

02-021

IDENTIFICATION OF INDICATORS FOR DECISION MAKING IN THE SELECTION OF OFFERS IN PUBLIC LIGHTING TENDER PROCEDURES

Morillas Núñez, Rosa María ⁽¹⁾; Andrés Díaz, Jose Ramon ⁽²⁾; Guzmán Sepúlveda, Rafael ⁽²⁾; Gago Calderón, Alfonso ⁽²⁾

⁽¹⁾ Diputación Málaga, ⁽²⁾ Universidad de Málaga

Nowadays City Council are promoting tender procedures to renovate the public lighting. The objective of this research is to identify the conditions that "optimal facilities" should meet in economic, technical, social and environmental terms; always complying with the current regulations and taking into account the differences between municipalities.

It is also intended to establish indicators that give support to the municipal technician in the decision making at the moment in which he must advise in the selection among the offers that have been presented.

A qualitative-quantitative analysis of data based in research papers has been carried out. For this analysis the software or CAQDAS (Computer Assisted Qualitative Data Analysis Software) called Atlas Ti Ver.8 has been provided.

Finally a relation of parameters has been proposed. These parameters should be included in the evaluation procedurement of public lighting tenders

Keywords: *Public Lighting; tender procedure; indicators; decision making*

IDENTIFICACIÓN DE INDICADORES PARA LA TOMA DE DECISIONES EN LA SELECCIÓN DE OFERTAS EN CONCURSOS DE ALUMBRADO PÚBLICO

El objetivo de esta investigación es identificar, una vez decidido por parte del Ayuntamiento la instalación o la renovación de su alumbrado público, las condiciones que deberían cumplir las "instalaciones óptimas" en términos económicos, técnicos, sociales y medioambientales; cumpliendo siempre la normativa en vigor y teniendo en cuenta las diferencias entre municipios.

Se pretende además, concretar estas condiciones en forma de indicadores que den soporte al técnico municipal en la toma de decisiones, en el momento en que el debe elegir o asesorar en la elección, de entre las ofertas que se hayan presentado.

Se ha realizado un análisis cualitativo-cuantitativo de datos, para ello se ha dispuesto del software de análisis de datos o CAQDAS (Computer Assisted Qualitative Data Analysis Software) denominado Atlas Ti Ver.8.

La conclusión ha sido aportar una serie de parámetros que se consideran necesarios para evaluar las licitaciones de alumbrado público.

Palabras clave: *alumbrado público; concursos; indicadores; toma decisión*

Correspondencia: jrandres@uma.es



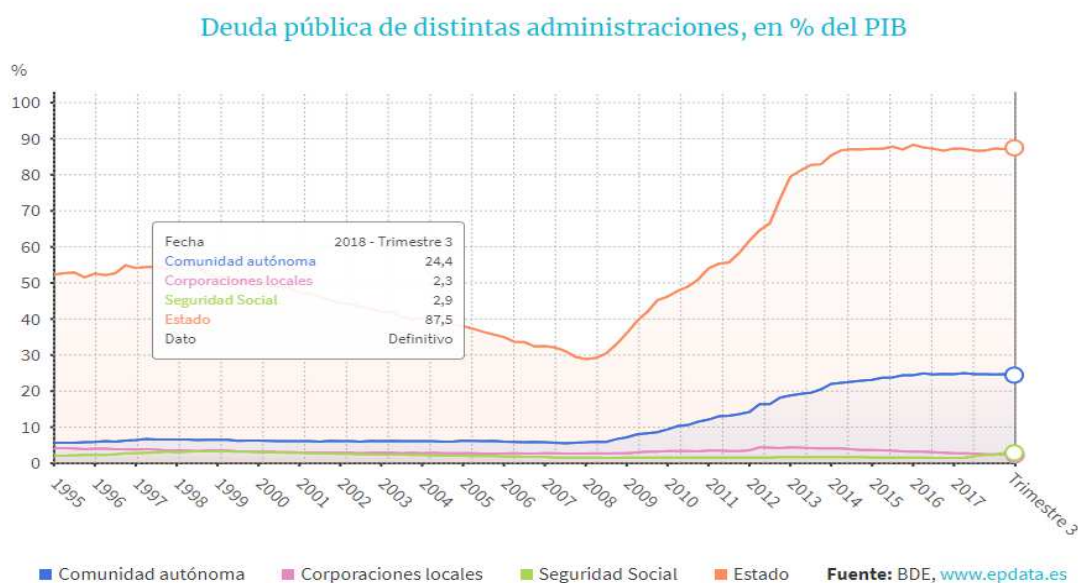
©2019 by the authors. Licensee AEIPRO, Spain. This article is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

1. INTRODUCCIÓN.

La crisis económica que comenzó en el año 2007 provocó, entre otros efectos, la falta de liquidez de los ayuntamientos y entidades locales. Esta situación, unida a los objetivos medioambientales establecidos en la Unión Europea, como indicaron Fiaschi, Bandinelli, y Conti (2012) obligó a los consistorios al estudio y optimización de sus centros de consumo.

Para impulsar la integración en este nuevo marco de ahorro e innovación, los municipios menores de 20.000 habitantes utilizaron como apoyo técnico a las Diputaciones Provinciales, 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 (P.O.E.) en los municipios de la provincia, para inventariar las fuentes de consumo energético y aportar medidas concretar para su reducción. Las conclusiones de estos Planes, 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.

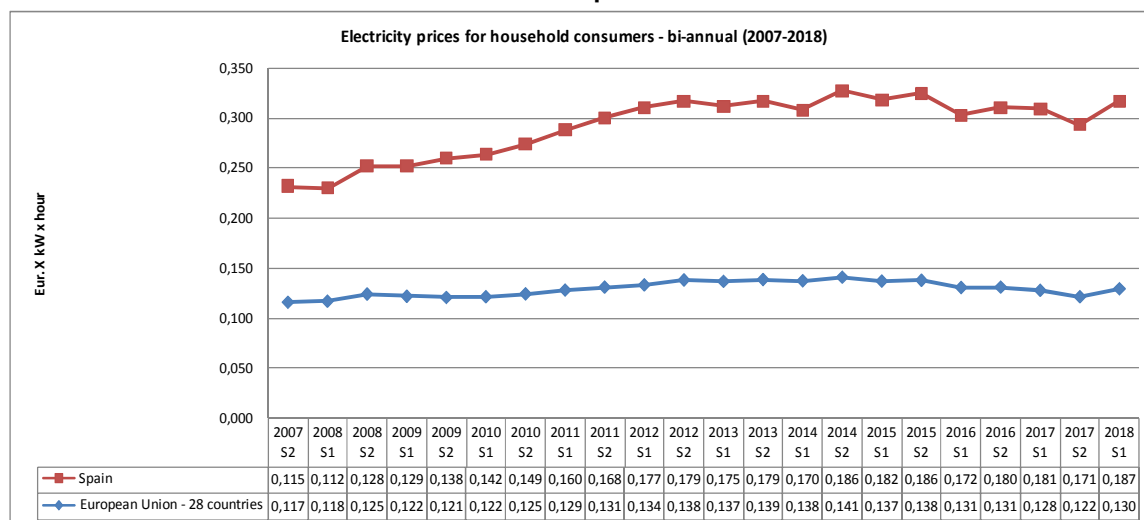
Fig. 1.



Nota: Fuente Banco Central de España, 2018.

El desarrollo en los últimos años de nuevas alternativas a las fuentes tradicionales de iluminación, en teoría mucho más eficientes y el aumento de más de un 60% del coste de la energía en los últimos 5 años, han promovido que una gran parte de los municipios españoles estén llevando a cabo una renovación completa de su alumbrado público.

Fig. 2. Precios del término de energía pequeños consumidores (Potencia <5kW). Precio antes de tasas e impuestos.



Nota: Fuente Eurostat, Diciembre de 2018.

La aparición en el mercado de nuevas fuentes de iluminación (Leds, Microleds, etc.) además de la progresiva implantación de legislación estatal y autonómica que indujeron a los municipios a disminuir las potencias consumidas y los niveles de iluminación instalados; crearon un caldo de cultivo para que fabricantes, distribuidores, instaladores y otras empresas (consultoras, servicios energéticos, ingenierías, etc.) hayan identificado en esta necesidad una posibilidad de negocio que puede darles importantes beneficios.

La gran durabilidad prevista para este tipo de inversión (el periodo medio de reposición del alumbrado público en un municipio suele ser superior a los 20 años) y la enorme cantidad de opciones que se presentan a los municipios, unido al enorme esfuerzo económico que supone por parte del Ayuntamiento, puede dar lugar a que una elección poco acertada fracase en su objetivo de ahorro energético y económico, e incluso pueda llegar a lastrar las cuentas municipales debido a una instalación no tan eficiente como era de esperar, un mantenimiento inviable o la adquisición de elementos obsoletos a muy corto plazo.

2. OBJETIVOS

El objetivo de este estudio es identificar las condiciones que deberían cumplir estas “instalaciones óptimas”, en términos económicos, luminotécnicos y medioambientales, cumpliendo siempre la normativa de alumbrado público en vigor y teniendo en cuenta las diferencias de los municipios. Para ello, se hace necesario el uso de herramientas de valoración, que se denominarán, de ahora en adelante indicadores, que aportasen la información que el técnico municipal necesitase para valorar si la oferta que el instalador haya presentado, se adapta a las necesidades del municipio.

Las renovaciones o instalaciones de alumbrado exterior objeto de este estudio han utilizado tecnología led. Esta tecnología es la que se está imponiendo desde el año 2015, eliminándose prácticamente de los catálogos de los fabricantes el resto de tecnologías.

3. METODOLOGÍA

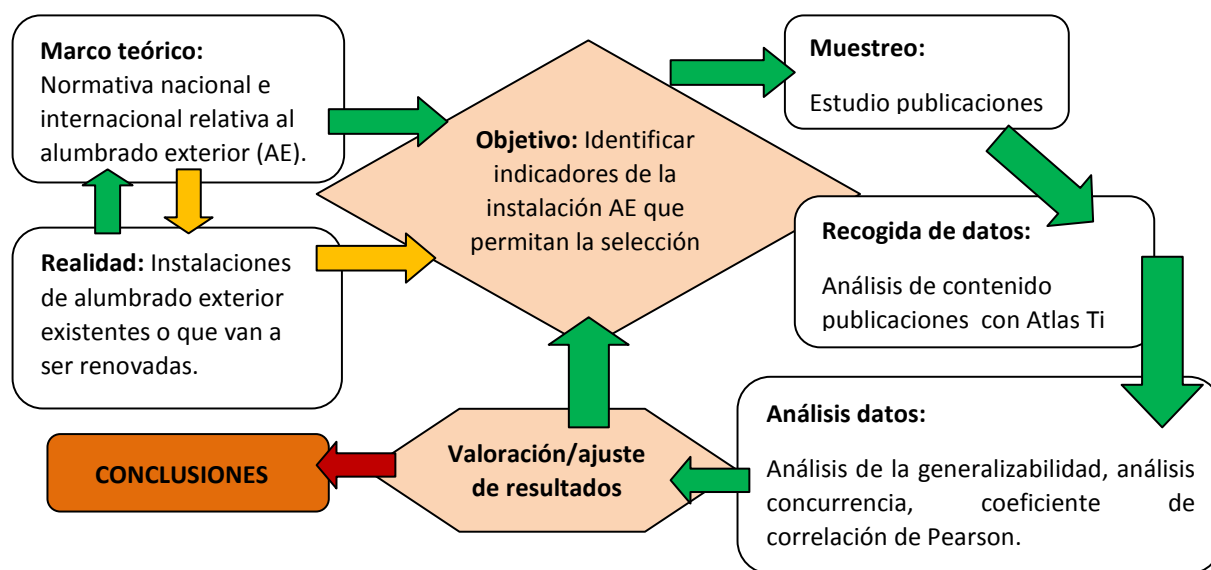
La metodología utilizada ha sido de naturaleza cualitativa y de observación indirecta (Anguera, 1991). La razón principal del método elegido es que la realidad objeto de estudio es compleja. El efecto del alumbrado en una calle, una plaza o un ambiente puede valorarse desde distintas

perspectivas, por ejemplo la funcionalidad misma de la instalación, que consiga que el usuario pueda realizar sus desplazamientos de forma satisfactoria, las impresiones del usuario final, el impacto causado en el medioambiente o el coste económico para el municipio. Por eso el estudio debería abarcar todos los enfoques posibles.

La metodología cualitativa permite el estudio de realidades complejas (Yin, 2009) con fuentes de evidencia de muy diversos formatos y una recogida sistemática de datos. Además preserva la dimensión temporal y el análisis de reducción de los mismos, para poder conseguir resultados.

A continuación se representa un esquema el proceso llevado a cabo.

Fig. 3. Esquema del proceso (Elaboración propia).



3.1. Búsqueda Bibliográfica

Para poder identificar parámetros que puedan considerarse representativos, se realizó en primer lugar dos series de búsquedas, una entre abril y mayo de 2015, cuyos resultados dieron lugar a una comunicación titulada “Identificación de Indicadores para la toma de decisiones en las instalaciones de Alumbrado Exterior de un Municipio” presentada en el Foro de Inteligencia y Sostenibilidad urbana Greencities 2015. La segunda serie se ha realizado entre mayo y junio de 2018. En ambos casos se utilizaron los recursos bibliográficos disponibles en la Biblioteca de la Universidad de Málaga. Estas búsquedas trataron de identificar características concretas, atributos y definiciones de valores que deberían cumplir las instalaciones de alumbrado público, en varias categorías. Los recursos consultados han sido 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 ha consultados en internet las webs del Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE) y del Comité Español de iluminación (CEI).

En cada uno de estas webs se realizó las 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 han realizado las búsquedas de los términos: “alumbrado público” (public lighting) o “iluminación/alumbrado exterior/urbano” (urban lighting) o “alumbrado exterior/de viales” (street lighting) y el término “indicador” (indicator). De los resultados de las búsquedas, se seleccionaron aquellos documentos que incluían alguna de estas expresiones en los dos idiomas, inglés y español.

Se han seleccionado publicaciones, monografías, tesis, presentaciones realizadas en conferencias, normativa, recomendaciones, etc. En algunos casos, se ha llegado a estas publicaciones por referencias de otras, comentarios de los propios autores a los que se les ha consultado o citas que se han encontrado en textos. Finalmente fueron seleccionadas, de entre la documentación estudiada, un total de 119 publicaciones.

Se crearon tres grupos de documentos: el primero que sirvió como apoyo metodológico (18), el segundo normativo (17) y el tercero es el cuerpo de documentos (84) que se han utilizado para la identificación de parámetros.

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, según Johnson et al. (2007) permite generar teoría fundamentada a partir de datos, integrado metodología cualitativa y cuantitativa.

Se ha utilizado el formato de campo, al igual que Anguera et al. (2007) como instrumento de observación indirecta para realizar el análisis de contenido, según propone Krippendorff y Wolfson (1990) y segmentación del texto, de nuevo como Anguera et al.(2018) describen, con el objeto de la identificación de los parámetros y la construcción del sistema de categorías. Las características de este instrumento son: marco teórico no imprescindible, sistema abierto, multidimensional, así denominado por Weick (1968) de código múltiple y auto-regulable, que permitió ir construyendo el sistema según se iban codificando los documentos.

El análisis de los textos, fue llevado a cabo por dos investigadores que tienen más de 10 años de experiencia en el sector del alumbrado público, elaborando proyectos, pliegos de contratación y dirigiendo la ejecución de actuaciones en distintos municipios, por lo que disponían de conocimientos técnicos suficientes para identificar en los textos la enumeración, descripción o justificación de algún término o parámetro contenido en los mismos. Como consecuencia de esta experiencia previa, los investigadores disponían de una lista previa de parámetros extraídos de las fichas técnicas de los fabricantes, jornadas formativas y la redacción de proyectos y memorias técnicas realizadas o consultadas. Este análisis fue realizado en dos momentos temporales distintos, durante el año 2018.

La información aportada en la documentación, al ser principalmente de carácter técnico, era bastante concreta, fácil de identificar y precisa, por lo que la identificación fue relativamente sencilla de realizar al carecer prácticamente de la necesidad de ser interpretada o deducida.

Se diseñó una unidad hermenéutica o instrumento de recogida de datos. Este instrumento incluyó un registro donde cada uno de los parámetros o códigos era definido 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 también lo eran).

El análisis se redujo a la codificación, en citas que se asociaron a cada uno de los códigos. Si una cita poseía la suficiente importancia para asociarse a un código, se buscaba de la lista de códigos existente, para incluir la en alguno de ellos. Si no encajaba en ningún código, se revisaba la definición de los mismos, para comprobar si podía ampliarse o modificarse los rangos conceptuales de los mismos e incluir la cita. En caso contrario, se creaba un código nuevo, definido con la información de la primera cita que lo creaba. La lista de códigos fue revisada cada vez que un documento era analizado. Durante el análisis se agruparon los códigos en varios grupos: códigos auxiliares, de ayuda a la investigación y otro grupo de códigos que formaría el grupo de parámetros. Los investigadores llegaron a un acuerdo en el 100% en los códigos que se convertirían en parámetros, no así en las relaciones que se establecieron a posteriori.

Fig. 4. Unidad Hermeneútica del proyecto.

Info

Proteger el proyecto

Especificar una contraseña para este proyecto.

Proyecto

Nombre:

Analisis indicadores 4 gabs09 evolucion sin estudios de casos

Creado:

09/04/2018 19:46:36 por usuario

Modificado:

23/09/2018 12:34:19 por ross

Escondido:

No

Documentos:

119

Códigos:

47

Citas:

938

Memos:

3

Se crearon tres grupos de códigos: el primero que sirvió para aportar información estadística del estudio (2 códigos), el segundo que son citas seleccionadas como ayudas metodológicas (3 códigos) y el tercero formado por los parámetros identificados (42 códigos) que hicieron un total de 47 códigos.

Cada uno de los 42 códigos fueron definidos de forma clara para que las identificaciones en el texto fuesen conceptualmente evidentes. Cuando el término se repetía en el mismo párrafo, para exponer o desarrollar una misma idea, el código era identificado sólo una vez.

La tabla siguiente muestra el resultado total de códigos, en adelante parámetros identificados, con una descripción conceptual que incluye los límites de interpretación que se establecido para asociar los códigos o parámetros a las citas en los documentos estudiados. En la tabla de parámetros aparece además, el enraizamiento del parámetro en el estudio, es decir, el número de citas identificadas de ese parámetro en la totalidad de los documentos estudiados y la densidad o número de relaciones que existen de ese parámetro con los demás. El resto de columnas indican con una cruz, aquellos parámetros que se incluyen en cada una de las selecciones descritas en el Apartado 3.4. Debe observarse que no se trata de definiciones, sino los conceptos que se fueron asociando, según avanzaba el estudio.

Tabla 1. Listado de parámetros.

Parámetro	Enraizamiento	Densidad	S1	S2	S3
1 Barrera que impida paso de luz a zona protegida	2	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)	2	5		X	X
5 Contaminación lumínica	24	12			X
6 Coste de explotación de la instalación (€)	44	9		X	X
7 Coste de la ejecución de la instalación (€)	23	6		X	X
8 Coste de la luminaria (€) en el lugar de instalación	28	9	X	X	X
9 Deslumbramiento perturbador (TI)	37	12		X	X
10 Diseño de la luminaria	46	15	X	X	X
11 Disminución de la criminalidad	13	7			X
12 Disminución de los accidentes de trafico	12	7			X
13 Disposición de los puntos de luz	35	10	X	X	X
14 Eficacia/eficiencia lumínica fuente de luz (lm/w)	73	18	X	X	X
15 Emisión de armónicos a la red eléctrica	12	2	X		X
16 Emisión de tCO2 a la atmósfera	21	6		X	X

Parámetro	Enraizamiento	Densidad	S1	S2	S3
17 Espectro de emisión de la fuente de luz	 43	 8	X	X	X
18 Factor de mantenimiento de la luminaria (fm)	 20	 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 (fu)	 9	 1	X		X
21 Flujo luminoso emitido por una fuente de luz (lm)	 30	 9	X	X	X
22 Fotometría	 53	 8	X	X	X
23 Fuente de luz/Instalación regulable	 51	 13	X	X	X
24 Producto Interior Bruto de la zona (GDP)	 13	 4	X	X	
25 Horas de servicio	 35	 7	X	X	X
26 Índice de Reproducción Cromática (IRC)	 25	 6	X	X	X
27 Índice de supresión de la melatonina (MSI)	 8	 3			X
28 Luminancia/Iluminancia media/semicilíndrica	 77	 12		X	X
29 Normativa de alumbrado público	 46	 12	X	X	
30 Porcentaje emisión al hemisferio superior	 30	 11	X	X	X
31 Potencia/Intensidad de trabajo del punto de luz (w)	 43	 8	X	X	X
32 Retorno de la inversión	 17	 3	X		X
33 S/P Ratio/P.Band (relación entre la luminancia fotópica y escotópica)	 23	 5	X		X
34 Salud y bienestar humana y animal	 45	 9			X
35 Seguridad en el trabajo	 8	 6			X
36 Sensación de seguridad	 50	 8			X
37 Street Lighting Energy Efficient Coefficient SLEEC/RLEEC	 15	 4	X		X
38 Grado de visibilidad de las estrellas (SLI)	 1	 1			X
39 Sostenibilidad de las materias primas	 14	 2	X	X	X
40 Superficie a iluminar/Aumento nº luminarias	 27	 9	X	X	X
41 Temperatura de color de la fuente de luz (°K)	 48	 7	X	X	X
42 Uniformidad media/longitudinal de la instalación	 47	 8		X	X

3.3. Validación de los datos obtenidos

Una vez identificados y clasificados los 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 (Krippendorff, 2013) de los mismos. Para ellos se han utilizado tres métodos:

1. Análisis de la generalizabilidad, que utiliza procedimientos de análisis de varianza y de los diseños experimentales para aportar fiabilidad a la estructura (validez interna) y a la generalización de los datos (validez externa).
2. Análisis de correlación del dato, utilizando el coeficiente de correlación de Pearson para comprobar la concordancia por frecuencia.
3. Análisis de la tabla de coocurrencia, utilizando la tabla de código-documento generada por Atlas Ti y que permite contemplar posibles relaciones o redes conceptuales entre los parámetros, según expusieron Novak y Gowin (1988).

El cálculo del análisis de generalizabilidad se ha utilizado para calcular la concordancia intra-observador. Para lo cual, se codificó en dos momentos temporales distintos con una separación de cuatro meses, el documento en el que más citas bibliográficas y códigos se habían identificado, que fue el publicado por Jägerbrand (2015). Se utilizó para el análisis el software SAGT v1.0. Se estableció un modelo cruzado de 3 facetas ([c][d][o]): la primera faceta son 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 la primera codificación se generaron 220 citas y la segunda 203 citas. El modelo de análisis obtuvo el mayor porcentaje de varianza en las categorías (90,71%), muy bajo en los observadores (0,50%) y nulo en la faceta documentos.

Como puede comprobarse en la figuras siguientes, que muestran los resultados obtenidos con el software SATGT, los índices G relativo y G absoluto para este modelo son 0,95.

El análisis de correlación del dato, realizado con esta misma publicación, consistió en calcular el coeficiente de correlación de Pearson a la tabla de frecuencias de citas al parámetro en el documento. El software utilizado para este cálculo fue Microsoft Excel 16. El coeficiente de correlación directa resultante fue de 0,91.

Fig. 5. Análisis de la varianza, Índice G y Análisis de la Generalizabilidad.

Sum of squares G-Parameters Optimization Information									
Measurement design:									
[c] [d] [o]									
Names	Levels	Size of universe	Comments						
[c]	39	INF	codes						
[d]	1	1	documents						
[o]	2	INF	observers						
Source...	Sum of ...	Degree...	Mean S...	Random	Mixed	Correct...	%	Standa...	
[c]	947.538	38	24.935	11.891	11.891	11.891	90.709	2.791	
[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]	3.705	1	3.705	0.065	0.065	0.065	0.499	0.078	
[c][o]	43.795	38	1.152	1.152	1.152	1.152	8.791	0.258	
[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	995.038	77							

Sum of squares G-Parameters Optimization Information									
Measurement design:									
[c] [d] [o]									
Names	Levels	Levels processed	Size of universe						
c	39	39	INF						
d	1	1	1						
o	2	2	INF						
Name of the values				Summary					
c				(39; INF)					
d				(1; 1)					
o				(2; INF)					
Total number of observations				78					
Coefficient G relative				0.954					
Coefficient G absolute				0.951					
Relative Error				0.576					
Absolute Error				0.609					
Stan. deviation of relative error				0.759					
Stan. deviation of absolute error				0.780					

Para el análisis de la coocurrencia, se establecieron previamente relaciones de vinculación entre los parámetros (códigos) identificados en los documentos. Estas relaciones fueron revisadas en 3 ocasiones por los dos investigadores de forma independiente, con una experiencia mayor de 10 años en el sector del alumbrado público. Una vez elaboradas, fueron comparadas con la tabla de coocurrencias generada por Atlas Ti y se modificaron o eliminaron 9 relaciones.

3.4. Selección de parámetros

Una vez identificados, se realizó una selección o filtrado de parámetros, con la intención de reducirlos en número, ya que su tratamiento podía resultar demasiado laborioso e inoperativo a la hora de manejarlos en casos reales. Para ello se clasificaron en función del cumplimiento de tres condiciones:

- Una primera condición 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. Esta condición se incluyó para eliminar parámetros que no ayudaban a la toma de decisiones, a no ser que se instalase una muestra en una calle, se hiciesen mediciones lumínicas, cálculos del consumo energético y además se consultase a los usuarios finales de la instalación.
- Una segunda selección que consistió en elegir aquellos parámetros que englobasen al resto, es decir, que los parámetros seleccionado permitiesen, solos o en combinación, el cálculo de los descartados. Para ello, se estudiaron las redes semánticas o relaciones

creadas. Por ejemplo, el parámetro “S/P Band” no se consideró necesario si se disponía del parámetro “Espectro de la fuente de luz” y “Fotometría”, que englobaban al primero, pues conociendo el espectro, se podía llegar a calcular. Aunque a primera vista el parámetro “Eficacia o eficiencia de la fuente de luz” pudiese parecer que puede quedar definido por los parámetros “Potencia de la fuente de luz” y “Flujo luminoso de la fuente de luz”, este parámetro no se consideró dependiente porque incluyó, además de las citas relacionadas con la eficiencia lumínica, otras que aludían a la eficiencia energética, la seguridad y salud en el trabajo y el diseño de las luminarias, que no podían generarse sólo a partir de estos dos parámetros.

- Por último una tercera selección que descartó aquellos parámetros invariables para todas las ofertas presentadas. Sólo dos parámetros cumplían este último requisito: los parámetros “Normativa de aplicación” y “Características del suelo”. Estos dos parámetros son invariables para todas las posibles ofertas de alumbrado en una misma zona.

Del primer proceso de simplificación, se obtiene una primera selección lista de 25 parámetros, de la segunda selección, resulta una lista de 27 parámetros y finalmente de la tercera resulta una lista de 39 indicadores.

4. RESULTADOS

Del triple filtro aplicado se obtuvo una lista de 17 parámetros (Tabla 1) que cumplían con las 3 selecciones, es decir, eran parámetros que podían obtenerse antes de la ejecución de la instalación, permitían obtener el resto de parámetros y podían variar en función de la oferta presentada.

Si la actuación hubiese consistido únicamente en una sustitución de luminarias, que suele ser la actuación mayoritaria en pequeños municipios, podría haberse eliminado de la lista además los parámetros “Disposición de los puntos de luz” y “Superficie a iluminar/Aumento del número de luminarias”. El número final de parámetros, que definirían la instalación, han resultado ser los siguientes 15 indicadores que se presentan a continuación en la tabla siguiente.

Tabla 2. Listado de indicadores para una renovación de alumbrado público.

Indicador	Enraizamiento
1 Coste de la luminaria (€)	 28
2 Diseño de la luminaria (IP de la luminaria y del la fuente de luz, IK de la luminaria, dimensiones, peso, facilidad de manipulación, durabilidad del cierre)	 46
3 Eficacia o eficiencia lumínica de la fuente de luz/instalación (lm/W)	 73
4 Espectro de emisión de la fuente de luz	 43
5 Factor de mantenimiento de la luminaria	 20
6 Factor de potencia del punto de luz	 3
7 Flujo luminoso emitido por una fuente de luz (lm)	 30
8 Fotometría	 53
9 Fuente de luz/Instalación regulable	 51
10 Horas de servicio/Vida útil (horas)	 35
11 Índice de Reproducción Cromática (IRC)	 25
12 Porcentaje emisión al hemisferio superior (F.H.S.I.)	 30
13 Potencia (W) /Intensidad de trabajo (mA) del punto de luz	 43
14 Sostenibilidad de las materias primas	 14
15 Temperatura de color (°K)	 48

El análisis de la generalizabilidad de los datos determinó una alta fiabilidad de precisión de generalización de los resultados (90,7%). El bajo valor obtenido en el análisis en relación a las categorías (0,5%) era indicativo que una gran diferenciación existente entre ellas, lo que demostró que las definiciones eran mutuamente excluyentes.

El análisis de correlación de Pearson dio como resultado un valor de $r=0,91$ y $r^2=0,82$, lo que significó que existía un porcentaje de correlación positiva del 82%, es decir, una alta concordancia por frecuencia alta interobservador.

El análisis de la tabla de coocurrencia ha servido de asistencia y consulta de los dos expertos que han establecido las relaciones entre parámetros, que la han consultado durante el proceso que cada uno de ellos ha realizado inicialmente por separado y en una segunda fase de forma conjunta, durante tres sesiones de trabajo llevadas a cabo de forma presencial el segundo semestre de 2018. Este análisis permitió reforzar las relaciones de dependencia que dieron lugar a la segunda clasificación de parámetros.

Aunque existe normativa de obligado cumplimiento en relación a algunos de estos parámetros, no todos suelen ser proporcionados por el fabricante (por ejemplo, el parámetro "Factor de Potencia"). Otros no disponen de normativa de obligado cumplimiento, por lo que si no eran requeridos en los pliegos o proyectos técnicos, era probable que el fabricante no los aportase (por ejemplo los parámetros "Espectro de la Fuente de Luz" y "Sostenibilidad de las Materias Primas").

Excepto en el caso del parámetro "Diseño de la luminaria", prácticamente todos los demás podían cuantificarse y valorarse de forma objetiva. Se estudiaron las citas relacionadas con este parámetro y se extrajeron aquellas características que permitieron concretar y definir de una forma menos ambigua este parámetro. La luminaria debería cumplir los valores de resistencia a la entrada de elementos externos e impactos al menos IP6X, según Kostic et al. (2013) que la normativa vigente le obliga, concretamente la ITC-BT-09 del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión (2004).

Pero además debería incorporar elementos de protección contra la corrosión y un diseño que evite la "Emisión de luz al Hemisferio Superior", según Iwata y Uchida (2011) y Jägerbrand (2015) para la protección de la calidad del cielo nocturno, no perjudicar el hábitat natural de animales, como indican Mattfield, Ehlers y Reichenbach (2012) además de elevar la eficacia o eficiencia de la misma. El valor IP, uno de los conceptos del indicador "Diseño de la luminaria" sirve además para el cálculo del factor de mantenimiento, cuyo valor se mantiene constante aunque se efectúen trabajos de reposición o mantenimiento para valores IP6X como explican Mockey y Manzano (2013). Se suele utilizar también para calcular los costes de depreciación y vida de la luminaria, indicadores que Burgos-Payán, Correa-Moreno y Riquelme-Santos (2012) utilizaron para analizar la idoneidad de la instalación. El diseño de la luminaria influye en la fotometría, que forma parte de la misma. Este dato debe proporcionarlo el fabricante para facilitar la comprobación del cumplimiento de los parámetros de uniformidad, incluso reestructurando la disposición previa de las luminarias según Heath et al. (2012) o teniendo en cuenta los momentos de peor visibilidad como el crepúsculo según Lindenmann et al. (2006) y niveles máximos de luminancia e iluminancia de una instalación como aprecian Hu y Qian (2013) y Valentová y Quicheron y (2015), que indicaron problemas de luminancia y uniformidad en su estudio comparativo con Leds.

En el caso del indicador "Coste de la luminaria" parecería muy fácil definir como criterio, el más bajo posible, sobre todo cuando el gasto es en una Administración Pública. Pero quizás debería ser tenido en cuenta junto al indicador "Sostenibilidad de las materias primas" y al indicador "Horas de de servicio/Vida útil". El criterio económico no debería primar en exclusiva, pues al ser una inversión elevada y a largo plazo, sería muy difícil el retorno de la inversión de una instalación de luminarias que, aunque barata, tuviese una vida útil muy baja o los materiales de los que estuviese compuesta no fuesen sostenibles y la normativa medioambiental los pudiese prohibir a medio plazo.

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; costes de explotación de la instalación, fundamentales ya en la gestión municipal, según Zanon y Verones (2013) y vida de la misma. Un factor importante que influye en la calidad de la red es el factor de potencia o creación de potencia reactiva que introduce la fuente de luz en la red. Este parámetro debe proporcionarlo el fabricante y nos sirve para conocer la calidad y vida de la instalación.

El indicador “Espectro de emisión de la fuente de luz” es un indicador importante, pues la diferencia del color percibido puede modificar la opinión de la personas como demostró Knight (2010) además de un gran impacto en el diseño y apariencia de los alumbrados públicos según Habel y Zak (2011). Este indicador debe ser suministrado por el fabricante, para poder comprobar la ausencia de emisiones por debajo de frecuencias perjudiciales para organismos vivos, como indicaron Ylinen et al. (2011). Además este dato ayuda 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 & Djokic, 2012; Rodrigues et al., 2011; Li et al., 2012; Kostic et al., 2009). Todo lo anterior es aplicable a los indicadores que tienen relación con el Espectro: “Temperatura de Color”, “Índice de Reproducción Cromática” y “Flujo Luminoso Emitido por una Fuente de Luz”

El indicador “Fuente de Luz regulable” debe 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).

La lista de 15 parámetros pasó a denominarse de indicadores y se constituyeron como la 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 seleccionados los indicadores, podría ser de utilidad establecer rangos o valores de referencia de los mismos. Pero la determinación de unos valores concretos podría hacer perder validez al estudio, ya que la rápida evolución tecnológica del sector provocaría su desfase en poco tiempo. Es por ello que se han aportado sólo criterios genéricos en la elección de cada uno de los indicadores, para facilitar el estudio de las ofertas por parte de los técnicos municipales y que pudiesen servirles de ayuda para decidir el valor óptimo de los mismos.

5. CONCLUSIONES

Debido a la crisis económica y el encarecimiento de la factura eléctrica, los técnicos municipales están intentando reducir costes, mediante la sustitución del alumbrado público por sistemas más eficientes, sostenibles y que produzcan satisfacción y beneficios a los ciudadanos.

Para facilitar la tarea de la toma de decisiones, se han identificado una serie de indicadores que puedan conducir a encontrar la instalación de alumbrado público más ajustada a la situación de cada municipio. Se han obtenido, realizando dos búsquedas en dos espacios temporales distintos y tres filtrados posteriores, un total de 15 indicadores que se pretende identifiquen la opción más idónea para la renovación del alumbrado público, teniendo en cuenta los distintos ámbitos y elementos de los que se compone.

De entre estos 15 indicadores finalmente seleccionados, están incluidos los 10 parámetros con mayor enraizamiento de todos los identificados en el estudio de las publicaciones, a excepción de dos, la Luminancia/iluminancia y la Uniformidad de la instalación, que no fueron contemplados pues no pueden comprobarse hasta que no se ha ejecutado la instalación. Esto puede interpretarse por un lado como una verificación de la importancia de los indicadores seleccionados, pero también como una debilidad, pues la lista no contempla dos indicadores

principales, siendo uno de ellos el de mayor enraizamiento y por lo tanto, el más importante de todos, el indicador Luminancia/Illuminancia de la instalación. Aunque los resultados lumínicos no pueden ser comprobados a priori, podrían incluirse los cálculos lumínicos teóricos que diesen una aproximación de los resultados.

Para dar robustez a los resultados obtenidos, habría que contrastarlos con la experiencia, debido al carácter eminentemente teórico de este estudio, confrontándolos con casos prácticos, que pudiesen validarlos o refutarlos y ayudasen a establecer los posible valores o intervalos óptimos para estos indicadores, en función de las diferentes casuísticas que los municipios puedan presentar.

REFERENCIAS

- Anguera, M.T., et al. (2018). Indirect observation in everyday contexts: concepts and methodological guidelines within a Mixed Methods framework. *Frontiers in Psychology*, 9 (13), 1-20.
- Anguera, M.T. et al.(2007). Instrumentos no estándar. *Avances en Medición*, 5 (1), 63-82.
- Anguera, M.T. (1991). Proceso de categorización. Metodología observacional en la investigación psicológica. *P.P.U. Barcelona*, 1, 115-167.
- 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*.
- 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).*
- Falchi, F. et al. (2011). Limiting the impact of light pollution on human health, environment and stellar visibility. *Journal of Environment Management*, 92, 2714-2722.
- 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.
- Habel, J. & Zak, P. (2011). The future of public lighting. *Przegląd Elektrotechniczny*, 87(4), 50-52.
- Heath, G.W. et al. (2012). Evidence-based intervention in physical activity: lessons from around the world. *The Lancet*, 380 (9838), 272-281.
- Hu, X.& Qian, K. (2013). Optimal design of optical system for Led road lighting with high illuminance and luminance uniformity. *Applied Optics*, 52(24), 5888-5893.
- Huang, S.C. et al. (2012). Assessment of energy-efficient Led street lighting through large-scale demonstration. *International Conference on Renewable Energy Research and Applications*.
- 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.

- Johnson, R. B., Onwuegbuzie, A.J & Turner, L. A. (2007). Toward a definition of mixed methods research. *Journal of Mixed Methods Research*, 1(2), 112–133.
- 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.
- 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. et al. (2013). Light-emitting diodes in street and roadway lighting- a case study involving mesopic effects. *Lighting Research and Technology*, 45 (2), 217-229.
- Kostic, M. et al. (2009). Technical and economic analysis of road lighting solutions based on mesopic vision. *Building and Environment*, 44, 66-75.
- Li, F. et al (2012). Comparative in situ study of Leds and HPS in road lighting. *Journal of Illuminating Engineering Society of North America*, 8 (3), 205-214.
- Lindenmann, H. et al. (2006). HMB reflectors: A new horizontal retro-reflecting system to improve safety at pedestrian crossings. *Transport Reviews*, 26 (3), 351-363.
- Mattfeld, M., Ehlers, F. B. & Reichenbach, M. C. (2012). Optimising the lighting equipment on the mittelpate drilling and production island in the German wadden sea tidelands. *Oil Gas European Magazine*, 38 (2), 90-94.
- España. 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.
- España. 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.
- Mockey I.O. & Manzano, E. (2013). The energy impact of luminaire depreciation on urban lighting. *Energy for Sustainable Development*, 17, 357–362.
- Novak, J.D., & Gowing, D.B. (1988). *Aprendiendo a aprender*. Barcelona: Marínez Roca.
- Rodrigues, C.R.B.S. et al. (2011). *An experimental comparison between different technologies arising for public lighting: Led luminaires replacing high pressure sodium lamps*. International Symposium on Industrial Electronics, 141-146.
- Valentová, M. & Quicheron, M. (2015). Led projects and economic test cases in Europe. *International Journal of Green Energy*, 12 (8), 843-851.
- Weick, K. E. & Heiskanen, I. (1968). Theoretical approaches and scientific strategies in administrative and organizational research: A methodological study. *Administrative Science Quarterly*, 13 (2), 338-342.
- Ylinen, A.M. et al. (2011). Road street lighting quality, energy efficiency, and mesopic design- Led street lighting case study. *Journal of Illuminating Engineering Society of North America*, 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.