

**XXXIX Simposium**  
Nacional de Alumbrado  
**Ciudad de Mataró**  
Del 22 al 25 de Mayo 2013



Título del trabajo/ Title of paper

ANÁLISIS DE LOS INDICADORES DE ALUMBRADO ACTUALES

Autor/es/ Author/s

Guzmán Sepúlveda, Rafael; de Andrés Díaz, José Ramón; Pérez Carrillo, Benigno. \*Auñón Hidalgo, Juan Antonio

Afiliación/es del autor/es/ Affiliation/s of the author/s

Área de Proyectos de Ingeniería. Dpto. Expresión Gráfica, Diseño y Proyectos. \*Dpto. Máquinas y Motores Térmicos. Universidad de Málaga

Dirección principal/ Mail adress

rguzman@uma.es

Teléfono, fax, e-mail de la persona de contacto/

Phone, fax number and e-mail adress of the contact person

Rafael Guzmán - 667894806

Tema:

13. Investigación y Desarrollo

- |   |   |
|---|---|
| 1. Alumbrado interior y Luz natural     | 10. Iluminación y Señalización para el transporte |
| 2. Aspectos generales de la iluminación | 11. Imagen  |
| 3. Científico y Formación               | 12. Informática                                   |
| 4. Divulgación                          | 13. Investigación y Desarrollo                    |
| 5. Economía de la iluminación           | 14. Los LEDs y sus aplicaciones                   |
| 6. Eficiencia Energética                | 15. Luz y Salud                                   |
| 7. Fotobiología, Fotoquímica y UV       | 16. Normativa y Legislación                       |
| 8. Fotometría y Luminotecnia            | 17. Novedades                                     |
| 9. Fuentes de luz                       | 18. Realizaciones                                 |
|   | 19. Visión y color                                |

Las instalaciones de alumbrado público tienen como finalidad iluminar las vías de circulación o comunicación y los espacios comprendidos entre edificios, que por sus características o seguridad general, deben permanecer iluminadas, en forma permanente o circunstancial, sean o no de dominio público.

Además, el alumbrado público debe proporcionar unas condiciones de visibilidad idóneas para la conducción de vehículos, el paseo de viandantes o la observación del entorno.

Una buena iluminación urbana debe aumentar la seguridad de las personas y propiedades disminuyendo los delitos en las vías públicas y aumentando la capacidad de reacción ante amenazas. Y para terminar, también debe contribuir a la reducción de accidentes en la carretera, y a la ambientación urbana, dando personalidad al ambiente, pudiendo identificar lugares por su iluminación.

Todo ello con el menos coste energético posible, así como con el máximo respeto por el entorno natural y la calidad del cielo.

Si queremos verificar la calidad y el consumo de nuestras instalaciones de alumbrado público, es necesario la utilización de elementos que nos permitan comprobar el cumplimiento de nuestros objetivos; pero esto no tendría sentido si no pudiésemos compararlas con instalaciones de otros contextos, por ello se hace necesario la utilización de indicadores.

Un buen indicador debe abarcar el mayor número de las siguientes características:

1. Ser específicos y vinculados directamente con el fenómeno que queremos analizar.
2. Ser explícitos, de tal forma que su nombre sea suficiente para entender si se trata de un valor absoluto o relativo, de una tasa, una razón un índice, etc.
3. Tener validez en un período amplio, con el fin de que se pueda observar el comportamiento del fenómeno a través del tiempo.
4. Ser claro y de fácil comprensión.

5. Que la obtención de la información permita construir el mismo indicador de la misma manera y bajo condiciones similares, año tras año, de modo que las comparaciones sean válidas. Es decir, que sea replicable.
6. Técnicamente debe ser sólido, es decir, válido, confiable y comparable, así como factible, en términos de que su medición tenga un costo razonable.
7. Ser sensible a cambios en el fenómeno, tanto para mejorar como para empeorar.

Relación de indicadores usados habitualmente:

#### **A. Número de puntos de luz de una población (Nº Ptos. luz/población).**

Las instalaciones de alumbrado público eléctrico son relativamente recientes, concretamente la primera se realizó en 1880. Inicialmente el indicador que se usaba para estas instalaciones era el número de puntos de luz instalados, lo que daba una idea clara del grado de expansión de este tipo de instalaciones. En el año 1936 Bruno Seeger, en su publicación “El consumo de energía eléctrica para alumbrado en Europa” ya utilizaba este indicador como referencia del nivel de progreso de los países. Debemos tener en cuenta que en ese momento no tenían sentido los parámetros de calidad, ni eficiencia de las instalaciones, sino que el indicador únicamente servía para establecer que ciudades tenían un mayor grado de desarrollo y por lo tanto solo podía establecerse a través del número de puntos de luz instalados. Este indicador que surgió en un momento en el que lo importante era el número de puntos de luz, ha permanecido como elemento comparador hasta nuestros días, aunque en combinación con algún otro parámetro como el número de personas o los metros cuadrados de superficie que ocupan.

#### **B. Consumo eléctrico anual de las instalaciones de Alumbrado Público Urbano/Población Total (kWh/habitante año).**

Al igual que el parámetro anterior, este parámetro se viene utilizando desde los comienzos de la implantación del alumbrado público, y aun se hace en la actualidad. Probablemente porque resulta relativamente fácil de obtener, ya que solo necesitamos conseguir la suma del consumo de alumbrado público en el municipio, región, país,... y dividirlo por el número de habitantes de la población. Quizás por este motivo es el más usado por las autoridades a la hora de realizar las comparativas entre poblaciones, regiones e incluso naciones.

### **C. Número de puntos de luz por habitantes (Ptos. luz/habitantes)**

En el año 2001 el Comité Español de Iluminación (CEI) encargó una encuesta, que iba encaminada a los municipios de más de 25.000 habitantes de España, en la que, entre otros parámetros se analizó el número de puntos de luz por habitantes.

Este indicador está basado en el primero de los presentados, al que se le ha añadido el número de habitantes. A partir de los datos obtenidos se deducen los promedios de habitantes por punto de luz para cada región, y el promedio general de 14 habitantes por punto de luz. Debiendo también considerar que el número de habitantes representa el 100% de la población recibida en las encuestas.

### **D. Superficie por punto de luz (Superficie/pto. de luz)**

Con el mismo criterio que en indicador anterior se ha relacionado la superficie (m<sup>2</sup>) de las calles y el número de puntos de luz, obteniéndose según la encuesta realizada [CEI, 2001]:

Extensión total de calles = 219.087.209 m<sup>2</sup>

Nº de puntos de luz = 1.250.767

Superficie/punto de luz<sup>1</sup> = 175 m<sup>2</sup>/pto. Luz

### **E. Consumo eléctrico anual de las instalaciones de alumbrado público urbano/superficie urbana del municipio (Kw-h/m<sup>2</sup>).**

Aunque no es el habitual, en algunos casos podemos encontrarlos. Es el resultante de dividir el consumo anual en alumbrado público entre la superficie de la población. Esta expresión complementa a la expresión anterior que relaciona consumo eléctrico y población, y alcanza plena relevancia al establecer la relación entre la eficiencia en el consumo de energía y el modelo de ciudad. Así, el desarrollo de una ciudad extensiva (con poca densidad de edificios) conlleva un mayor consumo relativo de energía eléctrica para el alumbrado público, que otra ciudad con mayor densidad.[ Castilla-La Mancha, 2005].

---

<sup>1</sup> Según el trabajo del CEI, este parámetro representa el 74% de la población.

**F. Gasto por habitante (€/habitante).**

Se trata de un indicador económico que implica el conocimiento de los precios de la energía y que puede derivarse del indicador B. [MORA, 2004].

**G. Gasto por punto de luz (€/pto. luz).**

Se trata de nuevo de un indicador económico que puede obtenerse de los indicadores anteriores y que igual que en el caso anterior requiere el conocimiento del coste de la energía.[MORA 2004].

**H. Indicador MAP (tep/vivienda).**

El indicador MAP “Consumo eléctrico unitario de alumbrado público por vivienda” (tep/vivienda) viene expresado por el cociente entre el consumo eléctrico en alumbrado exterior y el número de viviendas a nivel nacional, cuyo resultado es el consumo unitario medio en alumbrado público por vivienda.

Se trata de un indicador que pretende evaluar los ahorros que se producen como consecuencia de las medidas llevadas a cabo por las políticas en alumbrado público por el IDAE.

**ANÁLISIS DE LOS INDICADORES ANTERIORES.**

Los indicadores que se han visto hasta el momento carecen de algo fundamental desde nuestro punto de vista, la representatividad. Como iremos comprobando a continuación, todos ellos adolecen de no representar fielmente el objeto de estudio, aunque en algún caso, si podría haber sido representativo en el momento histórico en el que nos encontrábamos.

**A. "Número de puntos de luz de una población".**

El momento histórico en el que se usaba este indicador coincidió con los comienzos del alumbrado público por electricidad, esta tecnología necesito luchar con otras más implantadas como la del gas, que era la concesionaria de la mayoría de los municipios de la época. Para tratar de imponer este nuevo avance era importante la cantidad de puntos de luz instalados, de manera que sirviera de escaparate para convencer a los usuarios de la bondades del nuevo producto. Por lo tanto parece lógico que se entablase una carrera por incrementar el número de puntos de luz en las ciudades. Por otra parte, el disponer de este tipo de alumbrado en ese momento histórico, era

importante ya que las principales ciudades europeas y del mundo, se disputaban la modernidad de sus calles y esto era señal inequívoca de innovación y prosperidad, por lo tanto el indicador "número de puntos de luz de una población", no solo era un elemento contable, sino que además lo era de riqueza, desarrollo económico y tecnológico.

Sin embargo, si analizamos el indicador no solo desde los puntos de vista expuestos anteriormente, sino desde las características que debería tener la instalación para cumplir con su función (permitir a los usuarios los desplazamientos y realizar las actividades con seguridad) y siempre teniendo en cuenta parámetros de calidad, funcionalidad y eficiencia, este no nos aporta nada en este sentido, por lo que se puede considerar un buen elemento desde el punto de vista contable pero no de uso.

Si considerásemos el alumbrado público de una determinada ciudad sólo bajo este criterio, y sólo contabilizamos los puntos de luz. Daría igual si la altura de colocación de la fuente de luz, fuese mayor o menor, con lo que eso implica por ejemplo para el control del deslumbramiento. Tampoco se tendría en cuenta el tipo de fuente de luz tratándose por igual un alumbrado funcional que decorativo. No importaría si la luminaria fuese abierta o cerrada, con lo que ello conlleva para el mantenimiento de estas,... En definitiva, este indicador no es representativo de estas instalaciones ya que deja sin considerar demasiados elementos que son fundamentales para la realización de instalaciones de calidad.

#### **B. "Consumo eléctrico anual de las instalaciones de Alumbrado Público Urbano/Población Total (kWh/Habitante-año)".**

Relaciona la población con el consumo energético y aunque efectivamente representa un ratio explícito, replicable,..., no se trata de un indicador que pueda ser utilizado para comparar instalaciones de este tipo.

Vamos a ilustrar esto último con un ejemplo:

Tenemos dos zonas residenciales de una ciudad con calles de dimensiones similares, en la primera fotografía podemos ver que se trata de una zona formada por viviendas unifamiliares de como máximo dos alturas, mientras que la segunda se trata de una zona superpoblada formada por edificios de 12 alturas.



Imagen 1. Calles dimensiones similares. Fuente: elaboración propia

Las dimensiones de ambas calles son similares, por lo que desde el punto de vista de la instalación de alumbrado público, ambas deben tener una potencia similar. Supongamos que la potencia en ambos casos es de 820 W, resultado de 10 puntos de luz instalados con lámparas de vapor de sodio alta presión de 70 W más equipos<sup>2</sup>.

Potencia consumida al año = nº horas de funcionamiento año x potencia eléctrica.

$$P = 4.000 \times 0,82 = 3.288 \text{ kWh año}$$

Para calcular el número de personas que residen en cada calle vamos a utilizar el criterio comúnmente utilizado de que en cada vivienda vivan 5 personas, por lo tanto:

- En el primer caso si tenemos 30 viviendas unifamiliares, considerando como hemos indicado, una media de 5 personas por vivienda tendríamos una población de 150 personas.
- En el segundo caso, considerando 10 edificios, con 4 viviendas por planta, por 12 plantas y por 5 personas por vivienda, tendríamos una población de 2.400 personas.

---

<sup>2</sup> 12W, potencia máxima permitida para equipos según R.D. para lámparas de 70 W.



Luego según el indicador:

En el primer caso: 21,92 kWh/Habitante-año.

En el segundo caso: 1,37 kWh/Habitante-año.

Para obtener este indicador bastaría con dividir el consumo eléctrico en alumbrado público de una población entre el número de habitantes, sin tener en cuenta la superficie a iluminar, la clasificación y tipología de la vía,..., o algo fundamental como hemos podido comprobar, la ordenación urbana. Tampoco debemos olvidar otro elemento que distorsionaría el valor obtenido con este indicador, la estacionalidad, existen grandes poblaciones que se ven afectadas por la migración de personas sobre todo en determinadas fechas como las vacaciones de verano, en donde en ocasiones se puede ver incrementada su población en más del 50%. Como ejemplo podríamos considerar poblaciones costeras como Marbella, Fuengirola, Torremolinos, Benidorm,...

Esto lo hace poco representativo, sobre todo si queremos cumplir con parámetros de eficiencia energética.

### C. "Número de puntos de luz por habitantes".

Siguiendo el ejemplo anterior ambas calles disponen de 10 puntos de luz, por lo que según este indicador:

Calle nº 1:

$$C = \frac{N}{P} = \frac{10}{150} = 0,0\widehat{6}$$

C = Número de puntos de luz por habitantes.

N = Número de puntos de luz.

P = Número de habitantes.

Por lo tanto disponemos de 0,06 puntos de luz por habitantes. Si extrapolamos el indicador a 1.000 habitantes, obtendríamos que disponemos de 66,6 puntos de luz por cada 1.000 habitantes

Calle nº 2:



$$C = \frac{N}{P} = \frac{10}{2.400} = 0,0041\widehat{6}$$

En este caso tendríamos 4,16 puntos de luz por cada 1.000 habitantes.

Como en el indicador anterior no se tienen en cuenta ni parámetros de calidad de la instalación, ni de eficiencia energética, además de no tener en cuenta la ordenación urbana, por lo que entendemos que tampoco se trata de un indicador válido.

#### **D. "Punto de luz por superficie".**

En el ejemplo que nos ocupa, este indicador si es válido, ya que se trata del mismo tipo de vía con similares características y por tanto el mismo número de puntos de luz por superficie.

Pero ¿que ocurriría en el caso de viales similares pero con distinto uso?

Para ello nos vamos a apoyar en dos calles de la población de Coín (Málaga). La primera de ellas con tipo de alumbrado S3 y la segunda ME3b, según la clasificación establecida en la ITC-EA-002 del R.D. 1890/2008, con los siguientes datos:



Imagen 2. Calles similares distinto uso. Fuente: Elaboración propia.

	C/ Matadero	C/ La Feria
Longitud (m)	108,57	243,17
Ancho (m)	7,2	7,25
Superficie (m <sup>2</sup> )	781,68	1.763,00
Nº ptos. luz	7	24
Clase alumbrado	S2	ME3b
Potencia	1.024	6.201

Tabla 1: Características de C/ Matadero y C/ La Feria en Coín. Fuente: POE´s

- En el primero de los casos, tenemos 8,95 puntos de luz por cada 1.000 m<sup>2</sup>.
- En el segundo, tenemos 13,61 puntos de luz por cada 1.000 m<sup>2</sup>.

Como podemos comprobar, este parámetro depende del uso de la vía y por tanto de su clasificación según el R.D. 1890/2008.

#### **E. "Consumo anual de las instalaciones de alumbrado público urbano/superficie urbana del municipio" (Kw-h/m<sup>2</sup>).**

Este indicador sería correcto en el caso de que la superficie a tener en cuenta fuese exclusivamente la de las vías y no la de la superficie total del municipio, ya que como hemos visto en los casos anteriores, la potencia de las instalaciones dependen del uso de la vía y de las características urbanas de la zona.

Para comprender por que este indicador no es adecuado para representar a las instalaciones que estamos estudiando, analicemos los datos de dos poblaciones de similares características, en concreto las localidades malagueñas de Fuengirola y Mijas.

En la tabla 2.5. podemos observar que el número de habitantes es similar, sin embargo la superficie de los términos municipales son muy diferentes, Fuengirola es el término municipal de la provincia de Málaga más pequeño frente a Mijas que es uno de los más grandes. La diferencia en consumo entre ambas poblaciones se justifica por la gran cantidad de urbanizaciones del término de Mijas que no están recepcionadas por el ayuntamiento, no estando contemplados estos consumos, sin embargo Fuengirola por su mayor concentración no dispone de estas grandes urbanizaciones de gestión privada, lo que hace que todo el consumo y la gestión del alumbrado público sea realizada por el propio ayuntamiento y el consumo presentado sea el total consumido.

	FUENGIROLA	MIJAS
Superficie (km <sup>2</sup> )	10,4	148,8
Habitantes	74.054	79.262
Consumo (MWh.año)	6.808,44	4.675,38

Tabla 2: Comparación entre las poblaciones de Fuengirola y Mijas. Fuente: POE's de Mijas y Fuengirola.

Si aplicásemos este indicador:

- Consumo anual por superficie  $_{Fuengirola} = 6.808.440 \text{ kWh} / 10.400.000 \text{ m}^2 = 0,65 \text{ kWh/m}^2$
- Consumo anual por superficie  $_{Mijas} = 4.675.380 \text{ kWh} / 148.800.000 \text{ m}^2 = 0,03 \text{ kWh/m}^2$

Como podemos comprobar la utilización de este indicador no nos da realmente idea de la diferencia existente en el alumbrado público de los dos municipios.

### **F y G. "Gasto por habitante" (€/habitante) y "gasto por punto de luz" (€/pto. de luz).**

No son más que una consecuencia de alguno de los anteriores, ya que se limita a dividir el coste de la potencia consumida entre, el número de habitantes o el número de los puntos de luz. Por lo que los defectos detectados en los indicadores de los que derivan serán igualmente atribuibles a ellos.

En el caso del gasto por habitante, como ocurría con el indicador "B", no será igual el coste por habitante en una calle superpoblada que en una calle con una menor población, lo que hace que ambas no sean comparables.

En cuanto al coste por punto de luz, al igual que en el indicador "C", no se tienen en cuenta conceptos como la tipología de alumbrado, o la calidad de este, por lo tanto tampoco permite comparar diversas instalaciones entre ellas.

#### H. "Consumo eléctrico unitario de alumbrado público por vivienda" (kWh/vivienda).

Este indicador es similar al número 2 y al igual que en ese caso será dependiente del tipo de construcción que nos encontremos en la población, por lo tanto tampoco es un indicador válido para reflejar la realidad de lo que ocurre en este tipo de instalaciones.

Además del análisis individual realizado anteriormente, entendemos que los indicadores de Alumbrado Público, deberían poseer las siguientes características:

1. Servirnos para tomar las decisiones que nos permitan establecer las acciones necesarias, al objeto de optimizar las instalaciones.
2. Permitir la medición de la eficacia y la evaluación de la evolución de nuestro sistema.
3. Detectar anomalías o problemas derivadas del mal uso o funcionamiento.
4. Deberá ser fácil de entender y utilizar, para que de una manera intuitiva nos permita conocer el estado de la instalación.
5. Ser aplicable a lo largo de la vida útil de la instalación, y ser sensible a las modificaciones producidas en la instalación a lo largo del tiempo..
6. Deben representar fielmente al objeto del estudio, es decir, deben hacer referencia clara al problema objeto de nuestra prospección.
7. Debe permitir comparar desde pequeñas a grandes instalaciones teniendo en cuenta las características específicas de cada una.

A continuación se muestra una tabla en la que se comparan los indicadores con esta relación:

	INDICADORES DE ALUMBRADO PÚBLICO						
	1	2	3	4	5	6	7
Nº Ptos. luz/población						X	X
kWh/habitante año					X	X	X
Ptos. luz/habitantes						X	X
Superficie/pto. de luz					X	X	X
Kw-h/m2					X	X	X
€/habitante						X	X
€/pto. luz						X	X
MAP					X	X	X

Tabla 3: Indicadores/características

## CONCLUSIÓN

Como podemos ver en todos los casos las 4 primeras características no se cumplen por ningún indicador, además se ha demostrado a través de ejemplos, la falta de representatividad de estos indicadores y que sus valores pueden verse afectados por factores externos a la propia instalación, como la estacionalidad de las personas en una población, o el cambio de uso de una zona. Por lo tanto se hace necesario la búsqueda de un indicador que realmente sirva para representar a este tipo de instalaciones.