de mantenimiento, sólo atendía a las averías. En los últimos meses la instalación ha sufrido varios problemas: Algunos equipos de uno de los circuitos se han averiado debido a sobretensiones en la línea.</p> <ul style="list-style-type: none"> Algunos tornillos de las luminarias se han caído y varias han tenido que ser reparadas. <p>La empresa adjudicataria, según indicó, estaba colaborando e iba a analizar los equipos averiados. Además, estaba comprobando posibles alteraciones o fallos en la línea. Estas pequeñas reparaciones habían ocasionado unos gastos de, al menos, 600€.</p> <p>Su opinión personal sobre todo el proceso de sustitución, desde que comenzó hasta la actualidad, era buena pero consideraba que algunas calles estrechas estaban menos iluminadas y otras, como por ejemplo la Calle Circunvalación, tenían sombras.</p>				
Usuarios de la instalación	5	Jun-Sept. 2015	-	20 minutos	Desestructurada
Usuarios de la instalación	<p>La opinión vecinal se ha recogido en base a tres entrevistas realizadas a vecinos que vivían en el municipio. En general, la opinión no ha sido muy positiva. Han notado un cambio en el color de la luz, pero no pudieron asegurar si eso había redundado en una mayor calidad en la iluminación percibida. En la zona del casco histórico no existían quejas concretas, pero en las zonas alejadas del mismo, de carácter residencial, hay vecinos que se quejaron de percibir falta de iluminación en general cuando van caminando y franjas totalmente oscuras entre luminarias (Valentová, Quicheron, 2015), también indicaron problemas de luminancia y uniformidad en su estudio comparativo con LEDs. Al señalarles durante la entrevista que la medida había redundado en un ahorro de la factura eléctrica, los vecinos, en general, entendían que la actuación estaba justificada, pero preferirían que las condiciones de iluminación no hubiesen empeorado en algunas zonas.</p>				

10. FUENTES DE EVIDENCIA 4: Encuestas

No se realizaron en el caso prototipo

11. FUENTES DE EVIDENCIA5: Observación Directa

Se realizó observación directa en las noches en que se hicieron las mediciones, así como en los días en que se elaboró el inventario de alumbrado público y la toma de datos para la elaboración de la memoria.

	Nº visitas	Documentos elaborados
Inventario	2	Documentos escritos para la toma de datos, planos, fotografías.
Mediciones nivel iluminación	2	Mediciones, fotografías. *
Mediciones color de las fuentes de luz	2	Mediciones, fotografías Valor medio antes: CCT= 3500-4000 K; CRI=43-55 (Fuente Guía Técnica de Eficiencia Energética en iluminación. VM) Valor medio después: CCT=4.000 K; CRI= 76. No se dispone de medidor para comprobar estos valores, se incluyen los aportados por el fabricante.
Ejecución de la memoria	2	Comprobación de la ejecución de la memoria, informes técnicos, fotografías.

* En este caso, solo se realizaron después de la actuación, pero los investigadores que efectuaron las mediciones, antes y después, comprobaron que la renovación produjo un claro aumento de la cantidad de luz dispuesta sobre los viales.



Fotos tomadas durante las mediciones, después de las sustituciones (Junio-2015).

12. FUENTES DE EVIDENCIA6: Uso de Herramientas/Mediciones

12.1. Mediciones de consumo

Facturas de consumo eléctrico de la compañía eléctrica (Fuente: Endesa)

Number of Public lighting Suply	Power Consumption 2012 (kwh)	Power Consumption 2015 (kwh)	Diferencia (Kwh)
TOTAL (4)	310.931	156.222	-154.709

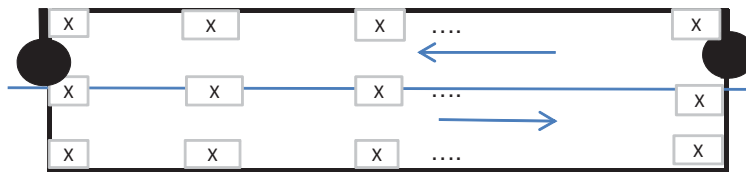
12.2. Mediciones lumínicas

Mediciones efectuadas con digital luxometer, Grossen model Mavolux 50328 USB, nº serie 174050.

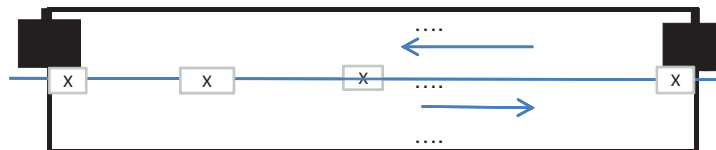
Análisis lumínico/energético de la instalación de alumbrado público (cálculos antes y después de una muestra de viales)

Mediciones	Medición 1		Medición 2			Medición 3		
	Tipo	P (W)	Origen luminaria	Tipo	P (w)	Origen luminaria	Tipo	P (w)
Avda. Juan XXIII	V.M.	80	Oferta 2	LED	30		LED	30
C/. Cantarrajana	V.M.	80	Oferta 2	LED	30		LED	30
C/. Saldaña	V.M.	125	Oferta 2	LED	30		LED	30
C/. Real	V.M.	80	Oferta 1	LED	38	Oferta 2	LED	30
C/. Fco. Herrera	V.M.	80	Oferta 1	LED	38	Oferta 2	LED	30

Clasificación de los viales	Tipo	Situación de proyecto	Clase de alumbrado	Em	Emin
Avda. Juan XXIII	D	D3-D4	S1	15,0-22,5	5
C/. Cantarrajana	E	E1	S2	10-15	3
C/. Saldaña	E	E1	S2	10-15	3
C/. Real	D	D3-D4	S1	15,0-22,5	5
C/. Fco. Herrera	D	D3-D4	S1	15,0-22,5	5



Juan XXIII Avenue	Meas. Number	Dates	Em	Emin	Uo
Height: 4 m.	39	mar-14	6,58	2,90	0,41
Road width: 5 m.	66	jan-15	14,47	5,00	0,34
Interdistance: 24 m.	39	jun-15	14,47	5,00	0,34



Cantarrajana St. (Pedestrian)	Meas. Number	Dates	Em	Emin	Uo
Height: 3 m.	12	mar-14	8,79	5,30	0,60
Road width: 2 m.	11	jan-15	60,82	35,00	0,58
Interdistance: 17 m.	11	jun-15	60,82	35,00	0,58
Saldaña St. (Pedestrian)	Meas. Number	Dates	Em	Emin	Uo
Height: 3 m.	15	mar-14	3,9	1,83	0,47
Road width: 3 m.	15	jan-15	45,23	20,00	0,44
Interdistance: 19 m.	15	jun-15	45,23	20,00	0,44
Real St.	Meas. Number	Dates	Em	Emin	Uo
Height: 3 m.	12	mar-14	4,69	1,19	0,25
Road width: 3 m.	12	jan-15	25,52	8,25	0,32
Interdistance: 19 m.	17	jun-15	30,36	3,90	0,14
Francisco Herrera Avenue	Meas. Number	Dates	Em	Emin	Uo
Height: 3 m.	11	mar-14	4,23	0,93	0,22
Road width: 3 m.	11	jan-15	27,42	12,00	0,44
Interdistance: 21 m.	17	jun-15	31,59	8,00	0,25

	Em (lx)	Emin (lx)	Uo	Eficiencia lámpara (lm/W)*	Fm**	Fu	s(m²x lx/W)	ε r	le	Calif. Ener.
Avda. Juan XXIII	6,58	2,90	0,41	60,00	0,47	0,33	9,87	6,26	1,58	A
	14,47	5,00	0,34	100,00	0,85	0,68	57,88	10,79	5,37	A
C/. Cantarrajana	8,79	5,30	0,60	60,00	0,47	0,12	3,74	8,03	0,47	E
	60,82	35,00	0,58	100,00	0,85	0,81	68,93	13,00	5,30	A
C/. Saldaña	3,9	1,83	0,47	60,00	0,47	0,06	1,78	5,00	0,36	False
	45,23	20,00	0,44	100,00	0,85	1,01	85,94	13,00	6,61	A
C/. Real	4,69	1,19	0,25	60,00	0,47	0,11	3,34	5,00	0,67	D
	30,36	3,90	0,14	100,00	0,85	0,68	57,68	13,00	4,44	A
C/. Francisco Herrera	4,23	0,93	0,22	60,00	0,47	0,11	3,33	5,00	0,67	D
	31,59	8,00	0,25	100,00	0,85	0,78	66,34	13,00	5,10	A

*En el caso de vapor de mercurio valor obtenido de la Guía Técnica de Eficiencia Energética en Iluminación, Alumbrado Público, del IDAE.

** El valor obtenido de la ITC-EA-06:

$$F_M = FDFL \times FSL \times FDLU$$

$$VM: 0,76 \times 0,76 \times 0,87 = 0,50$$

$$HM: 0,73 \times 0,88 \times 0,87 = 0,56$$

$$LED: 0,95 \times 1 \times 0,89 = 0,85$$

FDFL = factor de depreciación del flujo luminoso de la lámpara. Los factores de depreciación máximo admitido se indican en las tablas 1,2 y 3 de la ITC-EA-06. El factor de depreciación del flujo luminoso de lámparas tipo LED, no viene especificado en las mencionadas tablas debido a que esta normativa es anterior a la aplicación de este tipo de lámpara. Sin embargo, estudios recientes lo sitúan aproximadamente en valores situados entre el 0,95-0,99.

FSL = factor de supervivencia de la lámpara. Los factores de supervivencia máximos admitidos se indican en las tablas 1,2 y 3 de la ITC-EA-06. En el caso de las lámparas tipo led, la probabilidad de supervivencia aumenta respecto a las lámparas tradicionales. Además, teniendo en cuenta que en caso de un fallo total esta se cambiaría de modo inmediato, podemos considerar un valor igual a 1.

FDLU = factor de depreciación de la luminaria. Según criterio de la Guía Técnica de Aplicación EA-06, "de conformidad con los avances tecnológicos podrán adoptarse factores de depreciación del flujo luminoso de las fuentes de luz superiores a los establecidos en la tabla 1, de acuerdo con los datos proporcionados por los fabricantes". No obstante, El grado de protección del sistema óptico es IP 6x. Además de esto, hay que tener en cuenta, que el grado de contaminación es medio al tratarse de vías urbanas con intensidad de tráfico media.

El intervalo de limpieza de las luminarias se va a establecer en dos años, que es el periodo de tiempo medio de limpieza que se ha establecido en el municipio. Por tanto, el factor FDLU es 0.89.

En el Reglamento de Eficiencia Energética no se contempla el Factor de Mantenimiento aplicado a luminarias equipadas con fuentes de luz LED. Lo que si contempla es que dicho valor no pueda ser superior a 0,85.

13.RESULTADOS CASO 1 PROTOTIPO

13.1. Técnicos/Lumínicos

Los niveles de iluminación son mayores, saliéndose de los niveles exigidos en 4 de los 5 viales medidos, y las uniformidades son menores que las previamente instaladas en 4 de los 5 viales. La instalación solo ha dado un par de problemas eléctricos que con la garantía se han solucionado, pero han obligado al municipio a desembolsar 600 € el primer año.

13.2. Medioambientales

Los consumos han disminuido bastante, casi un 50%. La temperatura de color de las fuentes de luz que los dos ofertantes han presentado ha sido de 4000 K en lugar de 3000 K, como estaba requerido. La mesa de contratación aceptó esta modificación de la luminaria.

13.3. Sociales

Los vecinos no están muy satisfechos en general con la iluminación, pero si con los ahorros producidos.

13.4. Económicos. Retorno real de la inversión

Inversión inicial	Reducción consumo (kWh/año)	Reducción contaminación(tCO ₂ eq/año)	Ahorro (€/año)	Retorno de la inversión (años)
110.460,00€	154.709	61,88	21.610,34	5

13.5. Valoración con los indicadores

		1 casarabonela ver 1				Ofertantes		
		Caso 1						
Indicadores	Requirements	Values						Punt.
1	Coste de la luminaria	Price	420 € (luminaire)/ 289 € (Led Module)		1	420	386	2
2	Diseño de la luminaria (IP)	Luminaire Protecting Rate	IP65	Optical IP54	Luminaire M: Cast Alum Over \ ≥ 10 KV.	fund al, ip44	fund al, ip65, 10KV	
3	Eficacia o eficiencia luminica de la fuente de	Light Source	LED 100	Heat dit Yes	Over Load Pr Yes	87,57894737	100	
4	Espectro de emisión de la fuente de luz		no req pliego/memoria			no aporta	no aporta	
5	Luminancia/luminancia		no req pliego/si req memoria			no aporta	no aporta	
6	Factor de potencia del punto de luz		no req pliego/memoria			no aporta	no aporta	
7	Flujo luminoso emitido por una fuente de luz	Light Source Luminous F	≥ 3,800 lumens			4350	4000	1
8	Fotometría	Optic	Asymmetrical Distribution			si	si	
9	Fuente de luz/Instalación regulable	Driver (Gear Power)	Electronic/Individu Regulat 5 Steps Programmable Driver			si	si	
10	Horas de servicio/Ciclo de vida de la instalacion	Useful Life (Light Source)	≥ 90,000 h.			68000	90000	2
11	Indice de Reproducción Cromática (IRC)		no req pliego/memoria			no aporta	76	2
12	Porcentaje emision al hemisferio superior	Upward light output ratio	≥ 1%			no aporta	0,74	2
13	Potencia/intensidad de trabajo del punto de luz	System Power (driver + li	≤ 38 W.			38/500	30/350	2
14	Sostenibilidad de las materias primas		no req pliego/memoria			no aporta	no aporta	
15	Temperatura de color	Correlated Color Temper	3,000°K (Warm White) aceptan en la mesa 4000K			4000	4000	5

coincide con la eleccion del ayuntamiento

14. CONCLUSIONES CASO 1 PROTOTIPO

14.1. Valoración de indicadores

- La valoración de los indicadores puntúa al ofertante 2 y coincide con la decisión tomada por los técnicos municipales. El número de requerimientos de la oferta coincide con el listado de indicadores en un 12/17= 71%, por lo que valida la lista en ese porcentaje.
- El parámetro diseño se compone de varios ítems (6), de los que el Ayuntamiento sólo ha solicitado 3, no se sabe cómo valorar esto. Se pondrían ponderar todos con el mismo peso para dar el resultado.

14.2. Consideraciones.

- Estudiar el peso en la valoración de los indicadores, si ha de ser el mismo o no.
- Solo se ha valorado una luminaria y dos ofertantes. Si se aumentase el número de ofertantes, se dispondría de mayor grado de certeza y ayudaría a validar los resultados obtenidos.
- Todas las ofertas tienen regulación y la fotometría según requerimientos, por lo que siempre puntúa y estos parámetros nunca sirven para decidir.
- Al tratarse de una sustitución de luminarias, el Proyecto o Memoria Técnica incluyó los valores de los indicadores "Disposición de los puntos de luz" y "Superficie a iluminar" y todos los ofertantes asumieron lo que se había dispuesto.
- Aunque sean indicadores reglamentarios, si el pliego no los solicita expresamente, el fabricante puede no aportarlos y entonces, no puede ser evaluado.
- La Administración Pública, a igualdad de puntuación técnica, está obligada a escoger la de menor importe.
- Se valoran dos parámetros que son independientes pero opuestos en la valoración, el "Flujo luminoso de la fuente de luz" y la "Potencia del bloque óptico" por lo que, en la práctica, estos valores se anularían entre sí. También se añade el parámetro "Eficacia de la fuente de luz", que puede utilizarse junto con el de potencia para elegir el bloque óptico más eficiente y de menor consumo, por lo que el parámetro "Flujo" dejaría de tener peso en la valoración si el parámetro "Eficiencia de la fuente de luz" fuese requerido.

Anexo 9

<p>Caso 2. Protocolo de estudio: Renovación A.P. Caso 2, año 2016</p>
<p>1. DEFINICIÓN DELA PROPOSICIÓN OBJETO DE ESTUDIO ¿Cómo pueden los técnicos municipales identificar la mejor oferta de renovación del alumbrado público de entre las que se les presentan?</p> <p>PROPOSICIÓN OBJETO DEL ESTUDIO DEL CASO ¿Cómo ha sido el proceso de renovación de la instalación de alumbrado público?</p>
<p>2.INTRODUCCIÓN Y REVISIÓN DE LA LITERATURA</p> <p>Se realizó una búsqueda bibliográfica de publicaciones en las distintas bases de datos disponibles. Los recursos consultados fueron los siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none">• Web of Science• Science Direct Journals• Taylor & Francis On Line• Ebsco Online Research Database• Motor de búsqueda Jábega 2.0 (Universidad de Málaga) <p>Además, se ha consultados en internet:</p> <ul style="list-style-type: none">• Web del Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE)• Web del Comité Español de iluminación <p>Se consultaron publicaciones, monografías, tesis, presentaciones realizadas en conferencias, normativa, recomendaciones, etc. Algunas veces, se llegó a estas publicaciones por referencias de otras, o citas que se encontraron en textos. Se seleccionaron un total de 57 publicaciones en el año 2015 y, en una revisión en el año 2018, se añadieron 32, haciendo un total de 89.</p> <p>De estos 89 documentos, se realizó un análisis cualitativo de datos, de los que resultó un listado de 15 indicadores de valoración de una luminaria en el caso de una sustitución, que es el caso que nos ocupa.</p> <p>En concreto, del Caso 2, no se han encontrado documentos científicos, artículos, noticias o documentos oficiales que hablen del alumbrado público y Caso 2. La búsqueda de datos se ha realizado entre enero y diciembre de 2017. La documentación se ha recabado mediante visitas y estudio de documentación elaborada por el propio Ayuntamiento del Caso 2 y la Diputación de Málaga.</p>
<p>3. OBJETIVO DEL ESTUDIO DEL CASO</p> <p>El estudio de casos pretende analizar los métodos prácticos llevados a cabo por los técnicos municipales en la renovación de una parte de la instalación de alumbrado público en Caso 2 entre los meses de marzo y octubre del año 2016.</p> <p>Se ha elaborado el estudio desde varias perspectivas: técnica, medioambiental, económica y social.</p> <p>Se han comparado los indicadores técnicos exigidos en el pliego con los 15 indicadores identificados. Se han identificado porcentajes de concordancia entre ambas listas de indicadores y si realmente la elección de los técnicos fue la acertada, teniendo en cuenta todas las perspectivas.</p>
<p>4. MARCO TEÓRICO.</p> <p>El marco teórico es:</p> <ul style="list-style-type: none">▪ European Committee for Standardization. CEN/TR 13201-1 "Road Lighting Part 1: Selection of lighting classes".▪ European Committee for Standardization. EN 13201-2 "Road lighting - Part 2: Performance requirements".▪ European Committee for Standardization. EN 13201-3:2016. "Road Lighting – Part 3: Calculation of performance".

- European Committee for Standardization. EN 13201-5:2015. "Road Lighting – Part 5: Energy performance Indicators".
- International Commission on Illumination. CIE 126-1997 Guidelines for minimizing sky glow.
- Ministry of Energy, Tourism and the Digital Agenda, Instituto para la Diversificación y la Energía, Comité Español de Iluminación. Requerimientos técnicos exigibles para luminarias con tecnología Led, 2011.
- Ministry of Energy, Tourism and the Digital Agenda. Real Decreto 1890/2008, de 14 de noviembre, por el que se aprueba el Reglamento de Eficiencia Energética en Instalaciones de Alumbrado Exterior.
- Ministry of Presidency. Real Decreto 208/2005, de 25 de febrero, sobre aparatos eléctricos y electrónicos y la gestión de sus residuos incorpora al derecho nacional las Directivas europeas aprobadas en esta materia.
- Ministry of Science and Innovation. Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión.
- Ministry of Finance and Civil Service. Real Decreto legislativo 3/2011 de 14 de noviembre, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Contratos de las Administraciones Públicas.
- European Parliament. Commission Regulation (EC) No 245/2009 of 18 march 2009 implementing Directive 2005/32/EC of the European Parliament and of the Council with regard to ecodesign requirements for fluorescent lamps without integrated ballast, for high intensity discharge lamps, and for ballasts and luminaires able to operate such lamps, and repealing Directive 2000/55/EC of the European Parliament and of the Council.

5. SELECCIÓN DE CASOS

La elección de los casos puede realizarse en función de distintos criterios, en este caso ha sido, fundamentalmente, el criterio temporal.

Los casos se han elegido lo más tarde en el tiempo posible, debido a la novedad tecnológica que se ha estado produciendo desde el año 2013-2017 en el sector del alumbrado público, con la introducción de la tecnología LED y micro LED.

La limitación temporal del desarrollo propio del curso de doctorado, que no permite el estudio de un número infinito de casos, sobre todo si cada uno de ellos puede tener un recorrido de hasta 3 años.

Además del criterio temporal, se han elegido municipios con un número menor de 20.000 habitantes, comúnmente denominados "pequeños municipios", pues son estos los principales beneficiarios de las conclusiones de este estudio. Los municipios pequeños son los que suelen contar con menos recursos y disponen de menos personal técnico.

En el Caso 2, el municipio ha estado realizando diversas actuaciones de renovación del alumbrado público. La que se documenta en este caso es una renovación que tuvo lugar en el año 2016.

6. PROCEDIMIENTO

El procedimiento seguido fue:

1. Identificar en municipios que entre 2015-2018 vayan a renovar su alumbrado público.
2. Antes de la renovación:
 - Elaborar inventario del alumbrado del municipio o de la actuación.
 - Seguimiento del procedimiento de contratación.
 - Examen de las ofertas presentadas.
 - Medición de los niveles de iluminación en una muestra.
3. Después de la renovación:
 - Repetir la medición en la misma muestra.
 - Entrevista/Encuesta con técnico/s y políticos municipal/es.
 - Entrevista/Encuesta con personal de mantenimiento.
 - Entrevista/Encuesta con usuarios de la instalación
 - Elaboración de un estudio comparativo de consumos eléctricos y costes estimados y reales.
 - Calcular la inversión económica y su periodo de retorno (ROI) estimados y reales.

4. Evaluar las ofertas con la lista de indicadores

7. FUENTES DE EVIDENCIA 1: Archivo/estadísticas/histórico

7.1. Antecedentes del municipio

Datos del municipio (Fuentes Web del Ayuntamiento e Instituto de cartografía y Estadística, Junta de Andalucía):

- Nombre de la localidad: Caso 2
- Provincia: Málaga
- Comunidad Autónoma: Andalucía
- Nº de habitantes (2016): 1.710
- Porcentaje de la población mayor de 65 años (%): 24,15
- Renta neta media declarada (€/2014): 9.112,36

Inventario (Fuentes: Diputación de Málaga):

- Centros de mando: 17
- Relojes astronómicos en cuadro:17
- Célula fotoeléctrica en cuadro:1
- Número Puntos de luz:567
- Número de lámparas: 599 (563 VM 125 W, 19 VM 250 W, 4 VSAP 150 W,13 HM 400 W)
- Potencia total instalada (W):80.925
- Consumo anual (kWh/año): 354.451,5
- Coste anual (€/año): 49.623,21
- Porcentaje respecto al consumo total del Ayuntamiento (%):21
- Porcentaje de lámparas de mercurio(%): 97
- Contaminación (t CO₂eq):120,51

Tipo de Lámpara	Tipo Luminaria	Potencia (W)	Nº Lámparas
VAPOR MERCURIO/HALOGENUROS METÁLICOS	FAROL	125	563
VAPOR MERCURIO	FAROL	250	1
VAPOR MERCURIO	ASIMÉTRICA ABIERTA	250	7
VAPOR MERCURIO	ASIMÉTRICA CERRADA	250	11
VAPOR SODIO ALTA PRESION	ASIMÉTRICA CERRADA	150	4
HALOGENUROS METALICOS	PROYECTOR	400	13
Total			599

Ratios:

- Potencia instalada por habitante (W/hab):47,32
- Puntos de luz por 1.000 habitantes (PL/1000 hab):331,15
- Potencia instalada por superficie de población (W/m²): 0,0005
- Facturación anual de electricidad por potencia instalada (€/kW): 613,20
- Consumo anual de electricidad por potencia instalada (kWh/kW)= 4.380,00
- Consumo anual de electricidad por habitante (Wh/hab): 207.281,57
- Superficie de viales asociada al cuadro (m2/cuadro): 4.570,35

7.2. Descripción de la actuación realizada

Tabla resumen

PUNTOS DE LUZ EXISTENTES				ACTUACIONES PROPUESTAS				BALANCE	
Nº PL	Potencia lámpara + equipo auxiliar (W)	Potencia Total instalada (KW)	Consumo Energía Eléctrica (12h/día) (KWh/año)	Nº PL	Potencia lámpara + equipo auxiliar (W)	Potencia Total a instalar (KW)	Consumo Energía Eléctrica (10h/día) (KWh/año)	Reducción de la potencia instalada (KW)	Ahorro Energético (KWh/año)
72	139	10,01	43.835,04	72	42,00	3,02	11.037,60	6,98	32.797,44
25	139	3,48	15.220,50	25	42,00	1,05	3.832,50	2,43	11.388,00
97		13,46	59.055,54	97		4,07	14.670,10	9,41	44.185,44

7.3. Características requeridas de las luminarias

Memoria de actuación elaborada para la sustitución (técnicos económicos, medioambientales)

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
1	PUNTOS DE LUZ								
82AP116	Ud Luminaria farol tipo Villa mód.28 LED 35 W.-3700 lum.-3000K+equipo reg. prog. <u>Ud. Luminaria tipo farol Villa con tecnología LED</u> , formada por: Cuerpo: Fabricado en fundición inyectada de aluminio, pintado con color RAL, varillas de extrusión de aluminio capaz de pasar por el interior cable de 3x2,5 mm ² , tornillería de acero inoxidable, remate superior y terminaciones decorativas de latón. Grado de protección mínima de la luminaria IP65 e IK08. Fuente de luz: Módulo LED, máxima intensidad de funcionamiento 530mA. Temperatura de Color LED Blanco cálido, 3000K, I.R.C >70. Vida útil ?60.000 horas, mantenimiento de flujo luminoso L80. Óptica: Distribución asimétrica longitudinal, según requisitos fotométricos y geometría del vial. Con cierre transparente, sellado IP65. Flujo hemisférico superior instalado, FHSinst ?1%. Equipo auxiliar: Driver electrónico para módulo LED, regulable protocolo 1-10V; alimentación a red de 220-240V. a.c. 50-60 Hz, factor de potencia no menor de 0,9, protegido contra sobrintensidades y con protección contra sobretensiones de 10KV. Consumo máximo del sistema (bloque+equipo) 42 W. Eficiencia mínima de la luminaria 100 lum/W. Marcado CE. Conjunto probado y funcionando.								
Act001	EN BRAZO						72	72,00	
Act001	EN COLUMNA						25	25,00	
							97,00	418,17	40.562,49

7.4. Pliego de características técnicas para la contratación

Conforme a los criterios de valoración especificados en la Cláusula Séptima (Presentación de Ofertas y Documentación Administrativa), Apartado B), punto 2, del Pliego de Cláusulas Administrativas, el incremento de la Eficacia y Eficiencia Energética del conjunto se ha valorado teniendo en cuenta las características técnicas expuestas en la tabla siguiente:

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	REQUISITOS S/ MEMORIA
Vida útil mínima de la luminaria	60.000 h
Mantenimiento del flujo luminoso	L80
Grado de protección mínimo de la luminaria	IP65
Grado de protección mínimo del sistema óptico	IP65
Máxima intensidad de funcionamiento	530 mA
Eficiencia mínima de la luminaria	100 lm/W

Cada característica técnica se ha valorado de manera individual. Se otorga la máxima puntuación a la oferta con el mejor valor técnico y se distribuyen los puntos de manera lineal en el resto de las ofertas.

Se ha valorado con "0" puntos aquellas ofertas que cumplan los requisitos mínimos indicados en la tabla anterior y, por tanto, no aportan mejoras.

8. FUENTES DE EVIDENCIA 2: Documentos/Cálculos

Gastos de consumo primer año puesta en marcha.

Number of Public lighting Suply	Costs 2012 (€)	Costs 2015 (€)	Diferencia (€)
TOTAL (4)	7.262,15	1.660,89	- 5.601,26

Gastos/registros de mantenimiento primer año puesta en marcha

Costs 2012 (€)	Costs 2015 (€)	Diferencia (€)
7.262,15	1.660,89	-5.601,26

9. FUENTES DE EVIDENCIA 3: Entrevistas

	Nº	Fecha	Consentimiento grabación	Duración	Tipo de entrevista
Técnico municipal	1	18 Julio 2018	-	20 minutos	Desestructurada
Personal político-Secretario	1	18 Julio 2015	-	25 minutos	Desestructurada
	<p>Contenido. Se realizó una entrevista al técnico municipal, testigo de todo el proceso de selección y sustitución, para conocer su opinión, experiencia e impresiones al respecto. Indicó que no había detectado ninguna anomalía, dificultad, ni quejas en el periodo de selección de las ofertas, instalación y puesta en marcha. En su opinión, las luminarias le parecieron técnicamente correctas, sin tener nada concreto que añadir. Entrevistado el alcalde, indica que no se ha producido ningún problema en la instalación desde su puesta en marcha.</p>				
Personal de mantenimiento-electricista	1	Mayo 2018	-	35 minutos	Desestructurada
	<p>Contenido. Se entrevistó a uno de los electricistas municipales, con 5 años de antigüedad en</p>				

el Ayuntamiento, encargado de resolver las incidencias que pudieran producirse en el funcionamiento diario de la instalación. El entrevistado ofreció su experiencia e impresión al respecto. En la fase de selección de las luminarias, el electricista no indicó nada remarcable. En la fase de ejecución, mantenimiento y garantía, indicó que no se ha producido ningún problema en la instalación desde su puesta en marcha.

Su opinión personal sobre todo el proceso de sustitución, desde que comenzó hasta la actualidad, era buena.

10. FUENTES DE EVIDENCIA 4: Encuestas

encuestas: 30

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
1 La calle está más iluminada	4	4	4	5	4	5	5	5	5	5	3	3	5	3	5	3	5	4	4	4	3	5	4	2	4	4	4	4	2	3	2
2 El suelo de la calle brilla más	3	4	5	5	2	4	4	4	3	2	1	1	5	3	5	3	2	2	3	5	4	3	3	3	4	5	4	2	1	2	
3 La luz es más cálida que antes	5	4	5	5	4	5	5	5	5	3	4	4	5	5	5	4	2	4	4	4	3	3	2	4	3	4	3	2	3	2	
4 El color de los objetos	4	4	4	3	4	4	4	4	4	3	3	3	5	5	5	4	2	3	3	4	2	3	2	4	4	4	4	1	3	1	
5 Se ve diferencia de luz de día	5	3	5	5	5	5	5	4	5	3	5	5	5	5	5	2	5	4	5	4	4	4	5	5	5	5	4	2	4	1	
6 Existen zonas de sombra en	5	4	5	5	3	4	4	4	4	3	2	2	5	2	2	5	3	2	2	3	4	4	4	3	4	3	4	5	1	1	1
7 El brillo de la luz me da en los	5	2	4	1	5	2	2	4	5	3	1	5	3	5	3	2	1	4	5	3	1	3	4	5	3	1	1	2	2		
8 Distingo antes y mejor los ob	5	4	5	5	3	5	4	4	4	2	3	3	3	5	4	5	4	2	3	4	5	2	2	4	4	4	4	2	4	2	
9 Parece luz natural	4	4	3	5	5	5	5	4	5	3	2	5	4	5	4	2	5	4	5	4	5	2	3	3	3	5	4	2	4	2	
10 Me da sensación de seguridad en	4	4	5	4	5	5	5	5	4	2	2	2	5	4	5	4	3	4	3	5	2	3	2	5	4	5	3	2	3	2	
11 Me da sensación de seguridad de	4	4	4	5	4	4	4	4	4	2	4	3	2	5	4	5	4	3	4	4	5	2	3	3	3	4	5	3	2	4	2
12 Me resulta agradable y me ha	5	4	5	4	3	5	5	5	5	2	3	2	5	4	5	4	5	2	3	3	3	3	3	3	4	5	3	2	3	2	
13 Edad	<30	31-40	<30	31-40	>60	<30	31-40	31-40	31-40	31-40	<30	31-40	31-40	31-40	>60	<30	<30	31-40	31-40	31-40	31-40	31-40	31-40	31-40	31-40	31-40	31-40	31-40	31-40	31-40	
14 Sexo	m	m	m	h	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	
15 Reside en municipio	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	
16 Reside en la calle	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	

	1	2	3	4	5	SUMA de puntuac	PT	PT media	min	max	%	rango	Intq	
1	0	3	5	13	9	30	118	3,93	30	150	0,7867	Q4	120	24
2	3	6	8	7	6	30	97	3,23	30	150	0,6467	Q3	120	24
3	0	4	6	10	10	30	116	3,87	30	150	0,7733	Q4	120	24
4	2	3	7	13	3	28	96	3,43	28	140	0,6837	Q4	112	22,4
5	1	2	3	7	14	27	112	4,15	27	135	0,8296	Q4	108	21,6
6	3	6	6	9	6	30	99	3,30	30	150	0,66	Q3	120	24
7	5	6	6	4	7	28	86	3,07	28	140	0,6143	Q3	112	22,4
8	0	6	4	12	7	29	107	3,69	29	145	0,7379	Q4	116	23,2
9	0	6	5	8	10	29	109	3,76	29	145	0,7517	Q4	116	23,2
10	0	7	5	7	7	26	92	3,54	26	130	0,7077	Q4	104	20,8
11	0	5	6	14	5	30	109	3,63	30	150	0,7387	Q4	120	24
12	0	6	8	4	11	29	107	3,69	29	145	0,7379	Q4	116	23,2

48 rango QL
% longitud de cada cuartil

Como puede observarse, la media de los encuestados (30) se sitúa en la respuesta de acuerdo (QL4) y la media por enunciados también. El mayor grado de acuerdo se produce en todos los enunciados (QL4) excepto en los enunciados 6 y 7 donde se presenta el menor grado de acuerdo (QL3).

- Resultados estadísticos:
- 70% 31-60 años, 20% <30 años y 10% >60 años
- 90% Mujeres
- 97% viven en el municipio
- 73% viven en la misma calle

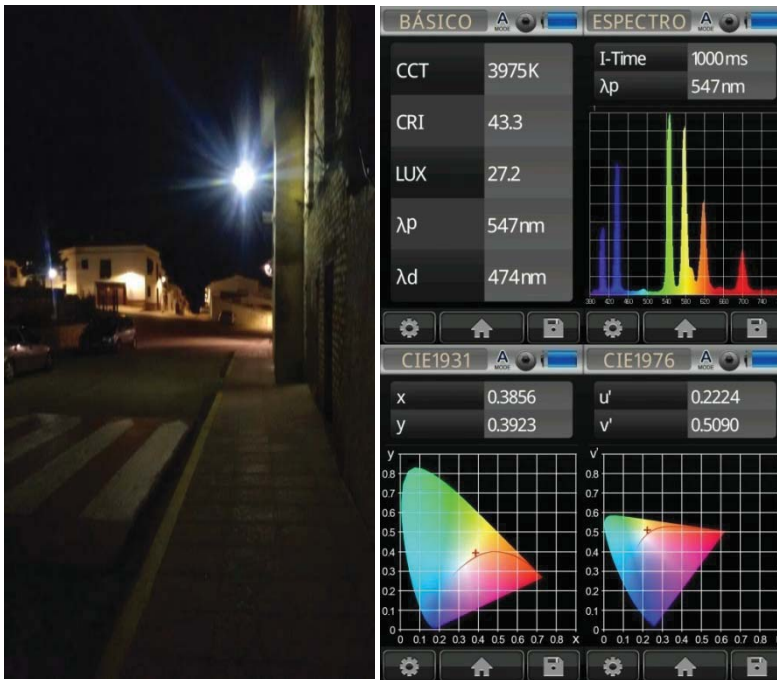
11. FUENTES DE EVIDENCIA 5: Observación Directa

Se realizó observación directa en las noches en que se hicieron las mediciones, así como en los días en que se elaboró el inventario de alumbrado público y la toma de datos para la elaboración de la memoria.

	Nº visitas	Documentos elaborados
Inventario	2	Documentos escritos para la toma de datos, planos, fotos
Mediciones nivel iluminación	2	Mediciones, fotografías
Mediciones color de las fuentes de luz*	2	Mediciones, fotografías Valor medio antes (7.9.2016): CCT= 3765 K; CRI=55,15 Valor medio después (16.11.2016): CCT=3148 K; CRI= 80,14
Ejecución de la memoria	2	Comprobación de la ejecución de la memoria, informes técnicos, fotografías.

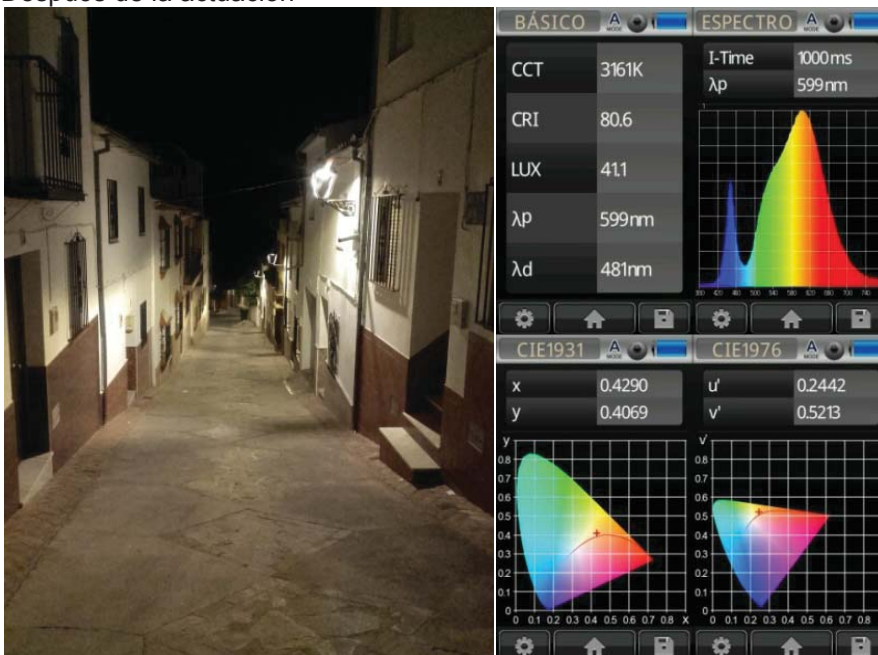
* Mediciones efectuadas con el medidor de luz, UPRtek model MK350S, nº de serie: B13M0166

Fotografías tomadas antes de las actuación



Fotos antes de la medición: (7.9.2016)

Después de la actuación



Fotos tomadas durante las mediciones (16.11.2016)

12. FUENTES DE EVIDENCIA 6: Uso de Herramientas/Mediciones

12.1. Mediciones de consumo

Facturas de consumo eléctrico de la compañía eléctrica (Fuente: Endesa)

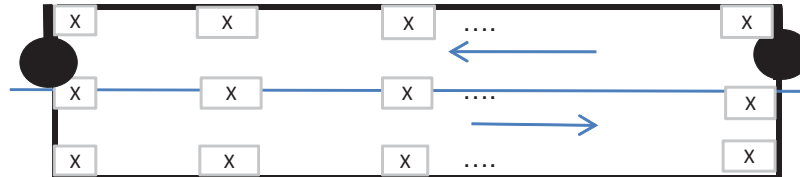
Number of Public lighting Supply	Power Consumption 2014-15 (kWh)	Power Consumption 2015 (kWh)	Diferencia (kWh)
TOTAL (4)	57.399	54.717	-2.682

12.2. Mediciones lumínicas

Mediciones efectuadas con digital luxometer, Gossen modelo Mavolux 50328 USB, nº serie 174050.

Análisis lumínico/energético de la instalación de alumbrado público (cálculos antes y después de una muestra de viales)

Mediciones y Clasificación de los viales	Medición 1 (7.9.2016)		Medición 2 (16.11.2016)		Tipo	Situación de proyecto	Clase de alumbrado	Em	Emin
	Tipo	P (W)	Tipo	P (W)					
Calle Barrio Bajo	V.M.	125	LED	42	D	D3-D4	S1-S3	5-22,5	1-5
C/. Nueva	H.M.	125	LED	42	D	D3-D4	S1-S3	5-22,5	1-5
C/. Padre Jesús	V.M.	80	LED	42	D	D3-D4	S1-S3	5-22,5	1-5



	7,9,2016	16,11,20	7,9,2016	16,11,2016	7,9,2016	16,11,2016
	calle Barrio Bajo	calle Nueva		calle Padre Jesus		
p1	12,3	55	27,5	17,2	17,5	40,2
p2	11,6	53,2	35	33,8	19,25	33,5
p3	10,8	33	34,6	35	13,4	38,7
p4	7,6	32,2	17,9	20,8	4,9	8,17
p5	7,4	26,6	21,5	23,1	4,1	11,8
p6	5,7	27	22,8	20,1	2,9	13,5
p7	5,6	20,5	9,4	15,2	1,96	5,18
p8	5,7	28,6	11,25	17,5	2	5,73
p9	4,8	19,9	13,9	19,3	1,7	4,73
p10	9,75	26,4	16,2	19,4	4,4	12,63
p11	10,9	31,7	23,3	24,2	4,3	12,45
p12	9,2	31,7	16,7	20,5	4,7	7,47
p13	11,5	37,5	36,5	23,2	10,8	37
p14	22	57,2	44,7	40,3	10,03	32,6
p15	19,7	29,9 ↑	33,3	39,2 ↑	13,5	41,8 ↑
Em	10,30	34,03 ↑	24,30	24,59 ↑	7,70	20,36 ↑
Uo	0,47	0,58 ↑	0,39	0,62 ↑	0,22	0,23 ↑

	Em (lx)	Emin (lx)	Uo	Eficiencia lámpara (lm/W)*	Fm**	Fu	$\epsilon(m^2 \times lx/W)$	ϵr	le	Calif. Ener.
Calle Barrio Bajo	10,30	4,80	0,47	60,00	0,50	0,13	6,59	9,12	0,72	D
	34,03	19,90	0,58	100,00	0,85	0,76	64,82	13,00	4,99	A
C/. Nueva	24,3	9,40	0,39	90,00	0,56	0,18	13,39	13,00	1,03	B
	24,59	15,20	0,62	100,00	0,85	0,47	40,33	13,00	3,10	A
C/. Padre Jesús	7,70	1,7	0,22	60,00	0,50	0,11	5,49	7,16	0,77	C
	20,36	4,73	0,23	100,00	0,85	1,09	92,96	13,00	7,15	A

* En el caso de vapor de mercurio, valor obtenido de la Guía Técnica de Eficiencia Energética en Iluminación, Alumbrado Público, del IDAE.

** El valor obtenido de la ITC-EA-06:

$$F_M = F_{DFL} \times F_{SL} \times F_{DLU}$$

$$VM: 0,76 \times 0,76 \times 0,87 = 0,50$$

$$HM: 0,73 \times 0,88 \times 0,87 = 0,56$$

$$LED: 0,95 \times 1 \times 0,89 = 0,85$$

FDL = factor de depreciación del flujo luminoso de la lámpara. Los factores de depreciación máximo admitido se indican en las tablas 1,2 y 3 de la ITC-EA-06. El factor de depreciación del flujo luminoso de lámparas tipo LED, no viene especificado en las mencionadas tablas debido a que esta normativa es anterior a la aplicación de este tipo de lámpara. Sin embargo, estudios recientes lo sitúan aproximadamente en valores situados entre el 0,95-0,99.

FSL = factor de supervivencia de la lámpara. Los factores de supervivencia máximos admitidos se indican en las tablas 1,2 y 3 de la ITC-EA-06. En el caso de las lámparas tipo led la probabilidad de supervivencia aumenta respecto a las lámparas tradicionales. Además, teniendo en cuenta que en caso de un fallo total esta se cambiaría de modo inmediato, podemos considerar un valor igual a 1.

FDLU = factor de depreciación de la luminaria. Según criterio de la Guía Técnica de Aplicación EA-06, "de conformidad con los avances tecnológicos podrán adoptarse factores de depreciación del flujo luminoso de las fuentes de luz superiores a los establecidos en la tabla 1, de acuerdo con los datos proporcionados por los fabricantes". No obstante, El grado de protección del sistema óptico es IP 6x. Además de esto, hay que tener en cuenta que el grado de contaminación es medio al tratarse de vías urbanas con intensidad de tráfico media.

El intervalo de limpieza de las luminarias se va a establecer en dos años, que es el periodo de tiempo medio de limpieza que se ha establecido en el municipio. Por tanto, el factor FDLU es 0.89.

En el Reglamento de Eficiencia Energética no se contempla el Factor de Mantenimiento aplicado a luminarias equipadas con fuentes de luz LED. Lo que sí contempla es que dicho valor no pueda ser superior a 0,85.

13.RESULTADOS

13.1. Técnicos/Lumínicos

Los niveles de iluminación son mayores y superan a los niveles establecidos en 2 de los 3 viales medidos, y la uniformidad son mejores en todos los viales. La instalación no ha dado problemas hasta la fecha del estudio, octubre 2018.

13.2. Medioambientales

Los consumos han disminuido un 5% en los cuadros estudiados. Hay que tener en cuenta que las sustituciones solo se realizaron en parte de las luminarias de los cuadros, no se sustituyeron cuadros completos.

13.3. Sociales.

Los vecinos encuestados se han mostrado, en su mayoría, de acuerdo (QL4) en las respuestas al cuestionario realizado, mostrándose en menos acuerdo en los enunciados:

- El suelo de la calle brilla más que antes (QL3)
- Existen zonas de sombras en la calle (QL3)
- El brillo de la luz me da en los ojos cuando miro la calle (QL3)

13.4. Económicos. Retorno real de la inversión

Inversión inicial (SOLO LUMINARIAS)	Reducción consumo (kWh/año)	Reducción contaminación(tCO ₂ eq/año)	Ahorro (€/año)	Retorno de la inversión (años)
40.562,49€	2.682	1,073	5.601,26-	7

13.5. Valoración con los indicadores

Indicadores	Caso 2		Ofertantes								Punt.
	Requirements	824	1	2	3	4	5	6	7	8	
1 Coste de la luminaria		824	714	714	714	824	714	695,65	714	714	6
2 Diseño de la luminaria (IP)				Aluminio inyectado, protector vidrio plano o PC, dimensiones, I66, IK08	Aluminio inyectado, protector vidrio plano o PC, dimensiones, I66, IK08		Fund inyectada alum, cierre vidrio transparente, varillas de extrusionde aluminio, tornilleria acero inox.,	Aluminio inyectado, protector aluminio, I66, IK08	inyectada de aluminio, I66, IK08	Fundición inyectada de aluminio, no aporta Ip,IK	
3 Eficacia o eficiencia lumínica de la fuente de luz/instalación		fundición inyectada de al, I66, IK08 10 kV									
4 Espectro de emisión de la fuente de luz		100	120	128-137	128-137	100-110	110	128-137	106	120	2,3,6
5 Luminancia/Iluminancia		no req pliego/no req memori	440			600		450			4
6 Factor de potencia del punto de luz		no req pliego/no req memori >0,9	no aporta 0,97	si aporta 0,95	no aporta 0,95	si aporta 0,95	si aporta 0,98	si aporta 0,96	si aporta 0,9	si aporta 0,95	2,4,5,6,7,8
7 Flujo luminoso emitido por una fuente de luz		no req pliego/no req memori	3013	3600/4800	3600/4800	2820/3960	3302	3600/4800		2940	2,3,6
8 Fotometria		asim long	Asimétrica	Asimétrica	Asimétrica	Asimétrica	Asimétrica	Asimétrica	Asimétrica	Asimétrica	
9 Fuente de luz/Instalación regulable		1-10 dali		8 niveles	8 niveles	8 niveles	1-10	8 niveles	1-10	10 niveles	
10 Horas de servicio/Ciclo de vida de la instalacion		L80B10 60.000		L90 100000	L90 100000	L70B10 (100000)	L80 (80000)	L90 100000	L80 60000	L8B10100000	2,3,6
11 Índice de Reproducción Cromática (IRC)		>70	81	80	80	>70	>80	80	84,2	80	7
12 Porcentaje emision al hemisferio superior		<1%	< 0,1%	0%	0%	0%	0,38	0	0%	0,1%	2,3,4,6,7
13 Potencia/Intensidad de trabajo del punto de luz		42/530mA	25/530	28/36/350	28/36/350	28/36/250/350	35/530	28/36/250/350	37/530	25/530	2,3,6
14 Sostenibilidad de las materias primas		no req pliego/no req memori	no aporta	si aporta 3000	no aporta 3000	si aporta 3000	no aporta	si aporta 3000	no aporta 3000	si aporta 2900	8
15 Temperatura de color		3000K	3017								

0 6 5 3 2 7 3 2

coincide con la eleccion del ayuntamiento si

No aporta requerimientos del pliego, por lo tanto se elimina

14. CONCLUSIONES CASO 2

14.1. Valoración de indicadores

La valoración de los indicadores puntúa al ofertante 4 y coincide con la decisión tomada por los técnicos municipales. El número de requerimientos de la oferta coincide con el listado de indicadores en un $13/17=76\%$, por lo que valida la lista en ese porcentaje.

El parámetro "diseño" se compone de varios ítems (6), de los que el Ayuntamiento solo ha solicitado 2, no se sabe cómo valorar esto, se pondrían ponderar todos con el mismo peso para el resultado.

14.2. Consideraciones

- Estudiar el peso en la valoración de los indicadores, si ha de ser el mismo o no.
- Se ha valorado una luminaria y múltiples ofertantes (8). Se aumenta el número de ambos, disponiéndose de mayor grado de certeza, que ayuda a validar los resultados obtenidos.
- Todas las ofertas tienen la fotometría según requerimientos, por lo que siempre puntúa y nunca sirve para decidir. Algunos ofertantes han indicado la longitud de onda mínima, lo que sirve para una valoración inicial del parámetro "espectro".
- Al tratarse de una sustitución de luminarias, el Proyecto o Memoria Técnica incluyó los valores de los indicadores "Disposición de los puntos de luz" y "Superficie a iluminar" y todos los ofertantes asumieron lo que se había dispuesto.
- Aunque sean indicadores reglamentarios, si el pliego no los solicita expresamente, el fabricante puede no aportarlos, y entonces no puede ser evaluado.
- La Administración Pública, a igualdad de puntuación técnica, está obligada a escoger la de menor importe.
- Se valoran dos parámetros que son independientes pero opuestos en la valoración, el "Flujo luminoso de la fuente de luz" y la "Potencia del bloque óptico", por lo que, en la práctica, estos valores se anularán entre sí. También se añade el parámetro "Eficacia de la fuente de luz", que puede utilizarse, junto con el de potencia, para elegir el bloque óptico más eficiente y de menor consumo, por lo que el parámetro "Flujo" dejaría de tener peso en la valoración si el parámetro "Eficiencia de la fuente de luz" fuese requerido.

Anexo 10

<p>Caso 3. Protocolo de estudio: Renovación A.P. Caso 3, año 2016-2017</p>
<p>1. DEFINICIÓN DELA PROPOSICIÓN OBJETO DE ESTUDIO ¿Cómo pueden los técnicos municipales identificar la mejor oferta de renovación del alumbrado público de entre las que se les presentan?</p> <p>PROPOSICIÓN OBJETO DEL ESTUDIO DEL CASO ¿Cómo ha sido el proceso de renovación de la instalación de alumbrado público?</p>
<p>2.INTRODUCCIÓN Y REVISIÓN DE LA LITERATURA</p> <p>Se realizó una búsqueda bibliográfica de publicaciones en las distintas bases de datos disponibles. Los recursos consultados fueron los siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none">• Web of Science• Science Direct Journals• Taylor & Francis On Line• Ebsco Online Research Database• Motor de búsqueda Jábega 2.0 (Universidad de Málaga) <p>Además, se ha consultados en internet:</p> <ul style="list-style-type: none">• Web del Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE)• Web del Comité Español de iluminación <p>Se consultaron publicaciones, monografías, tesis, presentaciones realizadas en conferencias, normativa, recomendaciones, etc. Algunas veces, se llegó a estas publicaciones por referencias de otras, o citas que se encontraron en textos. Se seleccionaron un total de 57 publicaciones en el año 2015 y, en una revisión en el año 2018, se añadieron 32, haciendo un total de 89.</p> <p>De estos 89 documentos, se realizó un análisis cualitativo de datos, de los que resultó un listado de 15 indicadores de valoración de una luminaria en el caso de una sustitución, que es el caso que nos ocupa. El caso se sitúa en uno de los polígonos industriales de Caso 3, donde se ha realizado una sustitución de luminarias, no se ha colocado ninguna nueva.</p> <p>En concreto, del Caso 3 no se han encontrado documentos científicos, artículos, noticias o documentos oficiales que hablen del alumbrado público del polígono industrial. La búsqueda de datos se realizó entre enero y diciembre de 2017. La documentación se ha recabado mediante visitas y estudio de documentación elaborada por el propio Ayuntamiento del Caso 3 y la Diputación de Málaga.</p>
<p>3. OBJETIVO DEL ESTUDIO DEL CASO</p> <p>El estudio de casos pretende analizar los métodos prácticos llevados a cabo por los técnicos municipales en la renovación de una parte de la instalación de alumbrado público en el polígono Industrial Comarcal en el municipio Caso 3 entre los meses de junio de 2016 y agosto del año 2017.</p> <p>Se ha elaborado el estudio desde varias perspectivas: técnica, medioambiental, económica y social.</p> <p>Se han comparado los indicadores técnicos exigidos en el pliego con los 15 indicadores identificados. Se han identificado porcentajes de concordancia entre ambas listas de indicadores, y si realmente la elección de los técnicos fue la acertada, teniendo en cuenta todas las perspectivas.</p>
<p>4. MARCO TEÓRICO.</p> <p>El marco teórico es:</p> <ul style="list-style-type: none">▪ European Committee for Standardization. CEN/TR 13201-1 "Road Lighting Part 1: Selection of lighting classes".▪ European Committee for Standardization. EN 13201-2 "Road lighting - Part 2: Performance requirements".▪ European Committee for Standardization. EN 13201-3:2016. "Road Lighting – Part 3: Calculation of performance".▪ European Committee for Standardization. EN 13201-5:2015. "Road Lighting – Part 5: Energy performance Indicators".▪ International Commission on Illumination. CIE 126-1997 Guidelines for minimizing sky glow.▪ Ministry of Energy, Tourism and the Digital Agenda, Instituto para la Diversificación y la Energía, Comité

- Español de Iluminación. Requerimientos técnicos exigibles para luminarias con tecnología Led, 2011.
- Ministry of Energy, Tourism and the Digital Agenda. Real Decreto 1890/2008, de 14 de noviembre, por el que se aprueba el Reglamento de Eficiencia Energética en Instalaciones de Alumbrado Exterior.
 - Ministry of Presidency. Real Decreto 208/2005, de 25 de febrero, sobre aparatos eléctricos y electrónicos y la gestión de sus residuos incorpora al derecho nacional las Directivas europeas aprobadas en esta materia.
 - Ministry of Science and Innovation. Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión.
 - Ministry of Finance and Civil Service. Real Decreto legislativo 3/2011 de 14 de noviembre, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Contratos de las Administraciones Públicas.
 - European Parliament. Commission Regulation (EC) No 245/2009 of 18 march 2009 implementing Directive 2005/32/EC of the European Parliament and of the Council with regard to ecodesign requirements for fluorescent lamps without integrated ballast, for high intensity discharge lamps, and for ballasts and luminaires able to operate such lamps, and repealing Directive 2000/55/EC of the European Parliament and of the Council.

5. SELECCIÓN DE CASOS

La elección de los casos puede realizarse en función de distintos criterios, en este caso ha sido fundamentalmente el criterio temporal.

Los casos se han elegido lo más tarde en el tiempo posible, debido a la novedad tecnológica que se ha estado produciendo desde el año 2013-2017 en el sector del alumbrado público, debido a la introducción de la tecnología LED y micro LED

La limitación temporal del desarrollo propio del curso de doctorado, que no permite el estudio de un número infinito de casos, sobre todo si cada uno de ellos puede tener un recorrido de hasta 3 años.

Además del criterio temporal, se han elegido municipios con un número menor de 20.000 habitantes, comúnmente denominados "pequeños municipios", pues son estos los principales beneficiarios de las conclusiones de este estudio. Los municipios pequeños son los que suelen contar con menos recursos y disponen de menos personal técnico.

En el caso de Caso 3, el municipio ha estado realizando diversas actuaciones de renovación del alumbrado público. La que se documenta en este caso es una renovación que tuvo lugar entre los meses de junio y septiembredel año 2017.

6. PROCEDIMIENTO

El procedimiento a seguir fue:

1. Identificar municipios que entre 2015-2018 vayan a renovar su alumbrado público.
2. Antes de la renovación:
 - Elaborar inventario del alumbrado del municipio o de la actuación.
 - Seguimiento del procedimiento de contratación.
 - Examen de las ofertas presentadas.
 - Medición de los niveles de iluminación en una muestra.
3. Después de la renovación:
 - Repetir la medición en la misma muestra.
 - Entrevista/Encuesta con técnico/s y políticos municipal/es.
 - Entrevista/Encuesta con personal de mantenimiento.
 - Entrevista/Encuesta con usuarios de la instalación
 - Elaboración de un estudio comparativo de consumos eléctricos y costes.
 - Calcular la inversión económica y su periodo de retorno (ROI).
4. Evaluar las ofertas con la lista de indicadores.

7. FUENTES DE EVIDENCIA 1: Archivo/estadísticas/histórico

7.1. Antecedentes del municipio.

Datos del municipio (Fuentes Web del Ayuntamiento e Instituto de cartografía y Estadística, Junta de Andalucía):

- Nombre de la localidad: Caso 3
- Provincia: Málaga
- Comunidad Autónoma: Andalucía
- Nº de habitantes (2016): 3.385
- Porcentaje de la población mayor de 65 años (%): 19,85
- Renta neta media declarada (€/2014): 9.676,66

Inventario (Fuentes: Diputación de Málaga):

- Centros de mando: 15
- Relojes astronómicos en cuadro: 6
- Célula fotoeléctrica en cuadro: 15
- Número Puntos de luz: 966
- Número de Lámparas: 966
- Potencia total instalada (W): 119.094,00
- Consumo anual (kWh/año): 521.631,72
- Coste anual (€/año): 73.028,44
- Porcentaje respecto al consumo total del Ayuntamiento (%): 40,18
- Porcentaje de lámparas de mercurio(%): 23,91
- Contaminación (t CO₂eq/año):177,35

Inventario de los puntos de luz:

COLMENAR	TIPO DE LUMINARIA	TIPO DE LÁMPARA	POTENCIA LÁMPARA +EQUIPO AUXILIAR(W)	UDS.	POTENCIA TOTAL (W)
NUCLEO URBANO	Villa	HM-100 W	116	140	16.240,00
	Femandina	HM-100 W	116	336	38.976,00
	Vial (10 m)	HM-100 W	116	206	23.896,00
	Real (ROSS)	HM-100 W	116	50	5.800,00
URBANIZACIÓN EL JARAL	Villa	VM-125 W	139	12	1.668,00
URBANIZACIÓN SECTOR PPR4 1A Y 2A	Villa	VM-125 W	139	32	4.448,00
	Villa	VM-125 W	139	105	14.595,00
URBANIZACIONES LOMAS DEL OLIVAR Y V. DE LA CANDELARIA	Esférica	VM-250 W	277	9	2.493,00
	Esférica	VSAP-250 W	277	1	277,00
	Proyector	VSAP-250 W	277	2	554,00
CHORROPINO CM-008-B	Villa	VM-125 W	139	17	2.363,00
URBANIZACIÓN PPR6-A	Villa	VM-125 W	139	28	3.892,00
PEDANÍA DE CHUPAVIENTOS	Villa	VM-125 W	139	9	1.251,00
PEDANÍA DE VENTA PINES	Villa	VM-125 W	139	5	695,00
PEDANÍA DE SOLANO	Villa	VM-125 W	139	14	1.946,00
TOTAL				966	119.094,00

Fuente: Ayuntamiento de Colmenar.

RATIOS DEL ALUMBRADO EXTERIOR

Número de habitantes del municipio	3.385,00	hab
Número de puntos de luz	966,00	PL
Potencia instalada por habitante	35,18	W/hab
Puntos de luz por 1.000 habitantes	285,38	PL/1000 hab
Potencia instalada por superficie de población	0,001	W/m ²
Facturación anual de electricidad por potencia instalada	613,22	€/kW
Consumo anual de electricidad por potencia instalada	4.380,15	kWh/kW
Consumo anual de electricidad por habitante	154.100,95	Wh/hab
Superficie de viales asociada al cuadro	17.102,58	M ² /cuadro

7.2. Descripción de la actuación realizada

Memoria de actuación elaborada para la sustitución.

De este modo, la actuación comprenderá la instalación de 64 luminarias en el Polígono Industrial Comarcal y de 112 luminarias en el Polígono Industrial Virgen de la Candelaria. En ambos casos del tipo viario, con módulos de Led con equipos con regulación programable, sobre columnas o brazos existentes.

2. Colocación de un cartel identificativo en el Polígono Industrial Virgen de la Candelaria, visible desde la carretera A-356.
3. Mejora del suministro eléctrico a la depuradora en el polígono Industrial Comarcal, con objeto de reducir los costes energéticos, mediante la realización de una instalación fotovoltaica.

7.3. Características requeridas de las luminarias.

Memoria de actuación elaborada para la sustitución.

(técnicos económicos, medioambientales)

03.01	Ud Lumin.tipo viario con mód.LED 55 W-5500 lum. 4000K-Opt. Asim. long.IP66+equipo regulable prog.s/m 5 niveles. Sobret. 10 KV.	64,00		
	Ud. de Luminaria tipo viario con tecnología LED, formada por: Cuerpo: Fabricado en fundición inyectada de aluminio, pintado con color RAL, con fijación horizontal o vertical de varios diámetros diferentes, que permita la regulación de la inclinación. Grado de protección mínima de la tapa del equipo eléctrico y de la tapa del grupo óptico IP66 e IK08. Fuente de luz: Módulo LED, máxima intensidad de funcionamiento 530mA. Temperatura de Color LED Blanco neutro, 4000K, I.R.C >70. Vida útil >=100.000 horas, mantenimiento de flujo luminoso L70. Óptica: Distribución asimétrica longitudinal, según requisitos fotométricos. Cierre transparente, sellado IP66. Flujo hemisférico superior instalado, FH-Sinst <= 1%. Equipo auxiliar: Electrónico individual para módulo LED con regulación programable autónoma para 5 niveles de flujo. Alimentación a red de 220-240V. a.c. 50-60 Hz, factor de potencia no menor de 0,9, protección contra sobretensiones y con protección contra sobretensiones de 10KV. Consumo máximo del sistema (bloque+equipo) 55 W. Flujo luminoso mínimo 5500 lúmenes. Requisitos fotométricos: ME4b. Marcado CE. Totalmente equipada, instalada y probada.			
	64	64,00		
		64,00	390,00	24.960,00 €
03.02	Ud instalación y montaje de luminaria en columna, n=1um, con desmontaje lum. existente.			
	Ud. de Instalación y montaje de luminaria en columna o báculo de hasta 10 m. de altura, formada por: Instalación eléctrica completa del PL. compuesta por caja de conexión para luminarias de alumbrado exterior de policarbonato gris RAL 7035, IP447, 157x84x72 mm, placa montaje extraíble, secc. máx. cable 2x16 mm ² , entrada tetrapolar, salida bipolar, con fijación a poste o paramento, placa de cierre, 2 fusibles cilíndricos 10x38 gG 6A c/lf. y cable RV 0,6/1 KV-Cu-K-UNE-EN-50265 y 21123-2 de 2x2,5 mm ² . Incluido desmontaje de la luminaria existente, conexión a red, luminaria y puesta a tierra. Conjunto Probado y funcionando.			
	64	64,00		
		64,00	47,63	3.048,32 €
03.03	Ud Adecuación Cuadro gral. Prot. y Control AP exist. con Interruptor horario digital astronómico y contactores.			
	Ud. Adecuación de Cuadro general de protección y control para alumbrado público existente, compuesto por instalación de interruptor horario digital astronómico y contactor modular. Conectados según esquema eléctrico en planos. Instalado y probado en obra.			
	1	1,00		
		1,00	383,53	383,53 €
	TOTAL CAPÍTULO 03.- ALUMBRADO PÚBLICO P.I. COMARCAL		28.391,85 €	

7.4. Pliego de características técnicas para la contratación

Conforme a lo indicado en el documento Pliego de condiciones técnicas, se ha valorado teniendo en cuenta las características técnicas expuestas en la tabla siguiente:

CARACTERÍSTICAS	VALORES
Material	Fundición inyectada de aluminio
Grado de protección de la luminaria	IP66 e IK08
Fuente de luz	Módulo LED
Vida útil de la luminaria	≥ 100.000 h
Mantenimiento de flujo luminoso	L70
Sistema de refrigeración de la fuente de luz	SI
Flujo luminoso	≥ 5500 lm
Consumo del sistema (bloque+equipo)	≤ 55 W.
Eficiencia de la luminaria (lm/w)	≥ 100 lm/W
Índice de Reproducción Cromática (IRC)	≥ 70
Temperatura de color	4.000 K (Blanco neutro)
Flujo hacia el Hemisferio Superior instalado de las luminarias (FHSinst)	≤ 1%
Óptica	Distribución asimétrica longitudinal, según requisitos fotométricos.
Grado de protección sistema óptico.	IP66
Protección contra sobreintensidades	Si
Protección contra sobretensiones	≥ 10 kV.
Equipo auxiliar	Electrónico Individual
Regulación	Programable autónoma para 5 niveles de flujo.
Máxima intensidad de funcionamiento	530 mA
Factor de potencia del conjunto	≥ 0.90

8. FUENTES DE EVIDENCIA 2: Documentos/Cálculos

Estimación de gastos de consumo primer año puesta en marcha

Number of Public lighting Supply	Costs 2012 (€)	Costs 2015 (€)	Diference (€)
TOTAL (2)	13.965,95	2.690.69	- 11.275,26

Gastos/registros de mantenimiento primer año puesta en marcha (reales)

Costs 2017 (€)
0,00

9. FUENTES DE EVIDENCIA 3: Entrevistas

	Nº	Fecha	Consentimiento grabación	Duración	Tipo de entrevista
Técnico municipal	1	Septiembre 2018	-	30 minutos	Desestructurada
<p>Contenido. Se realizó una entrevista al técnico municipal, testigo de todo el proceso de selección y sustitución; para conocer su opinión, experiencia e impresiones al respecto. Indicó que no había detectado ninguna anomalía, dificultad, ni quejas en el periodo de selección de las ofertas, instalación y puesta en marcha.</p> <p>En su opinión, las luminarias elegidas le parecieron técnicamente correctas, sin tener nada concreto que añadir.</p>					

10. FUENTES DE EVIDENCIA 4: Encuestas

Se localizaron 10 empresas en el Polígono, de las cuales solo 5 contestaron la encuesta.

	hnos cano barba mecol rímicol ichimeni gasolinera										SUMA de puntuac	PT	min	max	%	QL4		
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5								
1 La calle está más iluminada que antes	3	4	3	4	4	0	0	2	3	0	5	18	5	25	0,72	QL4		
2 El suelo de la calle brilla más que antes	3	4	3	3	4	0	0	3	2	0	5	17	5	25	0,68	QL4		
3 La luz es más cálida que antes	3	2	3	2	2	0	3	2	0	0	5	12	5	25	0,48	QL2		
4 Distingo mejor que antes el color de los objetos	3	4	3	3	4	0	0	3	2	0	5	17	5	25	0,68	QL4		
5 Se ve diferencia de luz de la nueva calle con las otras	3		3	1	4	1	0	2	1	0	4	11	5	25	0,44	QL2		
6 Existen zonas de sombras en la calle	3	1	3	5	2	1	1	2	0	1	5	14	5	25	0,56	QL3		
7 El brillo de la luz me da en los ojos cuando miro la calle	3	4	3	2		0	1	2	1	0	4	12	5	25	0,48	QL2		
8 Distingo antes y mejor los objetos en la calle	3	4	3	3	4	0	0	3	2	0	5	17	5	25	0,68	QL4		
9 Parece luz natural	3	5	3	3	5	0	0	3	0	2	5	19	5	25	0,76	QL4		
10 Más sensación de seguridad en los desplazamientos a pie	3	3	3	3	3	0	0	5	0	0	5	15	5	25	0,6	QL3		
11 Más sensación de seguridad en la conducción	3	3	3	3	3	0	0	5	0	0	5	15	5	25	0,6	QL3		
12 Me resulta agradable y me hace sentir bien	3	3	3	3	5	0	0	4	0	1	5	17	5	25	0,68	QL4		
13 edad	31-60	31-61	31-60	31-61	31-62	Promedio						Rango	20					
14 sexo	V	M	V	V	V	36,8					Total puntuaciones por entrevistado		long ql	4				
15 reside municipio	SI	SI	SI	SI	SI	0,61					Porcentaje de acuerdo con el cuestionario por encuestado			QL1	9 4-8			
16 reside en la calle	SI	SI	SI	SI	SI									QL2	13 9-12			
Totalmente en desacuerdo	1	PT	36	37	36	35	40								QL3	17 13-16		
Desacuerdo	2	%	0,60	0,62	0,60	0,58	0,67								QL4	21 17-20		
Ni de acuerdo ni desacu	3	MIN	12													QL5	25 21-25	
De acuerdo	4	MAX	60															
Totalmente de acuerdo	5	QL	QL3	QL3	QL3	QL3	QL3											
			QL1	21,6	21,6	21,6	21,6	21,6	21,6	21,6	21,6							
			QL2	31,2	31,2	31,2	31,2	31,2	31,2	31,2	31,2							
			QL3	40,8	40,8	40,8	40,8	40,8	40,8	40,8	40,8							
			QL4	50,4	50,4	50,4	50,4	50,4	50,4	50,4	50,4							
			QL5	60	60	60	60	60	60	60	60							

48 rango QL
9,6 longitud de cada quintil

Como puede observarse, la media de los encuestados (5) se sitúa en la respuesta indiferente (QL3) y la media por enunciados también. El mayor grado de acuerdo se produce en los enunciados 1, 2, 4, 8, 9 y 12 y el menor grado de acuerdo en el enunciado 3.

Resultados estadísticos:

100% entre 31-60 años

80% hombres

100% viven en el municipio

100% trabajan en las calles donde se ha realizado la actuación

11. FUENTES DE EVIDENCIA 5: Observación Directa

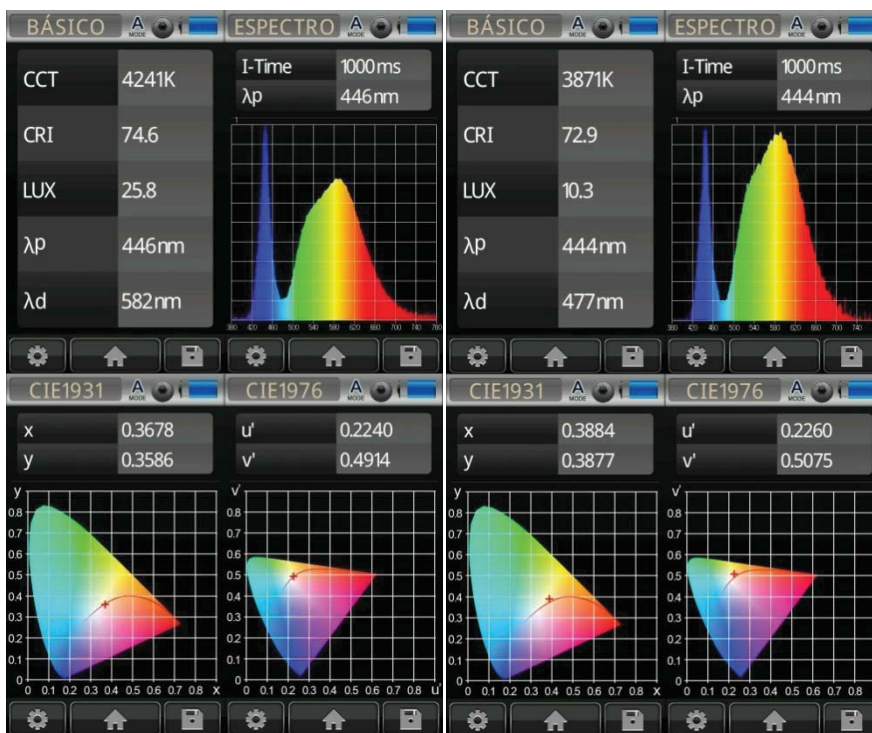
Se realizó observación directa en las noches en que se hicieron las mediciones, así como en los días en que se elaboró el inventario de alumbrado público y la toma de datos para la elaboración de la memoria.

	Nº visitas	Documentos elaborados
Inventario	1	Documentos escritos para la toma de datos, planos, fotografías.
Mediciones nivel	2	Mediciones, fotografías. En la medición efectuada antes de la

iluminación		sustitución, no se tomaron fotografías, si se realizaron en la medición efectuada después, pudiendo comprobarse una mejora enorme en la percepción de la calidad de la iluminación. Quizás un mayor deslumbramiento pero, al estar los báculos tan altos (10m) no molesta.	
Mediciones color de las fuentes de luz*	2	Mediciones, fotografías. Valor medio antes (21.1.2017): Valor medio antes: CCT= 2000-3000 K; CRI=45-60 (Fuente Guía Técnica de Eficiencia Energética en Iluminación. Alumbrado Público. VSAP) Valor medio después (1.2.2018): CCT=4116 K; CRI= 73,97	
Ejecución de la memoria	2	Comprobación de la ejecución de la memoria, informes técnicos, fotografías.	
Visita realizada al año de la ejecución de la instalación	1 (Nov. 2018)	Comprobación de la instalación por los técnicos que detectaron posibles averías en 2 luminarias, pero al estar la instalación en garantía su reparación no provocó gastos extra.	

* Mediciones efectuadas con el medidor de luz, UPRtek model MK350S, nº de serie: B13M0166.

Antes de la sustitución no se tomaron fotografías.





Fotos tomadas el día de la medición (1.2.2018)

12. FUENTES DE EVIDENCIA 6: Uso de Herramientas/Mediciones

12.1. Mediciones de consumo reales

Facturas de consumo eléctrico del mismo mes con un año de diferencia, ajustado a los mismos días de consumo (Fuente: Endesa)

Nº CONTADOR	FECHA CONSUMO	NUMERO DE DIAS	CONSUMO VALLE	IMPORTE	HISTORIAL TOTAL CONSUMO
2171620	21/10/2015-23/11/2015			158,04	3900
	27/10/2016-18/11/2016	22	1310	93,28	
	23/10-21/11/2017	29	428	23,57	2100
	AJUSTE NÚMERO DE DÍAS		324,69	17,88	

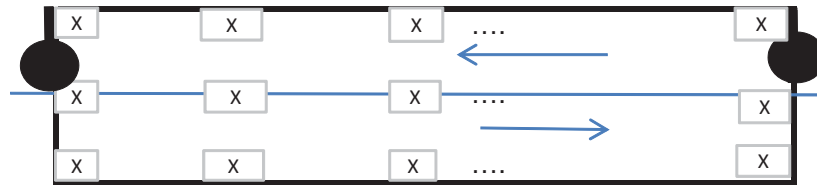
Number of Public lighting Suple	Power Consumption 2016 (kWh)	Power Consumption 2017 (kWh)	Diference (kWh)
TOTAL (1)	1.310	324	-986

12.2. Mediciones lumínicas

Mediciones efectuadas con digital luxometer, Grossen model Mavolux 50328 USB, nº serie 174050.

Análisis lumínico/energético de la instalación de alumbrado público (cálculos antes y después de una muestra de viales)

Mediciones y Clasificación de los viales	Medición 1 (27.1.2017)		Medición 2 (1.2.2018)		Tipo	Situación de proyecto	Clase de alumbrado	Lm	Uo	TI	SR
	Tipo	P (W)	Tipo	P (W)							
Calle Thomas Edison	V.S. A.P.	150	LED	39	B	B1-B2	Me4b	0,75	0,4	15	0,5



medicion colmenar 27,1,2017							Im	uo
calle Thomas Edison								
	0,75		3,75		6,25			
0	22,4	1,97	23,1	2,1	19,75	1,82		
1	22,5	2,1	19,5	1,78	16,76	1,52		
2	20	1,9	17,35	1,57	15,04	1,41		
3	15,06	1,38	16,15	1,48	16,08	1,48		
4	14,47	1,37	16,71	1,57	18,82	1,75		
5	16,13	1,51	17,9	1,7	20,2	1,87		
6	15,15	1,41	17,4	1,67	20,7	1,91		
7	13,26	1,26	12,11	1,12	16,54	1,54		
8	14,15	1,31	14,05	1,39	14,15	1,32		
9	15,56	1,45	15,28	1,47	13,64	1,27		
10	15,84	1,46	14,13	1,24	13,36	1,24		
11	17,03	1,57	13,5	1,19	11,82	1,07		
12	22,5	2	18,53	1,68	12,47	1,16		
13			16,07	1,52	12,9	1,19		
		20,69		19,96		19,36	1,46365854 0,73104483	
1,2,2018								
0	20	1,9	15,4	1,46	11,1	1,03		
1	19,6	1,78	17,6	1,72	12	1,1		
2	20	1,9	18,5	1,68	13,3	1,26		
3	18,4	1,72	17,84	1,7	14,7	1,39		
4	17,47	1,68	18,08	1,71	17,17	1,58		
5	16,53	1,54	18,19	1,72	18,58	1,68		
6	16,19	1,49	18,82	1,75	19,4	1,78		
7	15,84	1,46	18,22	1,73	18,25	1,73		
8	16,13	1,51	17,09	1,58	16,58	1,54		
9	17,51	1,68	16,97	1,57	14,25	1,34		
10	19,2	1,76	16,86	1,56	13,19	1,25		
11	20,7	2,1	17,36	1,67	13,08	1,2		
12	20,8	2,2	17,65	1,72	12,86	1,08		
		22,72		21,57		17,96	1,59615385 0,6453012	

extrapolado

	Medición	Lm *** (cd/m ²)	Uo	Eficiencia lámpara (lm/W)*	Fm**	Fu	ε (m ² x lx/W)	ε r	le	Calif. Ener.
Calle Thomas Edison	1	1,46 ↑	0,73 ↓	80,00	0,70	0,62	34,75	27,14	1,28	A
	2	1,60 ↑	0,64 ↓	100,00	0,85	1,21	103,85	28,40	3,66	A

* En el caso de vapor de mercurio, valor obtenido de la Guía Técnica de Eficiencia Energética en Iluminación, Alumbrado Público, del IDAE.

** El valor obtenido de la ITC-EA-06:

$$F_M = FDFL \times FSL \times FDLU$$

$$VM: 0,76 \times 0,76 \times 0,87 = 0,50$$

$$HM: 0,73 \times 0,88 \times 0,87 = 0,56$$

$$VSAP: 0,90 \times 0,89 \times 0,87 = 0,70$$

$$LED: 0,95 \times 1 \times 0,89 = 0,85$$

*** No se cumplen los niveles de luminancia establecidos para ese vial

FDFL = factor de depreciación del flujo luminoso de la lámpara. Los factores de depreciación máximo admitido se indican en las tablas 1,2 y 3 de la ITC-EA-06. El factor de depreciación del flujo luminoso de lámparas tipo LED, no viene especificado en las mencionadas tablas debido a que esta normativa es anterior a la aplicación de este tipo de lámpara. Sin embargo, estudios recientes lo sitúan aproximadamente en valores situados entre el 0,95-0,99.

FSL = factor de supervivencia de la lámpara. Los factores de supervivencia máximos admitidos se indican en las tablas 1,2 y 3 de la ITC-EA-06. En el caso de las lámparas tipo led la probabilidad de supervivencia aumenta respecto a las lámparas tradicionales. Además, teniendo en cuenta que en caso de un fallo total esta se cambiaría de modo inmediato, podemos considerar un valor igual a 1.

FDLU = factor de depreciación de la luminaria. Según criterio de la Guía Técnica de Aplicación EA-06, "de conformidad con los avances tecnológicos podrán adoptarse factores de depreciación del flujo luminoso de las fuentes de luz superiores a los establecidos en la tabla 1, de acuerdo con los datos proporcionados por los fabricantes". No obstante, El grado de protección del sistema óptico es IP 6x. Además de esto hay que tener en cuenta, que el grado de contaminación es medio al tratarse de vías urbanas con intensidad de tráfico media.

El intervalo de limpieza de las luminarias se va a establecer en dos años que es el periodo de tiempo medio de limpieza que se ha establecido en el municipio. Por tanto, el factor FDLU es 0.89.

En el Reglamento de Eficiencia Energética no se contempla el Factor de Mantenimiento aplicado a luminarias equipadas con fuentes de luz LED. Lo que si contempla es que dicho valor no pueda ser superior a 0,85.

13.RESULTADOS

13.1. Técnicos/Lumínicos

Los niveles de iluminación superan los establecidos para el vial, las uniformidades son ligeramente menores. La instalación no ha dado problemas.

13.2. Medioambientales

Los consumos han disminuido bastante, casi un 75%.

13.3. Sociales

Los vecinos encuestados se han mostrado, en su mayoría, indiferentes en las respuestas al cuestionario realizado, mostrándose acuerdo en los enunciados (QL4):

- La calle está más iluminada que antes
- El suelo de la calle brilla más que antes
- Distingo mejor que antes el color de los objetos
- Distingo antes y mejor los objetos en la calle
- Parece luz natural
- Me resulta agradable y me hace sentir bien

Y desacuerdo en los enunciados (QL1):

- La luz es más cálida que antes

13.4. Económicos. Retorno real de la inversión

Inversión inicial	Reducción consumo (kWh/año)ESTIMADO	Reducción contaminación(tCO ₂ eq/año)	Ahorro (€/año)	Retorno de la inversión (años)
28.391,85€	111.617,00	44,65	11.275,26	3

REALES

Inversión inicial	Reducción consumo (kWh/año) reales	Reducción contaminación(tCO ₂ eq/año)	Ahorro (€/año)	Retorno de la inversión (años)
28.391,85€	-75%	-75%	-75%	2

Anexo 11

<p>Caso 4. Protocolo de estudio: Renovación A.P. Caso 4, año 2018</p>
<p>1. DEFINICIÓN DELA PROPOSICIÓN OBJETO DE ESTUDIO ¿Cómo pueden los técnicos municipales identificar la mejor oferta de renovación del alumbrado público de entre las que se les presentan?</p> <p>PROPOSICIÓN OBJETO DEL ESTUDIO DEL CASO ¿Cómo ha sido el proceso de renovación de la instalación de alumbrado público?</p>
<p>2.REVISIÓN DE LA LITERATURA</p> <p>Se ha realizado una búsqueda bibliográfica de publicaciones en las distintas bases de datos disponibles. Los recursos consultados han sido los siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none">• Web of Science• Science Direct Journals• Taylor & Francis On Line• Ebsco Online Research Database• Motor de búsqueda Jábega 2.0 (Universidad de Málaga) <p>Además, se ha consultados en internet:</p> <ul style="list-style-type: none">• Web del Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE)• Web del Comité Español de iluminación <p>Se consultaron publicaciones, monografías, tesis, presentaciones realizadas en conferencias, normativa, recomendaciones, etc. Algunas veces, se llegó a estas publicaciones por referencias de otras, o citas que se encontraron en textos. Se seleccionaron un total de 57 publicaciones en el año 2015 y, en una revisión en el año 2018, se añadieron 32, haciendo un total de 89.</p> <p>De estos 89 documentos, se realizó un análisis cualitativo de datos, de los que resultó un listado de 15 indicadores de valoración de una luminaria en el caso de una sustitución, que es el caso que nos ocupa.</p> <p>En concreto del Caso 4 no se han encontrado documentos científicos, artículos, noticias o documentos oficiales que hablen del alumbrado público y Caso 4. La búsqueda de datos se ha realizado entre enero y abril de 2018. La documentación se ha recabado mediante visitas y estudio de documentación elaborada por el propio Ayuntamiento del Caso 4y la Diputación de Málaga.</p>
<p>3. OBJETIVO DEL ESTUDIO DEL CASO</p> <p>El estudio de casos pretende analizar los métodos prácticos llevados a cabo por los técnicos municipales en la renovación de una parte de la instalación de alumbrado público en Caso 4 en el año 2018.</p> <p>Se ha elaborado el estudio desde varias perspectivas: técnica, medioambiental, económica y social.</p> <p>Se han comparado los indicadores técnicos exigidos en el pliego con los 15 indicadores identificados. Se han identificado porcentajes de concordancia entre ambas listas de indicadores, y si realmente la elección de los técnicos fue la acertada, teniendo en cuenta todas las perspectivas.</p>
<p>4. MARCO TEÓRICO.</p> <p>El marco teórico es:</p> <ul style="list-style-type: none">▪ European Committee for Standardization. CEN/TR 13201-1 “Road Lighting Part 1: Selection of lighting classes”.▪ European Committee for Standardization. EN 13201-2 “Road lighting - Part 2: Performance requirements”.▪ European Committee for Standardization. EN 13201-3:2016. “Road Lighting – Part 3: Calculation of performance”.▪ European Committee for Standardization. EN 13201-5:2015. “Road Lighting – Part 5: Energy performance Indicators”.▪ International Commission on Illumination. CIE 126-1997 Guidelines for minimizing sky glow.

- Ministry of Energy, Tourism and the Digital Agenda, Instituto para la Diversificación y la Energía, Comité Español de Iluminación. Requerimientos técnicos exigibles para luminarias con tecnología Led, 2011.
- Ministry of Energy, Tourism and the Digital Agenda. Real Decreto 1890/2008, de 14 de noviembre, por el que se aprueba el Reglamento de Eficiencia Energética en Instalaciones de Alumbrado Exterior.
- Ministry of Presidency. Real Decreto 208/2005, de 25 de febrero, sobre aparatos eléctricos y electrónicos y la gestión de sus residuos incorpora al derecho nacional las Directivas europeas aprobadas en esta materia.
- Ministry of Science and Innovation. Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión.
- Ministry of Finance and Civil Service. Real Decreto legislativo 3/2011 de 14 de noviembre, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Contratos de las Administraciones Públicas.
- European Parliament. Commission Regulation (EC) No 245/2009 of 18 march 2009 implementing Directive 2005/32/EC of the European Parliament and of the Council with regard to ecodesign requirements for fluorescent lamps without integrated ballast, for high intensity discharge lamps, and for ballasts and luminaires able to operate such lamps, and repealing Directive 2000/55/EC of the European Parliament and of the Council.

5. SELECCIÓN DE CASOS

La elección de los casos puede realizarse en función de distintos criterios, en este caso ha sido, fundamentalmente, el criterio temporal.

Los casos se han elegido lo más tarde en el tiempo posible, debido a la novedad tecnológica que se ha estado proyectando desde el año 2013 en el sector del alumbrado público, con la introducción de la tecnología LED y micro LED

La limitación temporal del desarrollo propio del curso de doctorado, que no permite el estudio de un número infinito de casos, sobre todo si cada uno de ellos puede tener un recorrido de hasta 3 años.

Además del criterio temporal, se han elegido municipios con un número menor de 20.000 habitantes, comúnmente denominados "pequeños municipios", pues son estos los principales beneficiarios de las conclusiones de este estudio. Los municipios pequeños son los que suelen contar con menos recursos y disponen de menos personal técnico.

En el caso de Caso 4, el municipio ha estado realizando diversas actuaciones de renovación del alumbrado público. La que se documenta en este caso es una renovación que se proyectó en el año 2016 y tuvo lugar en el año 2018.

6. PROCEDIMIENTO

El procedimiento seguido fue:

1. Identificar una muestra de municipios que entre 2015-2018 vayan a renovar su alumbrado público.
2. Antes de la renovación:
 - Elaborar inventario del alumbrado del municipio o de la actuación.
 - Seguimiento del procedimiento de contratación.
 - Examen de las ofertas presentadas.
 - Medición de los niveles de iluminación en una muestra.
3. Después de la renovación:
 - Repetir la medición en la misma muestra.
 - Entrevista/Encuesta con técnico/s y políticos municipal/es.
 - Entrevista/Encuesta con personal de mantenimiento.
 - Entrevista/Encuesta con usuarios de la instalación
 - Elaboración de un estudio comparativo de consumos eléctricos y costes estimados y/o reales
 - Calcular la inversión económica y su periodo de retorno (ROI) estimados y/reales.

4. Evaluar las ofertas con la lista de indicadores

7. FUENTES DE EVIDENCIA 1: Archivo/estadísticas/histórico

7.1. Antecedentes del municipio

Datos del municipio (Fuentes Web del Ayuntamiento e Instituto de cartografía y Estadística, Junta de Andalucía):

- Nombre de la localidad: Caso 4
- Provincia: Málaga
- Comunidad Autónoma: Andalucía
- N° de habitantes (2017): 494
- Porcentaje de la población mayor de 65 años (%): 27,73
- Renta neta media declarada (€/2015): -

Inventario (Fuentes: Diputación de Málaga):

- Centros de mando: -
- Relojes astronómicos en cuadro: -
- Célula fotoeléctrica en cuadro: -
- Número Puntos de luz: 228
- Número de Lámparas: 223
- Potencia total instalada (W): 29.626
- Consumo anual (kWh/año): 129761,88
- Coste anual (€/año): 12.077,93
- Porcentaje respecto al consumo total del Ayuntamiento (%): -
- Porcentaje de lámparas de mercurio(%): 67
- Contaminación (t CO₂eq):51,90

Tipo de Lámpara	Tipo Luminaria	Potencia (W)	N° Lámparas
PROYECTOR			12
HALOGENUROS METALICOS	FAROL FERNANDINO SOBRE COLUMNA	150	14
LED	LUMINARIAS VIARIAS Y FERNANDINAS	50	37
VAPOR MERCURIO	FAROL VILLA SOBRE BRAZO	125/250	150
VAPOR SODIO ALTA PRESION	FAROL VILLA/FERNANDINA	250	15
Total			228

Ratios:

- Potencia instalada por habitante (W/hab): 59,97
- Puntos de luz por 1.000 habitantes (PL/1000 hab): 461,53
- Potencia instalada por superficie de población (W/m²): 0,0001
- Facturación anual de electricidad por potencia instalada (€/kW): 407,68
- Consumo anual de electricidad por potencia instalada (kWh/kW)= 4.380,00
- Consumo anual de electricidad por habitante (Wh/hab): 262,67
- Superficie de viales asociada al cuadro (m2/cuadro): 30.464,29

7.2. Descripción de la actuación realizada

7.- OBRAS QUE SE PROPONEN.

Las obras que se proponen consisten esencialmente en el acondicionamiento del alumbrado de varias calles del municipio, mediante la sustitución de los puntos de luz existentes y en algunos casos mediante la implantación de nuevos puntos de luz en zonas donde son deficientes o inexistentes.

Se instalarán luminarias eficientes con ópticas adecuadas que permiten una mejor distribución del flujo luminoso y control del flujo en el hemisferio superior y fuentes de luz eficaces con tecnología Led, que a igual o mayor flujo y menor potencia con respecto a las instaladas, posean mayor eficacia luminosa, un mayor rendimiento energético, mayor vida media y mayor vida útil, y por último unos elementos de regulación que permiten la regulación individual del flujo, punto a punto, sin línea de mando.

De esta manera las obras que se proponen consistirán en:

1. En C/ Ronda y C/ Alta, se instalarán un total de 36 puntos de luz compuestos por: Luminaria decorativa, tipo farol Fernandino, fabricada en fundición de aluminio, módulo LED de 38W., óptica con distribución asimétrica longitudinal y equipo auxiliar electrónico compacto individual sin línea de mando con regulación programable; y Brazo mural ornamental fabricado en fundición de aluminio, de 600/700 mm, de longitud, según planos.
2. En C/ Nueva y C/ Miradores, se instalarán un total de 6 puntos de luz compuestos por: Luminaria decorativa, tipo farol Villa, fabricada en fundición de aluminio, módulo LED de 38W., óptica con distribución asimétrica longitudinal y equipo auxiliar electrónico compacto individual sin línea de mando con regulación programable; y Brazo mural ornamental fabricado en fundición de aluminio, de 600/700 mm, de longitud, según planos.
3. En Miradores y C/ Era de los Llanos, se sustituirán un total de 9 luminarias en punto de luz existente, instaladas sobre columna ornamental de 3,95 m. de altura. Estas serán luminarias decorativas, tipo farol Villa, fabricada en fundición de aluminio, módulo LED de 38W., óptica con distribución asimétrica longitudinal y equipo auxiliar electrónico compacto individual sin línea de mando con regulación programable.
4. En C/ Esperillas y C/ Barranco, se instalarán un total de 12 puntos de luz compuestos por: Luminaria decorativa, tipo farol Villa, fabricada en fundición de aluminio, módulo LED de 30W., óptica con distribución asimétrica longitudinal y equipo auxiliar electrónico compacto individual sin línea de mando con regulación programable; y Columna ornamental de fundición de aluminio y tubo de acero galvanizado, de 3,95 m. de altura, sobre cimentación de hormigón HM-20 de 50x50x70, según planos.

Asimismo, se incluye en estas calles la realización de una red subterránea de 255,98 m. de longitud para la alimentación eléctrica a los puntos de luz, que se realizará mediante redes trifásicas con conductores de cobre del tipo RV 0,6/1KV de 6 mm² de sección, más un conductor de cobre del tipo H07V-R 750 V de 16 mm² de sección para la red de tierra.

En C/ Esperillas se instalarán enterrados, en canalizaciones existentes, bajo tubo corrugados de polietileno doble pared de 90 mm de diámetro, con los correspondientes registros de arquetas.

En C/ Barranco, se instalarán empotradas en muro de ladrillo cerámico, bajo tubo corrugado de polietileno doble pared de 90 mm de diámetro, con los correspondientes registros de arquetas.

La instalación se alimentará desde un Cuadro de Mando, Medida y Protección existente en C/ Nueva. (Ver plano de planta).

Igualmente se prevén unas obras para que se puedan ejecutar en el caso de **mejoras en la licitación**. Estas obras de mejoras, como se especifica en los presupuestos del proyecto, consisten en las siguientes:

Obras necesarias para la finalización de la C/ Alta puntos de luz 64 a 77.

1. Se instalarán un total de 13 puntos de luz compuestos por: Luminaria decorativa, tipo farol Fernandino, fabricada en fundición de aluminio, módulo LED de 38W., óptica con distribución asimétrica longitudinal y equipo auxiliar electrónico compacto individual sin línea de mando con regulación programable; y Brazo mural ornamental fabricado en fundición de aluminio, de 600/700 mm, de longitud, según planos.

7.3. Características requeridas de las luminarias
Memoria de actuación elaborada para la sustitución
(técnicos económicos, medioambientales)

03.03 Ud Punto de Luz c/lumin. Villa-mód LED 38W-42W.-3000K+equ. reg. prog.s/m 1-10v o Dali. Efic. lum.100Lm/W+Colum. orn. Ac-fund.4 m.

Ud. Punto de luz compuesto por:
 Luminaria tipo farol Villa con tecnología LED, formada por: Cuerpo: Fabricado en fundición inyectada de aluminio, pintado con color RAL, varillas de extrusión de aluminio capaz de pasar por el interior cable de 3x2,5 mm2, tornillería de acero inoxidable. Grado de protección mínima de la luminaria IP66 e IK08. Fuente de luz: Módulo LED 38W., máxima intensidad de funcionamiento 530mA. Temperatura de Color LED Blanco cálido, 3000K, I.R.C >70. Vida útil ?100.000 horas (Tq=25°C), mantenimiento de flujo luminoso L80, B10. Óptica: Distribución asimétrica longitudinal, según requisitos fotométricos y geometría del vial; con cierre transparente, sellado IP66, Flujo hemisférico superior instalado, FHSinst ?1%. Equipo auxiliar: Driver electrónico para módulo LED, regulable protocolo 1-10V o Dali; alimentación a red de 220-240V. a.c. 50-60 Hz, factor de potencia no menor de 0,9, protegido contra sobreintensidades y con protección contra sobretensiones de 10KV. Consumo máximo del sistema (bloque+equipo) 42 W. Eficiencia mínima de la luminaria 100 lum/W. Marcado CE.

Columna ornamental de fundición de aluminio y tubo de acero galvanizado, de 3,95 m. de altura, pintura base epoxi, acabado negro RAL 9005, situada sobre cimentación existente, aplomada y nivelada. Totalmente colocada. Instalación eléctrica interior completa de Columna Ornamental h<5 m con luminaria, compuesta por: Caja conexión luminarias alumbrado exterior, policarbonato gris RAL 7035, IP447, 157x84x72 mm, Ø int. mín. columna 90 mm, placa montaje extraíble, secc. máx. cable 2x16 mm2, entrada tetrapolar, salida bipolar, con fijación a poste, placa de cierre, 2 fusibles cilindricos 10x38 gG 6A c/lf. y cable RV 0,6/1 KV-Cu-K-UNE-EN-50265 y 21123-2 2x2,5. Conectado a red y luminaria. Conjunto probado y funcionando.

CALLE ESPERILLA (PL 16 a 19)	4	4,00
CALLE BARRANCO (PL 21 a 28)	8	8,00

12,00 645,18 7.742,16 €

03.04 Ud P. de Luz c/lumin.Fernandino-mód LED 38W-42W.-3000K+equ. reg. prog.s/m 1-10v o Dali. Efic. lum.100Lm/W+brazo mural fund. Al.0.7m

Ud. Punto de luz compuesto por:
 Luminaria tipo farol Fernandino con tecnología LED, formada por: Cuerpo: Fabricado en fundición inyectada de aluminio, pintado con color RAL, varillas de extrusión de aluminio capaz de pasar por el interior cable de 3x2,5 mm2, tornillería de acero inoxidable. Grado de protección mínima de la luminaria IP66 e IK08. Fuente de luz: Módulo LED 38W., máxima intensidad de funcionamiento 530mA. Temperatura de Color LED Blanco cálido, 3000K, I.R.C >70. Vida útil ?100.000 horas (Tq=25°C), mantenimiento de flujo luminoso L80, B10. Óptica: Distribución asimétrica longitudinal, según requisitos fotométricos y geometría del vial; con cierre transparente, sellado IP66, Flujo hemisférico superior instalado, FHSinst ?1%. Equipo auxiliar: Driver electrónico para módulo LED, regulable protocolo 1-10V o Dali; alimentación a red de 220-240V. a.c. 50-50 Hz, factor de potencia no menor de 0,9, protegido contra sobreintensidades y con protección contra sobretensiones de 10KV. Consumo máximo del sistema (bloque+equipo) 42 W. Eficiencia mínima de la luminaria 100 lum/W. Marcado CE.

Brazo mural ornamental fabricado en fundición de aluminio, tuerca y racor de 3/4", cincados, pintura base epoxi, acabado negro RAL 9011, longitud 600/700 mm, mod. según planos.

Instalación eléctrica completa del brazo mural ornamental con luminaria, compuesta por: caja de conexión para luminarias de alumbrado exterior, de policarbonato gris RAL 7035, IP447, 157x84x72 mm, placa montaje extraíble, secc. máx. cable 2x16 mm2, entrada tetrapolar, salida bipolar, con fijación a poste o paramento, placa de cierre, 2 fusibles cilindricos 10x38 gG 6A c/lf. y cable 3G4-RZ1-K(AS) -UNE-21123-4 -Cu5-0,6/1kV (MAAm/V). Conectado a red y luminaria. Conjunto probado y funcionando.

CALLE RONDA (PL 29 a 57)	29	29,00
CALLE ALTA (PL 58 a 64)	7	7,00

36,00 522,15 18.797,40 €

CAPÍTULO 03.- PUNTOS DE LUZ

Ud Luminaria tipo Villa con mód. LED 38W-42 W.-3000K+equipo reg. prog.s/m 1-10v. o Dali. Efic. lumin.100 Lum/W.

Ud. Luminaria tipo farol Villa con tecnología LED, formada por: Cuerpo: Fabricado en fundición inyectada de aluminio, pintado con color RAL, varillas de extrusión de aluminio capaz de pasar por el interior cable de 3x2,5 mm2, tornillería de acero inoxidable. Grado de protección mínima de la luminaria IP66 e IK08. Fuente de luz: Módulo LED 38W., máxima intensidad de funcionamiento 530mA. Temperatura de Color LED Blanco cálido, 3000K, I.R.C >70. Vida útil ?100.000 horas (Tq=25°C), mantenimiento de flujo luminoso L80, B10. Óptica: Distribución asimétrica longitudinal, según requisitos fotométricos y geometría del vial; con cierre transparente, sellado IP66, Flujo hemisférico superior instalado, FHSinst ?1%. Equipo auxiliar: Driver electrónico para módulo LED, regulable protocolo 1-10V o Dali; alimentación a red de 220-240V. a.c. 50-60 Hz, factor de potencia no menor de 0,9, protegido contra sobreintensidades y con protección contra sobretensiones de 10KV. Consumo máximo del sistema (bloque+equipo) 42 W. Eficiencia mínima de la luminaria 100 lum/W. Marca-do CE. Conjunto probado y funcionando.

CALLE MIRADORES (PL 7 a 11)	5	5,00
-----------------------------	---	------

CALLE ERA DE LOS LLANOS (PL 12 a 15)	4	4,00
--------------------------------------	---	------

9,00	350,75	3.156,75 €
------	--------	------------

Ud Punto de Luz c/lumin. Villa-mód LED 38W-42W.-3000K+equ. reg. prog.s/m 1-10v o Dali. Efic. lum.100Lm/W+brazo mural fund. Al.0.7m

Ud. Punto de luz compuesto por:

Luminaria tipo farol Villa con tecnología LED, formada por: Cuerpo: Fabricado en fundición inyectada de aluminio, pintado con color RAL, varillas de extrusión de aluminio capaz de pasar por el interior cable de 3x2,5 mm2, tornillería de acero inoxidable. Grado de protección mínima de la luminaria IP66 e IK08. Fuente de luz: Módulo LED 38W., máxima intensidad de funcionamiento 530mA. Temperatura de Color LED Blanco cálido, 3000K, I.R.C >70. Vida útil ?100.000 horas (Tq=25°C), mantenimiento de flujo luminoso L80, B10. Óptica: Distribución asimétrica longitudinal, según requisitos fotométricos y geometría del vial; con cierre transparente, sellado IP66, Flujo hemisférico superior instalado, FHSinst ?1%. Equipo auxiliar: Driver electrónico para módulo LED, regulable protocolo 1-10V o Dali; alimentación a red de 220-240V. a.c. 50-60 Hz, factor de potencia no menor de 0,9, protegido contra sobreintensidades y con protección contra sobretensiones de 10KV. Consumo máximo del sistema (bloque+equipo) 42 W. Eficiencia mínima de la luminaria 100 lum/W. Marca-do CE.

Brazo mural ornamental fabricado en fundición de aluminio, tuerca y racor de 3/4", cincados, pintura base epoxi, acabado negro RAL 9011, longitud 600/700 mm, mod. según planos.

Instalación eléctrica completa del brazo mural ornamental con luminaria, compuesta por: caja de conexión para luminarias de alumbrado exterior, de policarbonato gris RAL 7035, IP447, 157x84x72 mm, placa montaje extraíble, secc. máx. cable 2x16 mm2, entrada tetrapolar, salida bipolar, con fijación a poste o paramento, placa de cierre, 2 fusibles cilindricos 10x38 gG 6A c/ff. y cable 3G4-RZ1-K(AS) -UNE-21123-4 -Cu5-0,6/1kV (MAAm/V). Conectado a red y luminaria. Conjunto probado y funcionando.

CALLE MIRADORES (PL 2 a 6)	5	5,00
----------------------------	---	------

CALLE NUEVA (PL 1)	1	1,00
--------------------	---	------

6,00	449,15	2.694,90 €
------	--------	------------

1	OBRA CIVIL	7.752,78 €	16,96
2	INSTALACIÓN ELÉCTRICA	3.637,68 €	7,96
3	PUNTOS DE LUZ	33.597,10 €	73,48
4	SEGURIDAD Y SALUD	591,93 €	1,29
5	GESTION DE RESIDUOS	145,50 €	0,32

PRESUPUESTO DE EJECUCION MATERIAL	45.724,99 €	100,00
-----------------------------------	-------------	--------

7.4. Pliego de características técnicas para la contratación

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	REQUISITOS S/ MEMORIA
Vida útil mínima de la luminaria	100.000 h
Mantenimiento del flujo luminoso	L80 B10
Grado de protección mínimo de la luminaria	IP66
Grado de protección mínimo del sistema óptico	IP66
Máxima intensidad de funcionamiento	530 mA
Grado de protección mínimo de la luminaria frente a impactos	IK08
Factor de emisión al hemisferio superior	≤ 1%
Temperatura de color de la fuente de luz	3000 K
IRC	>70
Eficiencia mínima de la luminaria	100 lm/W
Factor de potencia	≥ 0,9
Protección sobretensiones	10 kV
Protección sobreintensidades	Sí
Equipo auxiliar	1-10/Dali

Estos requisitos técnicos han de cumplirse, como mínimo, para poder valorarse en la mesa de contratación. El Ayuntamiento valorará, además de estos criterios técnicos, las mejoras económicas, medioambientales y estéticas indicadas en el pliego.

8. FUENTES DE EVIDENCIA 2: Documentos/Cálculos

Gastos de consumo primer año puesta en marcha

Number of Public lighting Suply	Costs 2017 (€)	Costs 2018 (€)	Diference (€)
TOTAL (1)	5.733,00	975,99	- 4.757,01

Gastos/registros de mantenimiento primer año puesta en marcha (hasta abril 2019 no hace un año, se consulta en enero 2019)

Costs 2018 (€)	Costs 2018-2019 (€)	Diference (€)
975,99	0,00	- 4.757,01

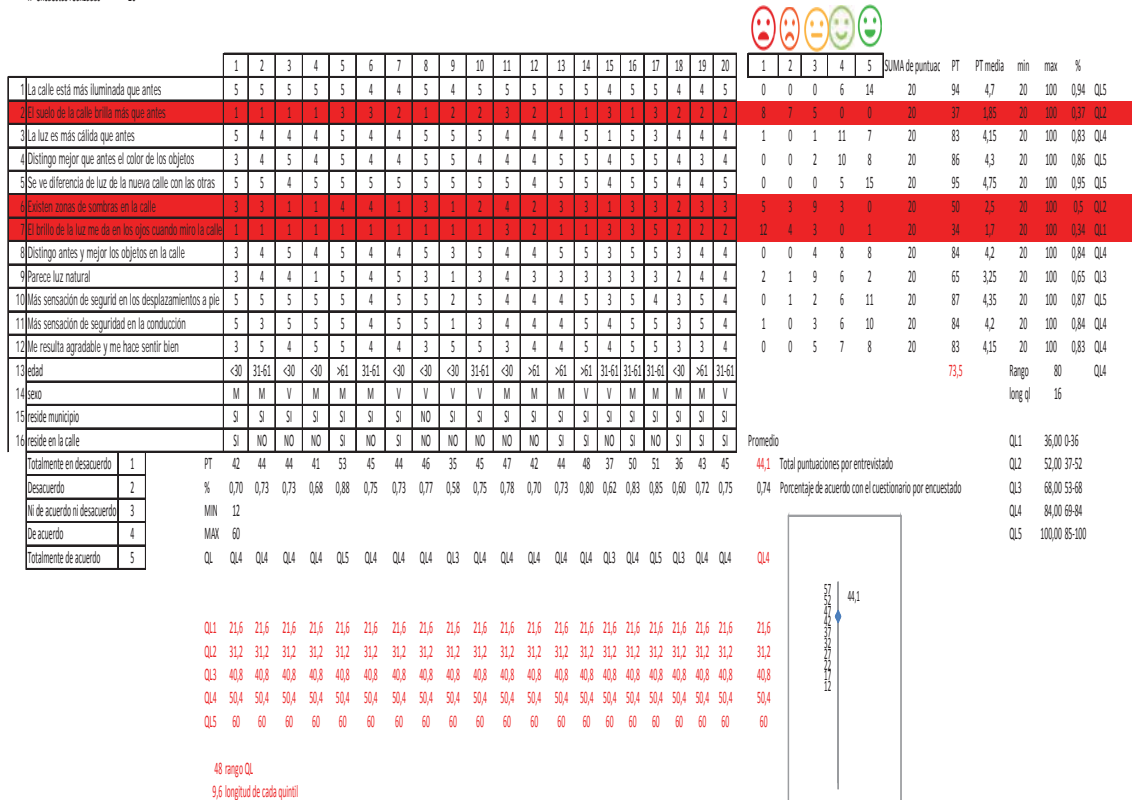
9. FUENTES DE EVIDENCIA 3: Entrevistas

	Nº	Fecha	Consentimiento grabación	Duración	Tipo de entrevista
Alcalde	1	Nov. 2018	-	30 minutos	Desestructurada
	Contenido. Se realizó una entrevista al alcalde, testigo de todo el proceso de selección y sustitución, para conocer su opinión, experiencia e impresiones al respecto. Indicó que su opinión se basaba en las opiniones que había escuchado a los vecinos y que en general eran buenas, que habían notado un aumento de los niveles de iluminación. En contraste, la factura de la luz se le había reducido a la mitad en su importe, en general se mostró satisfecho de la renovación realizada.				
Personal de mantenimiento (instalador)	1	Enero. 2019	-	45 minutos	Desestructurada
	Contenido. Se entrevistó al contratista de la obra ejecutada, encargado de resolver las incidencias que pudieran producirse en el funcionamiento diario de la instalación, ya que está en garantía y el Ayuntamiento carece de personal de mantenimiento propio. El entrevistado ofreció su experiencia e impresión al respecto. En la fase de ejecución indicó que no había tenido problema alguno con las luminarias y no recordó haber sufrido protestas de los vecinos. Una vez finalizada la obra no ha tenido quejas del alcalde ni de los vecinos, lo llamaron a los pocos meses de finalizada la instalación por averías en varias luminarias que tuvieron que ser sustituidas. Como estaba en periodo de garantía, no supuso para el municipio coste alguno. Después de eso no ha tenido noticias sobre fallos de la instalación o de las luminarias. Su opinión personal sobre todo el proceso de sustitución, desde que comenzó hasta la actualidad, era muy buena				

10. FUENTES DE EVIDENCIA 4: Encuestas

Enviadas en septiembre 2018 al municipio

nº encuestas realizadas 20



Como puede observarse la media de los encuestados (20) se sitúa en la respuesta de acuerdo (QL4) y la media por enunciados también. El mayor grado de acuerdo se produce en los enunciados 1, 4, 5, 10 y el menor grado de acuerdo en los enunciados 2,6 y 7.

Resultados estadísticos:
40% < 30 años, 35% 31-60 años, 25% <60 años

65% mujeres
 99,5% viven en el pueblo
 55,5% viven en las calles donde se han realizado las actuaciones

11. FUENTES DE EVIDENCIA5: Observación Directa

Se realiza observación directa en las noches en que se hicieron las mediciones, así como en los días en que se elaboró el inventario de alumbrado público y la toma de datos para la elaboración de la memoria.

	Nº visitas	Documentos elaborados
Inventario	2	Documentos escritos para la toma de datos, planos, fotografías.
Mediciones nivel iluminación	2	Mediciones, fotografías todas realizadas con la misma cámara.
Mediciones color de las fuentes de luz	2	Mediciones, fotografías. Valor medio antes (feb.2018):CCT= 4250 K; CRI=35-37 Valor medio después (1.12.2018): CCT=3036 K; CRI= 73-74
Ejecución de la memoria	2	Comprobación de la ejecución de la memoria, informes técnicos, fotografías.

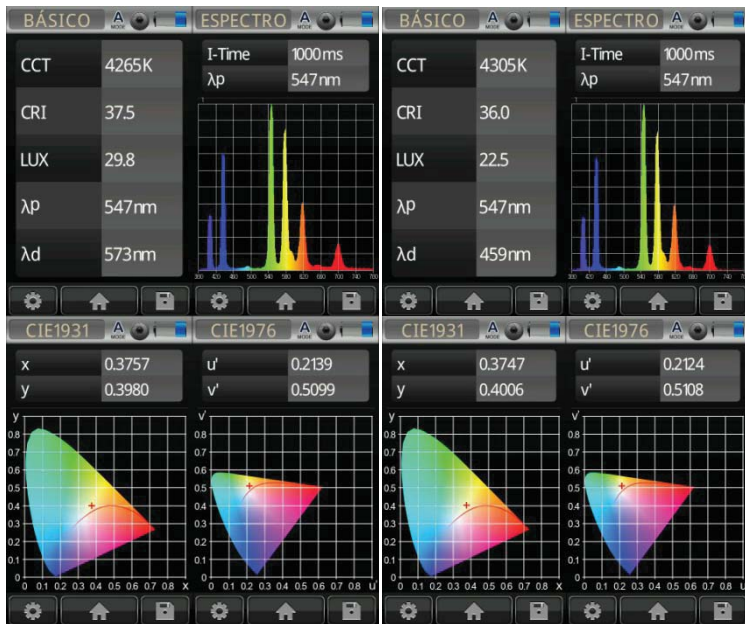
* Mediciones efectuadas con el medidor de luz, UPRtek model MK350S, nº de serie: B13M0166

Mediciones y fotografías tomadas antes de la actuación

Model Name MK350S		Model Name MK350S	
Serial Numbe B13M0166		Serial Numbe B13M0166	
Time 2018/12/01_02:15:53		Time 2018/12/01_02:16:19	
Memo		Memo	
I-Time 1.000.000.000		I-Time 1.000.000.000	
x 0.375655		x 0.374699	
y 0.397996		y 0.400609	
u' 0.213907		u' 0.212357	
v' 0.509914		v' 0.510842	
CCT 4.265.000.000		CCT 4.305.000.000	
LUX 29.767.736		LUX 22.531.294	
LambdaD 573.000.000		LambdaD 459.000.000	
Duv 0.011084		Duv 0.012522	
dx 0.006180		dx 0.006767	
dy 0.028365		dy 0.032029	
du -0.006786		du -0.007728	
dv 0.013145		dv 0.014780	
Purity 0.322082		Purity 0.220357	
fc 2.766.518		fc 2.093.987	
CRI 37.521.187		CRI 35.981.071	



Calle Ronda Calle Miradores



Después de la actuación

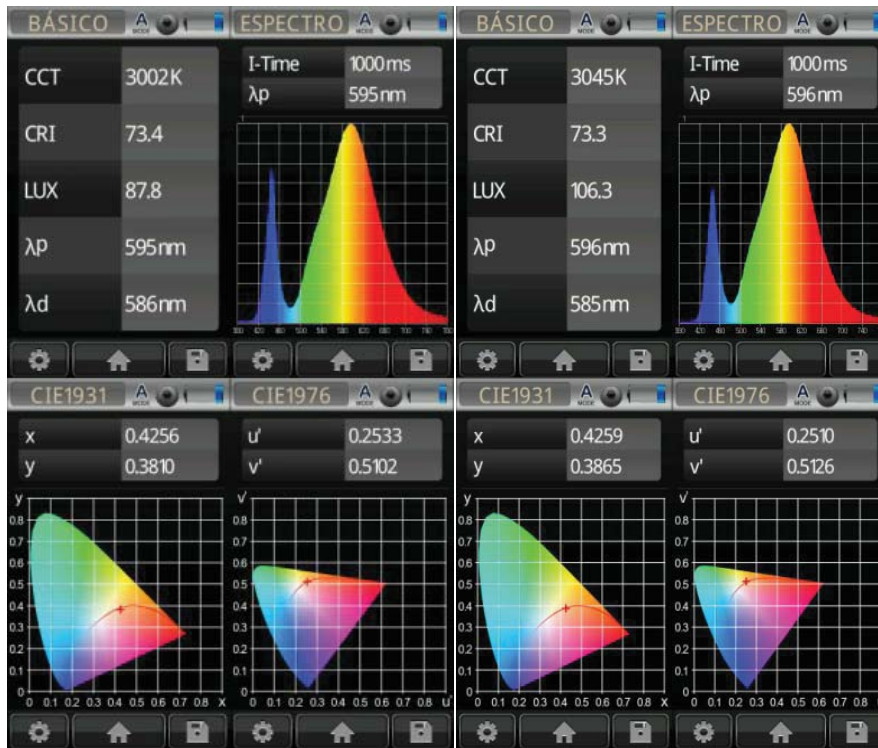
Model Name MK350S	Model Name MK350S
Serial Numbe B13M0166	Serial Numbe B13M0166
Time 2018/12/01_01:50:23	Time 2018/12/01_01:50:53
Memo	Memo
I-Time 1.000.000.000	I-Time 1.000.000.000
x 0.425626	x 0.425912
y 0.381022	y 0.386496
u' 0.253311	u' 0.251049
v' 0.510221	v' 0.512584
CCT 3.002.000.000	CCT 3.045.000.000
LUX 87.804.070	LUX 106.334.457
LambdaD 586.000.000	LambdaD 585.000.000
Duv -0.007933	Duv -0.005644
dx -0.011171	dx -0.007860
dy -0.023011	dy -0.016474
du 0.002811	du 0.002044
dv -0.011127	dv -0.007892
Purity 0.422031	Purity 0.438109
fc 8.160.230	fc 9.882.384
CRI 73.386.803	CRI 73.259.300
Model Name MK350S	Model Name MK350S
Serial Numbe B13M0166	Serial Numbe B13M0166
Time 2018/12/01_01:30:37	Time 2018/12/01_01:31:04
Memo	Memo
I-Time 1.000.000.000	I-Time 1.000.000.000
x 0.424212	x 0.424415
y 0.388792	y 0.378080
u' 0.248911	u' 0.253831
v' 0.513288	v' 0.508770
CCT 3.097.000.000	CCT 2.998.000.000
LUX 96.597.000	LUX 78.376.770
LambdaD 584.000.000	LambdaD 587.000.000
Duv -0.004409	Duv -0.009022
dx -0.005983	dx -0.012668
dy -0.012861	dy -0.026051
du 0.001653	du 0.003190
dv -0.006132	dv -0.012659
Purity 0.440904	Purity 0.407742
fc 8.977.416	fc 7.284.086
CRI 73.508.591	CRI 73.684.479



Calle Miradores



Calle Ronda



12. FUENTES DE EVIDENCIA 6: Uso de Herramientas/Mediciones

12.1. Mediciones de consumo

Facturas de consumo eléctrico de la compañía eléctrica (Fuente: Endesa)

Nº CONTADOR	FECHA CONSUMO	NUMERO DE DIAS	CONSUMO P1	CONSUMO P3	TOTAL/MES	IMPORTE
89370669	11/10/2017-14/11/2017	CALLE NUEVA	480	2237	2717	356,32
700051852	27/10/2016-18/11/2018	CALLE NUEVA	517	1585	2102	289,26
203564982	27/09/2017-28/11/2017	CALLE RONDA	1708	2222	1965	334,905
203564982	27/09/2018-20/11/2018	CALLE RONDA	864	2455	1659,5	254,295

Number of Public lighting Supply	Power Consumption OCT-NOV 2017 (kWh)	Power Consumption OCT-NOV 2018 (kWh)	Diference (kWh)	Diference/year (kWh)
TOTAL (2)	4.682	3.762	-921	-11.046

Hay que tener en cuenta que no se han renovado la totalidad de los puntos de luz de los cuadros, por lo que se comparten luminarias antiguas y nuevas en el mismo cuadro.

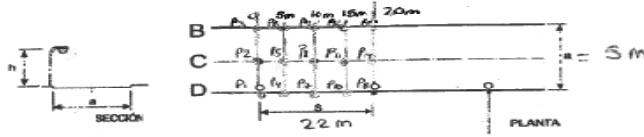
12.2. Mediciones lumínicas

Mediciones efectuadas con digital luxometer, Gossen model Mavolux 50328 USB, nº serie 174050.

Análisis lumínico/energético de la instalación de alumbrado público (cálculos antes y después de una muestra de viales)

Mediciones y Clasificación de los viales	Medición 1 (2.2018)		Medición 2 (1.12.2018)		Tipo	Situación de proyecto	Clase de alumbrado	Em	Emin
	Tipo	P (W)	Tipo	P (W)					
Calle Ronda (brazo)	V.M.	125	LED	38	D	D3-D4	S1-S3	5-22,5	1-5
C/. Miradores	V.M.	250	LED	38	D	D3-D4	S1-	5-22,5	1-5

Fig. 6 - Determinación de la iluminancia media y uniformidades mediante el método de los nueve puntos.



	1	2	3	4	5
B	4,2	3,3	1,3	0,5	2,5
C	5,5	3,9	2,1	2,3	3,4
D	6,5	2,9	1,1	0,5	4,4

Fondo

CALLE RONDA : HAY QUE MEDIR SOLO 15 PUNTOS

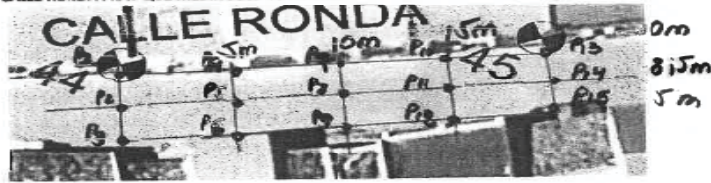
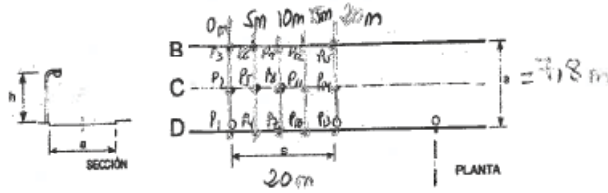


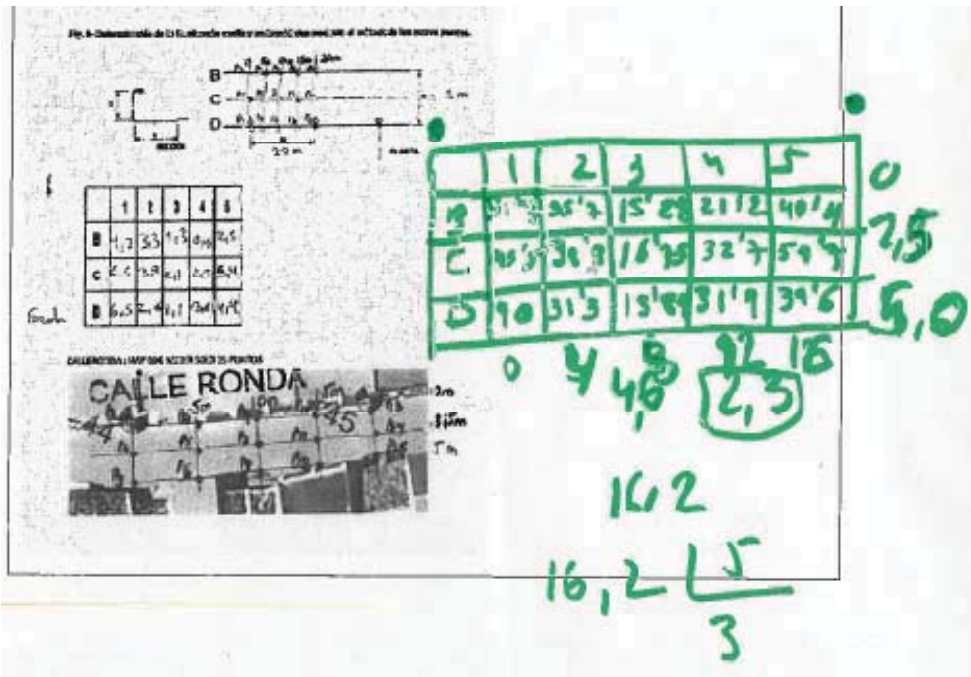
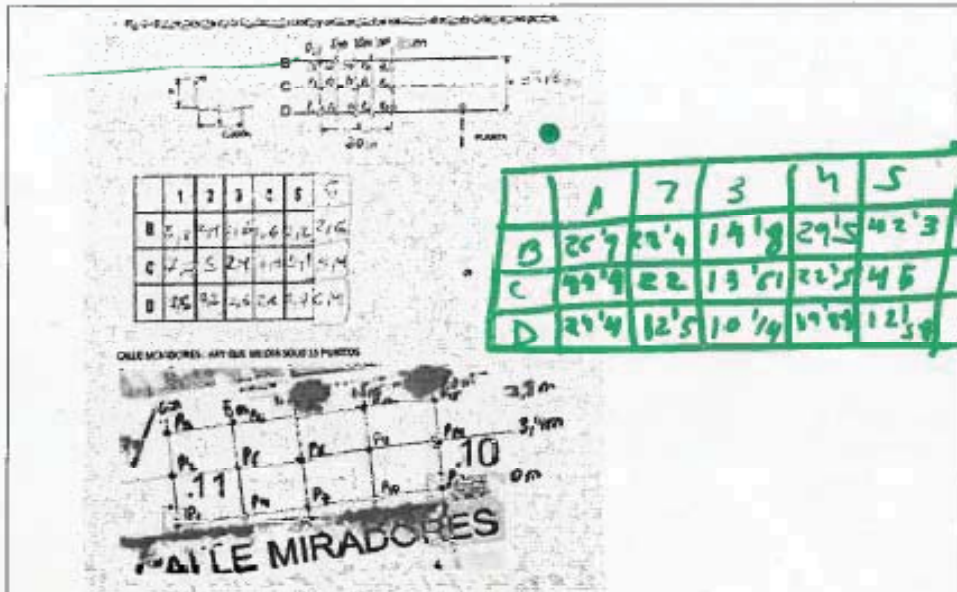
Fig. 6 - Determinación de la iluminancia media y uniformidades mediante el método de los nueve puntos.



	1	2	3	4	5	6
B	3,11	2,4	1,6	2,2	2,6	
C	7,7	5,2	2,4	1,9	3,1	5,8
D	7,8	7,2	2,6	2,2	5,7	6,4

CALLE MIRADORES : HAY QUE MEDIR SOLO 15 PUNTOS





	Em (lx)	Emin (lx)	Uo	Eficiencia lámpara (lm/W)*	Fm**	Fu	$\epsilon(m^2 \times lx/W)$	ϵr	le	Calif. Ener.
Calle Ronda (brazo)	3,19	0,6	0,19	60,00	0,50	0,09	2,80	5,00	0,56	D
	31,36	13,9	0,44	100,00	0,85	0,79	66,85	13,00	5,14	A
Calle Miradores (columna)	4,82	1,00	0,21	60,00	0,50	0,10	3,01	5,00	0,60	D
	23,37	10,10	0,43	100,00	0,85	1,13	95,94	13,00	7,38	A

Nota: Eficiencia de la fuente de luz led 100lm/W según proyecto

*En el caso de vapor de mercurio: valor obtenido de la Guía Técnica de Eficiencia Energética en Iluminación, Alumbrado Público, del IDAE.

** El valor obtenido de la ITC-EA-06:

$$F_M = F_{DFL} \times F_{SL} \times F_{DLU}$$

$$VM: 0,76 \times 0,76 \times 0,87 = 0,50$$

$$HM: 0,73 \times 0,88 \times 0,87 = 0,56$$

$$LED: 0,95 \times 1 \times 0,89 = 0,85$$

FDFL = factor de depreciación del flujo luminoso de la lámpara. Los factores de depreciación máximo admitido se indican en las tablas 1,2 y 3 de la ITC-EA-06. El factor de depreciación del flujo luminoso de lámparas tipo LED, no viene especificado en las mencionadas tablas debido a que esta normativa es anterior a la aplicación de este tipo de lámpara. Sin embargo, estudios recientes lo sitúan aproximadamente en valores situados entre el 0,95-0,99.

FSL = factor de supervivencia de la lámpara. Los factores de supervivencia máximos admitidos se indican en las tablas 1,2 y 3 de la ITC-EA-06. En el caso de las lámparas tipo led la probabilidad de supervivencia aumenta respecto a las lámparas tradicionales. Además, teniendo en cuenta que en caso de un fallo total esta se cambiaría de modo inmediato, podemos considerar un valor igual a 1.

Según criterio de la Guía Técnica de Aplicación EA-06, “de conformidad con los avances tecnológicos podrán adoptarse factores de depreciación del flujo luminoso de las fuentes de luz superiores a los establecidos en la tabla 1, de acuerdo con los datos proporcionados por los fabricantes”. No obstante, El grado de protección del sistema óptico es IP 6x. Además de esto hay que tener en cuenta, que el grado de contaminación es medio al tratarse de vías urbanas con intensidad de tráfico media.

El intervalo de limpieza de las luminarias se va a establecer en dos años que es el periodo de tiempo medio de limpieza que se ha establecido en el municipio. Por tanto, el factor FDLU es 0.89.

En el Reglamento de Eficiencia Energética no se contempla el Factor de Mantenimiento aplicado a luminarias equipadas con fuentes de luz LED. Lo que si contempla es que dicho valor no pueda ser superior a 0,85.

13. RESULTADOS CASO 4

13.1. Técnicos/Lumínicos

Los niveles de iluminación son correctos en un vial y en el otro superan el 50% del establecido y las uniformidades son mayores. La instalación no ha dado problemas de ningún tipo, salvo en los primeros meses en que hubo que sustituir algunas luminarias que cubrió la garantía.

13.2. Medioambientales

Los consumos han disminuido casi un 20%, como no se han actuado en el total de luminarias de los cuadros, no se aprecia una disminución acusada de los consumos.

13.3. Sociales

Los vecinos encuestados se han mostrado, en su mayoría, de acuerdo (QL4) en las respuestas al cuestionario realizado, mostrándose acuerdo en los enunciados:

- La calle está más iluminada que antes (QL5)
- Se ve diferencia de luz de la nueva calle con las otras (QL5)
- Más sensación de seguridad en los desplazamientos a pie (QL5)

Y desacuerdo en los enunciados:

- El suelo de la calle brilla más que antes (QL2)
- Existen zonas de sombras en la calle (QL2)
- El brillo de la luz me da en los ojos cuando miro la calle (QL1)

13.4. Económicos. Retorno estimado de la inversión

Inversión inicial	Reducción consumo (kWh/año)	Reducción contaminación(tCO ₂ eq/año)	Ahorro (€/año)	Retorno de la inversión (años)
33.597,27€	44.478,90	17,79	4.757,01	7

Retorno real de la inversión

Inversión inicial	Reducción consumo (kWh/año)	Reducción contaminación(tCO ₂ eq/año)	Ahorro (€/año)	Retorno de la inversión (años)
33.597,27€	-20%	-20%	1.546,44	>7

13.5. Valoración con los indicadores

Indicadores	Requirements	1*	2	3	Punt.
Coste de la luminaria	534,87	534,87	534,87	534,87	
Diseño de la luminaria (IP)	Fundicion de Al, IP66 IK08 10kV	Fundicion de Al, IP66/IK10	Fundicion de Al, IP66/IK09	Fundicion de Al, IP57/IK10	1
Eficacia o eficiencia lumínica de la fuente de luz/instalación	100	102	>120	111	2
Espectro de emisión de la fuente de luz	no req pliego/no req memoria	no aporta	no aporta	no aporta	
Luminancia/Iluminancia	no req pliego/si req memoria	no aporta	no aporta	no aporta	
Factor de potencia del punto de luz	0,9	>0,95	0,95	>0,95	
Flujo luminoso emitido por una fuente de luz		3532	4318	3900	2
Fotometría	ASIM LONG	ASIM LONG	ASIM LONG	ASIM LONG	
Fuente de luz/instalación regulable	1-10 DALI	1-10 DALI	1-10 DALI	1-10 DALI	
Horas de servicio/Ciclo de vida de la instalación	L80B10100000	L90100000	L80b1080000	L80B1060000	1
Índice de Reproducción Cromática (IRC)	>70	70,1	70	70	1
Porcentaje emisión al hemisferio superior	<1%	0%	0,10%	0	1,3
Potencia/Intensidad de trabajo del punto de luz	38/42-530	35/350	34/240	35	2
Sostenibilidad de las materias primas					
Temperatura de color	3000/4000	1800	3000	3000	1
		5	3	1	

* No gustó el diseño (mesa de contratación) demasiado moderno. Tenían una clausula estética en el Pliego

14. CONCLUSIONES CASO 4

1. Valoración de los indicadores

La valoración de los indicadores puntúa al ofertante 1 como el mejor posicionado. Esta valoración coincide con los resultados de la mesa de contratación en cuanto a criterios técnicos. El número de requerimientos de la oferta coincide con el listado de indicadores en un $13/17 = 76\%$, por lo que valida la lista en ese porcentaje. Pero no coincide con la decisión tomada por los técnicos municipales, ya que el alcalde decide utilizar el criterio estético para elegir al ofertante 2, pues el diseño de la luminaria ofertada por el ofertante 1 no le gustó (demasiado moderna).

El parámetro diseño se compone de varios ítems (6), de los que el Ayuntamiento sólo ha solicitado 3, no se sabe como valorar esto, se pondrían ponderar todos con el mismo peso para el resultado.

2. Consideraciones

- Estudiar el peso en la valoración de los indicadores, si ha de ser el mismo o no.
- Se ha valorado una luminaria y tres ofertantes. Se dispone de mayor grado de certeza para ayudar a validar los resultados obtenidos.
- Todas las ofertas tienen la fotometría según requerimientos, por lo que siempre puntúa y estos parámetros nunca sirven para decidir.
- Esta actuación consistió principalmente en una sustitución de luminarias, aunque también incluyó la instalación de una nueva calle. El Proyecto o Memoria Técnica incluyó los valores de los indicadores "Disposición de los puntos de luz" y "Superficie a iluminar" y todos los ofertantes asumieron sin cambiar lo que se había dispuesto.
- Aunque sean indicadores reglamentarios, si el pliego no los solicita expresamente, el fabricante puede no aportarlos y entonces, no puede ser evaluado.
- La Administración Pública, a igualdad de puntuación técnica, está obligada a escoger la de menor importe, en este caso obligó a ofertar las mejoras, no a reducir el importe.
- Se valoran el parámetro "Eficacia de la fuente de luz" que puede utilizarse junto con el de potencia para elegir el bloque óptico más eficiente y de menor consumo.
- Hay un parámetro que se requiere en todos los pliegos y especificaciones técnicas pero no se ha evidenciado en la lista de parámetros primitiva ni en la de indicadores que se generó a partir de ella: la protección contra el rayo o por sobretensión de 10 kV.

Anexo 12

<p>Caso 5. Protocolo de estudio: Renovación A.P. Caso 5, año 2018</p>
<p>1. DEFINICIÓN DELA PROPOSICIÓN OBJETO DE ESTUDIO ¿Cómo pueden los técnicos municipales identificar la mejor oferta de renovación del alumbrado público de entre las que se les presentan?</p> <p>PROPOSICIÓN OBJETO DEL ESTUDIO DEL CASO ¿Cómo ha sido el proceso de renovación de la instalación de alumbrado público?</p>
<p>2.INTRODUCCIÓN Y REVISIÓN DE LA LITERATURA</p> <p>Se realizó una búsqueda bibliográfica de publicaciones en las distintas bases de datos disponibles. Los recursos consultados fueron los siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none">• Web of Science• ScienceDirectJournals• Taylor & Francis On Line• Ebsco Online ResearchDatabase• Motor de búsqueda Jábega 2.0 (Universidad de Málaga) <p>Además, se ha consultados en internet:</p> <ul style="list-style-type: none">• Web del Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE)• Web del Comité Español de iluminación <p>Se consultaron publicaciones, monografías, tesis, presentaciones realizadas en conferencias, normativa, recomendaciones, etc. Algunas veces, se llegó a estas publicaciones por referencias de otras, o citas que se encontraron en textos. Se seleccionaron un total de 57 publicaciones en el año 2015 y, en una revisión en el año 2018, se añadieron 32, haciendo un total de 89.</p> <p>De estos 89 documentos, se realizó un análisis cualitativo de datos, de los que resultó un listado de 15 indicadores de valoración de una luminaria en el caso de una sustitución, que es el caso que nos ocupa.</p> <p>En concreto, del Caso 5, no se han encontrado documentos científicos, artículos, noticias o documentos oficiales que hablen del alumbrado público y Caso 5. La búsqueda de datos se ha realizado entre enero y julio de 2018. La documentación se ha recabado mediante visitas y estudio de documentación elaborada por el propio Ayuntamiento de Caso 5 y la Diputación de Málaga.</p>
<p>3. OBJETIVO DEL ESTUDIO DEL CASO</p> <p>El estudio de casos pretende analizar los métodos prácticos llevados a cabo por los técnicos municipales en la renovación de una parte de la instalación de alumbrado público en Caso 5 en el año 2018.</p> <p>Se ha elaborado el estudio desde varias perspectivas: técnica, medioambiental, económica y social.</p> <p>Se han comparado los indicadores técnicos exigidos en el pliego con los 15 indicadores identificados. Se han identificado porcentajes de concordancia entre ambas listas de indicadores, y si realmente la elección de los técnicos fue la acertada, teniendo en cuenta todas las perspectivas.</p>
<p>4. MARCO TEÓRICO.</p> <p>El marco teórico es:</p> <ul style="list-style-type: none">▪ European Committee for Standardization. CEN/TR 13201-1 “Road Lighting Part 1: Selection of lighting classes”.▪ European Committee for Standardization. EN 13201-2 “Road lighting - Part 2: Performance requirements”.▪ European Committee for Standardization. EN 13201-3:2016. “Road Lighting – Part 3: Calculation of performance”.▪ European Committee for Standardization. EN 13201-5:2015. “Road Lighting – Part 5: Energy performance Indicators”.▪ International Commission on Illumination. CIE 126-1997 Guidelines for minimizing sky glow.

- Ministry of Energy, Tourism and the Digital Agenda, Instituto para la Diversificación y la Energía, Comité Español de Iluminación. Requerimientos técnicos exigibles para luminarias con tecnología Led, 2011.
- Ministry of Energy, Tourism and the Digital Agenda. Real Decreto 1890/2008, de 14 de noviembre, por el que se aprueba el Reglamento de Eficiencia Energética en Instalaciones de Alumbrado Exterior.
- Ministry of Presidency. Real Decreto 208/2005, de 25 de febrero, sobre aparatos eléctricos y electrónicos y la gestión de sus residuos incorpora al derecho nacional las Directivas europeas aprobadas en esta materia.
- Ministry of Science and Innovation. Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión.
- Ministry of Finance and Civil Service. Real Decreto legislativo 3/2011 de 14 de noviembre, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Contratos de las Administraciones Públicas.
- European Parliament. Commission Regulation (EC) No 245/2009 of 18 march 2009 implementing Directive 2005/32/EC of the European Parliament and of the Council with regard to ecodesign requirements for fluorescent lamps without integrated ballast, for high intensity discharge lamps, and for ballasts and luminaires able to operate such lamps, and repealing Directive 2000/55/EC of the European Parliament and of the Council.

5. SELECCIÓN DE CASOS

La elección de los casos puede realizarse en función de distintos criterios, en este caso ha sido, fundamentalmente, el criterio temporal.

Los casos se han elegido lo más tarde en el tiempo posible, debido a la novedad tecnológica que se ha estado produciendo desde el año 2013-2017 en el sector del alumbrado público, con la introducción de la tecnología LED y micro LED.

La limitación temporal del desarrollo propio del curso de doctorado, que no permite el estudio de un número infinito de casos, sobre todo si cada uno de ellos puede tener un recorrido de hasta 3 años.

Además del criterio temporal, se han elegido municipios con un número menor de 20.000 habitantes, comúnmente denominados "pequeños municipios", pues son estos los principales beneficiarios de las conclusiones de este estudio. Los municipios pequeños son los que suelen contar con menos recursos y disponen de menos personal técnico.

En el caso de Caso 5, el municipio ha estado realizando diversas actuaciones de renovación del alumbrado público. La que se documenta en este caso es una renovación que tuvo lugar en el año 2018. El proyecto en el año 2016 y la ejecución entre los meses de mayo y junio del año 2018.

6. PROCEDIMIENTO

El procedimiento seguido fue:

1. Identificar una muestra de municipios que entre 2015-2018 vayan a renovar su alumbrado público.
2. Antes de la renovación:
 - Elaborar inventario del alumbrado del municipio o de la actuación.
 - Seguimiento del procedimiento de contratación.
 - Examen de las ofertas presentadas.
 - Medición de los niveles de iluminación en una muestra.
3. Después de la renovación:
 - Repetir la medición en la misma muestra.
 - Entrevista/Encuesta con técnico/s y políticos municipal/es.
 - Entrevista/Encuesta con personal de mantenimiento.
 - Entrevista/Encuesta con usuarios de la instalación
 - Elaboración de un estudio comparativo de consumos eléctricos y costes estimados y/o reales.
 - Calcular la inversión económica y su periodo de retorno (ROI) estimados y/o reales.

4. Evaluar las ofertas con la lista de indicadores

7. FUENTES DE EVIDENCIA 1: Archivo/estadísticas/histórico

7.1. Antecedentes del municipio

Datos del municipio (Fuentes Web del Ayuntamiento e Instituto de cartografía y Estadística, Junta de Andalucía):

- Nombre de la localidad: Caso 5
- Provincia: Málaga
- Comunidad Autónoma: Andalucía
- Nº de habitantes (2017): 3.268
- Porcentaje de la población mayor de 65 años (%): 19,55
- Renta neta media declarada (€/2015): 9.404,00

Inventario (Fuentes: Diputación de Málaga):

- Centros de mando: 17
- Relojes astronómicos en cuadro: 14
- Célula fotoeléctrica en cuadro: 14
- Número Puntos de luz:
- Número de Lámparas: 1.228
- Potencia total instalada (W): 176.679
- Consumo anual (kWh/año): 773.854,02
- Coste anual (€/año): 108.339,56
- Porcentaje respecto al consumo total del Ayuntamiento (%): 43,26
- Porcentaje de lámparas de mercurio(%): 74
- Contaminación (t CO₂eq):263,11 (Factor de Emisión de 0,34 Kg de CO₂ eq./kWh, relativo a la energía producida en el año 2016, en el ámbito de ENDESA, según la Comisión Nacional de los Mercados y la Competencia (CNMC).

CASO 5	TIPO DE LUMINARIA	TIPO DE LÁMPARA	POTENCIA LÁMPARA +EQUIPO AUXILIAR(W)	UDS.	POTENCIA TOTAL (W)	Consumo Energía Eléctrica (12h/día) (kWh/año)	Costes* €/año
NUCLEO URBANO	Villa	VM-125 W	139	494	68.666	300.757,08	42.105,99
	Fernandina	VSAP-150 W	171	22	3.762	16.477,56	2.306,86
	Fernandina	VSAP-150 W	171	153	26.163	114.593,94	16.043,15
	Viaria	VSAP-150 W	171	50	8.550	37.449,00	5.242,86
	Esférica	VSAP-100 W	116	31	3.596	15.750,48	2.205,07
CAÑADA DEL REAL TESORO	Villa	VM-125 W	139	181	25.159	110.196,42	15.427,50
	Esférica	VM-125 W	139	15	2.085	9.132,30	1.278,52
	Viaria	VM-125 W	139	3	417	1.826,46	255,70
EL COLMENAR	Villa	VM-125 W	139	219	30.441	133.331,58	18.666,42
	Fernandina	VSAP-100 W	116	44	5.104	22.355,52	3.129,77
	Viaria	VSAP-150 W	171	16	2.736	11.983,68	1.677,72
TOTAL				1.228	176.679	773.854,02	108.339,56

Fuente: Ayuntamiento de Caso 5

*Se estima un valor de 0,14€/ kWh

Ratios:

- Potencia instalada por habitante (W/hab): 143,875
- Puntos de luz por 1.000 habitantes (PL/1000 hab): 374,73
- Potencia instalada por superficie de población (W/m²): 206,79
- Facturación anual de electricidad por potencia instalada (€/kW): 613,20
- Consumo anual de electricidad por potencia instalada (kWh/kW)= 4.380,00
- Consumo anual de electricidad por habitante (Wh/hab): 236,15
- Superficie de viales asociada al cuadro (m²/cuadro): 10.517,88

7.2. Descripción de la actuación realizada

7.- OBRAS QUE SE PROPONEN.

Las obras que se proponen consisten esencialmente en la instalación e un nuevo cuadro eléctrico que sustituya al existente en Paseo de Jerez, el rediseño de los circuitos de alumbrado de varias calles del municipio pertenecientes a este cuadro, la sustitución de los conductores que están en mal estado, la renovación de puntos de luz existentes y en algunos casos la implantación de nuevos puntos de luz en zonas donde son deficientes o inexistentes.

Se instalarán luminarias eficientes con ópticas adecuadas que permiten una mejor distribución del flujo luminoso y control del flujo en el hemisferio superior y fuentes de luz eficaces con tecnología Led, que a igual o mayor flujo y menor potencia con respecto a las instaladas, posean mayor eficacia luminosa, un mayor rendimiento energético, mayor vida media y mayor vida útil, y por último unos elementos de regulación que permiten la regulación individual del flujo, punto a punto, sin línea de mando.

De esta manera las obras que se proponen consistirán en:

- Ejecución de las obras de excavación, zanjas y reposición del pavimento para la construcción de la canalización necesaria en Paseo de Jerez, Avda. de Ubrique, Calle Fray Leopoldo, Avda. Los Naranjos y distintos cruces de calle, para la red trifásica instalada bajo tubería, formada por conductores de cobre tipo RV 0,6/1KV de 10 mm² o de 6 mm² + un conductor para T.T. tipo H07V-R - amarillo-verde de 1x16 mm² de sección, para instalaciones de alumbrado público, incluso conexiones. Totalmente instalada y probada en condiciones reglamentarias. También se renovará el cableado colocado sobre fachada en la Calle San Sebastián, Calle Hnos. A. Quintero y Calle San José con conductor RZ1-K(AS)-UNE-21.123-5G4-Cu5-0,6/1kV.
- Instalación de 2.227 m de Línea de AP, en canalización bajo canalización subterránea, y 788 m. colocada sobre muro o fachada, totalmente instalada y probada en condiciones reglamentarias.
- Sustitución de 25 bloques ópticos de leds de 40 W, óptica con distribución asimétrica longitudinal y equipo auxiliar electrónico compacto individual sin línea de mando con regulación programable, para luminaria tipo clásica fernandina existente en Calle Real.
- Sustitución de 3 luminarias tipo clásica Villa de 40 W, fabricada en fundición de aluminio, óptica con distribución asimétrica longitudinal y equipo auxiliar electrónico compacto individual sin línea de mando con regulación programable, sobre brazo mural ornamental fabricado en fundición de aluminio, de 600/700 mm, a sustituir en Calle San Sebastián y Avda. Los Naranjos.

- Instalación de 2 luminarias tipo clásica Villa de 40 W, fabricada en fundición de aluminio, óptica con distribución asimétrica longitudinal y equipo auxiliar electrónico compacto individual sin línea de mando con regulación programable, sobre columna de 4m. de fundición de aluminio, sobre cimentación de hormigón HM-20 de 50x50x70 en Pasaje de Jerez.
- Instalación de 3 luminarias tipo clásica Villa de 40 W, fabricada en fundición de aluminio, óptica con distribución asimétrica longitudinal y equipo auxiliar electrónico compacto individual sin línea de mando con regulación programable, sobre columna de 2,5m., a sustituir en Pasaje de Jerez.
- Instalación de 2 luminarias tipo clásica Villa de 40 W, fabricada en fundición de aluminio, óptica con distribución asimétrica longitudinal y equipo auxiliar electrónico compacto individual sin línea de mando con regulación programable, sobre columna existente, a sustituir en Pasaje de Jerez.

La instalación incluye la sustitución de un Cuadro de Mando, Medida y Protección que sustituirá al existente en Paseo de Jerez. (Ver plano de planta).

Igualmente se prevén unas obras que se pueden ejecutar en el caso de mejoras en la licitación. Estas obras de mejora se especifican en los presupuestos y se han repartido en los dos lotes siguientes:

Mejora 1

- Sustitución de 36 luminarias tipo clásica Villa de 40 W, fabricada en fundición de aluminio, óptica con distribución asimétrica longitudinal y equipo auxiliar electrónico compacto individual sin línea de mando con regulación programable, sobre brazo mural ornamental fabricado en fundición de aluminio, de 600/700 mm, a sustituir en Calle San Sebastián, Avda. Los Naranjos, Calle Hnos. A. Quintero, calle San José, Calle los Encinares y Calle Fray Leopoldo.

Mejora 2

- Instalación de 3 luminarias tipo clásica Villa de 40 W, fabricada en fundición de aluminio, óptica con distribución asimétrica longitudinal y equipo auxiliar electrónico compacto individual sin línea de mando con regulación programable, sobre columna de 4m. de fundición de aluminio, sobre cimentación de hormigón existente HM-20 de 50x50x70 en Pasaje de Jerez.
- Instalación de 12 luminarias tipo clásica Villa de 40 W, fabricada en fundición de aluminio, óptica con distribución asimétrica longitudinal y equipo auxiliar electrónico compacto individual sin línea de mando con regulación programable, sobre columna existente, a sustituir en Avda. los Naranjos.

Mejora 3

- Instalación de 10 luminarias tipo clásica Villa de 40 W, fabricada en fundición de aluminio, óptica con distribución asimétrica longitudinal y equipo auxiliar electrónico compacto individual sin línea de mando con regulación programable, sobre columna existente, a sustituir en Avda. los Naranjos y Calle Fray Leopoldo.

7.3. Características requeridas de las luminarias.

Memoria de actuación elaborada para la sustitución.
(técnicos económicos, medioambientales)

82AP811 Ud Punto de Luz c/lumin. Villa-mód LED 38W-42W.-3000K+equ. reg. prog.s/m 1-10v o Dali. Efic. lum.100Lm/W+Colum. orn. Ac.fund.4 m.

Ud. Punto de luz compuesto por:
Luminaria tipo farol Villa con tecnología LED, formada por: Cuerpo: Fabricado en fundición inyectada de aluminio, pintado con color RAL, varillas de extrusión de aluminio capaz de pasar por el interior cable de 3x2,5 mm2, tomillería de acero inoxidable. Grado de protección mínima de la luminaria IP66 e IK08. Fuente de luz: Módulo LED 38W., máxima intensidad de funcionamiento 530mA. Temperatura de Color LED Blanco cálido, 3000K, I.R.C >70. Vida útil ?100.000 horas (Tq=25°C), mantenimiento de flujo luminoso L80, B10. Óptica: Distribución asimétrica longitudinal, según requisitos fotométricos y geometría del vial; con cierre transparente, sellado IP66, Flujo hemisférico superior instalado, FHSinst ?1%. Equipo auxiliar: Driver electrónico para módulo LED, regulable protocolo 1-10V o Dali; alimentación a red de 220-240V. a.c. 50-60 Hz, factor de potencia no menor de 0,9, protegido contra sobreintensidades y con protección contra sobretensiones de 10KV. Consumo máximo del sistema (bloque+equipo) 42 W. Eficiencia mínima de la luminaria 100 lum/W. Marca-do CE.
Columna ornamental de fundición de aluminio y tubo de acero galvanizado, de 3,95 m. de altura, pintura base epoxi, acabado negro RAL 9005, situada sobre cimentación existente, aplomada y nivelada. Totalmente colocada. Instalación eléctrica interior completa de Columna Ornamental h<5 m con luminaria, compuesta por: Caja conexión luminarias alumbrado exterior, policarbonato gris RAL 7035, IP447, 157x84x72 mm, Ø int. mín. columna 90 mm, placa montaje extraíble, secc. máx. cable 2x16 mm2, entrada tetrapolar, salida bipolar, con fijación a poste, placa de cierre, 2 fusibles cilíndricos 10x38 gG 6A c/lf. y cable RV 0,6/1 KV-Cu-K-UNE-EN-50265 y 21123-2 2x2,5. Conectado a red y luminaria. Conjunto probado y funcionando.

PL.: 7,148	2	2,00		
			2,00	624,18 1.248,36 €

CAPÍTULO III.- PUNTOS DE LUZ

82AP810 Ud Punto de Luz c/lumin. Villa-mód LED 38W-42W.-3000K+equ. reg. prog.s/m 1-10v o Dali. Efic. lum.100Lm/W+brazo mural fund. Al.0.7m

Ud. Punto de luz compuesto por:
Luminaria tipo farol Villa con tecnología LED, formada por: Cuerpo: Fabricado en fundición inyectada de aluminio, pintado con color RAL, varillas de extrusión de aluminio capaz de pasar por el interior cable de 3x2,5 mm2, tomillería de acero inoxidable. Grado de protección mínima de la luminaria IP66 e IK08. Fuente de luz: Módulo LED 38W., máxima intensidad de funcionamiento 530mA. Temperatura de Color LED Blanco cálido, 3000K, I.R.C >70. Vida útil ?100.000 horas (Tq=25°C), mantenimiento de flujo luminoso L80, B10. Óptica: Distribución asimétrica longitudinal, según requisitos fotométricos y geometría del vial; con cierre transparente, sellado IP66, Flujo hemisférico superior instalado, FHSinst ?1%. Equipo auxiliar: Driver electrónico para módulo LED, regulable protocolo 1-10V o Dali; alimentación a red de 220-240V. a.c. 50-60 Hz, factor de potencia no menor de 0,9, protegido contra sobreintensidades y con protección contra sobretensiones de 10KV. Consumo máximo del sistema (bloque+equipo) 42 W. Eficiencia mínima de la luminaria 100 lum/W. Marca-do CE.
Brazo mural ornamental fabricado en fundición de aluminio, tuerca y racor de 3/4", cincados, pintura base epoxi, acabado negro RAL 9011, longitud 600/700 mm, mod. según planos.
Instalación eléctrica completa del brazo mural ornamental con luminaria, compuesta por: caja de conexión para luminarias de alumbrado exterior, de policarbonato gris RAL 7035, IP447, 157x84x72 mm, placa montaje extraíble, secc. máx. cable 2x16 mm2, entrada tetrapolar, salida bipolar, con fijación a poste o paramento, placa de cierre, 2 fusibles cilíndricos 10x38 gG 6A c/lf. y cable 3G4-RZ1-K(AS) -UNE-21123-4 -Cu5-0,6/1kV (MAAmV). Conectado a red y luminaria. Conjunto probado y funcionando.

PL.: 33-34	2	2,00		
PL. 35	1	1,00		
			3,00	427,35 1.282,05 €

82AP812 Punto de Luz c/lumin. Villa-mód LED 38W-42W.-3000K+equ. reg. prog.s/m 1-10v o Dali. Efic. lum.100Lm/W+Colum. orn. No fund.2,5m.

Ud. Punto de luz compuesto por Luminaria tipo farol Villa con tecnología LED, formada por: Cuerpo: Fabricado en fundición inyectada de aluminio, pintado con color RAL, varillas de extrusión de aluminio capaz de pasar por el interior cable de 3x2,5 mm2, tomillería de acero inoxidable. Grado de protección mínima de la luminaria IP66 e IK08. Fuente de luz: Módulo LED 38W., máxima intensidad de funcionamiento 530mA. Temperatura de Color LED Blanco cálido, 3000K, I.R.C >70. Vida útil ?100.000 horas (Tq=25°C), mantenimiento de flujo luminoso L80, B10. Óptica: Distribución asimétrica longitudinal, según requisitos fotométricos y geometría del vial; con cierre transparente, sellado IP56, Flujo hemisférico superior instalado, FHSinst ?1%. Equipo auxiliar: Driver electrónico para módulo LED, regulable protocolo 1-10V o Dali; alimentación a red de 220-240V. a.c. 50-60 Hz, factor de potencia no menor de 0,9, protegido contra sobreintensidades y con protección contra sobretensiones de 10KV. Consumo máximo del sistema (bloque+equipo) 42 W. Eficiencia mínima de la luminaria 100 lum/W. Marcado CE. Columna ornamental de fundición de aluminio y tubo de acero galvanizado, de 2,50m. de altura, pintura base epoxi, acabado negro RAL 9005, situada sobre cimentación existente, aplomada y nivelada. Totalmente colgada. Instalación eléctrica interior completa de Columna Ornamental h<5 m con luminaria, compuesta por: Caja conexión luminarias alumbrado exterior, policarbonato gris RAL 7035, IP447, 157x84x72 mm, Ø int. min columna 90 mm, placa montaje extraíble, secc. máx cable 2x16 mm2, entrada tetrapolar, salida bipolar, con fijación a poste, placa de cierre, 2 fusibles cilindricos 10x38 gG 6A c/ff. y cable RV 0,6/1 KV-Cu-K-UNE-EN-50265 y 21123-2 2x2,5. Conectado a red y luminaria Conjunto probado y funcionando.

PL. 4-6	3	3,00			
			3,00	540,73	1.640,10 €

82AP161 Ud. Sustitución bloque óptico+lámp+equ en lum exist por mód.LED 42 W.-4000 lum.-3000K+equipo reg. prog.

Ud. de sustitución de bloque óptico, lámpara y equipo en punto de luz existente por: Módulo de 24 LED 42 W. a 500mA. Flujo luminoso 4000 lúmenes. Temperatura de Color LED Blanco cálido. 3000K. I.R.C >70. Vida útil 50.000 horas. Óptica: distribución asimétrica longitudinal, cierre de policarbonato sellado IP66, FHS < 1%. Equipo auxiliar electrónico compacto individual, alimentación a red de 220-240 a.c. 50-60 Hz, con regulación programable, para LED o equivalente. Consumo del sistema (bloque+equipo) 42 W. Marcado CE. Includido soporte para adaptación a la luminaria existente y desmontaje del bloque existente. Instalación y montaje en columna o brazo. Conjunto Probado y funcionando.

PL. 8-32	25	25,00			
			25,00	247,75	6.193,75 €

82AP813 Punto de Luz c/lumin. Villa-mód LED 38W-42W.-3000K+equ. reg. prog.s/m 1-10v o Dali. Efic. lum.100Lm/W

Ud. Punto de luz compuesto por: Luminaria tipo farol Villa con tecnología LED, formada por: Cuerpo: Fabricado en fundición inyectada de aluminio, pintado con color RAL, varillas de extrusión de aluminio capaz de pasar por el interior cable de 3x2,5 mm2, tomillería de acero inoxidable. Grado de protección mínima de la luminaria IP66 e IK08. Fuente de luz: Módulo LED 38W., máxima intensidad de funcionamiento 530mA. Temperatura de Color LED Blanco cálido, 3000K, I.R.C >70. Vida útil ?100.000 horas (Tq=25°C), mantenimiento de flujo luminoso L80, B10. Óptica: Distribución asimétrica longitudinal, según requisitos fotométricos y geometría del vial; con cierre transparente, sellado IP66, Flujo hemisférico superior instalado, FHSinst ?1%. Equipo auxiliar: Driver electrónico para módulo LED, regulable protocolo 1-10V o Dali; alimentación a red de 220-240V. a.c. 50-60 Hz, factor de potencia no menor de 0,9, protegido contra sobreintensidades y con protección contra sobretensiones de 10KV. Consumo máximo del sistema (bloque+equipo) 42 W. Eficiencia mínima de la luminaria 100 lum/W. Marcado CE. Instalación eléctrica completa de Columna Ornamental h<5 m con luminaria, compuesta por: Caja conexión luminarias alumbrado exterior, policarbonato gris RAL 7035, IP447, 157x84x72 mm, Ø int. min. columna 90 mm, placa montaje extraíble, secc. máx cable 2x16 mm2, entrada tetrapolar, salida bipolar, con fijación a poste, placa de cierre, 2 fusibles cilindricos 10x38 gG 6A c/ff. y cable RV 0,6/1 KV-Cu-K-UNE-EN-50265 y 21123-2 2x2,5. Conectado a red y luminaria. Conjunto probado y funcionando.

PL. 1-3	3	3,00			
			3,00	359,73	1.079,19 €

TOTAL CAPÍTULO III.- PUNTOS DE LUZ..... 11.452,54 €

I	OBRA CIVIL.....	33.124,70 €	44,48
II	INSTALACIÓN ELÉCTRICA.....	28.924,38 €	38,84
III	PUNTOS DE LUZ.....	11.452,54 €	15,38
IV	GESTIÓN DE LOS RESIDUOS.....	266,22 €	0,36
V	SEGURIDAD Y SALUD.....	706,91 €	0,95

PRESUPUESTO DE EJECUCION MATERIAL 74.474,75 € 100,00

7.4. Pliego de características técnicas para la contratación

Esta Actuación se realizó por Administración, por lo que no se produjo procedimiento de contratación con una contratista. La obra se ejecutó entre los meses de mayo y junio de 2018. Los técnicos municipales decidieron en función de las características descritas en el proyecto y estudiaron las ofertas en función de las mismas. Así que se puede considerar que el pliego coincide con las características técnicas descritas en la Memoria de Actuación.

8. FUENTES DE EVIDENCIA 2: Documentos/Cálculos

Gastos de consumo primer año puesta en marcha estimados.

Number of Public lighting Suply	Costs 2012 (€)	Costs 2018 (€)	Diference (€)
TOTAL (1)	6.894,16	1.565,49	- 5.328,67

Gastos/registros de mantenimiento primer año puesta en marcha (a Diciembre de 2018)

Costs 2012 (€)	Costs 2018 (€)	Diference (€)
6894,16	0	- 6.894,16

9. FUENTES DE EVIDENCIA 3: Entrevistas

	Nº	Fecha	Consentimiento grabación	Duración	Tipo de entrevista
Personal político (Alcalde)	1	Julio 2019	-	15 minutos	Desestructurada
	Contenido. La instalación no ha dado ningún problema desde su instalación, los vecinos están contentos, le han transmitido que quieren que siga actuando en el resto del municipio.				
Personal de mantenimiento (Paco)	1	Diciembre 2018	-	25 minutos	Desestructurada
	Contenido. La instalación no ha dado ningún problema desde su instalación, está saltando por culpa de las luminarias antiguas conectadas al mismo circuito, que contaminan el neutro. No se ve iluminadas a lo lejos, como si estuviesen apagadas. 0 € gasto. Demasiada iluminación.				

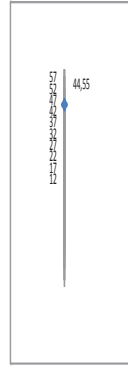
10. FUENTES DE EVIDENCIA 4: Encuestas a los vecinos

Entregadas al alcalde en septiembre de 2018 devuelta en julio de 2019



	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1 La calle está más iluminada que antes	4	5	5	5	5	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
2 El suelo de la calle brilla más que antes	1	4	4	4	4	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
3 La luz es más cálida que antes	5	4	5	5	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
4 Distingo mejor que antes el color de los objetos	4	4	5	4	4	5	5	5	5	2	5	5	5	5	5	5	5
5 Se ve diferencia de luz de la nueva calle con las otras	5	4	5	5	4	5	5	5	5	5	5	5	5	4	5	5	5
6 Existen zonas de sombras en la calle	1	3	3	4	4	4	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2
7 El brillo de la luz me da en los ojos cuando miro la calle	2	4	5	4	4	3	2	2	2	5	2	5	2	2	2	2	3
8 Distingo antes y mejor los objetos en la calle	4	4	5	4	4	4	5	5	5	5	5	2	5	5	5	5	2
9 Parece luz natural	5	3	4	4	4	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
10 Más sensación de seguridad en los desplazamientos a pie	5	4	5	4	4	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
11 Más sensación de seguridad en la conducción	5	4	5	4	4	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
12 Me resulta agradable y me hace sentir bien	5	4	5	4	4	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5

	1	2	3	4	5	SUMA de puntuac	PT	PT media	min	max	%													
1 La calle está más iluminada que antes	0	0	0	2	15	17	83	4,88	17	85	0,9765 Q15													
2 El suelo de la calle brilla más que antes	1	0	0	5	11	17	76	4,47	17	85	0,8941 Q15													
3 La luz es más cálida que antes	0	0	0	2	15	17	83	4,88	17	85	0,9765 Q15													
4 Distingo mejor que antes el color de los objetos	0	1	0	4	12	17	78	4,59	17	85	0,9176 Q15													
5 Se ve diferencia de luz de la nueva calle con las otras	0	0	0	3	14	17	82	4,82	17	85	0,9647 Q15													
6 Existen zonas de sombras en la calle	1	9	4	3	0	17	43	2,53	17	85	0,5059 Q12													
7 El brillo de la luz me da en los ojos cuando miro la calle	0	8	2	2	4	16	50	2,94	16	80	0,625 Q13													
8 Distingo antes y mejor los objetos en la calle	0	2	0	5	10	17	74	4,35	17	85	0,8706 Q15													
9 Parece luz natural	0	0	1	4	12	17	79	4,65	17	85	0,9294 Q15													
10 Más sensación de seguridad en los desplazamientos a pie	0	0	0	4	13	17	81	4,76	17	85	0,9529 Q15													
11 Más sensación de seguridad en la conducción	0	0	0	4	13	17	81	4,76	17	85	0,9529 Q15													
12 Me resulta agradable y me hace sentir bien	0	0	0	4	13	17	81	4,76	17	85	0,9529 Q15													
13 edad	31-60	31-60	31-60	>60	>60	31-60	>60	31-60	>60	>60	0,353													
14 sexo	V	V	V	V	M	M	V	V	M	M	0,588 0,64706													
15 reside municipio	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	0,941													
16 reside en la calle	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	0,4 Promedio													
Totales	PT	44	45	55	52	49	50	55	55	54	54	54	54	57	53	54	54	52	44,55 Total puntuaciones por entrevistado	74,25	Rango	68,00	Q15	
	%	0,73	0,75	0,92	0,87	0,82	0,83	0,92	0,92	0,90	0,90	0,90	0,90	0,95	0,88	0,90	0,90	0,87	0,74 Porcentaje de acuerdo con el cuestionario por encuestado			long ql	13,60	
	MIN	12																						
	MAX	60																						
	Q1	Q4	Q4	Q15	Q15	Q14	Q14	Q15	Q15	Q15	Q15	Q15	Q15	Q15	Q15	Q15	Q15	Q15	Q14			Q11	30,60	0-30,6
	Q1.1	21,6	21,6	21,6	21,6	21,6	21,6	21,6	21,6	21,6	21,6	21,6	21,6	21,6	21,6	21,6	21,6	21,6	21,6			Q12	44,20	30,6-44,2
	Q1.2	31,2	31,2	31,2	31,2	31,2	31,2	31,2	31,2	31,2	31,2	31,2	31,2	31,2	31,2	31,2	31,2	31,2	31,2			Q13	57,80	44,3-57,8
	Q1.3	40,8	40,8	40,8	40,8	40,8	40,8	40,8	40,8	40,8	40,8	40,8	40,8	40,8	40,8	40,8	40,8	40,8	40,8			Q14	71,40	57,9-71,4
	Q1.4	50,4	50,4	50,4	50,4	50,4	50,4	50,4	50,4	50,4	50,4	50,4	50,4	50,4	50,4	50,4	50,4	50,4	50,4			Q15	85,00	71,5-85,0
	Q1.5	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60					



Totamente en desacuerdo	1
Desacuerdo	2
Ni de acuerdo ni desacuerdo	3
De acuerdo	4
Totamente de acuerdo	5

48 rango QL
9,6 longitud de cada quintil

el ahorro es genial
las calles y el pueblo vistien mejor

Como puede observarse la media de los encuestados (17) se sitúa en la respuesta de acuerdo (QL4) y la media por enunciados en QL5. El mayor grado de acuerdo se produce en prácticamente todos los enunciados excepto el 6 y 7.

Resultados estadísticos:
6 % < NC, 35% 31-60 años, 59% <60 años
65% hombres
94% viven en el pueblo
40% viven en las calles donde se han realizado las actuaciones

11. FUENTES DE EVIDENCIA 5: Observación Directa

Se realizó observación directa en las noches en que se hicieron las mediciones, así como en los días en que se elaboró el inventario de alumbrado público y la toma de datos para la elaboración de la memoria.

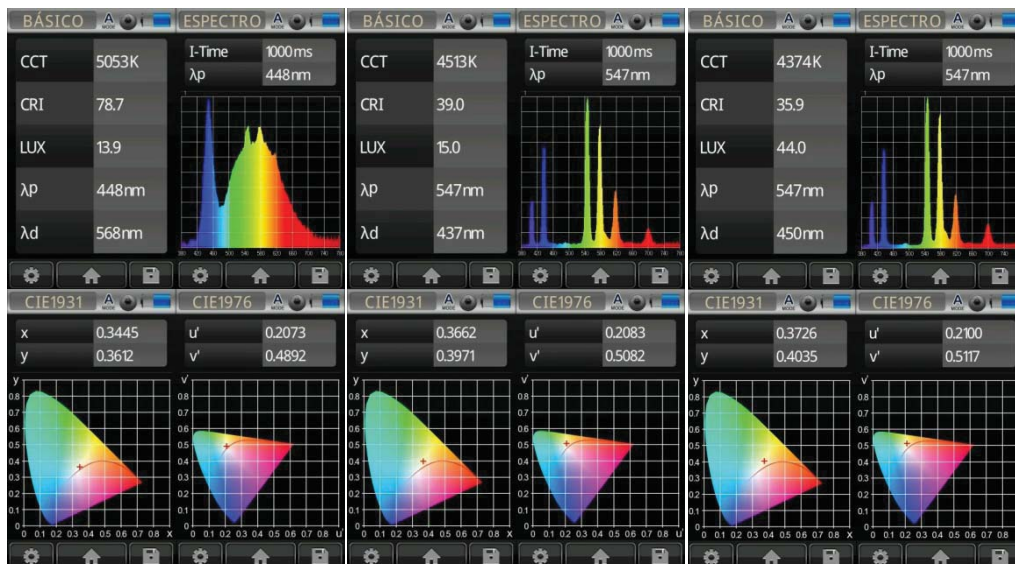
	Nº visitas	Documentos elaborados
Inventario	1	Documentos escritos para la toma de datos, planos, fotografías.
Mediciones nivel iluminación	1	Mediciones, fotografías.
Mediciones color de las fuentes de luz*	2	Mediciones, fotografías Valor medio antes (10.2.2018): CCT= 4646K; CRI=51,2 Valor medio después (1.12.2018): CCT=3083K; CRI= 73-74
Ejecución de la memoria	4	Comprobación de la ejecución de la memoria, informes técnicos, fotografías.

* Mediciones efectuadas con el medidor de luz, UPRtekmodel MK350S, nº de serie: B13M0166

Fotografías tomadas antes de la sustitución



Calle San Sebastián

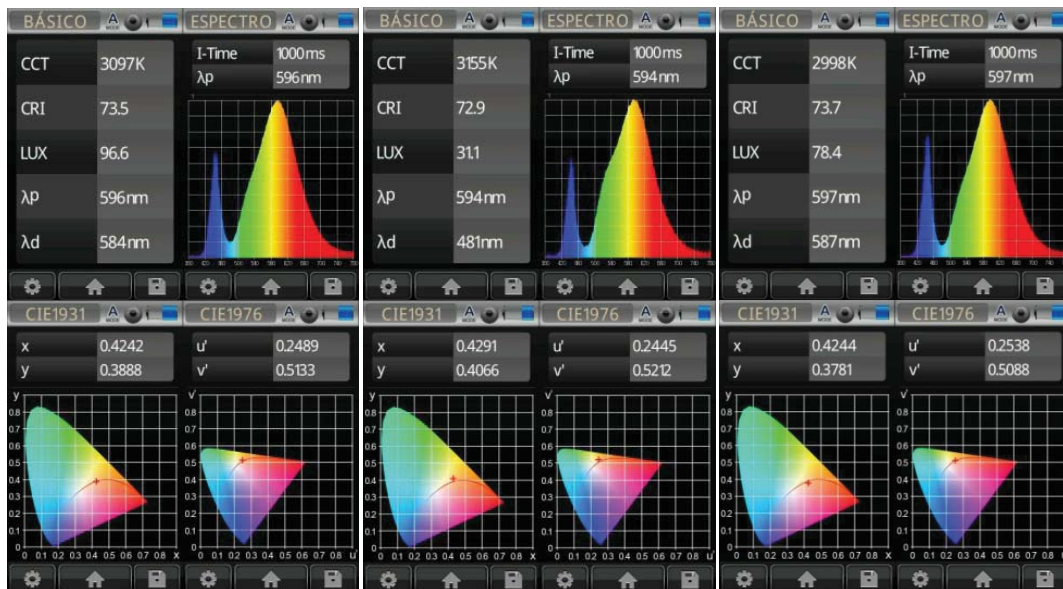


Mediciones realizadas (10.2.2018)

DESPUÉS



Calle San Sebastián



Mediciones realizadas (1.12.2018)

12. FUENTES DE EVIDENCIA 6: Uso de Herramientas/Mediciones

12.1. Mediciones de consumo

Facturas de consumo eléctrico de la compañía eléctrica (Fuente: Endesa) (hasta

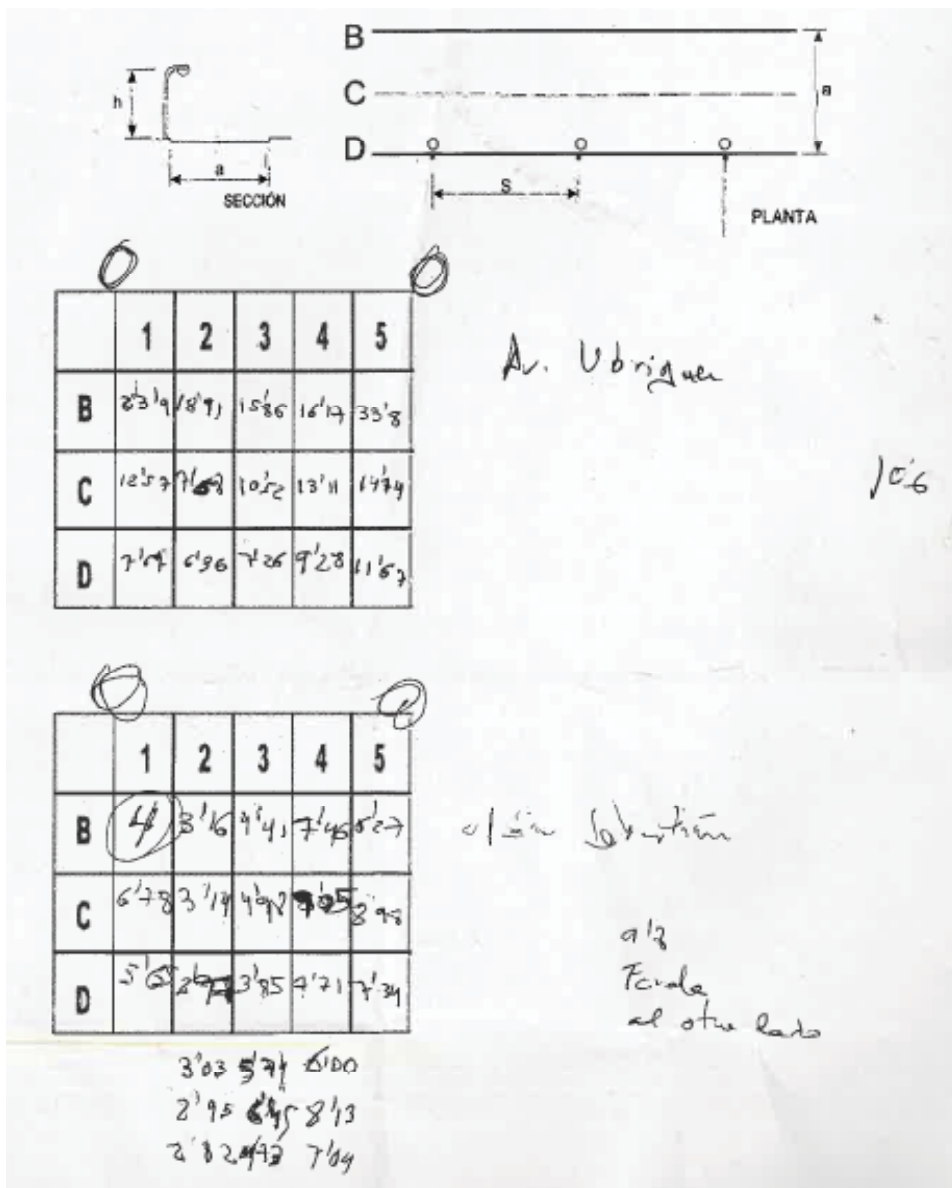
Diciembre 2018)

Correo electrónico recibido de la arquitecta técnica municipal (5.12.2018)
 respecto a las facturas que solicitaste, hemos detectado que no se ha apreciado ahorro significativo, al menos en la de cerro 1, por lo que, al consultarlo con los electricistas, me dicen que ha habido cambios y que se han añadido y quitado calles a dos de los cuadros del municipio, por eso, no se percibe diferencia en los importes de las facturas consultadas, por lo tanto, creo que deberías aclararlo con Paco el electricista, que es el que ha hecho la obra y los cambios en los circuitos y cuadros.
 Sin otro particular aprovecho la ocasión para saludarte atentamente

12.2. Mediciones lumínicas

Mediciones efectuadas con digital luxometer, GossenmodelMavolux 50328 USB, nº serie 174050.

Análisis lumínico/energético de la instalación de alumbrado público (cálculos antes y después de una muestra de viales) PL. 36-46





Análisis lumínico/energético de la instalación de alumbrado público (cálculos antes y después de una muestra de viales) PL. 36-46

	1	2	3	4	5
A	01'3	05'5	20'3	24'6	28
B	05'5	34'6	24'4	26'4	21'1
C	24'6	20'2	21'4	30'8	27'5

$2,55$
 $1,65$
 $0,5$
 $\sqrt{24,5}$
 $1,65$

6
27'1
31'8
27'9

Mediciones y Clasificación de los viales	Medición 1 (10.2.2018)		Medición 2 (1.12.2018)		Tipo	Situación de proyecto	Clase de alumbrado	Em	Emin
	Tipo	P (W)	Tipo	P (W)					
C/. San Sebastián	V.M.	125	LED	38	D	D3-D4	S1-S3	5-22,5	1-5

medicion cortes febrero, 2018 metodo de los 9 puntos calle San Sebastian

	B	C	D	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9
1	4	6,78	5,65	4,64	7,88	6,50	4,52	5,54	4,93	5,74	6,45	4,73
2	3,03	2,95	2,82									
3	5,74	6,45	4,73									
4	6	8,13	7,04									
5	5,27	8,98	7,34									
6										5,71		
		5,66	0,50							0,49		

MEDICION CORTES DESPUES 1 diciembre de 2018

	B	C	D
1	31,3	35,5	24,6
2	25,5	24,6	20,2
3	21,3	24,4	24,4
4	28,6	36,4	30,8
5	23	24,1	25,7
6	27,1	31,8	27,9
		27,07	0,75

	Em (lx)	Emin (lx)	Uo	Eficiencia lámpara (lm/W)*	Fm**	Fu	$\epsilon(m^2 \times lx/W)$	ϵr	le	Calif. Ener.
Calle San Sebastián	5,71	2,82	0,49	60,00	0,50	0,09	2,74	5,57	0,49	E
	27,07	20,02	0,75	100,00	0,85	0,85	42,74	13,00	3,29	A

*En el caso de vapor de mercurio: valor obtenido de la Guía Técnica de Eficiencia Energética en Iluminación, Alumbrado Público, del IDAE.

** El valor obtenido de la ITC-EA-06:

$$F_M = FDFL \times FSL \times FDLU$$

$$VM: 0,76 \times 0,76 \times 0,87 = 0,50$$

$$HM: 0,73 \times 0,88 \times 0,87 = 0,56$$

$$LED: 0,95 \times 1 \times 0,89 = 0,85$$

FDFL = factor de depreciación del flujo luminoso de la lámpara. Los factores de depreciación máximo admitido se indican en las tablas 1,2 y 3 de la ITC-EA-06. El factor de depreciación del flujo luminoso de lámparas tipo LED, no viene especificado en las mencionadas tablas debido a que esta normativa es anterior a la aplicación de este tipo de lámpara. Sin embargo, estudios recientes lo sitúan aproximadamente en valores situados entre el 0,95-0,99.

FSL = factor de supervivencia de la lámpara. Los factores de supervivencia máximos admitidos se indican en las tablas 1,2 y 3 de la ITC-EA-06. En el caso de las lámparas tipo led, la probabilidad de supervivencia aumenta respecto a las lámparas tradicionales. Además, teniendo en cuenta que en caso de un fallo total esta se cambiaría de modo inmediato, podemos considerar un valor igual a 1.

FDLU = factor de depreciación de la luminaria. Según criterio de la Guía Técnica de Aplicación EA-06, "de conformidad con los avances tecnológicos podrán adoptarse factores de depreciación del flujo luminoso de las fuentes de luz superiores a los establecidos en la tabla 1, de acuerdo con los datos proporcionados por los fabricantes". No obstante, El grado de protección del sistema óptico es IP 6x. Además de esto hay que tener en cuenta, que el grado de contaminación es medio al tratarse de vías urbanas con intensidad de tráfico media.

El intervalo de limpieza de las luminarias se va a establecer en dos años que es el periodo de tiempo medio de limpieza

que se ha establecido en el municipio. Por tanto, el factor FDLU es 0.89. En el Reglamento de Eficiencia Energética no se contempla el Factor de Mantenimiento aplicado a luminarias equipadas con fuentes de luz LED. Lo que si contempla es que dicho valor no pueda ser superior a 0,85.

13.RESULTADOS CASO 5

13.1. Técnicos/Lumínicos

Los niveles de iluminación son más elevados elevándose por encima de la clasificación del vial menos de un 50%, las uniformidades son excepcionales. La instalación no ha dado ningún problema hasta la fecha de la entrevista a los técnicos electricistas diciembre 2018 y están pensando disminuir la intensidad para bajar aún más los consumos.

13.2. Medioambientales

Los consumos han disminuido bastante, aunque podrían hacerlo aún más. No hay forma de comprobarlo con la factura hasta que no se sustituyan las luminarias en cuadros completos.

13.3. Sociales

Los vecinos encuestados se han mostrado, en su mayoría, de acuerdo (QL4) en las respuestas al cuestionario realizado, mostrándose acuerdo en todos los enunciados (QL5) excepto:

- Existen zonas de sombras en la calle (QL2)
- El brillo de la luz me da en los ojos cuando miro la calle (QL3)

13.4. Económicos. Retorno estimado de la inversión

Inversión inicial	Reducción consumo (kWh/año)	Reducción contaminación(tCO ₂ eq/año)	Ahorro (€año)	Retorno de la inversión (años)
16.490,50€	41.281,50	16,51	5.328,67	3

*Factor de conversión TCO2/eq:0,4

No se puede calcular este valor real, pues los electricistas han recolocado circuitos y la situación ya no se puede comparara con la inicial.

Retorno real de la inversión

Desde el ayuntamiento indican que no se percibe ahorro, pues el porcentaje de luminarias sustituido respecto al total en el cuadro es muy pequeño, no se puede obtener los datos relaes

13.5. Valoración con los indicadores

Indicadores	Caso 5		Ofertantes		Punt.
	Requirements		1	2	
1 Coste de la luminaria	322		322	322	
2 Diseño de la luminaria (IP)	FUND AL INYECTADA, IP6 IK08	10 kV+SOBRE	INYECC AL, IP66 IK09	ALUMINIO, IP65 IK08	1
3 Eficacia o eficiencia luminica de la fuente de luz/instalación	100		101	126	2
4 Espectro de emisión de la fuente de luz	no req pliego/no req memoria		no aporta	no aporta	
5 Luminancia/Iluminancia	no req pliego/si req memoria		no aporta	no aporta	
6 Factor de potencia del punto de luz	0,9		0,95	0,95	
7 Flujo luminoso emitido por una fuente de luz	no req pliego/no req memoria		3838	3780	1
8 Fotometria	ASIM LONG		ASIM LONG	ASIM LONG	
9 Fuente de luz/Instalación regulable	DALI 1-10		DALI 1-10	DALI 1-10	
10 Horas de servicio/Ciclo de vida de la instalacion	L80B10100000		L70-90B10100000	100000	1
11 Índice de Reproducción Cromática (IRC)	>70		>70	>70	
12 Porcentaje emision al hemisferio superior	<1%		<1%	<1%	
13 Potencia/Intensidad de trabajo del punto de luz	38-42/530		38/500	30/350	2
14 Sostenibilidad de las materias primas	no req pliego/no req memoria		no aporta	no aporta	
15 Temperatura de color	3000		3000	3000	
HABIA MEJORAS Y LAS ACEPTARON			3	2	
coincide con la eleccion del ayuntamiento			si		

14. CONCLUSIONES CASO 5

14.1. Valoración de indicadores

La valoración de los indicadores puntúa al ofertante 1 y coincide con la decisión tomada por los técnicos municipales. El número de requerimientos de la oferta coincide con el listado de indicadores en un 13/17= 76%, por lo que valida la lista en ese porcentaje.

El parámetro diseño se compone de varios ítems (6), de los que el Ayuntamiento sólo ha solicitado 3, no se sabe como valorar esto, se pondrían ponderar todos con el mismo peso para el resultado.

14.2. Consideraciones

- Estudiar el peso en la valoración de los indicadores, si ha de ser el mismo o no.
- Solo se ha valorado una luminaria y dos ofertantes.
- Todas las ofertas tienen fotometría según requerimientos, por lo que siempre puntúa y estos parámetros nunca sirven para decidir.
- Al tratarse de una sustitución de luminarias, el Proyecto o Memoria Técnica incluyó los valores de los indicadores “Disposición de los puntos de luz” y “Superficie a iluminar” y todos los ofertantes asumieron lo que se había dispuesto.
- La Administración Pública, a igualdad de puntuación técnica, está obligada a escoger la de menor importe.
- Se valoran el parámetro “Eficacia de la fuente de luz” que puede utilizarse junto con el de potencia para elegir el bloque óptico más eficiente y de menor consumo.
- Hay un parámetro que se requiere en todos los pliegos y especificaciones técnicas pero no se ha evidenciado en la lista de parámetros primitiva ni en la de indicadores que se generó a partir de ella: la protección contra el rayo o por sobretensión de 10 kV.

Anexo 13

<p>Caso 6. Protocolo de estudio: Renovación A.P. Caso 6, año 2018.</p>
<p>1. DEFINICIÓN DELA PROPOSICIÓN OBJETO DE ESTUDIO ¿Cómo pueden los técnicos municipales identificar la mejor oferta de renovación del alumbrado público de entre las que se les presentan?</p> <p>PROPOSICIÓN OBJETO DEL ESTUDIO DEL CASO ¿Cómo ha sido el proceso de renovación de la instalación de alumbrado público?</p>
<p>2.INTRODUCCIÓN Y REVISIÓN DE LA LITERATURA</p> <p>Se realizó una búsqueda bibliográfica de publicaciones en las distintas bases de datos disponibles. Los recursos consultados fueron los siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none">• Web of Science• ScienceDirectJournals• Taylor & Francis On Line• Ebsco Online ResearchDatabase• Motor de búsqueda Jábega 2.0 (Universidad de Málaga) <p>Además, se ha consultados en internet:</p> <ul style="list-style-type: none">• Web del Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE)• Web del Comité Español de iluminación <p>Se consultaron publicaciones, monografías, tesis, presentaciones realizadas en conferencias, normativa, recomendaciones, etc. Algunas veces, se llegó a estas publicaciones por referencias de otras, o citas que se encontraron en textos. Se seleccionaron un total de 57 publicaciones en el año 2015 y, en una revisión en el año 2018, se añadieron 32, haciendo un total de 89.</p> <p>De estos 89 documentos, se realizó un análisis cualitativo de datos, de los que resultó un listado de 15 indicadores de valoración de una luminaria en el caso de una sustitución. El caso que nos ocupa es diferente, aunque se sustituyeron luminarias existentes, también se instalaron luminarias en dos zonas donde previamente no existía iluminación, por lo que en la actuación en Caso 6 se va a tener en cuenta, además, los parámetros “Disposición de los puntos de luz” y “Superficie a iluminar” ya que cada ofertante puede haber dispuesto sus luminarias de forma diferente, modificando así la superficie a iluminar. En total se valorarán en este caso 17 parámetros.</p> <p>En concreto del Caso 6, no se han encontrado documentos científicos, artículos, noticias o documentos oficiales que hablen del alumbrado público y Caso 6. La búsqueda de datos se ha realizado entre octubre 2017 y junio de 2018. La documentación se ha recabado mediante visitas y estudio de documentación elaborada por el propio Ayuntamiento de Caso 6 y la Diputación de Málaga.</p>
<p>3. OBJETIVO DEL ESTUDIO DEL CASO</p> <p>El estudio de casos pretende analizar los métodos prácticos llevados a cabo por los técnicos municipales en la renovación de una parte de la instalación de alumbrado público en el Caso 6 en el año 2018.</p> <p>Se ha elaborado el estudio desde varias perspectivas: técnica, medioambiental, económica y social.</p> <p>Se han comparado los indicadores técnicos exigidos en el pliego con los 17 indicadores identificados. Se han identificado porcentajes de concordancia entre ambas listas de indicadores, y si realmente la elección de los técnicos fue la acertada, teniendo en cuenta todas las perspectivas.</p>
<p>4. MARCO TEÓRICO.</p> <p>El marco teórico es:</p> <ul style="list-style-type: none">▪ European Committee for Standardization. CEN/TR 13201-1 “Road Lighting Part 1: Selection of lighting classes”.

- European Committee for Standardization. EN 13201-2 "Road lighting - Part 2: Performance requirements".
- European Committee for Standardization. EN 13201-3:2016. "Road Lighting – Part 3: Calculation of performance".
- European Committee for Standardization. EN 13201-5:2015. "Road Lighting – Part 5: Energy performance Indicators".
- International Commission on Illumination. CIE 126-1997 Guidelines for minimizing sky glow.
- Ministry of Energy, Tourism and the Digital Agenda, Instituto para la Diversificación y la Energía, Comité Español de Iluminación. Requerimientos técnicos exigibles para luminarias con tecnología Led, 2011.
- Ministry of Energy, Tourism and the Digital Agenda. Real Decreto 1890/2008, de 14 de noviembre, por el que se aprueba el Reglamento de Eficiencia Energética en Instalaciones de Alumbrado Exterior.
- Ministry of Presidency. Real Decreto 208/2005, de 25 de febrero, sobre aparatos eléctricos y electrónicos y la gestión de sus residuos incorpora al derecho nacional las Directivas europeas aprobadas en esta materia.
- Ministry of Science and Innovation. Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión.
- Ministry of Finance and Civil Service. Real Decreto legislativo 3/2011 de 14 de noviembre, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Contratos de las Administraciones Públicas.
- European Parliament. Commission Regulation (EC) No 245/2009 of 18 march 2009 implementing Directive 2005/32/EC of the European Parliament and of the Council with regard to ecodesign requirements for fluorescent lamps without integrated ballast, for high intensity discharge lamps, and for ballasts and luminaires able to operate such lamps, and repealing Directive 2000/55/EC of the European Parliament and of the Council.

5. SELECCIÓN DE CASOS

La elección de los casos puede realizarse en función de distintos criterios, en este caso ha sido, fundamentalmente, el criterio temporal.

Los casos se han elegido lo más tarde en el tiempo posible, debido a la novedad tecnológica que se ha estado produciendo desde el año 2013-2017 en el sector del alumbrado público, con la introducción de la tecnología LED y micro LED.

La limitación temporal del desarrollo propio del curso de doctorado, que no permite el estudio de un número infinito de casos, sobre todo si cada uno de ellos puede tener un recorrido de hasta 3 años.

Además del criterio temporal, se han elegido municipios con un número menor de 20.000 habitantes, comúnmente denominados "pequeños municipios", pues son estos los principales beneficiarios de las conclusiones de este estudio. Los municipios pequeños son los que suelen contar con menos recursos y disponen de menos personal técnico.

En el caso de Caso 6, el municipio ha estado realizando diversas actuaciones de renovación del alumbrado público. La que se documenta en este caso es una renovación que se proyectó en el año 2016 y se ejecutó en abril-mayo del año 2018.

6. PROCEDIMIENTO

El procedimiento seguido fue:

1. Identificar una muestra de municipios que entre 2015-2018 vayan a renovar su alumbrado público.
2. Antes de la renovación:
 - Elaborar inventario del alumbrado del municipio o de la actuación.
 - Seguimiento del procedimiento de contratación.
 - Examen de las ofertas presentadas.
 - Medición de los niveles de iluminación en una muestra.
3. Después de la renovación:
 - Repetir la medición en la misma muestra.
 - Entrevista/Encuesta con técnico/s y políticos municipal/es.
 - Entrevista/Encuesta con personal de mantenimiento.

- Entrevista/Encuesta con usuarios de la instalación
- Elaboración de un estudio comparativo de consumos eléctricos y costes estimados y/o reales.
- Calcular la inversión económica y su periodo de retorno (ROI) estimados y/o reales.

4. Evaluar las ofertas con la lista de indicadores.

7. FUENTES DE EVIDENCIA 1: Archivo, estadísticas/histórico

7.1. Antecedentes del municipio

Datos del municipio (Fuentes Web del Ayuntamiento e Instituto de cartografía y Estadística, Junta de Andalucía):

- Nombre de la localidad: Caso 6
- Provincia: Málaga
- Comunidad Autónoma: Andalucía
- Nº de habitantes (2016): 598
- Porcentaje de la población mayor de 65 años (%): 29,82
- Renta neta media declarada (€/2015): 8.398

Inventario (Fuentes: Diputación de Málaga):

- Centros de mando: 2
- Relojes astronómicos en cuadro: 2
- Célula fotoeléctrica en cuadro: -
- Número Puntos de luz: -
- Número de Lámparas: 218
- Potencia total instalada (W): 28.600
- Consumo anual (kWh/año): 125,268
- Coste anual (€/año): 17.537,52
- Porcentaje respecto al consumo total del Ayuntamiento (%): 22
- Porcentaje de lámparas de mercurio(%): 65
- Contaminación (t CO₂eq):50,11 (Factor=0,4)

<u>INVENTARIO ACTUAL</u>					
CASO 6	TIPO DE LUMINARIA	LAMPARA	POTENCIA	UDS.	TOTAL
NUCLEOS URBANOS	Viaría	FLUORESCENTE-80 W	92	30	2760
	Viaría	VM 125 W	139	50	6950
	Viaría	VM 80 W	92	2	184
	Viaría	SODIO 250 W	277	16	4432
	PROYECTOR	HM 100 W	116	6	696
	PROYECTOR	HM 400 W	435	1	435
	Villa	VM 80 W	92	76	6992
	Villa	VM 125 W	139	14	1946
	Villa	HM 250 W	277	13	3601
	Viaría-Otro	HM 70 W	84	6	504
	Viaría-Otro	FLUORESCENTE 21 W	25	4	100
TOTAL				218	28.600

Ratios:

- Potencia instalada por habitante (W/hab): 47,82
- Puntos de luz por 1.000 habitantes (PL/1000 hab): 364,55
- Potencia instalada por superficie de población (W/m²): 0,001
- Facturación anual de electricidad por potencia instalada (€/kW): 637,42
- Consumo anual de electricidad por potencia instalada (kWh/kW)= 4.380,00
- Consumo anual de electricidad por habitante (Wh/hab): 209.478,26
- Superficie de viales asociada al cuadro (m²/cuadro): 21.373,00

7.2. Descripción de la actuación realizada

7.- OBRAS QUE SE PROPONEN.

Las obras que se proponen consisten esencialmente en la instalación de nuevos circuitos de alumbrado público en los dos cuadros del núcleo urbano situados en Calle la Estación y Plaza el Callejón, que sustituyan a los circuitos existentes. Incluye además de la sustitución de los conductores, la renovación de las protecciones de los circuitos, la sustitución de algunos puntos de luz existentes y en Calle Alhóndiga y Calle Obispo Muñoz Herrera, en su tramo hasta el colegio, la implantación de nuevos puntos de luz.

Se instalarán luminarias eficientes con ópticas adecuadas que permiten una mejor distribución del flujo luminoso y control del flujo en el hemisferio superior y fuentes de luz eficaces con tecnología Led, que a igual o mayor flujo y menor potencia con respecto a las instaladas, posean mayor eficacia luminosa, un mayor rendimiento energético, mayor vida media y mayor vida útil, y por último unos elementos de regulación que permiten la regulación individual del flujo, punto a punto, sin línea de mando.

De esta manera las obras que se proponen consistirán en:

- Ejecución de las obras de excavación, zanjas y reposición del pavimento para la construcción de 240m.l. de canalización necesaria en Calle Alhóndiga y Calle Obispo Muñoz Herrera y un cruce de Calle Alhóndiga hasta la Plaza del Ayuntamiento; para la red trifásica instalada bajo tubería, formada por conductores de cobre tipo RV 0,6/1KV de 10 mm² o de 6 mm² + un conductor para T.T. tipo H07V-R - amarillo-verde de 1x16 mm² de sección, para instalaciones de alumbrado público, incluso conexiones, totalmente instalada y probada en condiciones reglamentarias.
- Renovación del cableado de 5 de los 6 circuitos de los dos cuadros eléctricos del núcleo urbano, colocado sobre fachada con conductor RZ1-K(AS)-UNE-21.123-5G4 o 5G6, Cu5-0,6/1KV, o soterrado con conductor de cobre tipo RV 0,6/1KV de 10 mm² o de 6 mm² + un conductor para T.T. tipo H07V-R - amarillo-verde de 1x16 mm² de sección.
- Desmontaje de 2.521 m de Línea de AP, en canalización subterránea, o sobre muro o fachada.
- Instalación de las protecciones de los 5 circuitos en los dos cuadros eléctricos existentes.
- Sustitución de 18 luminarias tipo clásica Villa de 38-42 W, fabricadas en fundición de aluminio, óptica con distribución asimétrica longitudinal y equipo auxiliar electrónico compacto individual sin línea de mando con regulación programable, sobre brazo mural ornamental fabricado en fundición de aluminio, de 600/700 mm, a sustituir en varias calles del núcleo, según se indica en el plano de planta.

- Instalación de 9 luminarias tipo clásica Villa de 38-42 W, fabricadas en fundición de aluminio, óptica con distribución asimétrica longitudinal y equipo auxiliar electrónico compacto individual sin línea de mando con regulación programable, sobre columna de 4m. de fundición de aluminio, sobre cimentación de hormigón HM-20 de 50x50x70 en Calle Alhóndiga y Calle Obispo Muñoz Herrera, según se indica en el plano de planta.
- Instalación de 16 luminarias tipo viario suspendida de hasta 75 W, fabricadas en fundición de aluminio, óptica con distribución asimétrica longitudinal y equipo auxiliar electrónico compacto individual sin línea de mando con regulación programable, sobre columnas existentes, a sustituir en Calle la Estación y Calle Málaga, según se indica en el plano de planta.
- Instalación de 2 luminarias tipo viaria solar de 30 W, fabricadas en aluminio, óptica con distribución asimétrica longitudinal y equipo auxiliar electrónico compacto individual sin línea de mando con regulación, sobre columna, en la Plaza el Callejón, según se indica en el plano de planta.

Igualmente se prevén unas obras que se pueden ejecutar en el caso de mejoras en la licitación. Estas obras de mejora se especifican en los presupuestos y se han repartido en los dos lotes siguientes:

Mejora 1

- Instalación de 9 luminarias tipo viaria solar de 30 W, fabricadas en aluminio, óptica con distribución asimétrica longitudinal y equipo auxiliar electrónico compacto individual sin línea de mando con regulación, sobre columna, para dotar de alumbrado al Camino al Campo de Fútbol.

Mejora 2

- Instalación de 8 luminarias tipo viaria solar de 30 W, fabricadas en aluminio, óptica con distribución asimétrica longitudinal y equipo auxiliar electrónico compacto individual sin línea de mando con regulación, sobre columna, para aumentar los niveles de iluminación del Camino al Campo de Fútbol.

7.3. Características requeridas de las luminarias

Memoria de actuación elaborada para la sustitución

(técnicos económicos, medioambientales)

CAPÍTULO 03.- PUNTOS DE LUZ

03.01 Ud Punto de Luz c/lumin. Villa-mód LED 38W-42W.-3000K+equ. reg. prog.s/m 1-10v o Dall. Efic. lum.100Lm/W-brazo mural fund. Alt.0.7m

Ud. Punto de luz compuesto por:

Luminaria tipo farol Villa con tecnología LED, formada por: Cuerpo: Fabricado en fundición inyectada de aluminio, pintado con color RAL, varillas de extrusión de aluminio capaz de pasar por el interior cable de 3x2,5 mm2, tornillería de acero inoxidable. Grado de protección mínima de la luminaria IP66 e IK08. Fuente de luz: Módulo LED 38W., máxima intensidad de funcionamiento 330mA. Temperatura de Color LED Blanco cálido, 3000K, I.R.C >70. Vida útil ?100.000 horas (Tq=25°C), mantenimiento de flujo luminoso L80, B10. Óptica: Distribución asimétrica longitudinal, según requisitos fotométricos y geometría del vial; con cierre transparente, sellado IP66, Flujo hemisférico superior instalado, FHSinst ?1%. Equipo auxiliar: Driver electrónico para módulo LED, regulable protocolo 1-10V o Dall; alimentación a red de 220-240V. a.c. 50-60 Hz, factor de potencia no menor de 0,9, protegido contra sobrealimentaciones y con protección contra sobretensiones de 10KV. Consumo máximo del sistema (bloque+equipo) 42 W. Eficiencia mínima de la luminaria 100 lum/W. Marca-do CE.

Brazo mural ornamental fabricado en fundición de aluminio, tuerca y racor de 3/4", cincados, pintura base epoxi, acabado negro RAL 9011, longitud 600/700 mm, mod. según planos.

Instalación eléctrica completa del brazo mural ornamental con luminaria, compuesta por: caja de conexión para luminarias de alumbrado exterior, de policarbonato gris RAL 7035, IP447, 157x84x72 mm, placa montaje extraíble, sec. max. cable 2x16 mm2, entrada tetrapolar, salida bipolar, con fijación a poste o paramento, placa de cierre, 2 fusibles cilíndricos 10x38 gG 6A dif. y cable 3G4-RZ1-K(AS) -UNE-21123-4 -Cu5-0,6/1kV (MAAmV). Conectado a red y luminaria. Conjunto probado y funcionando.

GIR1: PL1-2	2	2,00
GIR4: PL26-29,PL32-37	10	10,00
GIR5:PL38-40	3	3,00
GIR6:PL41-43	3	3,00

18,00 447,35 8.052,30 €

03.02	<p>Ud Punto de Luz c/lumin. Villa-mód LED 38W-42W-3000K+equ. reg. prog.s/m 1-10v o Dall. Efic. lum.100Lm/W+Colum. orn. Ac-fund.4 m.</p> <p>Ud. Punto de luz compuesto por: Luminaria tipo farol Villa con tecnología LED, formada por: Cuerpo: Fabricado en fundición inyectada de aluminio, pintado con color RAL, varillas de extrusión de aluminio capaz de pasar por el interior cable de 3x2,5 mm2, tornillería de acero inoxidable. Grado de protección mínima de la luminaria IP66 e IK08. Fuente de luz: Módulo LED 38W., máxima intensidad de funcionamiento 530mA. Temperatura de Color LED Blanco cálido, 3000K, I.R.C >70. Vida útil ?100.000 horas (Tq=25°C), mantenimiento de flujo luminoso L80, B10. Óptica: Distribución asimétrica longitudinal, según requisitos fotométricos y geometría del vial; con cierre transparente, sellado IP66, Flujo hemisférico superior instalado, FHSinst ?1%. Equipo auxiliar: Driver electrónico para módulo LED, regulable protocolo 1-10V o Dall; alimentación a red de 220-240V. a.c. 50-60 Hz, factor de potencia no menor de 0,9, protegido contra sobreintensidades y con protección contra sobretensiones de 10KV. Consumo máximo del sistema (bloque+equipo) 42 W. Eficiencia mínima de la luminaria 100 lum/W. Marcado CE.</p> <p>Columna ornamental de fundición de aluminio y tubo de acero galvanizado, de 3,95 m. de altura, pintura base epoxi, acabado negro RAL 9005, situada sobre cimentación existente, aplomada y nivelada. Totalmente colocada. Instalación eléctrica interior completa de Columna Ornamental h=5 m con luminaria, compuesta por: Caja conexión luminarias alumbrado exterior, policarbonato gris RAL 7035, IP447, 157x84x72 mm, Ø Int. mín. columna 90 mm, placa montaje extraíble, secc. máx. cable 2x16 mm2, entrada tetrapolar, salida bipolar, con fijación a poste, placa de cierre, 2 fusibles cilíndricos 10x38 gG 6A c/ff. y cable RV 0,6/1 KV-Cu-K-UNE-EN-50265 y 21123-2 2x2,5. Conectado a red y luminaria. Conjunto probado y funcionando.</p>	9,00		
	9,00	644,18	5.797,62 €	
03.03	<p>Ud PL-Lumin.viarlo con mód.LED hasta 75 W-. Efic. 100 lm/W. 4000K-IP66+equipo reg. prog. s/m 1-10v o Dall. Sobret. 10 KV.</p> <p>Ud. de Punto de luz compuesto de: Luminaria tipo viario con tecnología LED, formada por: Cuerpo: Fabricado en fundición inyectada de aluminio, pintado con color VERDE RAL6005, con fijación suspendida, Grado de protección mínima de la tapa del equipo eléctrico y de la tapa del grupo óptico IP66 e IK08. Fuente de luz: Módulo LED, máxima intensidad de funcionamiento 530mA. Temperatura de Color LED Blanco neutro, 4000K, I.R.C >70. Vida útil >=100.000 horas, mantenimiento de flujo luminoso L80. Óptica: Distribución asimétrica longitudinal, según requisitos fotométricos. Cierre de vidrio plano templado transparente, sellado IP66. Flujo hemisférico superior instalado, FHSinst <= 1%. Equipo auxiliar: Electrónico Individual para módulo LED con regulación programable autónoma 1-10v o Dall. Alimentación a red de 220-240V. a.c. 50-60 Hz, factor de potencia no menor de 0,9, protegido contra sobreintensidades y con protección contra sobretensiones de 10KV. Consumo máximo del sistema (bloque+equipo) 75 W. Eficic. mínima 100lm/W. Requisitos fotométricos: ME4b. Marcado CE. Totalmente equipada, instalada y probada.</p>	14,00		
	2,00	16,00	412,75	6.604,00 €
03.04	<p>Ud Punto de luz con luminaria Solar viaria LED 30W +3000K+equ. reg. s/m. Efic. 100lm/W + col. de ac. galvanizado 6m.</p> <p>Ud. Punto de luz compuesto por: Luminaria tipo viario solar con tecnología LED, formada por: Cuerpo: Fabricado aluminio extruido, pintado con color RAL. Índice de protección de la luminaria IP65 e IK08. Fuente de luz: Módulo LED 30W., máxima intensidad de funcionamiento 530mA. Temperatura de Color LED Blanco cálido, 3000K, I.R.C >70. Vida útil ?50.000 horas (Tq=25°C), mantenimiento de flujo luminoso L70, B10. Óptica: Distribución asimétrica longitudinal, según requisitos fotométricos y geometría del vial; con cierre transparente, Flujo hemisférico superior instalado, FHSinst ?1%. Equipo regulable para módulo LED; alimentación solar a través de panel fotovoltaico con protección carga/descarga e interruptor ON/OFF. Batería de Ion litio interna con una garantía de 5 años, plug and play, tiempo de carga de 6-8h y de descarga de 10-12h.. Eficiencia mínima de la luminaria 100 lum/W. Marcado CE.</p> <p>Ud. Columna de acero galvanizado tipo AM-10, de 6,00 m. de altura. Situada sobre cimentación existente. Incluso adecuación de pernos de anclaje. Aplomada y nivelada. Totalmente colocada</p>	2,00		
	2,00	1.051,90	2.103,80 €	
TOTAL CAPÍTULO 03.- PUNTOS DE LUZ.....		22.557,72 €		

7.4. Pliego de características técnicas para la contratación

Pliego de características técnicas para la contratación

Presupuestado en proyecto

Denominación	Material	IP(luminaria)	IK (luminaria)	Vida util	Efic luminaria	Potencia	Tra color	Imax	IRC
Villa	Fundición aluminio	IP66	IK08	L80B10 100.000	100 lm/w	38-42	3000K	530	>70
Viaria	Fundición aluminio	IP66	IK08	L80 100.000	100 lm/w	75w	4000K	530	>70
Solar	Aluminio extruido	IP65	IK08	L70B10 50.000	100 lm/w	30w	3000K	530	>70

Presupuestado en proyecto

FHSI	Garantía	Driver	Prot sobret.	Factor pot.	Tiempo carga	Tiempo descarga
< 1%		1-10 Dali	10kV	0,9		
< 1%		1-10 Dali	10kV	0,9		
< 1%	5 años				6-8 h	10-dic

Cada característica técnica se ha valorado de manera individual Se otorga la máxima puntuación a la oferta con el mejor valor técnico y se distribuyen los puntos de manera lineal en el resto de las ofertas.

Se ha valorado con "0" puntos aquellas ofertas que cumplan los requisitos mínimos indicados en la tabla anterior y por tanto no aportan mejoras.

8. FUENTES DE EVIDENCIA 2: Documentación/Cálculos

Gastos de consumo primer año puesta en marcha, estimados

Number of Public lighting Suply	Costs 2012 (€)	Costs 2018 (€)	Diference (€)
TOTAL (2)	3.789,24	951,53	- 2.837,71

Gastos/registros de mantenimiento primer año puesta en marcha (hace un año en junio de 2019)

Costs 2018 (€)	Costs 2019 (€)	Diference (€)
951,53	0,00	-951,53

9. FUENTES DE EVIDENCIA 3: Entrevistas

	Nº	Fecha	Consentimiento grabación	Duración	Tipo de entrevista
Personal político (Alcalde)	1	Septiembre 2019	-	10 minutos	Desestructurada
<p>Contenido. Se realizó una entrevista al alcalde, testigo de todo el proceso de selección y sustitución, para conocer su opinión, experiencia e impresiones al respecto. Indicó que la actuación le había parecido muy bien y que no había recibido quejas de vecinos.</p>					

Personal de mantenimiento (electricista)	1	Sept. 2019	-	25 minutos	Desestructurada
	Contenido. Se entrevistó a uno de los electricistas municipales, con antigüedad en el Ayuntamiento, encargado de resolver las incidencias que pudieran producirse en el funcionamiento diario de la instalación. El entrevistado ofreció su experiencia e impresión al respecto. El fue testigo de toda la fase de proyecto y ejecución de la renovación y comenta que la instalación no le ha dado ni un solo fallo desde que fue puesta en marcha. Lo que reclama es que se complete en todo el núcleo urbano para que sean todas las luminarias iguales. Ningún vecino le ha llamo con quejas ni ha tenido que hacer frente a averías.				
Usuarios de la instalación		Jun-Sept. 2019	-	20 minutos	Desestructurada
Usuarios de la instalación	Contenido. La opinión vecinal se ha recogido en base a tres entrevistas realizadas a vecinos que vivían en el municipio. La opinión ha sido positiva en todos los casos, no aportando información relevante sobre fallos o defectos de iluminación.				

10. FUENTES DE EVIDENCIA 4: Encuestas

Enviadas al alcalde en septiembre de 2018, no las hace

11. FUENTES DE EVIDENCIA 5: Observación Directa

Se realiza observación directa en las noches en que se hicieron las mediciones, así como en los días en que se elaboró el inventario de alumbrado público y la toma de datos para la elaboración de la memoria.

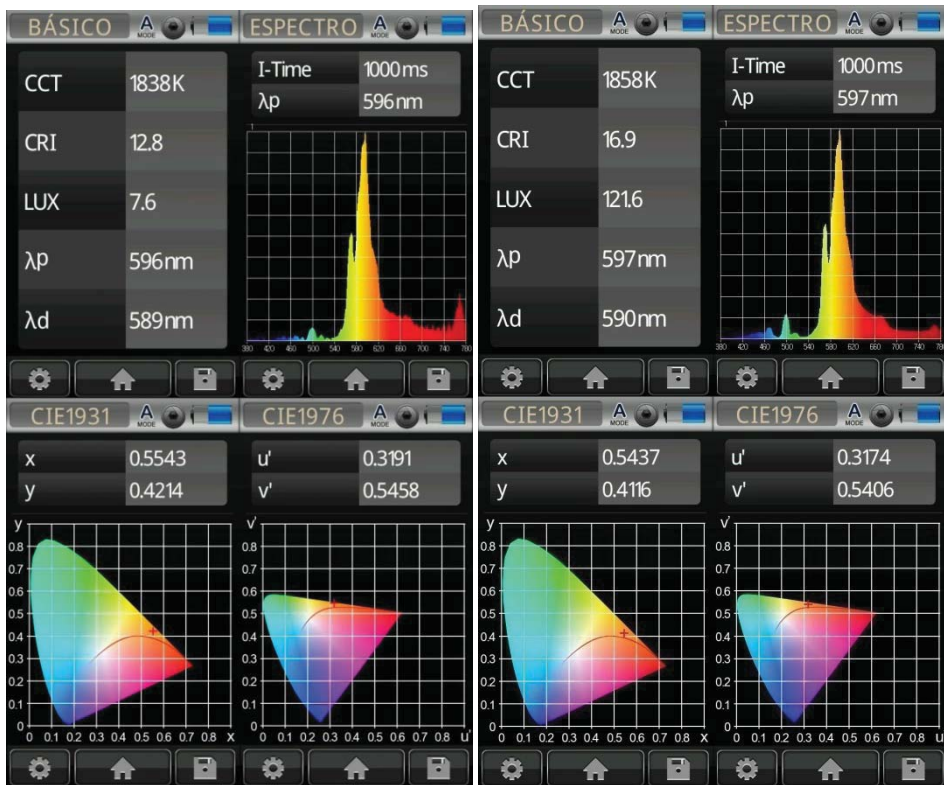
	Nº visitas	Documentos elaborados
Inventario	2	Documentos escritos para la toma de datos, planos, fotografías.
Mediciones nivel iluminación	2	Mediciones, fotografías.
Mediciones color de las fuentes de luz*	2	Mediciones, fotografías Valor medio antes (10.2.2018): CCT= 1852 K; CRI=15,46 Valor medio después (25.2.2019): CCT=4026 K; CRI= 71,55
Ejecución de la memoria	6	Comprobación de la ejecución de la memoria, informes técnicos, fotografías.

* Mediciones efectuadas con el medidor de luz, UPRtek model MK350S, nº de serie: B13M0166

Fotografías tomadas antes de la sustitución



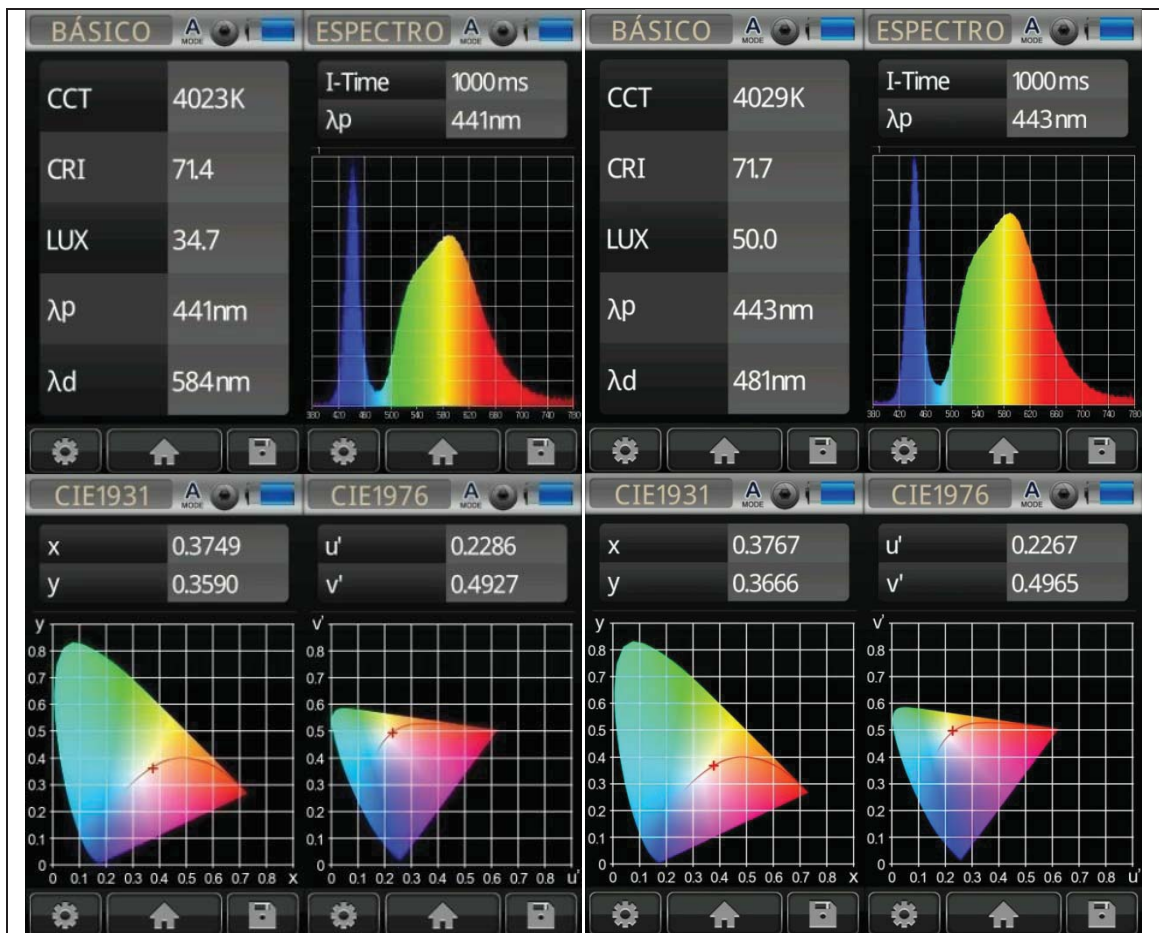
Calle la Estación



Después de la sustitución



Calle la Estación



12. FUENTES DE EVIDENCIA 6: Uso de Herramientas/Mediciones

12.1. Mediciones de consumo:

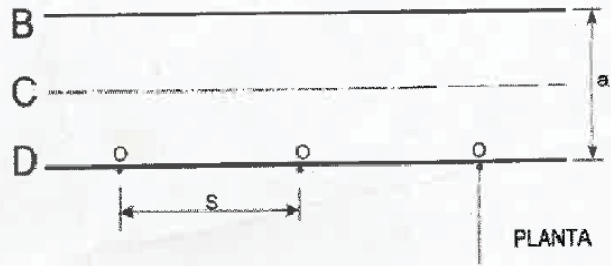
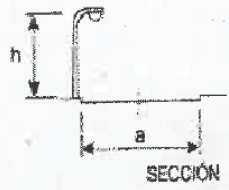
No se prestan a enviar la facturación. Indican que no se ha apreciado ahorro significativo, pues las actuaciones son un número muy pequeño en relación al número total del circuito y están repartidas entre varios circuitos de varios cuadros, además de que la actuación contemplaba el alumbrado de una nueva calle que no estaba alumbrada con anterioridad, por lo que, no se percibe diferencia en los importes de las facturas consultadas.

12.2. Mediciones lumínicas

Mediciones efectuadas con digital luxometer, Grossen model Mavolux 50328 USB, nº serie 174050.

Análisis lumínico/energético de la instalación de alumbrado público (cálculos antes y después de una muestra de viales)

Mediciones y Clasificación de los viales	Medición 1 (10.2.2018)		Medición 2 (25.02.2019)		Tipo	Situación de proyecto	Clase de alumbrado	Lm	Uo	U
	Tipo	P (W)	Tipo	P (W)						
Calle La Estación	VSAP	250	LED	30	B	B2	Me4b	0,75	0,4	0,5



CUTAR 23

	1	2	3	4	5
B	5'3"	15'29"	4	3'41"	5'08"
C	5'29"	10'34"	3'62"	3'37"	4'47"
D	16'93"	6'93"	3'39"	2'91"	3'62"



medicion cutar		febrero,2018		
calle La Estación		feb-18		
	B	C	D	
1	53,3	52,9	16,97	
2	15,89	10,34	6,93	
3	4	3,62	3,39	
4	3,41	3,37	2,91	
5	5,08	4,47	3,62	
6				
	lx		12,68 Uo	0,2295
	cd/m2		0,84533333	0,3227

calle La Estación		feb-19		
	B	C	D	
1	22,5	17,55	12,04	
2	6,74	5,19	1,63	
3	2,85	2,25	2,18	
4	2,3	2,41	2,18	
5	5,41	5,26	5,38	
6	35,4	22,9	15,97	
			9,45222222	
			0,63014815 Uo	0,3669

	Lm(c d/m2)	Uo	Eficiencia lámpara (lm/W)*	Fm**	Fu	$\epsilon(m^2 \times$ lx/W)	ϵr	le	Calif. Ener.
Calle La Estación	0,85	0,23	80,00	0,70	0,15	8,45	20,68	0,41	E
	0,63	0,36	100,00	0,85	0,26	22,50	14,00	1,61	A

*En el caso de Vapor de mercurio valor obtenido de la Guía Técnica de Eficiencia Energética en Iluminación, Alumbrado Público, del IDAE.

** El valor obtenido de la ITC-EA-06:

$$F_M = FDFL \times FSL \times FDLU$$

$$VM: 0,76 \times 0,76 \times 0,87 = 0,50$$

$$HM: 0,73 \times 0,88 \times 0,87 = 0,56$$

$$LED: 0,95 \times 1 \times 0,89 = 0,85$$

$$VSAP: 0,90 \times 0,89 \times 0,87 = 0,70$$

FDFL = factor de depreciación del flujo luminoso de la lámpara. Los factores de depreciación máximo admitido se indican en las tablas 1,2 y 3 de la ITC-EA-06. El factor de depreciación del flujo luminoso de lámparas tipo LED, no viene especificado en las mencionadas tablas debido a que esta normativa es anterior a la aplicación de este tipo de lámpara. Sin embargo, estudios recientes lo sitúan aproximadamente en valores situados entre el 0,95-0,99.

FSL = factor de supervivencia de la lámpara. Los factores de supervivencia máximos admitidos se indican en las tablas 1,2 y 3 de la ITC-EA-06. En el caso de las lámparas tipo led la probabilidad de supervivencia aumenta respecto a las lámparas tradicionales. Además, teniendo en cuenta que en caso de un fallo total esta se cambiaría de modo inmediato, podemos considerar un valor igual a 1.

FDLU = factor de depreciación de la luminaria. Según criterio de la Guía Técnica de Aplicación EA-06, "de conformidad con los avances tecnológicos podrán adoptarse factores de depreciación del flujo luminoso de las fuentes de luz superiores a los establecidos en la tabla 1, de acuerdo con los datos proporcionados por los fabricantes". No obstante, El grado de protección del sistema óptico es IP 6x. Además de esto hay que tener en cuenta, que el grado de contaminación es medio al tratarse de vías urbanas con intensidad de tráfico media.

El intervalo de limpieza de las luminarias se va a establecer en dos años que es el periodo de tiempo medio de limpieza que se ha establecido en el municipio, Por tanto, el factor FDLU es 0.89.

En el Reglamento de Eficiencia Energética no se contempla el Factor de Mantenimiento aplicado a luminarias equipadas con fuentes de luz LED. Lo que si contempla es que dicho valor no pueda ser superior a 0,85.

13. RESULTADOS CASO 6

13.1. Técnicos/Lumínicos

Los niveles de iluminación están por debajo de los exigidos, pero las uniformidades son mayores. La instalación no ha dado problemas eléctricos.

13.2. Medioambientales

Los consumos han disminuido, pero, aunque puede cuantificarse su valor real, pueden estimarse.

13.3. Sociales

Los vecinos están satisfechos en general con la iluminación, pero no se ha realizado una

encuesta. 13.4. Económicos. Retorno real de la inversión. no puede valorarse, pero pueden estimarse

Inversión inicial	Reducción consumo (kWh/año)	Reducción contaminación (tCO ₂ eq/año)	Ahorro (€/año)	Retorno de la inversión (años)
22.557,72	25.710,60	10,28	2.837,71 €	>7

13.5. Valoración con los indicadores

Indicadores	Caso 6		Ofertantes				Punt.
	Requirements		1	2	3	4	
1 Coste de la luminaria	501,28		501,28	501,28	501,28	501,28	
2 Diseño de la luminaria (IP)	Fundición aluminio, IP66	IK08 10kV	Aluminio inyectado, IP66	Fund. aluminio, IP66	no aporta	al/chapa de acero	
Eficacia o eficiencia luminica de la fuente de luz/instalación	100 lm/w		103	114	125	151	4
4 Espectro de emisión de la fuente de luz	no req pliego/memoria		no aporta	no aporta	no aporta	no aporta	
5 Luminancia/Iluminancia	no req pliego/si req memoria		si aporta	no aporta	no aporta		1
6 Factor de potencia del punto de luz	0,9		0,9	0,95	0,96	0,96	3,4
Flujo luminoso emitido por una fuente de luz	no req pliego/memoria		no aporta	no aporta	no aporta	no aporta	
8 Fotometría	no req pliego/si req memoria		aporta	aporta	aporta	aporta	
9 Fuente de luz/Instalación regulable	1-10 Dali		1-10 dali	1-10 dali	1-10 Dali	1-10 Dali	
Horas de servicio/Ciclo de vida de la instalación	L80B10 100.000		200.000	L80 B10 80.000	L80B10 100.000	80.000	1
11 Índice de Reproducción Cromática (IRC)	>70		70	no aporta	>80	no aporta	3
12 Porcentaje emisión al hemisferio superior	< 1%		0	0,10%	0,10%	no aporta	1
Potencia/Intensidad de trabajo del punto de luz	38-42/530		28/350	33/350	40/no aporta	10/no aporta	1
14 Sostenibilidad de las materias primas	no req pliego/memoria		no aporta	no aporta	no aporta	no aporta	
15 Temperatura de color	3000K		3000K	3000K	3000	no especifica	
			4	0	2	2	

No aporta requerimientos del pliego, por lo tanto se elimina coincide con la ele si

14. CONCLUSIONES CASO 6

14.1. Valoración de indicadores

Solo uno de los 4 ofertante aporta la totalidad de la información técnica requerida en el Pliego, por lo que la mesa de contratación elige a este. La valoración de los indicadores coincide con la decisión tomada por los técnicos municipales. El número de requerimientos de la oferta coincide con el listado de indicadores en un 12/17 = 71%, por lo que valida la lista en ese porcentaje.

El parámetro diseño se compone de varios ítems (6), de los que el Ayuntamiento sólo ha solicitado 2, no se sabe como valorar esto, se pondrían ponderar todos con el mismo peso para el resultado.

14.2. Consideraciones

- Los parámetros que dependen de la disposición de las luminarias no ha influido en la decisión, pues esta disposición viene definida en la Memoria técnica o Proyecto y es la misma para todos los ofertantes.
- Estudiar el peso en la valoración de los indicadores, si ha de ser el mismo o no.
- Todas las ofertas tienen fotometría según requerimientos, por lo que siempre puntúa y estos parámetros nunca sirven para decidir.
- Esta actuación consistió principalmente en una sustitución de luminarias, aunque también incluyó la instalación de una nueva calle. El Proyecto o Memoria Técnica incluyó los valores de los indicadores "Disposición de los puntos de luz" y "Superficie a iluminar" y todos los ofertantes asumieron sin cambiar lo que se había dispuesto.
- Aunque sean indicadores reglamentarios, si el pliego no los solicita expresamente, el fabricante puede no aportarlos y entonces no puede ser evaluado.
- La Administración Pública, a igualdad de puntuación técnica, está obligada a escoger la de menor importe.
- Se valoran el parámetro "Eficacia de la fuente de luz" que puede utilizarse junto con el de potencia para elegir el bloque óptico más eficiente y de menor consumo.
- Hay un parámetro que se requiere en todos los pliegos y especificaciones técnicas pero no se ha evidenciado en la lista de parámetros primitiva ni en la de indicadores que se generó a partir de ella: la protección contra el rayo o por sobretensión de 10 kV.

Anexo 14

<p>Caso 7. Protocolo de estudio: Renovación A.P. Caso 7, año 2018</p>
<p>1. DEFINICIÓN DELA PROPOSICIÓN OBJETO DE ESTUDIO ¿Cómo pueden los técnicos municipales identificar la mejor oferta de renovación del alumbrado público de entre las que se les presentan?</p> <p>PROPOSICIÓN OBJETO DEL ESTUDIO DEL CASO ¿Cómo ha sido el proceso de renovación de la instalación de alumbrado público?</p>
<p>2.INTRODUCCIÓN Y REVISIÓN DE LA LITERATURA</p> <p>Se realizó una búsqueda bibliográfica de publicaciones en las distintas bases de datos disponibles. Los recursos consultados fueron los siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none">• Web of Science• Science Direct Journals• Taylor & Francis On Line• Ebsco Online Research Database• Motor de búsqueda Jábega 2.0 (Universidad de Málaga) <p>Además, se ha consultados en internet:</p> <ul style="list-style-type: none">• Web del Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE)• Web del Comité Español de iluminación <p>Se consultaron publicaciones, monografías, tesis, presentaciones realizadas en conferencias, normativa, recomendaciones, etc. Algunas veces, se llegó a estas publicaciones por referencias de otras, o citas que se encontraron en textos. Se seleccionaron un total de 57 publicaciones en el año 2015 y, en una revisión en el año 2018, se añadieron 32, haciendo un total de 89.</p> <p>De estos 89 documentos, se realizó un análisis cualitativo de datos, de los que resultó un listado de 15 indicadores de valoración de una luminaria en el caso de una sustitución, que es el caso que nos ocupa. La actuación en Caso 7 ha sido la sustitución de luminarias y la instalación de luminarias nuevas en algunas zonas poco iluminadas. Por ello en la actuación se va a tener en cuenta, además, los parámetros “Disposición de los puntos de luz” y “Superficie a iluminar” ya que cada ofertante puede haber dispuesto sus luminarias de forma diferente, modificando así la superficie a iluminar. En total se valorarán en este caso 17 parámetros.</p> <p>En concreto, del Caso 7 no se han encontrado documentos científicos, artículos, noticias o documentos oficiales que hablen del alumbrado público y Caso 7. La búsqueda de datos se ha realizado entre octubre y marzo de 2019. La documentación se ha recabado mediante visitas y estudio de documentación elaborada por el propio Ayuntamiento del Caso 7 y la Diputación de Málaga.</p>
<p>3. OBJETIVO DEL ESTUDIO DEL CASO</p> <p>El estudio de casos pretende analizar los métodos prácticos llevados a cabo por los técnicos municipales en la renovación de una parte de la instalación de alumbrado público en Caso 7 en el año 2018.</p> <p>Se ha elaborado el estudio desde varias perspectivas: técnica, medioambiental, económica y social.</p> <p>Se han comparado los indicadores técnicos exigidos en el pliego con los 17 indicadores identificados. Se han identificado porcentajes de concordancia entre ambas listas de indicadores, y si realmente la elección de los técnicos fue la acertada, teniendo en cuenta todas las perspectivas.</p>
<p>4. MARCO TEÓRICO.</p> <p>El marco teórico es:</p> <ul style="list-style-type: none">▪ European Committee for Standardization. CEN/TR 13201-1 “Road Lighting Part 1: Selection of lighting classes”.

- European Committee for Standardization. EN 13201-2 "Road lighting - Part 2: Performance requirements".
- European Committee for Standardization. EN 13201-3:2016. "Road Lighting – Part 3: Calculation of performance".
- European Committee for Standardization. EN 13201-5:2015. "Road Lighting – Part 5: Energy performance Indicators".
- International Commission on Illumination. CIE 126-1997 Guidelines for minimizing sky glow.
- Ministry of Energy, Tourism and the Digital Agenda, Instituto para la Diversificación y la Energía, Comité Español de Iluminación. Requerimientos técnicos exigibles para luminarias con tecnología Led, 2011.
- Ministry of Energy, Tourism and the Digital Agenda. Real Decreto 1890/2008, de 14 de noviembre, por el que se aprueba el Reglamento de Eficiencia Energética en Instalaciones de Alumbrado Exterior.
- Ministry of Presidency. Real Decreto 208/2005, de 25 de febrero, sobre aparatos eléctricos y electrónicos y la gestión de sus residuos incorpora al derecho nacional las Directivas europeas aprobadas en esta materia.
- Ministry of Science and Innovation. Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión.
- Ministry of Finance and Civil Service. Real Decreto legislativo 3/2011 de 14 de noviembre, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Contratos de las Administraciones Públicas.
- European Parliament. Commission Regulation (EC) No 245/2009 of 18 march 2009 implementing Directive 2005/32/EC of the European Parliament and of the Council with regard to ecodesign requirements for fluorescent lamps without integrated ballast, for high intensity discharge lamps, and for ballasts and luminaires able to operate such lamps, and repealing Directive 2000/55/EC of the European Parliament and of the Council.

5. SELECCIÓN DE CASOS

La elección de los casos puede realizarse en función de distintos criterios, en este caso ha sido fundamentalmente el criterio temporal.

Los casos se han elegido lo más tarde en el tiempo posible, debido a la novedad tecnológica que se ha estado produciendo desde el año 2013-2017 en el sector del alumbrado público, con la introducción de la tecnología LED y micro LED

La limitación temporal del desarrollo propio del curso de doctorado, que no permite el estudio de un número infinito de casos, sobre todo si cada uno de ellos puede tener un recorrido de hasta 3 años.

Además del criterio temporal, se han elegido municipios con un número menor de 20.000 habitantes, comúnmente denominados "pequeños municipios", pues son estos los principales beneficiarios de las conclusiones de este estudio. Los municipios pequeños son los que suelen contar con menos recursos y disponen de menos personal técnico.

En el caso de Caso 7, el municipio ha estado realizando diversas actuaciones de renovación del alumbrado público. La que se documenta en este caso es una renovación que se proyectó en el año 2017 y tuvo lugar entre los meses de noviembre del año 2018 y febrero del año 2019.

6. PROCEDIMIENTO

El procedimiento seguido fue:

1. Identificar una muestra de municipios que entre 2015-2018 vayan a renovar su alumbrado público.
2. Antes de la renovación:
 - Elaborar inventario del alumbrado del municipio o de la actuación.
 - Seguimiento del procedimiento de contratación.
 - Examen de las ofertas presentadas.
 - Medición de los niveles de iluminación en una muestra.
3. Después de la renovación:
 - Repetir la medición en la misma muestra.
 - Entrevista/Encuesta con técnico/s y políticos municipal/es.

- Entrevista/Encuesta con personal de mantenimiento.
- Entrevista/Encuesta con usuarios de la instalación
- Elaboración de un estudio comparativo de consumos eléctricos y costes estimados y/o reales.
- Calcular la inversión económica y su periodo de retorno (ROI) estimados y/o reales.

4. Evaluar las ofertas con la lista de indicadores.

7. FUENTES DE EVIDENCIA 1: Archivo/estadísticas/Histórico

7.1. Antecedentes del municipio

Datos del municipio (Fuentes Web del Ayuntamiento e Instituto de cartografía y Estadística, Junta de Andalucía):

- Nombre de la localidad: Caso 7
- Provincia: Málaga
- Comunidad Autónoma: Andalucía
- Nº de habitantes (2015): 175
- Porcentaje de la población mayor de 65 años (%): 24
- Renta neta media declarada (€/2014): -

Inventario (Fuentes: Diputación de Málaga):

- Centros de mando: 2
- Relojes astronómicos en cuadro: no
- Célula fotoeléctrica en cuadro: 2
- Número Puntos de luz: -
- Número de Lámparas:122tabla adjunta
- Potencia total instalada (W): 15.055
- Consumo anual (kWh/año): 54.951
- Coste anual (€/año): 3.789,24
- Porcentaje respecto al consumo total del Ayuntamiento (%): 0,4
- Porcentaje de lámparas de mercurio(%): 75
- Contaminación (t CO₂eq):21,98 (Factor 0,4)

Tipo de Lámpara	Tipo Luminaria	Potencia (W)	Nº Lámparas	Potencia total	Consumo (kWh)
VAPOR MERCURIO	FAROL	80	20	1600	5840
VAPOR MERCURIO	FAROL	125	71	8875	32394
VAPOR SODIO ALTA PRESION	VIARIO	150	21	3150	11498
VAPOR SODIO ALTA PRESION	PROYECTOR	250	2	500	1825
HALOGENUROS METALICOS	PROYECTOR	150	5	750	2737,5
OTROS	INCANDESCENTE	60	3	180	657
Total			122	15055	54951

Ratios:

- Potencia instalada por habitante (W/hab): 83,03
- Puntos de luz por 1.000 habitantes (PL/1000 hab): 697,14
- Potencia instalada por superficie de población (W/m²): 0,001
- Facturación anual de electricidad por potencia instalada (€/kW): 251,69
- Consumo anual de electricidad por potencia instalada (kWh/kW)= 3.650,00
- Consumo anual de electricidad por habitante (Wh/hab): 314,01
- Superficie de viales asociada al cuadro (m²/cuadro): 5.024,50

7.2. Descripción de la actuación realizada

Memoria de actuación elaborada para la sustitución.

De esta manera las obras que se proponen consistirán en:

- Ejecución de las obras de excavación, zanjas y reposición del pavimento para la construcción de 278 m.l. de canalización necesaria en Calle Bellavista; para la red trifásica instalada bajo tubo, formada por conductores de cobre tipo RV 0,6/1KV de 6 mm² + un conductor para T.T. tipo H07V-R - amarillo-verde de 1x16 mm² de sección, para instalaciones de alumbrado público, incluso conexiones, totalmente instalada y probada en condiciones reglamentarias.
- Renovación de 185 m.l. de cableado del circuito, colocado subterráneo sobre canalización existente, con conductores de cobre tipo RV 0,6/1KV de 6 mm² + un conductor para T.T. tipo H07V-R - amarillo-verde de 1x16 mm² de sección, para instalaciones de alumbrado público, incluso conexiones, totalmente instalada y probada en condiciones reglamentarias.
- Renovación de 20 ml. de cableado del circuito, colocado sobre fachada con conductor RZ1-K(AS)-UNE-21.123- 5G6, Cu5-0,6/1kV, para instalaciones de alumbrado público, incluso conexiones, totalmente instalada y probada en condiciones reglamentarias.
- Renovación del cuadro eléctrico situado en Calle Bellavista y de las protecciones del circuito de alumbrado público.
- Instalación de 1 luminaria tipo clásica Villa de 35-42 W, fabricadas en fundición de aluminio, óptica con distribución asimétrica longitudinal y equipo auxiliar electrónico compacto individual sin línea de mando con regulación programable, sobre columna de 4m. de altura en fundición de aluminio, sobre cimentación de hormigón HM-20 de 50x50x65, según se indica en el plano de planta. Esta luminaria, tal y como puede comprobarse en el plano de planta, no pertenece a la Calle Bellavista y va a ser sustituida por haberse deteriorado,

por lo que a efectos de cálculos eléctricos no se computará, ya que no pertenece al circuito objeto del presente proyecto.

- Instalación de 5 luminarias tipo viario suspendida de hasta 42 W, fabricadas en fundición de aluminio, óptica con distribución asimétrica longitudinal y equipo auxiliar electrónico compacto individual sin línea de mando con regulación programable, sobre columnas de 7m de altura sobre cimentación de hormigón HM-20 de 50x50x70, a sustituir en Calle Bellavista, según se indica en el plano de planta.
- Instalación de 2 luminarias tipo viario suspendida de hasta 42 W, fabricadas en fundición de aluminio, óptica con distribución asimétrica longitudinal y equipo auxiliar electrónico compacto individual sin línea de mando con regulación programable, sobre brazos, a sustituir en Calle Bellavista, según se indica en el plano de planta.

Igualmente se prevén unas obras que se pueden ejecutar en el caso de mejoras en la licitación. Estas obras de mejora se especifican en los presupuestos, no son acumulativas ni existe prioridad de una sobre otra y se han repartido en los dos lotes siguientes:

Mejora 1

- Instalación de 5 luminarias tipo clásica Villa de 35-42 W, fabricadas en fundición de aluminio, óptica con distribución asimétrica longitudinal y equipo auxiliar electrónico compacto individual sin línea de mando con regulación programable, sobre columna de 4m. de altura de fundición de aluminio, sobre cimentación de hormigón HM-20 de 50x50x65, según se indica en el plano de planta.

Mejora 2

- Instalación de 7 luminarias tipo viario suspendida de hasta 42 W, fabricadas en fundición de aluminio, óptica con distribución asimétrica longitudinal y equipo auxiliar electrónico compacto individual sin línea de mando con regulación programable, sobre columnas de 7m de altura sobre cimentación de hormigón HM-20 de 50x50x70, a sustituir en Calle Bellavista, según se indica en el plano de planta.

7.3. Características requeridas de las luminarias

CAPÍTULO 03.- PUNTOS DE LUZ

03.01 Ud Luminaria clásica tipo Villa o equivalente 35 W.-3700 lum.-3000K+eq. reg. prog.s/m Dynad. Xitanium

Ud. Luminaria decorativa, tipo farol Villa o equivalente, fabricada con estructura, tapa superior y conexión a columna o brazo en fundición inyectada de aluminio, varillas de extrusión de aluminio capaz de pasar por el interior cable de 3x2,5 mm2, tornillería de acero inoxidable, remate superior y terminaciones decorativas de latón, protección equipo eléctrico mediante junta en la tapa superior de silicona con IP 66, pintura color Negro RAL 9005 texturado. Fuente de luz: Módulo LED Consumo del sistema (bloque+equipo) 35 W. Eficiencia mínima: 100 lum/W. Temperatura de Color LED Blanco cálido, 3000K. I.R.C >70, Vida útil 50.000 horas. Optica: distribución asimétrica longitudinal, cierre sellado IP66, FHS < 1%. Equipo auxiliar electrónico compacto individual, alimentación a red de 220-240 a.c. 50-60 Hz, con regulación programable, modelo DydaDimmer Xitanium Prog. (DD27) para LED o equivalente. Protector contra sobre tensiones.. Conjunto Probado y funcionando

PL 20	1	1,00			
			1,00	310,00	310,00 €

03.03 Ud PL-Lumin.viario con mód.LED hasta 42 W-. Efic. 100 lm/W. 4000K-IP66+equipo reg. prog. s/m 1-10v o Dalí. Sobret. 10 KV.

Ud. de Punto de luz compuesto de: Luminaria tipo marítimo con tecnología LCD, formada por: Cuerpo: Fabricado en fundición inyectada de aluminio, pintado con color VERDE RAL6005, con fijación suspendida, Grado de protección mínima de la tapa del equipo eléctrico y de la tapa del grupo óptico IP66 e IK08. Fuente de luz: Módulo LED, máxima intensidad de funcionamiento 530mA. Temperatura de Color LED Blanco neutro, 4000K, I.R.C >70. Vida útil >=100.000 horas, mantenimiento de flujo luminoso L80. Optica: Distribución asimétrica longitudinal, según requisitos fotométricos. Cierre de vidrio plano templado, sellado IP66. Flujo hemisférico superior instalado, FHSinst <= 1%. Equipo auxiliar: Electrónico individual para módulo LED con regulación programable autónoma 1-10v o Dalí. Alimentación a red de 220-240V. a.c. 50-60 Hz, factor de potencia no menor de 0,9, protegido contra sobreintensidades y con protección contra sobretensiones de 10KV. Consumo máximo del sistema (bloque+equipo) 42 W. Efic. mínima 100lm/W. Marcado CE. Totalmente equipada, instalada y probada.

pl 1-5,8,10	7	7,00			
			7,00	388,44	2.719,08 €

Partida	Descripción	Uds	Longitud	Anchura	Altura	Parciales	Cantidad	Precio	Importe
---------	-------------	-----	----------	---------	--------	-----------	----------	--------	---------

CAPÍTULO 01.- PUNTOS DE LUZ

01.01 Ud Luminaria clásica tipo Villa o equivalente 35 W.-3700 lum.-3000K+eq. reg. prog.s/m Dynad. Xitanium

Ud. Luminaria decorativa, tipo farol Villa o equivalente, fabricada con estructura, tapa superior y conexión a columna o brazo en fundición inyectada de aluminio, varillas de extrusión de aluminio capaz de pasar por el interior cable de 3x2,5 mm2, tornillería de acero inoxidable, remate superior y terminaciones decorativas de latón, protección equipo eléctrico mediante junta en la tapa superior de silicona con IP 66, pintura color Negro RAL 9005 texturado. Fuente de luz: Módulo LED Consumo del sistema (bloque+equipo) 35 W. Eficiencia mínima: 100 lum/W. Temperatura de Color LED Blanco cálido, 3000K. I.R.C >70, Vida útil 50.000 horas. Optica: distribución asimétrica longitudinal, cierre sellado IP66, FHS < 1%. Equipo auxiliar electrónico compacto individual, alimentación a red de 220-240 a.c. 50-60 Hz, con regulación programable, modelo DydaDimmer Xitanium Prog. (DD27) para LED o equivalente. Protector contra sobre tensiones.. Conjunto Probado y funcionando

PL 15-19	5	5,00			
			5,00	310,00	1.550,00 €

Partida	Descripción	Uds	Longitud	Anchura	Altura	Parciales	Cantidad	Precio	Importe
---------	-------------	-----	----------	---------	--------	-----------	----------	--------	---------

CAPÍTULO 01.- PUNTOS DE LUZ

01.01 Ud PL-Lumin.viarío con mód.LED hasta 42 W-. Efic. 100 lm/W. 4000K-IP66+equipo reg. prog. s/m 1-10v o Dali. Sobret. 10 KV.

Ud. de Punto de luz compuesto de: Luminaria tipo marítimo con tecnología LED, formada por: Cuerpo: Fabricado en fundición inyectada de aluminio, pintado con color VERDE RAL6005, con fijación suspendida, Grado de protección mínima de la tapa del equipo eléctrico y de la tapa del grupo óptico IP66 e IK08. Fuente de luz: Módulo LED, máxima intensidad de funcionamiento 530mA. Temperatura de Color LED Blanco neutro, 4000K, I.R.C >70. Vida útil >=100.000 horas, mantenimiento de flujo luminoso L80. Óptica: Distribución asimétrica longitudinal, según requisitos fotométricos. Cierre de vidrio plano templado, sellado IP66. Flujo hemisférico superior instalado, FHSinst <= 1%. Equipo auxiliar: Electrónico individual para módulo LED con regulación programable autónoma 1-10v o Dali. Alimentación a red de 220-240V. a.c. 50-60 Hz, factor de potencia no menor de 0,9, protegido contra sobreintensidades y con protección contra sobretensiones de 10KV. Consumo máximo del sistema (bloque+equipo) 42 W. Efic. mínima 100lm/W. Marcado CE. Totalmente equipada, instalada y probada.

pl 6-7,9,11-14	7	7,00			
			7,00	388,44	2.719,08 €

I	OBRA CIVIL.....	14.523,85 €	58,09
II	INSTALACIÓN ELÉCTRICA.....	5.732,55 €	22,93
III	PUNTOS DE LUZ.....	4.524,43 €	18,10
IV	GESTIÓN DE LOS RESIDUOS.....	58,19 €	0,23
V	SEGURIDAD Y SALUD.....	162,72 €	0,65
	PRESUPUESTO DE EJECUCION MATERIAL.....	25.001,74 €	100,00

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	REQUISITOS S/ MEMORIA
Consumo máximo del sistema (óptico + equipo): Villa	35 W
Viaria	42 W
Vida útil mínima de la luminaria Villa	50.000 h
Viaria	L80B10 100.000
Material	Fundición inyectada de aluminio
Grado de protección mínimo de la luminaria	IP66
Grado de protección mínimo del sistema óptico	IP66
Máxima intensidad de funcionamiento Viarío	530 mA
Grado de protección mínimo de la luminaria frente a impactos Viaria	IK08
Factor de emisión al hemisferio superior	≤ 1%
Temperatura de color de la fuente de luz Villa	3000 K
Viario	4000 K
IRC	>70
Eficiencia mínima de la luminaria	100 lm/W

Factor de potencia Viario	≥ 0,9
Protección sobretensiones	10 kV
Protección sobreintensidades	SI
Equipo auxiliar	1-10/Dali

7.4. Pliego de características técnicas para la contratación

No existe criterio técnico para elegir la oferta, sólo se circunscribe a criterio económico

1. LISTADO DE OFERTAS Y APERTURA DE SOBRES

A continuación, se procede a la apertura de los sobres «A» que incluyen la documentación correspondiente a la proposición económica y declaración responsable acreditativa del cumplimiento de los requisitos previos.

El Presidente acuerda proceder a examinar formalmente la documentación presentada, dando fe el Secretario de la relación de documentos que figuran.

La Mesa de Contratación declara admitidas las siguientes proposiciones:

Registro de Entrada	C.I.F./N.I.F.	Empresa
O00012673e1800000259 18/06/2018 14:45:06	B93178911	DIVAL TECHNOLOGY, S.L.
O00012673e1800000262 19/06/2018 09:47:34	25672811G	SAVADOR PALOMO MARTÍN
O00012673e1800000264 19/06/2018 09:59:30	B29743143	ELECTROCONTROL 2000
O00012673e1800000265 19/06/2018 11:04:21	B92841881	GRUPO FERSON 03, S.L.
O00012673e1800000266 19/06/2018 11:52:03	B53962569	LORENZETTI S.L.

La Mesa de Contratación rechaza las siguientes: NINGUNA

Se acuerda requerir a SALVADOR PALOMO MARTÍN para que subsane la Declaración Responsable.

En el expediente quedan todas las proposiciones presentadas, no habiéndose rechazado ninguna.

2. PROPUESTA DE ADJUDICACIÓN

Habiéndose procedido a la apertura de las proposiciones con el único criterio de adjudicación que es el precio, arroja el siguiente resultado:

C.I.F./N.I.F.	Empresa	PRECIO OFERTADO
B93178911	DIVAL TECHNOLOGY, S.L.	36.000,00 euros
25672811G	SAVADOR PALOMO MARTÍN	34.566,81 euros
B29743143	ELECTROCONTROL 2000	35.263,61 euros
B92841881	GRUPO FERSON 03, S.L.	35.695,00 euros
B53962569	LORENZETTI S.L.	36.000,00 euros

Tras la lectura del resultado de la licitación, se eleva al órgano de contratación la propuesta de adjudicación a favor de SALVADOR PALOMO MARTÍN en el precio de 34.566,81 euros, requiriéndole para que subsane la Declaración Responsable. Caso de subsanar en plazo, que se eleve la propuesta de adjudicación al órgano de contratación.

8. FUENTES DE EVIDENCIA 2: Documentos/Cálculos

Gastos de consumo primer año puesta en marcha estimados

Number of Public lighting Suply	Costs 2016 (€)	Costs 2018 (€)	Diference (€)
TOTAL (2)	1.525,89	285,38	- 1.240,51

Gastos/registros de mantenimiento primer año puesta en marcha

Costs 2018 (€)	Costs 2019 (€)	Diference (€)
285,38	0,00	-285,38

Potencia Total instalada (kW)	Consumo Energía Eléctrica (12h/día) (kWh)	Nº PL	Potencia lámpara + equipo auxiliar (W)	Potencia Total a instalar (kW)	Consumo Energía Eléctrica (10h/día) (kWh)	Reducción de la potencia instalada (kW)	Ahorro Energético (kWh)
0,75	3.285,00	6	35	0,21	766,50	0,54	2.518,50
2,10	9.198,00	14	35	0,49	1.788,50	1,61	7.409,50
2,85	12.483,00	20		0,70	2.555,00	2,15	9.928,00

9. FUENTES DE EVIDENCIA 3: Entrevistas

	Nº	Fecha	Consentimiento grabación	Duración	Tipo de entrevista
Personal municipal (Administrativo)	1	24 Sept. 2019	-	23 minutos	Desestructurada
Personal político (Alcalde)	1		-	0 minutos	Desestructurada
	Contenido. Se realizó una entrevista al alcalde, a través de su administrativo. que indica que no ha habido ninguna queja, al contrario, los vecinos en general, han valorado la actuación positivamente. No se ha reportado hasta ahora queja ni avería alguna de la instalación.				

10. FUENTES DE EVIDENCIA 4: Encuestas

Enviadas al alcalde junio 2019, puestos en contacto con el alcalde, nos ha respondido que no ha podido distribuir las.

11. FUENTES DE EVIDENCIA 5: Observación Directa

Se realizó observación directa en las noches en que se hicieron las mediciones, así como en los días en que se elaboró el inventario de alumbrado público y la toma de datos para la elaboración de la memoria.

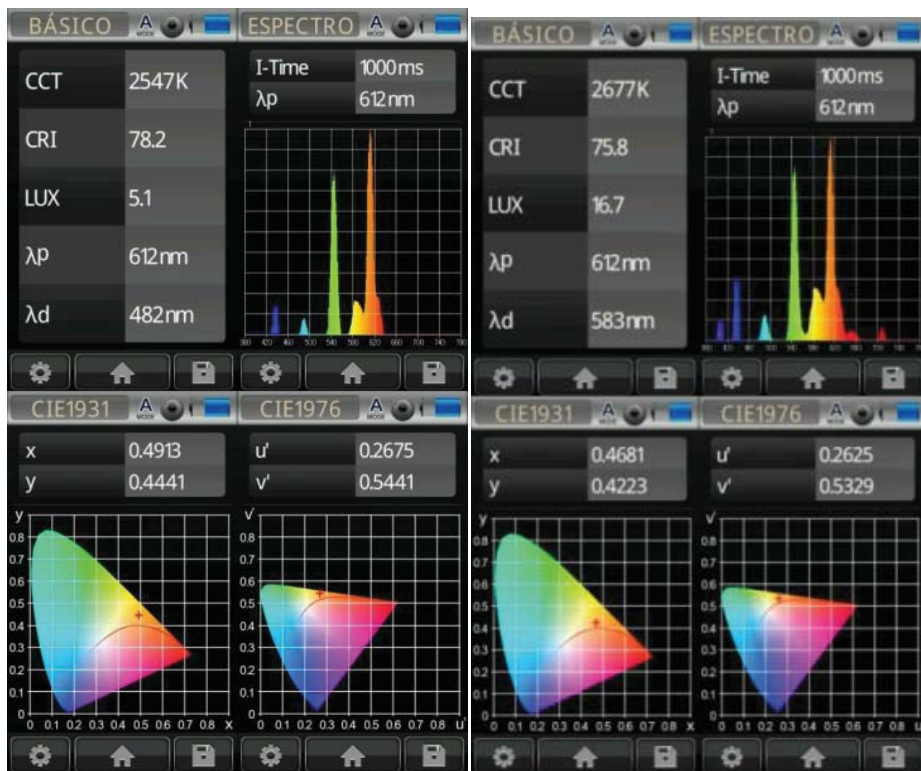
	Nº visitas	Documentos elaborados
Inventario	2	Documentos escritos para la toma de datos, planos, fotografías.
Mediciones nivel iluminación	2	Mediciones, fotografías.
Mediciones color de las fuentes de luz*	2	Mediciones, fotografías. Valor medio antes (10.2.2018): CCT= 2612 K; CRI=77 Valor medio después (21.2.2019): CCT=3053 K; CRI= 82,4
Ejecución de la memoria	2	Comprobación de la ejecución de la memoria, informes técnicos, fotografías.

* Mediciones efectuadas con el medidor de luz, UPRtek model MK350S, nº de serie: B13M0166

Fotografías tomadas antes de la sustitución



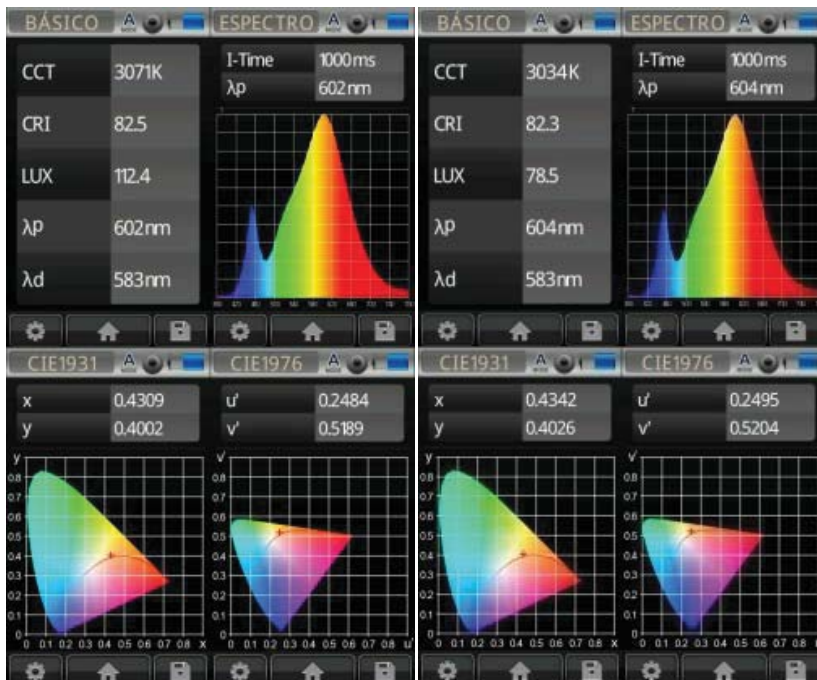
Calle Axarquía (Medición realizada 10.2.2018)



Después de la sustitución



Calle Axarquía (Medición realizada 21.2.2019)



12.1. Mediciones de consumo

No se prestan a enviar la facturación. Indican que no se ha apreciado ahorro significativo, pues las actuaciones son un número muy pequeño en relación al número total del circuito y están repartidas entre varios circuitos de varios cuadros, además de que la actuación principal contemplaba el alumbrado de una nueva calle que no estaba alumbrada con anterioridad, por lo que, no se percibe diferencia en los importes de las facturas consultadas

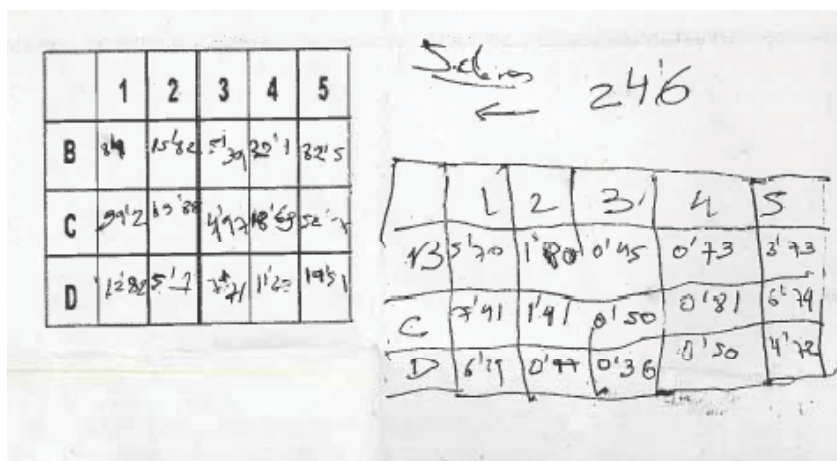
12.2. Mediciones lumínicas

Mediciones efectuadas con digital luxometer, Grossen model Mavolux 50328 USB. nº serie 174050.

Análisis lumínico/energético de la instalación de alumbrado público (cálculos antes y después de una muestra de viales)

Mediciones y Clasificación de los viales	Medición 1 (10.2.2018)		Medición 2 (21.2.2019)		Tipo	Situación de proyecto	Clase de alumbrado	Em	Emin
	Tipo	P (W)	Tipo	P (W)					
Calle Axarquía	V.M.	125	LED	45	D	D3-D4	S1-S3	5-22,5	1-5

Medición 10.2.2018



Interdistancia 24.6 mtros en Calle Axarquía, ancho 5 m

Medición día 21.02.2019

	1	2	3	4	5
Pl A	72,5	49,2	18,74	14,78	37,5
B	39,00	41,6	12,64	15,33	37,9
C	30,4	19,6	8,71	10,16	28,8

medición Salares calle Axarquía			febrero,2018			medición Salares calle Axarquía			metodo de los 9 puntos		
	B	C	D		B	C	D				
1	5,7	7,41	6,29	1	5,7	7,41	6,29	E1	4,72	E6	0,74
2	1,8	1,41	0,97	2	1,8	1,41	0,97	E2	7,08	E7	0,45
3	0,45	0,5	0,36	3	0,45	0,5	0,36	E3	5,51	E8	0,50
4	0,73	0,81	0,5	4	0,73	0,81	0,5	E4	1,27	E9	0,36
5	3,73	6,74	4,72	5	3,73	6,74	4,72	E5	1,11		
6											
	lx		2,808 Uo	0,128		2,81	0,13		2,16	0,17	

			febrero,2019								
	B	C	D		B	C	D				
1	37,5	39	30,4	1	37,5	39	30,4	E1	37,50	E6	14,88
2	24,6	41,6	19,6	2	24,6	41,6	19,6	E2	38,45	E7	18,94
3	18,94	12,64	8,71	3	18,94	12,64	8,71	E3	29,60	E8	12,64
4	14,78	15,33	10,16	4	14,78	15,33	10,16	E4	19,69	E9	8,71
5	37,5	37,9	28,8	5	37,5	37,9	28,8	E5	28,47		
6											
	lx		25,164 Uo	0,346		25,16	0,35		23,75	0,37	

	Em (lx)	Emin (lx)	Uo	Eficiencia lámpara (lm/W)*	Fm**	Fu	$\epsilon(m^2 \times$ $lx/W)$	ϵr	le	Calif. Ener.
Calle Axarquía	2,16	0,36	0,17	60,00	0,50	0,07	2,13	5,00	0,43	E
	23,75	8,71	0,37	100,00	0,85	0,64	64,92	13,00	4,99	A

*En el caso de vapor de mercurio, valor obtenido de la Guía Técnica de Eficiencia Energética en Iluminación, Alumbrado Público, del IDAE.

** El valor obtenido de la ITC-EA-06:

$$F_M = FDFL \times FSL \times FDLU$$

$$VM: 0,76 \times 0,76 \times 0,87 = 0,50$$

$$HM: 0,73 \times 0,88 \times 0,87 = 0,56$$

$$LED: 0,95 \times 1 \times 0,89 = 0,85$$

FDFL = factor de depreciación del flujo luminoso de la lámpara. Los factores de depreciación máximo admitido se indican en las tablas 1,2 y 3 de la ITC-EA-06. El factor de depreciación del flujo luminoso de lámparas tipo LED, no viene especificado en las mencionadas tablas debido a que esta normativa es anterior a la aplicación de este tipo de lámpara. Sin embargo, estudios recientes lo sitúan aproximadamente en valores situados entre el 0,95-0,99.

FSL = factor de supervivencia de la lámpara. Los factores de supervivencia máximos admitidos se indican en las tablas 1,2 y 3 de la ITC-EA-06. En el caso de las lámparas tipo led la probabilidad de supervivencia aumenta respecto a las lámparas tradicionales. Además, teniendo en cuenta que en caso de un fallo total esta se cambiaría de modo inmediato, podemos considerar un valor igual a 1.

FDLU = factor de depreciación de la luminaria. Según criterio de la Guía Técnica de Aplicación EA-06, "de conformidad con los avances tecnológicos podrán adoptarse factores de depreciación del flujo luminoso de las fuentes de luz superiores a los establecidos en la tabla 1, de acuerdo con los datos proporcionados por los fabricantes". No obstante,

El grado de protección del sistema óptico es IP 6x. Además de esto hay que tener en cuenta, que el grado de contaminación es medio al tratarse de vías urbanas con intensidad de tráfico media.
 El intervalo de limpieza de las luminarias se va a establecer en dos años que es el periodo de tiempo medio de limpieza que se ha establecido en el municipio. Por tanto, el factor FDLU es 0.89.
 En el Reglamento de Eficiencia Energética no se contempla el Factor de Mantenimiento aplicado a luminarias equipadas con fuentes de luz LED. Lo que si contempla es que dicho valor no pueda ser superior a 0,85.

13.RESULTADOS CASO 7

13.1. Técnicos/Lumínicos

Los niveles de iluminación y las uniformidades son mayores y cumplen los niveles exigidos. La instalación solo no ha dado problemas eléctricos.

13.2. Medioambientales

Los consumos han disminuido bastante, no puede cuantificarse su valor real.

13.3. Sociales

Los vecinos están muy satisfechos en general con la iluminación, pero no se ha realizado una encuesta.

13.4. Económicos. Retorno real de la inversión, no puede valorarse, pero puede estimarse:

Inversión inicial	Reducción consumo (kWh/año)	Reducción contaminación(tCO ₂ eq/año)	Ahorro (€/año)	Retorno de la inversión (años)
4.524,43€	9.928,00	3,97	1.240,51	4

13.5. Valoración con los indicadores

No se dispone de las características técnicas de los ofertantes, pues no se les exigió condiciones técnicas de cumplimiento previo a la contratación, sólo el criterio técnico y las de la Memoria en la fase de ejecución.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS, REQUISITOS S/ MEMORIA	INDICADOR
Consumo máximo del sistema (óptico + equipo): Villa Viaria	Potencia/Intensidad de trabajo del punto de luz
Máxima intensidad de funcionamiento Viario	Potencia/Intensidad de trabajo del punto de luz
Vida útil mínima de la luminaria Villa Viaria	Horas de servicio/Ciclo de vida de la
Material	Diseño de la luminaria (IP)
Grado de protección mínimo de la luminaria	Diseño de la luminaria (IP)
Óptica	Fotometría
Grado de protección mínimo del sistema óptico	Diseño de la luminaria (IP)
Grado de protección mínimo de la luminaria frente a impactos Viaria	Diseño de la luminaria (IP)
Protección sobretensiones	Diseño de la luminaria (IP)
Protección sobreintensidades	Diseño de la luminaria (IP)
Factor de emisión al hemisferio superior	Porcentaje emisión al hemisferio superior
Temperatura de color de la fuente de luz Villa Viario	Temperatura de color

	IRC	Índice de Reproducción Cromática (IRC)	
	Eficiencia mínima de la luminaria	Eficacia o eficiencia lumínica de la fuente de	
	Factor de potencia Viario	Factor de potencia del punto de luz	
	Equipo auxiliar	Fuente de luz/Instalación regulable	
	Cumplimiento de los niveles de iluminación establecidos	Luminancia/Iluminancia	

14. CONCLUSIONES CASO 7

14.1. Valoración de indicadores

La valoración de los indicadores no ha podido hacerse en este caso. El número de requerimientos de la memoria técnica coincide con el listado de indicadores en un $12/17 = 76\%$.

14.2. Consideraciones

- La Administración Pública, a igualdad de puntuación técnica, está obligada a escoger la de menor importe.
- Esta actuación consistió principalmente en la instalación de una nueva calle, aunque también se realizaron sustituciones de luminarias existentes. El Proyecto o Memoria Técnica incluyó los valores de los indicadores "Disposición de los puntos de luz" y "Superficie a iluminar" y todos los ofertantes asumieron sin cambiar lo que se había dispuesto.

Anexo 15. Carta de presentación del estudio



UNIVERSIDAD
DE MÁLAGA



D. José Ramón de Andrés Díaz, Profesor Titular en la Escuela de Ingenierías Industriales de la Universidad de Málaga y miembro del Grupo de Investigación “**Diseño de Proyectos Eficientes**”, le saluda atentamente.

Dentro del marco de un Estudio de Casos de renovación del Alumbrado Público, realizado en 7 municipios de la provincia de Málaga; iniciado en el año 2016 y con una duración de 3 años, se pretende como objetivo estratégico, la **búsqueda de validación de los indicadores evidenciados en una etapa anterior a este estudio**. En esta fase se podría conseguir una mejora en los criterios de evaluación de los técnicos municipales, de entre las posibles alternativas que se puedan presentar en la renovación del alumbrado exterior.

Para ello, se ha considerado necesario implicar a **expertos de diferentes ámbitos del sector del alumbrado público**, según la metodología Delphi adaptada que será utilizada, consistente en el envío de cuestionarios sucesivos a expertos elegidos, entre los que usted se encuentra.

Como usted sabe, a través del Delphi, por el proceso respuesta-análisis-retroalimentación-respuesta, se logrará un consenso general que **permitirá elaborar unas conclusiones armonizadas**. Todas las respuestas son anónimas, lo cual evita que los participantes de mayor prestigio influyan excesivamente en las opiniones de los demás. Los ficheros de las respuestas y de los nombres serán guardados por separado y solo tendrá acceso el investigador a cargo del estudio y su tutor.

Le solicitamos **su valiosa colaboración** en unos cuestionarios que serán distribuidos en dos rondas y cuyo cronograma les detallamos a continuación:

Calendario 2018-2019	Diciembre	Enero	Febrero
Ronda 1:			
Los expertos recibirán el 1 ^{er} cuestionario	■ ■		
Los expertos enviarán las respuestas del 1 ^{er} cuestionario		■ ■ ■	
Análisis de las respuestas de la Ronda 1			■ ■ ■
Los expertos reciben un e-mail con los resultados			■ ■
Ronda 2:			
Los expertos recibirán el 2 ^{do} cuestionario		■ ■ ■	
Los expertos enviarán las respuestas del 2 ^{do} cuestionario			■ ■ ■
Análisis de las respuestas de la Ronda 2			■ ■ ■ ■
Los expertos reciben un e-mail con los resultados			■ ■ ■
Los expertos reciben un informe de análisis y conclusiones			■

Sin más, le agradecemos de antemano la colaboración prestada y esperamos que el proyecto sea de su interés.

Observaciones:

Si tiene alguna duda sobre alguna de las cuestiones planteadas, no dude en consultárnoslo a través de e-mail: rmmorillas@uma.es

José Ramón de Andrés Díaz
Escuela de Industriales de la Universidad de Málaga
C/. Doctor Ortiz Ramos s/n (Campus de Teatinos). 29071 Málaga
Telefono: (+34)951952272
E-mail: deandres@ctima.uma.es



Dr. José Ramón de Andrés Díaz, Full Professor of the Higher Polytechnic School Engineering of University of Málaga and head of the Research Group "Design of Efficient Projects", greets you attentively.

Within the framework of a Multiple Case Study about street lighting renovations carried out during last 3 years in 7 municipalities of the province of Malaga; the investigation group expects to seek validation of the indicators evidenced in the previous stages of the study. It would allow an improvement in the municipal technicians' evaluation criteria of the possible alternatives that can be presented.

Therefore, It has been considered necessary to involve experts from different areas of the street lighting sector, based on the Delphi Methodology. It consists in sending successive questionnaires to proposed experts, among which you are.

Through the Delphi Methodology, the response-analysis-feedback-response process will reach a general consensus to allow drawing up harmonized conclusions. All answers are anonymous, which prevents most prestigious participants from influencing the opinions of others. The files of the answers and the expert names will be kept separately and only the investigator in charge and her tutor will have access.

We ask for your valuable cooperation sending questionnaires in two rounds. Schedule is detailed below:

Schedule 2018-2019	December	January	February
Round 1:			
Experts Receive 1 st Questionnaire	■ ■ ■		
Experts send 1 st Questionnaire		■ ■ ■	
Analysis of responses Round 1			■ ■ ■
Experts receive an e-mail of results			■ ■
Round 2:			
Experts Receive 2 nd Questionnaire		■ ■ ■	
Experts send 2 nd Questionnaire			■ ■ ■
Analysis of responses Round 2			■ ■ ■
Experts receive an e-mail of results			■ ■ ■
Experts receive an Analysis and Conclusions Report			■

Our gratitude for your cooperation and we hope that this project will be of your interest.

Comments:

If you have any question, please send an e-mail rmorillas@uma.es

José Ramón de Andrés Díaz
Escuela de Industriales de la Universidad de Málaga
C/. Doctor Ortiz Ramos s/n (Campus de Teatinos). 29071 Málaga
Telefono: (+34)951952272
E-mail: deandres@ctima.uma.es



1ª RONDA CUESTIONARIO DELPHI

INDICADORES PARA LA TOMA DE DECISIONES DEL TÉCNICO MUNICIPAL

En esta fase cada experto indicará su grado de acuerdo (Escala Likert) con respecto a las afirmaciones que se presentarán a continuación. Estas 14 proposiciones relacionan y cuestionan una serie de indicadores obtenidos en fases anteriores. Las justificaciones servirán para sustentar los grados de acuerdo o desacuerdo conseguidos en cada ronda.

Definición conceptual de los indicadores que se utilizarán en este estudio:

1. **Coste de la luminaria.** Coste de cada luminaria desde su etapa de diseño, producción y transporte hasta el lugar de la instalación.
2. **Disposición de los puntos de luz.** Disposición espacial de luminarias de la instalación. Incluye los conceptos de interdistancia, altura de colocación y longitud del brazo o báculo.
3. **Diseño de la luminaria.** Tipo y forma, dimensiones. Incluye Factor IP de la luminaria y de la fuente de luz, Factor IK de la luminaria, dimensiones, peso, facilidad de manipulación, durabilidad del cierre, protecciones sobreintensidad y sobreintensidad,
4. **Eficacia o eficiencia lumínica de la fuente de luz/instalación.** Es la luminosidad percibida (lm) de la fuente de luz dividida entre su consumo (W). La luminosidad percibida sería la emitida por la fuente de luz descontando las pérdidas debidas a la intensidad y temperatura real y la lente utilizada. La potencia consumida es la suma de las consumidas por la fuente de luz y el driver. No se consideran las pérdidas producidas por el cerramiento de la luminaria.
5. **Espectro de emisión de la fuente de luz.** Distribución espectral de la radiación emitida por la fuente de luz para una excitación especificada (intensidad de corriente).
6. **Factor de mantenimiento de la luminaria.** Es la relación entre los valores de iluminancia que se pretenden mantener a lo largo de la vida de la instalación de alumbrado y los valores iniciales.
7. **Factor de potencia del punto de luz.** Cociente entre la potencia activa (kW) y la potencia aparente (kVA) consumida por el punto de luz.
8. **Flujo luminoso emitido por una fuente de luz.** Potencia emitida por una fuente de luz (lm) evaluada según su capacidad de producir sensación luminosa en el ojo humano en función de la longitud de onda.
9. **Fotometría.** Distribución de la luz en función del espacio.
10. **Fuente de luz/Instalación regulable.** Cualquiera de los sistemas utilizados para establecer el número de horas de funcionamiento de la instalación.
11. **Horas de servicio/Vida.** Incluye horas de servicio totales de la instalación y horas vida de una luminaria (horas antes de considerarse inservible según criterios especificados).
12. **Índice de Rendimiento de Color (IRC).** Es el grado en que el color psicofísico de un objeto iluminado por el iluminante de ensayo coincide con el del mismo objeto iluminado con el iluminante de referencia, habiéndose tenido en cuenta el estado de adaptación cromática.
13. **Porcentaje emisión al hemisferio superior (F.H.S.i Inst).** Es el porcentaje de flujo de una luminaria instalada que se emite sobre el plano horizontal respecto del total.
14. **Potencia/Intensidad de trabajo del punto de luz.** Incluye los conceptos de consumo (W) del sistema (fuente de luz + driver) y el de intensidad de trabajo de la fuente de luz (mA).
15. **Sostenibilidad de las materias primas.** Materiales de fabricación no sostenibles por su escasez, imposibilidad de reciclado, u otras causas.
16. **Superficie a iluminar/Aumento del número de luminarias.** Área inicial objeto del proyecto. Incluye el concepto de aumento de la superficie a iluminar debido a los ahorros de los costes de explotación previstos.
17. **Temperatura de color correlacionada (T_cp).** Temperatura de radiador de Plank cuyo color percibido, en condiciones especificadas, es el más parecido al de un estímulo dado de la misma luminosidad.

Nota: las definiciones técnicas se han obtenido del RD 1890/2007 y del Libro Blanco de la Iluminación del CEI.



		(MARQUE CON UNA CRUZ LA RESPUESTA QUE MÁS SE ACERQUE A SU OPINIÓN)			
1.	El indicador 1 "Coste de la luminaria" influye tanto en el procedimiento de contratación, que su valor puede modificar o influir en el área o "Superficie a iluminar" de un proyecto o actuación, concepto incluido en el indicador 16. Por lo tanto también influye en el número final de luminarias a instalar. Justifique su respuesta si lo considera necesario:				
2.	El indicador 2 "Disposición de los puntos de luz" y el concepto incluido en el indicador 16 "Aumento del número de luminarias" no suelen variar de una oferta a otra, pues están previamente definidas en la Memoria Técnica o Proyecto. No sirven para decidirse por una u otra oferta. Justifique su respuesta si lo considera necesario:				
3.	Los conceptos incluidos en el indicador 3 "Diseño de la luminaria" son correctos y suficientes; no sobra ni falta ninguno que pueda ayudar al técnico a elegir la luminaria que tenga un mejor diseño. Justifique su respuesta si lo considera necesario:				
4.	Los indicadores 3 y 15: "Diseño de la luminaria" y "Sostenibilidad de las materias primas" son los únicos necesarios para garantizar que la luminaria elegida es la de menor impacto ambiental. Justifique su respuesta si lo considera necesario:				
5.	El indicador 4 "Eficacia o eficiencia lumínica de la fuente de luz/instalación" debería utilizarse junto con el indicador 14 "Potencia/Intensidad de trabajo del punto de luz" en las valoraciones, descartando el indicador 8 "Flujo luminoso emitido por una fuente de luz". El motivo es que el indicador 8 y el indicador 14 suelen ser opuestos en la valoración, pues la fuente de luz con mayor potencia suele ser la de mayor flujo lumínico. Estos dos indicadores, el 8 y 14, se anularían entre sí en una valoración. Justifique su respuesta si lo considera necesario:				
6.	Los fabricantes suelen aportar los valores de los indicadores 12 "Índice de reproducción cromática" y 17 "Temperatura de color". Con estos dos indicadores no se hace necesario disponer de los valores del indicador 5 "Espectro de emisión de la fuente de luz". Justifique su respuesta si lo considera necesario:				
7.	En la actualidad, casi el 100% las fuentes de luz de las luminarias ofertadas son de Leds o microLeds, por lo que el valor del indicador 6 "Factor de mantenimiento de la luminaria" es invariable para la misma situación de proyecto, por lo que se puede prescindir de este indicador en favor del indicador 11 "Horas de servicio/Vida Útil" pues la vida útil sí varía de unas fuentes de luz Led a otras. Justifique su respuesta si lo considera necesario:				



		(MARQUE CON UNA CRUZ LA RESPUESTA QUE MÁS SE ACERQUE A SU OPINIÓN)			
8.	El valor del indicador 11 "Horas de servicio/Vida Útil" de la fuente de luz está incompleto si no se conoce la vida útil del driver. Justifique su respuesta si lo considera necesario:				
9.	La "Intensidad de trabajo del punto de luz", concepto incluido en el indicador 14, no puede limitar su valor máximo en los pliegos, pues penalizaría el desarrollo tecnológico de nuevas sistemas leds, de mayor tamaño, potencia y capacidad de disipación de calor. Justifique su respuesta si lo considera necesario:				
10.	El indicador 7 "Factor de Potencia del punto de luz" es esencial en la valoración de ofertas, pues sirve para valorar la vida útil de la luminaria y estimar los costes de explotación de la actuación. Justifique su respuesta si lo considera necesario:				
11.	Los fabricantes suelen aportar el valor del indicador 13 "Porcentaje de emisión al hemisferio superior" de la luminaria" pues existe normativa que limita su valor máximo. Con este indicador y la disposición de los puntos de luz descrita en la Memoria Técnica o Proyecto no se hace necesario disponer del indicador 9 "Fotometría". El indicador 9 no es un indicador decisorio. Justifique su respuesta si lo considera necesario:				
12.	El concepto de regulación incluido en el indicador 10, es esencial para la toma de decisiones del técnico municipal. En la oferta debe detallarse el tipo y características técnicas del sistema de regulación y un cálculo estimado del ahorro energético y económico durante la vida útil de los puntos de luz ofertados. Justifique su respuesta si lo considera necesario:				
13.	Todos los indicadores de la lista de la primera hoja deberían requerirse en las prescripciones o pliegos técnicos de contratación. Justifique su respuesta si lo considera necesario: Si no está de acuerdo con la proposición, ¿CUALES ELIMINARÍA? y ¿CUALES AÑADIRÍA?: SI TUVIESE QUE ELEGIR SÓLO 3 ¿CUALES ELEGIRÍA? 1. 2. 3.				



14.	<p>(MARQUE CON UNA CRUZ LA RESPUESTA QUE MÁS SE ACERQUE A SU OPINIÓN)</p> <p>El peso de la valoración ha de ser el mismo en todos los indicadores. Por ejemplo, una mejora en la oferta respecto a la "Potencia de la fuente de luz" tendría el mismo peso en la valoración que una mejora en el "Factor de potencia del punto de luz".</p> <p>Justifique su respuesta si lo considera necesario:</p>				

(AÑADA A CONTINUACIÓN LOS COMENTARIOS QUE CONSIDERE NECESARIOS)

1ª ROUND DELPHI QUESTIONNAIRE	INDICATORS FOR MUNICIPAL TECHNICIAN'S DECISION MAKING	
<p>Each expert will indicate their degree of agreement (Likert Scale) with the propositions presented below. These 15 propositions question a list of 17 indicators obtained in previous phases. To have a common criterion and avoid doubts, at the end of this questionnaire, a conceptual definitions list of these indicators is included. The justifications to the questions are optional, except in propositions 14 and 15; they will serve to sustain the degrees of agreement or disagreement achieved in each round.</p>		
<p>(MARK WITH A CROSS THE ANSWER YOU MOST AGREE)</p>		
1.	<p>Cost of the luminaire (I01) influences so much in the contracting procedure, that its value can modify the Surface to illuminate (I16) of a project or actuation. Therefore, Cost of the luminaire (I01) influences the final number of luminaires to be installed.</p> <p><i>Justify/Explain your answer if you consider necessary:</i></p>	   
2.	<p>It is better to choose a low cost luminaire, adjusted basically to specifications with a return period of the investment coinciding with the warranty period, to a luminaire of higher quality and price, above specifications, in which the return period of investment exceeds the manufacturer's guarantee.</p> <p><i>Justify/Explain your answer if you consider necessary:</i></p>	
3.	<p>It is not necessary to assess the indicators Layout of the light points (I02) and Surface to illuminate (I16) since if it is a renovation of luminaires, the luminaire layout will not be modified and if it is not, the luminaire layout is previously defined in the Technical Project. These two concepts do not serve to decide on one or another offer.</p> <p><i>Justify/Explain your answer if you consider necessary:</i></p>	
4.	<p>The conceptual definition of indicator Luminaire design (I03) enumerates a list of concepts. This list is correct and complete; There is no need for more concepts and none are in excess to support municipal technician choosing the luminaire with best design.</p> <p><i>Justify/Explain your answer if you consider necessary:</i></p>	
5.	<p>Luminaire design (I03) and Sustainability of raw materials (I15) are the only indicators necessary to guarantee that the chosen luminaire has the lowest environmental impact.</p> <p><i>Justify/Explain your answer if you consider necessary:</i></p>	
6.	<p>Luminous efficiency of the luminaire (I04) should be used together with the Power of the luminaire (I14) in the assessments, dismissing Luminous flux (I08). Power and Luminous flux are usually opposite in the assessment, due to the source of light with greater power is usually the one with the greater luminous flux. These two indicators would cancel each other out in an assessment.</p> <p><i>Justify/Explain your answer if you consider necessary:</i></p>	



	(MARK WITH A CROSS THE ANSWER YOU MOST AGREE)				
7.	Manufacturers usually provide the values of indicator Color Rendering Index (I12) and Correlated Color Temperature (I17) . With these two indicators it is not necessary to have the values of indicator Spectral distribution of the light source (I05) . Justify/Explain your answer if you consider necessary:				
8.	At present, almost 100% sources of light offered in bids uses Led technology, so the Depreciation Factor (I06) is invariable for all offered luminaires, so you can get by without it in favor of Operation hours/Life Span (I11) since the life hours does vary from one Led light source to another. Justify/Explain your answer if you consider necessary:				
9.	Value of indicator Operation hours/Life Span (I11) of the light source is incomplete if the life hours of the driver are not known. Justify/Explain your answer if you consider necessary:				
10.	The Intensity of electrical current of the luminaire (I14) shouldn't limit its maximum value in technical specifications, as it would penalize the technological development of new LED systems, of greater size, power and heat dissipation capacity. Justify/Explain your answer if you consider necessary:				
11.	Power Factor of the luminaire (I07) is essential in the assessment of bids, since it serves to assess the life span of luminaire and estimate the operational costs. Justify/Explain your answer if you consider necessary:				
12.	Manufacturers usually provide the value of Upward Light Output Ratio (I13) of the installed luminaire because Spanish regulation limits its maximum value. With this indicator and the layout of light points described in the Project, it is not necessary the value of the indicator Photometry/Spatial distribution of luminous intensity of a surface (I09) . Indicator I09 is not decisive. Justify/Explain your answer if you consider necessary:				
13.	The concept of regulation included in indicator Adjustable operation hours of a luminaire/Installation (I10) is essential for the decision making of the municipal technician. The bid should detail the type and technical specifications of the regulation system and an estimated calculation of energy and economic savings during the life span of light points. Justify/Explain your answer if you consider necessary:				

14.	All the indicators in the list, I01-I17, should be required in the prescriptions or contract technical specifications. Justify/Explain your answer: If you do not agree, WHAT INDICATOR/S WOULD YOU REMOVE? AND WHAT WOULD YOU ADD? IF YOU HAVE TO CHOOSE ONLY 3 INDICATORS, WHICH ONES WOULD YOU CHOOSE? 1. 2. 3.				
15.	All the indicators that you have considered necessary must be assessed with the same importance, that is, they must have the same weight when assessed an offer. For example, in the case of having selected the two indicators Power/ Intensity of electrical current of the luminaire and Color Rendering Index , an improvement in the bid of one would have the same weight in the assessment as an improvement in the other. Justify/Explain your answer:				
(PLEASE ADD BELOW ANY RELEVANT COMMENT)					

Conceptual definitions of indicators for this study:

- I01. **Cost of the luminaire.** Economic cost of each luminaire from its design, production and transport stage to the place of installation.
- I02. **Layout of the light points.** Spatial distribution of luminaires on the street. Concepts as interdistances, height of luminaires or length of brackets are included.
- I03. **Luminaire design.** Type and shape, dimensions. Includes luminaire and light source Protection Rate (IP), luminaire Mechanical Impact Protection Code (IK), dimensions, weight, ease of handling, durability of seals, overvoltage protection and overcurrent protection.
- I04. **Luminous efficiency of the luminaire/installation.** It is the ratio between the luminous flux (lm) emitted by a luminaire and the total power consumed (W) by the optical system plus its driver. The luminous flux emitted by the luminaire is the flux emitted by the light source, minus the losses by the real temperature, the lens used and the losses by luminaire diffusers.
- I05. **Spectral distribution of the light source.** Spectral distribution of the radiation emitted by the light source for a specific excitation (intensity of electrical current).
- I06. **Depreciation Factor (Maintenance Factor of the installation).** It is the ratio between the illuminance values that are intended to be maintained throughout the life of the lighting installation and the start values.
- I07. **Power Factor of the luminaire.** It is the ratio between the active power (kW) and the apparent power (kVA) consumed by the luminaire.
- I08. **Luminous flux.** Initial luminous flux value (lm) declared by the manufacturer of an optical system under specified conditions.
- I09. **Photometry/Spatial distribution of luminous intensity of a surface.** Representation, using curves and tables, of the value of the light intensity of an optical system according to its directions in space.
- I10. **Adjustable operation hours of a luminaire/Installation.** Any system used to set the number of operation hours of the light source/installation.
- I11. **Operation Hours/Life Span.** It includes the concepts of total service hours of the installation and life hours of a luminaire (hours before it is considered useless according to specified criteria).
- I12. **Color Rendering Index (CRI).** It is the degree to which the psychophysical color of an object illuminated by the test illuminant coincides with the same object illuminated with the reference illuminant, having taken into account the state of chromatic adaptation.
- I13. **Upward Light Output Ratio (ULOR inst).** Percentage of installed luminaire luminous flux emission above the horizontal plane.
- I14. **Power/ Intensity of electrical current of the luminaire.** It includes the concepts of electric consumption (W) of the luminaire (optical system + driver) and the working intensity (mA) of the optical system.
- I15. **Sustainability of raw materials.** Non-sustainable manufacturing materials due to their scarcity, impossibility of recycling, or other causes.
- I16. **Surface to illuminate / Increase in the number of luminaires.** Initial area object of the project. It includes the concept of increasing the area to be illuminated due to the savings of the expecting operating costs.
- I17. **Correlated Color Temperature (CCT).** Plank radiator temperature whose perceived color, under specified conditions, is the closest to that of a given stimulus of the same luminosity (CIE 15:2004 Definition).

Note: the technical definitions have been obtained from an earlier phase of the study, from Spanish regulation RD 1890/2007 and from the White Book of Illumination of the CEI (Spanish Commission of Illumination).



2ª RONDA CUESTIONARIO DELPHI	INDICADORES PARA LA TOMA DE DECISIONES DEL TÉCNICO MUNICIPAL
<p><u>Contexto.</u> Criterios a tener en cuenta antes de proceder a completar el cuestionario:</p> <ul style="list-style-type: none"> El objetivo del Panel de Expertos es tratar de seleccionar de entre los 21 indicadores presentados, una lista mínima imprescindible y fácil de evaluar por parte del técnico municipal, que le sirva de soporte. Estos técnicos normalmente están a la vez en diversos asuntos y en ocasiones no disponen de un grado de especialidad que le permitan exigir unas prescripciones excesivamente complejas. Ayudarían al técnico en la fase final de toma de decisiones; después de haber decidido la actuación, elaborada la Memoria Técnica o Proyecto que la define completamente (área de actuación, disposición de los puntos de luz, cálculos justificativos, cumplimiento legislativo de los niveles reglamentarios, factores de utilización, mantenimiento, etc.), liberado un presupuesto, iniciado el proceso de contratación, después de que los instaladores hayan enviado sus ofertas y en el momento en que el técnico debe elegir o asesorar en la elección, de entre las ofertas que los instaladores hayan presentado. Ya sea actuación nueva o renovación, se parte del supuesto de que existe una Memoria 	<p>Técnica o Proyecto previo con los cálculos fotométricos/ luminotécnicos y de ahorro energético y que los instaladores la han estudiado antes de elaborar su oferta, justificándola con sus propios cálculos.</p> <ul style="list-style-type: none"> De las 15 proposiciones de inicio, se han eliminado las que el grupo ha llegado a un consenso, ya sea en acuerdo o desacuerdo con las mismas. Se ha modificado/ampliado la definición del indicador Diseño de la luminaria (I03) y Eficacia y Sostenibilidad de las materias primas (I15). La modificación del indicador I03 ha provocado la ampliación de la lista en 3 indicadores. Se ha añadido un nuevo indicador Cumplimiento niveles de iluminación (I21) emanado de las respuestas obtenidas en la primera ronda. Las justificaciones a las respuestas son opcionales, servirán para sustentar grados de acuerdo o desacuerdo conseguidos en la ronda. Para tener un criterio común y evitar dudas, al final del cuestionario se incluye un listado con las definiciones conceptuales de estos indicadores.
INFORMACIÓN ESTADÍSTICA	MARQUE CON UNA CRUZ SUS AÑOS DE EXPERIENCIA
	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> < 5 5-10 11-15 15-20 >20 </div>
1.	<p>Aunque el periodo de retorno de la inversión de una instalación supere el de garantía de una luminaria, es preferible elegir la luminaria de mayor calidad con el presupuesto disponible, superando las especificaciones en todos los indicadores que sea posible.</p> <p>Justifique su respuesta:</p>
2.	<p>La definición conceptual del indicador Diseño de la luminaria (I03) enumera una lista de conceptos (se ha ampliado). Esta lista es correcta y bastante completa para ayudar al técnico a elegir la luminaria con un diseño mejor adaptado a sus necesidades (la información referente a las características lumínicas y eléctricas, se considera de la suficiente importancia como para considerarla aparte).</p> <p>Justifique su respuesta:</p>
3.	<p>El Diseño de la luminaria (I03) la Sostenibilidad de las materias primas (I15) (se ha modificado su definición identificándolo con el Análisis del Ciclo de Vida de la luminaria) junto a la Fotometría (I09) y al Espectro de emisión de una fuente de luz (I05) son los indicadores necesarios para garantizar que la luminaria elegida es la de menor impacto ambiental.</p> <p>Justifique su respuesta:</p>



		(MARQUE CON UNA CRUZ LA RESPUESTA QUE MÁS SE ACERQUE A SU OPINIÓN)					
4.	El Flujo luminoso (I08) debería utilizarse junto a la Eficacia luminica de la luminaria (I04) en la valoración de las luminarias, pero no se puede descartar la Potencia/Intensidad de trabajo de la luminaria (I14). Los tres parámetros son necesarios en una valoración. Justifique su respuesta:						
5.	Los fabricantes suelen aportar los valores del Índice de Rendimiento del Color (I12) y Temperatura de color correlacionada (I17). Aunque con estos dos indicadores no se conoce el Espectro de emisión de una fuente de luz (I05) (y por lo tanto el porcentaje de luz azul/ultravioleta emitida) al técnico municipal le puede ser suficiente con estos dos valores, siempre y cuando la actuación se sitúe en una zona que carezca de restricciones medioambientales. Justifique su respuesta:						
6.	El desarrollo tecnológico de nuevos sistemas de tecnología Led, de mayor tamaño, potencia y capacidad de disipación de calor permitirían un menor número de Leds por luminaria. Pero la Intensidad de trabajo de la luminaria (I14) debería seguir limitándose, procurando que no se supere la intensidad de trabajo del Led en relación a su intensidad máxima (por ejemplo, no superar la intensidad de trabajo en un porcentaje de la máxima). Justifique su respuesta:						
7.	La oferta debería aportar información de los 21 indicadores, pues el técnico debe comprobar que se cumplen unos criterios mínimos establecidos, ya sea porque existe una normativa obligatoria o publicaciones prestigiosas que los recomiendan. Pero sólo algunos de estos indicadores son esenciales en la valoración de las ofertas. Justifique su respuesta:						
8.	A continuación se presenta una relación de los indicadores que se han elaborado. Se solicita que marque con una cruz en la columna "Exigible" aquellos que considere que deben servir como filtros para que la oferta sea admisible o no admisible; en la columna "Valorable" los indicadores que considere que además deben ser evaluados en la fase de contratación y servir para la valoración final de la oferta; y finalmente, numere estos últimos por orden de importancia en la columna "Orden" para ordenar cuáles deberían tener mayor peso en la selección de ofertas.						
Indicador	Exigible	Valorable	Orden	Indicador	Exigible	Valorable	Orden
I01 Coste de la luminaria.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		I12 Índice de Rendimiento de Color (IRC).	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
I02 Disposición de los puntos de luz.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		I13 Flujo hemisférico superior instalado (F.H.S. inst).	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
I03 Diseño de la luminaria.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		I14 Potencia/Intensidad de trabajo de la luminaria.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
I04 Eficacia o eficiencia luminica de la luminaria/instalación.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		I15 Sostenibilidad de la luminaria.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
I05 Espectro de emisión de una fuente de luz.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		I16 Superficie a iluminar/Aumento del número de luminarias.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
I06 Factor de depreciación (Factor de mantenimiento).	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		I17 Temperatura de color correlacionada (Tcp).	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
I07 Factor de potencia de la luminaria.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		I18 Grado de Protección IP del conjunto del sistema óptico.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
I08 Flujo luminoso (asignado).	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		I19 Grado de protección IK de la luminaria.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
I09 Fotometría/Distribución (espacial) de la intensidad luminosa.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		I20 Protecciones sobretensión y sobretensión.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
I10 Horas de funcionamiento regulables de una luminaria/instalación	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		I21 Cumplimiento de los requerimientos luminotécnicos.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
I11 Horas de servicio/Vida.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>					



(AÑADA A CONTINUACIÓN LOS COMENTARIOS QUE CONSIDERE NECESARIOS)

Definición conceptual de los indicadores utilizados en este estudio:

101. **Coste de la luminaria.** Coste económico de cada luminaria desde su etapa de diseño, producción y transporte hasta el lugar de la instalación.
102. **Disposición de los puntos de luz.** Distribución espacial de luminarias de la instalación. Incluye los conceptos de interdistancia, altura de colocación y longitud del brazo/báculo.
103. **Diseño de la luminaria.** Arquitectura y estética de la luminaria. Tipo y forma, dimensiones, peso, facilidad de manipulación, durabilidad del cierre, compartimentación del interior, materiales de que se compone y sistema de disipación de calor, capacidad de adaptación a otras ópticas/standardización.
104. **Eficacia o eficiencia luminica de la luminaria/instalación.** Es la relación entre el flujo luminoso emitido por una luminaria (lm) y la potencia total consumida por el sistema óptico más su equipo auxiliar (W). El flujo luminoso emitido por la luminaria es el emitido por la fuente de luz descontando las pérdidas debidas a la intensidad y temperatura real, las pérdidas debidas a la lente utilizada y las pérdidas producidas por el cerramiento de la luminaria.
105. **Espectro de emisión de una fuente de luz.** Distribución espectral de la radiación emitida por una fuente de luz para una excitación especificada (intensidad de corriente).
106. **Factor de depreciación (Factor de mantenimiento de la instalación).** Es la relación entre los valores de iluminancia que se pretenden mantener a lo largo de la vida de la instalación de alumbrado y los valores de inicio.
107. **Factor de potencia de la luminaria.** Cociente entre la potencia activa (kW) y la potencia aparente (kVA) consumida por una luminaria.
108. **Flujo luminoso (asignado).** Valor del flujo luminosos inicial (lm) declarado por el fabricante de un tipo de sistema óptico en condiciones especificadas.
109. **Fotometría/Distribución (espacial) de la intensidad luminosa de una superficie.** Representación, mediante curvas y tablas del valor de la intensidad luminosa de una fuente de luz en función de sus direcciones en el espacio.
110. **Horas de funcionamiento regulables de una luminaria/Instalación.** Cualquiera de los sistemas utilizados para establecer el número de horas de funcionamiento de la instalación.
111. **Horas de servicio/Vida.** Incluye horas de servicio totales de la instalación y horas vida de una luminaria (horas antes de considerarse inservible según criterios especificados).
112. **Índice de Rendimiento de Color (IRC).** Es el grado en que el color psicofísico de un objeto iluminado por el iluminante de ensayo coincide con el del mismo objeto iluminado con el iluminante de referencia, habiéndose tenido en cuenta el estado de adaptación cromática.
113. **Flujo hemisférico superior instalado (F.H.S. inst).** Relación entre la emisión directa al hemisferio superior y la emisión total de una luminaria instalada.
114. **Potencia/Intensidad de trabajo de la luminaria.** Incluye los conceptos de consumo (W) del conjunto del sistema óptico más el equipo auxiliar y de intensidad de trabajo (mA) del sistema óptico.
115. **Sostenibilidad de la luminaria.** Análisis del ciclo de vida de la luminaria (LCC).
116. **Superficie a iluminar/Aumento del número de luminarias.** Área o superficie inicial objeto del proyecto. Incluye el concepto de aumento de la superficie a iluminar debido a los ahorros de los costes de explotación previstos.
117. **Temperatura de color correlacionada (T_{cp}).** Temperatura de radiador de Plank cuyo color percibido, bajo condiciones especificadas, es el más parecido al de un estímulo dado de la misma luminosidad.
118. **Grado de Protección contra la penetración de elementos extraños del conjunto del sistema óptico incluido el driver y de la luminaria (IP).**
119. **Grado de protección contra impactos mecánicos de la luminaria (IK).**
120. **Protecciones contra sobretensión y sobreintensidad del conjunto del sistema óptico incluido el driver.** Protecciones de intensidad o tensión por encima de sus valores de trabajo.
121. **Cumplimiento de los niveles de iluminación.** Justificación del cumplimiento de los niveles de iluminancia/iluminancia, uniformidad, deslumbramiento perturbador (TI) y Relación con el entorno (SR) requeridos a la superficie a iluminar según el RD 1890/2008.



2ª ROUND DELPHI QUESTIONNAIRE

INDICATORS FOR MUNICIPAL TECHNICIAN'S DECISION MAKING

Context. Criteria to take into account before proceeding to complete the questionnaire:

- The objective of this Delphi Study is to select from among the 21 indicators presented, an essential list to be evaluated by the municipal technician that can provide him support. These technicians are usually in different matters at the same time and sometimes do not have a degree of speciality that allows them to demand excessive complex requirements.
- Indicators selected will help technicians in final decision-making phase; after action had been decided, a completely defined Project was elaborated (area of action, disposition of the points of light, justifications calculations, legislative compliance, utilization factor, maintenance factor, etc.). A budget has been elaborated, a contracting process was started, after the reception of installation company offers and at the time technicians must choose or advise in the election of the best offer, among the ones that the installers have submitted.
- Whether it is a new action or renovation, it is assumed that there is a Technical project with photometric, luminous and energy saving calculations of the action and that installers have previously studied it before preparing their offer, justifying it with their own calculations

- From 15 propositions of first round, those in which the group has reached a consensus, either in agreement or disagreement, have been eliminated.
- **Design of the luminaire (I03) and Efficiency and Sustainability of raw materials (I15)** indicator definitions has been modified. I03 indicator modification has caused 3 new indicators.
- A new indicator **Comply with luminous requirements (I21)** has been added because of the answers obtained in first round.
- The justifications to the questions are optional; they will serve to sustain the degrees of agreement or disagreement achieved in each round.
- At the end of the questionnaire a list with the conceptual definitions of these indicators is included.

STATISTIC DATA

MAR	IT	A CROSS	OUR	EARS	O	E	PERIENCE	< 5	5-10	11-15	15-20	>20
(MAR	IT	A CROSS	T	E	ANS	ER	OU MOST A REE)					

1.	Although the return period of the investment of an installation exceed the guarantee of a luminaire, it is better to choose the highest quality luminaire with the available budget, surpassing the specifications in all possible indicators. Please Justif our ans er:											
2.	The conceptual definition of indicator Luminaire design (I03) enumerates a list of concepts (it has been extended). This list is correct and enough complete to support municipal technician to choose the luminaire with the best design adapted to municipal needs (Lighting and electrical characteristics are considered of enough importance to be considered separately). Please Justif our ans er:											
3.	Luminaire design (I03), Sustainability of the raw materials (I15) (it has been modified its definition identifying it with Life Cycle Cost Analysis), Photometry (I09) and Spectral distribution of the light source (I05) are the necessary indicators to guarantee that the chosen luminaire has the lowest environmental impact. Please Justif our ans er:											



		(MAR IT A CROSS T E ANS ER OU MOST A REE)					
4.	Luminous flux (I08) should be used together with Luminous efficiency of the luminaire (I04) in the evaluation of the luminaires, but Power of the luminaire (I14) can not be dismissed. The three parameters are necessary in an assessment. Please Justif our ans er:						
5.	Manufacturers usually provide the values of indicator Color Rendering Index (I12) and Correlated Color Temperature (I17) . Although with these two indicators it's not known Spectral distribution of the light source (I05) (and therefore the percentage of blue/ultraviolet light emitted) the municipal technician can use only these two values, on the condition that the actuation were in an area without environmental restrictions. Please Justif our ans er:						
6.	Technological development of new LED systems, of greater size, power and heat dissipation capacity would allow a smaller number of LEDs per luminary. But Intensity of electrical current of the luminaire (I14) should continue limiting its maximum value in technical specifications, not reaching a working intensity of the LED related to its maximum intensity (for example, not exceeding the work intensity above a percentage of the maximum). Please Justif our ans er:						
7.	Offers should included information about 21 indicators, because the technician has to check all minimum established criteria, either there are a legal regulation or relevant publications that recommended them. But only several indicators are essential for asses the best offer during the contract phase. Please Justif our ans er:						
8.	A list of developed indicators is presented below. Mark with a cross on the column "Required" those that you consider should serve as filters to admit or not an offer. In addition, mark with a cross on the column "Assessable" the indicators you consider must be assessed during the contract phase and serve for the final evaluation of the offer. Finally number these last ones by degree of importance on the column "Order" to sort which of them should have more weight in the selection of offers.						
Indicator	Required	Assessable	Order	Indicator	Required	Assessable	Order
I01	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	I12	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Cost of the luminaire.				Color Rendering Index (CRI).		
I02	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	I13	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Layout of the light points.				Upward Light Output Ratio (ULOR inst).		
I03	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	I14	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Luminaire design.				Power/ Intensity luminaire current.		
I04	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	I15	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Luminous efficiency of the luminaire/installation				Sustainability of raw materials		
I05	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	I16	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Spectral distribution of the light source				Surface to illuminate/ Increase number of luminaires		
I06	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	I17	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Depreciation Factor (Installation Maintenance Factor).				Correlated Color Temperature (CCT)		
I07	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	I18	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Power Factor of the luminaire.				Luminaire Protecting Rate (IP)		
I08	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	I19	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Luminous flux.				Luminaire Mechanical Impact Protection Code (IK).		
I09	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	I20	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Photometry/Spatial distribution of luminous intensity.				Luminaire Over Voltage and over Load Protection.		
I10	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	I21	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Adjustable operation hours of a luminaire/ Installation				Comply with luminous requirements.		
I11	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
	Operation Hours/Life Span.						



(PLEASE ADD ELO AN RELE ANT COMMENT)

Conceptual definitions of indicators for this study :

101. **Cost of the luminaire.** Economic cost of each luminaire from its design, production and transport stage to the place of installation.
102. **Layout of the light points.** Spatial distribution of luminaires on the street. Concepts as interdistances, height of luminaires or length of brackets are included.
103. **Luminaire design.** Architecture and aesthetic of the luminaire. Type and shape, dimensions, weight, easy handling, durability if seals, internal compartment, heat dissipation materials, adaptation capacity to another light source/standardization.
104. **Luminous efficiency of the luminaire/installation.** It is the ratio between the luminous flux (lm) emitted by a luminaire and the total power consumed (W) by the optical system plus its driver. The luminous flux emitted by the luminaire is the flux emitted by the light source, minus the losses by the real intensity, the real temperature, the lens used and the losses by luminaire diffusers.
105. **Spectral distribution of the light source.** Spectral distribution of the radiation emitted by the light source for a specific excitation (intensity of electrical current).
106. **Depreciation Factor (Maintenance Factor of the installation).** It is the ratio between the illuminance values that are intended to be maintained throughout the life of the lighting installation and the start values.
107. **Power Factor of the luminaire.** It is the ratio between the active power (kW) and the apparent power (kVA) consumed by the luminaire.
108. **Luminous flux.** Initial luminous flux value (lm) declared by the manufacturer of an optical system under specified conditions.
109. **Photometry/Spatial distribution of luminous intensity of a surface.** Representation, using curves and tables, of the value of the light intensity of an optical system according to its directions in space.
110. **Adjustable operation hours of a luminaire/Installation.** Any system used to set the number of operation hours of the light source/installation.
111. **Operation Hours/Life Span.** It includes the concepts of total service hours of the installation and life hours of a luminaire (hours before it is considered useless according to specified criteria).
112. **Color Rendering Index (CRI).** It is the degree to which the psychophysical color of an object illuminated by the test illuminant coincides with the same object illuminated with the reference illuminant, having taken into account the state of chromatic adaptation.
113. **Upward Light Output Ratio (ULOR inst).** Percentage of installed luminaire luminous flux emission above the horizontal plane.
114. **Power/ Intensity of electrical current of the luminaire.** It includes the concepts of electric consumption (W) of the luminaire (optical system + driver) and the working intensity (mA) of the optical system.
115. **Sustainability of raw materials. Life Cycle Cost Analysis.**
116. **Surface to illuminate / Increase in the number of luminaires.** Initial area object of the project. It includes the concept of increasing the area to be illuminated due to the savings of the expecting operating costs.
117. **Correlated Color Temperature (CCT).** Plank radiator temperature whose perceived color, under specified conditions, is the closest to that of a given stimulus of the same luminosity (CIE 15:2004 Definition).
118. **Luminaire Protecting Rate (IP) or optical system.**
119. **Luminaire Mechanical Impact Protection Code (IK).**
120. **Luminaire Over Voltage and over Load Protection.** Intensity and voltage protections above their work values.
121. **Compliance with luminous requirements.** Compliance with illuminance / luminance levels, uniformity levels, threshold increment (TI) and surround ratio (SR) required by law to the surface to be illuminated.

Anexo 18

LISTADO Y DESCRIPCIÓN DE LOS INDICADORES

I01. Coste de una luminaria en el lugar de la instalación.

Coste económico de cada luminaria desde su etapa de diseño, producción y transporte hasta el lugar de la instalación.

I02. Disposición de los puntos de luz.

Distribución espacial de luminarias de la instalación. Incluye los conceptos de interdistancia, altura de colocación y longitud del brazo/báculo.

I03. Diseño de una luminaria.

Modelo o estética, dimensiones, peso, sistema de fijación, sistema de manipulación y apertura, compartimentación del interior, descripción de los tipos de materiales y composición de los mismos, recubrimientos, espesores y respectivas normas de aplicación; en su caso, porcentaje de cobre de las aleaciones y sistemas de protección contra la corrosión, sistema de disipación de calor que garanticen una temperatura máxima en el interior de la luminaria de X °C, corriente de alimentación del LED, número de LEDs sistema óptico, capacidad de sustitución con otras ópticas/estandarización que permitan la actualización del sistema óptico, marcado CE del sistema óptico LED, del driver y del conjunto. Clase eléctrica.

I04. Eficacia o eficiencia lumínica de una luminaria/instalación.

Relación entre el flujo luminoso emitido por una luminaria (lm) y la potencia total consumida por el sistema óptico más su equipo auxiliar (W). El flujo luminoso emitido por la luminaria es el emitido por la fuente de luz descontando las pérdidas debidas a la intensidad y temperatura real, las pérdidas debidas a la lente utilizada y las pérdidas producidas por el cerramiento de la luminaria.

I05. Espectro de emisión de una fuente de luz.

Distribución espectral de la radiación emitida por una fuente de luz para una excitación especificada (intensidad de corriente).

I06. Factor de depreciación/mantenimiento de una instalación.

Relación entre los valores de iluminancia que se pretenden mantener a lo largo de la vida de la instalación de alumbrado y los valores de inicio.

I07. Factor de potencia de un punto de luz.

Cociente entre la potencia activa (kW) y la potencia aparente (kVA) consumida por una luminaria. Al igual que el anterior, este indicador se estableció como necesario y exigible por los expertos.

I08. Flujo luminoso emitido por una fuente de luz.

Valor del flujo luminoso inicial (lm) declarado por el fabricante de un tipo de sistema óptico en condiciones especificadas.

I09. Fotometría

Distribución (espacial) de la intensidad luminosa de un punto de luz sobre una superficie. Representación mediante curvas y tablas del valor de la intensidad luminosa de un punto de luz en función de sus direcciones en el espacio.

I10. Horas de funcionamiento/regulación de una instalación.

Cualquiera de los sistemas utilizados para establecer el número de horas de funcionamiento de la instalación: Telegestión, Regulación horaria por tramos, etc.

I11. Horas de servicio/Vida útil de una instalación.

Horas de servicio totales de la instalación y horas vida de una luminaria (las del sistema LED y driver por separado) antes de considerarse inservible según criterios especificados.

I12. Índice de Rendimiento de Color (IRC) de una fuente de luz.

Grado en que el color psicofísico de un objeto iluminado por el iluminante de ensayo coincide con el del mismo objeto iluminado con el iluminante de referencia, habiéndose tenido en cuenta el estado de adaptación cromática.

I13. Flujo hemisférico superior instalado (FHS inst) de una luminaria.

Relación entre la emisión directa al hemisferio superior y la emisión total de una luminaria instalada.

I14. Potencia/Intensidad de trabajo de un punto de luz.

Consumo (W) del conjunto del sistema óptico más el equipo auxiliar e intensidad de alimentación de la luminaria (mA).

I15. Sostenibilidad de las materias primas/Coste del Ciclo de Vida de un punto de luz/instalación.

Análisis del coste del ciclo de vida de la luminaria incluido el conjunto del sistema óptico incluido el driver, la luminaria, el soporte y la instalación necesaria (CCV).

I16. Temperatura de color correlacionada (T_{cp}) de una fuente de luz.

Temperatura de radiador de Plank cuyo color percibido, bajo condiciones especificadas, es el más parecido al de un estímulo dado de la misma luminosidad.

I17. Grado de Protección IP del conjunto sistema óptico y de la luminaria.

Grado de protección contra la penetración de elementos extraños del conjunto del sistema óptico incluido el driver y de la luminaria.

I18. Grado de protección IK de una luminaria.

Grado de protección contra impactos mecánicos de la luminaria.

I19. Protecciones contra sobretensión y sobreintensidad de un punto de luz.

Protecciones de intensidad de corriente o tensión del conjunto del sistema óptico y el driver, por encima de sus valores de trabajo.

I20. Cumplimiento de los requerimientos luminotécnicos.

Justificación del cumplimiento de los niveles de luminancia e iluminancia media y semicilíndrica, uniformidad media y longitudinal, deslumbramiento perturbador (TI), Índice de deslumbramiento (GR) y Relación con el entorno (SR) requeridos a la superficie a iluminar según el RD 1890/2008.

I21. Garantía.

Periodo de tiempo medido en años, en que el suministrador de la instalación de alumbrado público se responsabiliza por escrito de los elementos instalados. Puede servirse de la garantía proporcionada por los fabricantes.

I22. Rendimiento, factor de utilización o utilancia.

Relación entre el flujo útil procedente de la luminaria que llega a la calzada o superficie a iluminar y el flujo emitido por las fuentes de luz/luminarias instaladas.

I23. Porcentaje de armónicos del conjunto sistema óptico de una luminaria.

Distorsión total producida por armónicos del conjunto sistema óptico y fuente de alimentación a la red de abastecimiento eléctrico.