
ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR

Dpto. Expresión Gráfica, Diseño y Proyectos

Área de Proyectos de Ingeniería



UNIVERSIDAD
DE MÁLAGA

***ANÁLISIS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN
INSTALACIONES DE ALUMBRADO PÚBLICO.
INDICADOR PM2***

TESIS DOCTORAL

PRESENTADA POR:

D. Rafael Guzmán Sepúlveda

DIRIGIDA POR:

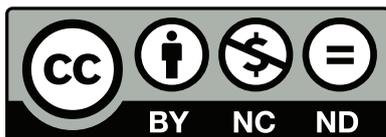
Dr. D. José Ramón de Andrés Díaz



SPICUM
servicio de publicaciones

AUTOR: Rafael Guzmán Sepúlveda

EDITA: Servicio de Publicaciones de la Universidad de Málaga



Esta obra está sujeta a una licencia Creative Commons:
Reconocimiento - No comercial - SinObraDerivada (cc-by-nc-nd):
[Http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/es](http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/es)
Cualquier parte de esta obra se puede reproducir sin autorización
pero con el reconocimiento y atribución de los autores.
No se puede hacer uso comercial de la obra y no se puede alterar,
transformar o hacer obras derivadas.

Esta Tesis Doctoral está depositada en el Repositorio Institucional de
la Universidad de Málaga (RIUMA): riuma.uma.es

JOSÉ RAMÓN DE ANDRÉS DÍAZ, TITULAR DE UNIVERSIDAD DEL ÁREA DE PROYECTOS DE INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD DE MÁLAGA

Que ha venido dirigiendo la Tesis Doctoral “ANÁLISIS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN INSTALACIONES DE ALUMBRADO PÚBLICO. INDICADOR PM2”, realizada por D. RAFAEL GUZMÁN SEPÚLVEDA. Finalizada la investigación, y conforme prescribe la ley, AUTORIZA la presentación de la Tesis de referencia, por considerar que reúne todos los requisitos formales y científicos para obtener el interesado el grado de Doctor.

Y para que conste y surta los efectos oportunos, firma el presente informe en Málaga, a tres de septiembre de dos mil doce.



SPICUM
servicio de publicaciones

Quiero agradecer desde estas líneas:

A la luz de mis días Sonia, Antonio y Rafael.

A mis padres.

***A los que apostaron por mí un medio día de verano
alrededor de una enconradiza cerveza.***

A mi director de Tesis José Ramón.

***Y a todos aquellos que en algún momento han
creído en mí.***



SPICUM
servicio de publicaciones

0. INTRODUCCIÓN	23
0.1 LA IMPORTANCIA DE LA ENERGÍA EN EL MARCO COMÚN EUROPEO..	27
0.2. LA IMPORTANCIA DEL ALUMBRADO PÚBLICO EN EL CONSUMO ENERGÉTICO	31
0.2.1. LA UNIÓN EUROPEA	31
0.2.2. ESPAÑA	34
0.2.2.1. EVOLUCIÓN ENERGÉTICA DEL ALUMBRADO PÚBLICO EN ESPAÑA	35
0.2.3. ANDALUCÍA	37
0.2.4. MÁLAGA	38
0.3. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA	40
0.4. OBJETIVOS	41
0.4.1. OBJETIVO GENERAL	41
0.4.2. OBJETIVOS PARTICULARES	41
0.5. PROCEDIMIENTO DE ANÁLISIS Y EXPERIMENTACIÓN	41
0.6. CONCLUSIONES Y PROPUESTAS	44
1. ANTECEDENTES HISTÓRICOS DEL ALUMBRADO	45
1.1. ANTECEDENTES	46
1.2. EL PRIMER SISTEMA DE ALUMBRADO PÚBLICO EN EUROPA	48
1.3. EL ALUMBRADO PÚBLICO EN ESPAÑA	51
1.4. EL ALUMBRADO PÚBLICO EN ANDALUCÍA	54
1.5. EL ALUMBRADO PÚBLICO EN MÁLAGA	57
1.5.1. MÁLAGA CAPITAL	57
1.5.2. OTROS MUNICIPIOS. EL CASO DE ANTEQUERA	59
1.6. EVOLUCIÓN HISTÓRICA DE LA NORMATIVA DE ALUMBRADO PÚBLICO EN ESPAÑA	62
1.7. CONCLUSIONES DEL CAPÍTULO	66
2. ANÁLISIS DE LOS INDICADORES DE ALUMBRADO ACTUALES	67
2.1. INTRODUCCIÓN	68
2.2. PROCEDIMIENTOS DE MEDICIÓN Y SEGUIMIENTO DE LOS EFECTOS DE LA ELECCIÓN DE UNA ADECUADA POLÍTICA EN ALUMBRADO PÚBLICO	68
2.2.1. ¿QUÉ ES UN INDICADOR?	69
2.2.2. CARACTERÍSTICAS GENERALES QUE DEBEN TENER LOS INDICADORES	70
2.2.3. INDICADORES EN ALUMBRADO PÚBLICO	70
2.2.4. UTILIDAD DE LOS INDICADORES DE ALUMBRADO PÚBLICO	72
2.2.5. RELACIÓN DE INDICADORES UTILIZADOS TRADICIONALMENTE EN ALUMBRADO PÚBLICO	73
2.2.5.1. NÚMERO DE PUNTOS DE LUZ DE UNA POBLACIÓN (Nº Ptos. luz/población).....	73

2.2.5.2. CONSUMO ELÉCTRICO ANUAL DE LAS INSTALACIONES DE ALUMBRADO PÚBLICO URBANO/POBLACIÓN TOTAL (kWh/habitante año).....	74
2.2.5.3. NÚMERO DE PUNTOS DE LUZ POR HABITANTES (Ptos. luz/habitantes).....	75
2.2.5.4. SUPERFICIE POR PUNTO DE LUZ (Superficie/pto. de luz).....	77
2.2.5.5. CONSUMO ELÉCTRICO ANUAL DE LAS INSTALACIONES DE ALUMBRADO PÚBLICO URBANO/SUPERFICIE URBANA DEL MUNICIPIO (Kw-h/m ²).....	78
2.2.5.6. GASTO POR HABITANTE (€/habitante).....	78
2.2.5.7. GASTO POR PUNTO DE LUZ (€/pto. luz).....	78
2.2.5.8. INDICADOR MAP (tep/vivienda).....	78
2.2.6. ANÁLISIS DE LOS INDICADORES ANTERIORES	80
2.2.6.1. "NÚMERO DE PUNTOS DE LUZ DE UNA POBLACIÓN".....	80
2.2.6.2. "CONSUMO ELÉCTRICO ANUAL DE LAS INSTALACIONES DE ALUMBRADO PÚBLICO URBANO/POBLACIÓN TOTAL (kWh/Habitante-año)"	81
2.2.6.3. "NÚMERO DE PUNTOS DE LUZ POR HABITANTES".....	83
2.2.6.4. "PUNTO DE LUZ POR SUPERFICIE".....	84
2.2.6.5. "CONSUMO ANUAL DE LAS INSTALACIONES DE ALUMBRADO PÚBLICO URBANO/SUPERFICIE URBANA DEL MUNICIPIO" (Kw-h/m ²).....	85
2.2.6.6. "GASTO POR HABITANTE" (€/habitante) y "GASTO POR PUNTO DE LUZ" (€/pto. de luz).....	87
2.2.6.7. "CONSUMO ELÉCTRICO UNITARIO DE ALUMBRADO PÚBLICO POR VIVIENDA" (kWh/vivienda).....	87
2.3. CONCLUSIONES DEL CAPÍTULO	88
3. PROPUESTA DE NUEVO INDICADOR	89
3.1. INTRODUCCIÓN	90
3.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	92
3.3. INDICADOR PM2. METODOLOGÍA A SEGUIR	93
3.3.1. ANÁLISIS DE LAS INSTALACIONES DE ALUMBRADO PÚBLICO	93
3.3.2. DETERMINACIÓN DEL VALOR DE REFERENCIA SEGÚN EL R.D.	95
3.4. METODOLOGÍA DEL ANÁLISIS DE CAMPO	96
3.4.1. REALIZACIÓN DE UNA BASE DE DATOS GENERAL SOBRE LAS CARACTERÍSTICAS DE LA INSTALACIÓN	96
3.4.1.1. ANÁLISIS DE LA CLASIFICACIÓN DE LAS VÍAS	98
3.4.1.2. OBTENCIÓN DE LA GEOMETRÍA DE LAS CALLES	100
3.4.1.3. CÁLCULO DE LA POTENCIA INSTALADA	101
3.4.2. OBTENCIÓN DEL VALOR DE PM2 DE CAMPO Y COMPROBACIÓN RESPECTO AL DE REFERENCIA	102
3.5. METODOLOGÍA PARA LA VERIFICACIÓN DE LA BONDAD DEL R.D. 1980/2008 Y DEFINICIÓN DE NUEVO PARÁMETRO DE REFERENCIA	103
3.5.1. ESTUDIO LUMÍNICO DE LA INSTALACIÓN ACTUAL	103
3.5.2. ESTUDIO DE PROPUESTAS ALTERNATIVAS	103
3.6. CONCLUSIONES DEL CAPÍTULO	104

4. COMPROBACIÓN DEL INDICADOR EN CASOS REALES.	106
4.1. ELECCIÓN DE LA MUESTRA.....	107
4.1.1. PLANES DE OPTIMIZACIÓN ENERGÉTICA MUNICIPAL.....	108
4.1.2. DESCRIPCIÓN DE LOS MUNICIPIOS	110
4.1.2.1. ÁLORA	110
4.1.2.1.1. Descripción y localización del municipio.....	110
4.1.2.1.2. Datos eléctricos.....	111
4.1.2.1.3. Situación del alumbrado público.....	113
4.1.2.2. CÁRTAMA	113
4.1.2.2.1. Descripción y localización del municipio.....	113
4.1.2.2.2. Datos eléctricos.....	114
4.1.2.2.3. Situación del alumbrado público.....	116
4.1.2.3. COÍN.....	117
4.1.2.3.1. Descripción y localización del municipio.....	117
4.1.2.3.2. Datos eléctricos.....	118
4.1.2.3.3. Situación del alumbrado público.....	119
4.1.2.4. PIZARRA.....	120
4.1.2.4.1. Descripción y localización del municipio.....	120
4.1.2.4.2. Datos eléctricos.....	121
4.1.2.4.3. Situación del alumbrado público.....	123
4.1.3. SITUACIÓN ACTUAL DE LAS INSTALACIONES.....	124
4.1.3.1. ÁLORA.....	124
4.1.3.2. CÁRTAMA	124
4.1.3.3. COÍN	125
4.1.3.4. PIZARRA	125
4.2. VALIDACIÓN DE LOS DIFERENTES ASPECTOS DEL INDICADOR	125
4.2.1. VALIDACIÓN DEL INDICADOR PM2	125
4.2.1.1. PM2 VERSUS PM2 _{R.D.}	125
4.2.1.2. ANÁLISIS DE LOS VALORES LUMINOTÉCNICOS EN CAMPO	137
4.2.1.2.1. Calle de Atrás	137
4.2.1.2.2. Calle Azahar	140
4.2.1.2.3. Avda. Pablo Ruiz Picasso	141
4.2.1.4. CONCLUSIONES	143
4.2.2. VALIDACIÓN DE LA MONDAD DE LOS VALORES DE REFERENCIA PM2 _{R.D.}	143
4.2.2.1. COMPROBACIÓN DE LA BONDAD DE LOS VALORES DE REFERENCIA. PROPUESTAS DE MEJORA.....	144
4.2.2.2. RESUMEN DE LAS PROPUESTAS.....	158
4.2.3. RESUMEN DEL APARTADO 4.4.....	160
4.3. EXTRAPOLACIÓN DEL PROCESO AL MUNICIPIO DE ÁLORA	160
4.3.1. ANÁLISIS DE LA CLASE DE ALUMBRADO	161
4.3.2. ANÁLISIS DEL ANCHO DE VÍA	164
4.3.3. ANÁLISIS DE LA CLASE DE ALUMBRADO VS. ANCHO DE VÍA.....	166
4.3.4. ANÁLISIS ENERGÉTICO	171
4.4. EXTRAPOLACIÓN A OTROS MUNICIPIOS	175
4.5. CONCLUSIONES DEL CAPÍTULO	178

5. CONCLUSIONES	180
5.1. INTRODUCCIÓN.....	181
5.2. CONCLUSIONES.....	181
5.2.1. CONCLUSIONES RELATIVAS A LA INTRODUCCIÓN.....	181
5.2.2. CONCLUSIONES RELATIVAS AL CAPÍTULO 1	182
5.2.3. CONCLUSIONES RELATIVAS AL CAPÍTULO 2	183
5.2.4. CONCLUSIONES RELATIVAS AL CAPÍTULO 3	184
5.2.5. CONCLUSIONES RELATIVAS AL CAPÍTULO 4	185
5.2.6. CONCLUSIONES GENERALES	186
5.3. LÍNEAS FUTURAS DE INVESTIGACIÓN	186

IMÁGENES

<i>Imagen 1.1. París de noche</i>	48
<i>Imagen 2.1. Calles dimensiones similares</i>	82
<i>Imagen 2.2. Calles similares distinto uso</i>	85
<i>Imagen. 4.1. Situación del Valle del Guadalhorce dentro de la provincia de Málaga</i>	107
<i>Imagen 4.2. Situación de Álora</i>	110
<i>Imagen 4.3. Situación de Cártama</i>	114
<i>Imagen 4.4. Situación de Coín</i>	117
<i>Imagen 4.5. Situación de Pizarra</i>	121
<i>Imagen 4.6. Calle de Atrás, Álora</i>	138
<i>Imagen 4.7.Luminarias Calle de Atrás, Álora</i>	138
<i>Imagen 4.8. Calle Azahar, Álora</i>	140
<i>Imagen 4.9.Luminarias Calle de Atrás, Álora</i>	141
<i>Imagen 4.10. Avda. Pablo Ruiz Picasso, Álora</i>	142
<i>Imagen 4.11.Clasificación de la vías y niveles exigidos por el R.D. 1890/2008</i>	145
<i>Imagen 4.12. Luminaria mod. FC6WB</i>	146
<i>Imagen 4.13. Luminaria mod. 3508/STU</i>	149
<i>Imagen 4.14. Luminaria mod. JARGEAU</i>	152
<i>Imagen 4.15. Luminaria mod. FO2MP</i>	155



SPICUM
servicio de publicaciones

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 0.1: Final energy consumption, EU-27, 2008 (% of total, based on tonnes of oil equivalent)	31
Gráfica 0.2 : Evolución del consumo de electricidad en alumbrado	32
Gráfica 0.3: Gasto Eléctrico en alumbrado (kWh/año)	33
Gráfica 0.4: Distribución de consumo de energía final en el sector servicios públicos	35
Gráfica 0.5: Evolución del consumo de A.P. en España	36
Gráfica 0.6: Reparto de los consumos de energía final en un ayuntamiento en Andalucía	38
Gráfica 0.7. Distribución de consumos eléctricos por tipologías	38
Gráfica 0.8: % de consumo eléctrico en la provincia de Málaga por tipología	39
Gráfica 0.9: Esquema de trabajo	42
Gráfica 2.1.: Consumo comprobado de corriente para alumbrado en Europa	71
Gráfica. 2.2: Evolución del consumo eléctrico en el uso del alumbrado exterior y evolución del número de viviendas de 2004 hasta 2010	79
Gráfica 4.1. Esquema del desarrollo del PAEM	109
Gráfica 4.2. Consumo energético según uso Álora	112
Gráfica 4.3.: Coste eléctrico según uso Álora	112
Gráfica 4.4. Porcentaje por tipología de fuentes de luz en Álora	113
Gráfica 4.5.: Consumo energético según uso Cártama	115
Gráfica 4.6.: Coste eléctrico según uso Cártama	116
Gráfica 4.7. Porcentaje por tipología de fuentes de luz en Cártama	116
Gráfica 4.8.: Coste energético según uso Coín	119
Gráfica 4.9. Coste energético según uso Coín	119
Gráfica 4.10. Porcentaje por tipología de fuentes de luz en Coín	120
Gráfica 4.11.: Coste energético según uso Pizarra	122
Gráfica 4.12.:Coste eléctrico según uso Pizarra	122
Gráfica 4.13. Porcentaje por tipología de fuentes de luz en Pizarra	123
Gráfica 4.14.: Relación porcentual entre el consumo energético y el indicador PM2	135
Gráfica 4.15.: Porcentaje en función clase de alumbrado Álora	161
Gráfica 4.16.: Porcentaje en función clase de alumbrado Cártama	162
Gráfica 4.17.: Porcentaje en función clase de alumbrado Coín	162
Gráfica 4.18.: Porcentaje en función clase de alumbrado Pizarra	163
Gráfica 4.19. Clasificación de las calles en función de su anchura, Álora.....	164
Gráfica 4.20. Clasificación de las calles en función de su anchura, Cártama	164
Gráfica 4.21.: Clasificación de las calles en función de su anchura, Coín	165
Gráfica 4.22.: Clasificación de las calles en función de su anchura, Pizarra .	165
Gráfica 4.23. Relación de PM2 con PM2 _{R.D.} y PM2 _R	172



SPICUM
servicio de publicaciones

TABLAS

Tabla 0.1: OPEC crude oil production, according to selected secondary sources, 2007–11	28
Tabla 0.2: Origen de las importaciones de energía, UE27	29
Tabla 0.3: Consumo por habitante al año, 1996/2004	36
Tabla 0.4: Consumo por habitante al año,2005/2007	37
Tabla 1.1: Comparativa de alumbrado público de gas y electricidad	50
Tabla 1.2: Alumbrado público en las capitales de Europa. Elaboración propia	51
Tabla 1.3: Poblaciones con alumbrado público de electricidad en Andalucía (1906-1933)	55
Tabla 1.4: Tamaño demográfico de las poblaciones andaluzas con fábricas de electricidad para alumbrado público en 1906	56
Tabla 1.5: Tamaño demográfico de las poblaciones andaluzas con fábricas de electricidad para alumbrado público en 1933	56
Tabla 2.1: Puntos de luz por habitantes en regiones españolas	76
Tabla 2.2: Extensión por punto de luz	77
Tabla 2.3: Características de C/ Matadero y C/ La Feria en Coín	85
Tabla 2.4: Comparación entre las poblaciones de Fuengirola y Mijas	86
Tabla 2.5 : Grado de cumplimiento entre los indicadores existentes y las exigencias para indicadores de alumbrado público	88
Tabla 3.1: Relación potencia superficie para las instalaciones de alumbrado vial funcional	95
Tabla 3.2: Relación potencia superficie para las instalaciones de alumbrado vial ambiental	96
Tabla 4.1. Datos POE´s municipios de estudio	109
Tabla 4.2. Consumo y coste eléctrico Álora	112
Tabla 4.3. Consumo y coste eléctrico Cártama	115
Tabla 4.4. Consumo y coste eléctrico Coín	118
Tabla 4.5. Consumo eléctrico Pizarra	122
Tabla 4.6.: Relación de calles, superficies, potencia total instalada	126
Tabla 4.7.:Clasificación de la vía según R.D. 1890/2008-PM2 _{R.D}	129
Tabla 4.8.: PM2, PM2 _{R.D.} y % de uno respecto del otro	132
Tabla 4.9. Tipo de vía y clase de alumbrado	137
Tabla 4.10. Medidas de campo calle de Átras	139
Tabla 4.11. Medidas de campo calle Azahar	141
Tabla 4.12.: Medidas de campo Avda. Pablo Ruiz Picasso	142
Tabla 4.13. Exigencias R.D. vs. propuesta 1	147
Tabla 4.14. Datos económicos 1 caso 1	147
Tabla 4.15. Datos económicos 2 caso 1	148
Tabla 4.16. Tabla de amortización del caso 1	148
Tabla 4.17. Exigencias R.D. vs. propuesta 2	149

Tabla 4.18. Datos económicos 1 propuesta 2	150
Tabla 4.19. Datos económicos 2 propuesta 2	150
Tabla 4.20. Tabla de amortización del caso 2	151
Tabla 4.21. Exigencias R.D. vs. propuesta 3	152
Tabla 4.22. Datos económicos 1 propuesta 3	153
Tabla 4.23. Datos económicos 2 propuesta 3	153
Tabla 4.24. Tabla de amortización del caso 3	154
Tabla 4.25. Exigencias R.D. vs. propuesta 4	155
Tabla 4.26. Datos económicos 1 propuesta 4	156
Tabla 4.27. Datos económicos 2 propuesta 4	156
Tabla 4.28. Tabla de amortización del caso 4	157
Tabla 4.29. Comparación entre propuestas desde el punto de vista lumínico	158
Tabla 4.30. Comparación entre propuestas desde el punto de vista de energético	159
Tabla 4.31. Comparación entre propuestas desde el punto de vista económico	159
Tabla 4.32.: Porcentaje de clase de alumbrado en los municipios objeto de estudio	163
Tabla 4.33.: Porcentaje del ancho de vía en los municipios estudiados	166
Tabla 4.34. Clasificación de las calles de Álora en función de su anchura y clase de alumbrado	166
Tabla 4.35. Ancho de vía vs. clase de alumbrado	169
Tabla 4.36. Comparación de parámetros entre calle de Atras y Sta. Argentea	171
Tabla 4.37. Valores energéticos	171
Tabla 4.38. Consumo energético de las diversas vías	173
Tabla 4.39. Consumo energético anual con la nueva instalación	174
Tabla 4.40. Ahorro energético anual en el conjunto de calles	174
Tabla 4.41. Número de vías D3-S2	176
Tabla 4.42. Número de vías D3-S2 en función de su anchura	176
Tabla 4.43. Ahorro conseguido al sustituir por las luminarias de la propuesta	176
Tabla 4.44. Ahorro conseguido al sustituir por las luminarias de la propuesta	177
Tabla 4.45. Ahorro conseguido al sustituir por las luminarias de la propuesta	178
Tabla 4.46. Resumen para los cuatro municipios	178
Tabla 6.1 : Grado de cumplimiento entre los indicadores existentes y las exigencias para indicadores de alumbrado público	184

**“y cuando Eos, la de los dedos de color
de rosa, asomaba tras el horizonte...”**

Homero, La Odisea

RESUMEN

En la presente Tesis Doctoral comenzaremos por analizar el estado actual e histórico del alumbrado público, lo que nos permitirá comprobar como con el paso del tiempo los problemas que se les plantean a los ayuntamientos (responsables principales de estas instalaciones) no han cambiado, y como una de las posibles soluciones es externalizar la gestión de estas instalaciones.

A partir de esta introducción histórica fijaremos el objetivo de la Tesis Doctoral, que consistirá en proponer un indicador que permita comparar las instalaciones de alumbrado público, independientemente de los condicionantes que sobre ellas confluyan, y que posibilite establecer un lenguaje común entre los diversos interlocutores (ayuntamiento, instaladores, empresas de servicios energéticos,...).

Para ello se han combinado el trabajo de campo, en el que se han realizado mediciones lumínicas y de geometría de las calles, con el de gabinete, en donde todos los datos han sido analizados y comparados con los obtenidos mediante programas de cálculo. Esto nos ha permitido tomar decisiones acerca de la calidad de la iluminación existente, del grado de exigencia del R.D. 1890/2008 y de las necesidades reales de las instalaciones evaluadas.

Todo este trabajo, es lo que se ha tratado de plasmar en los capítulos que a continuación se presentan.

En el capítulo 0, *Introducción*, se justifica la necesidad del ahorro energético y se justifica la necesidad de buscar un indicador representativo que permita tomar decisiones de manera fiable.

En el capítulo 1, *Antecedentes históricos del alumbrado*, se realiza una introducción histórica al alumbrado público y se realiza una breve recopilación de la normativa existente que le es de aplicación.

En el capítulo 2, *Análisis de los indicadores de alumbrado actuales*, se define que es un indicador, se estudian los indicadores actuales que se utilizan para comparar alumbrados públicos y se comparan con los requisitos que debe tener un indicador de alumbrado público. Se contrastan con ejemplos dichos indicadores y se les realiza una crítica a su validez.

En el capítulo 3, *Propuesta de nuevo indicador*, se usan las fórmulas de Eficiencia Energética del R.D. 1890/2008, y se propone un nuevo indicador al que llamamos PM2. Dicho lo vamos a usar por un lado para analizar el estado actual desde el punto de vista energético de las instalaciones, y por otro lado para verificar la bondad de los valores de eficiencia energética recogidos en el R.D. 1890/2008.

En el capítulo 4, *Comprobación del indicador en casos reales*. Se realiza una comparativa entre los valores (PM2) obtenidos para cuatro poblaciones con los valores de referencia PM2_{R.D.} (Real Decreto) y PM2_R (Referencia) producto de las diferentes propuestas que se han estudiado, dando lugar a una serie de conclusiones, que nos verifican:

- que los valores de referencia de la eficiencia energética del R.D. están muy por encima de los que pueden obtenerse con la tecnología actual a nuestra disposición,
- y que el indicador propuesto, es válido y sirve para tomar decisiones concretas sobre qué instalaciones de alumbrado público susceptibles de mejorarse desde el punto de vista de su eficiencia energética.

El capítulo 5, *Conclusiones*, se presentan las conclusiones correspondientes a la Tesis y se plantean las líneas futuras de investigación.

Para finalizar con la Bibliografía, donde se presentan un listado con los datos básicos de los artículos científicos, informes, estudios monográficos, etc., consultados a lo largo del documento.

*“y cuando Eos, la de los dedos de color
de rosa, asomaba tras el horizonte...”
Homero, La Odisea*

SUMMARY

In this Doctoral Thesis we will begin by analysing the present and historical state of the public street lighting, which will enable us to confirm how, with the passing of time, the problems that town councils (the main authorities which are responsible for these facilities) come up against have not changed, and how one of the possible solutions is to outsource the management of these installations.

From this historical introduction we will establish the aim of the Doctoral Thesis, which will consist of proposing an indicator that allows comparing street lighting facilities, whatever the determinants that may concur on them, and which makes possible to establish a common language among the different actors involved (town council, installers, energy service companies, regional governments, etc.).

To achieve this, the field work, in which light and street geometry measurements have been carried out, has been combined with the department work, in which all the data have been analysed and compared with those obtained through calculation software. This has enabled us to make decisions about the quality of the existing lighting, the level of efficiency requirements of the R.D. 1890/2008 and the real needs of the facilities that have been evaluated.

All this work has been attempted to be shaped in the chapters that are outlined below.

In Chapter 0, *Introduction*, in this chapter is justified the need for energy saving and the need to look for an indicator which may allow making decisions in a reliable way.

In Chapter 1, *Historical Background of Public Street Lighting*, here it is carried out a historical introduction of public street lighting and a brief study on the existing regulations which affects these facilities.

In Chapter 2, *Analysis of the Current Indicators of Street Lighting*, is defined what an indicator is, It is also studied the current existing indicators used to compare public street lighting, and they are compared with the requirements that must be met by an indicator of street lighting. An analysis of their validity is carried out too.

In Chapter 3, *Proposal of New Indicator*, is established a new indicator which we call PM2. That indicator is used on the one hand to analyse the present state of the facilities from an energy point of view and, on the other hand to verify the helpfulness of the energy efficiency restrictions of R.D. 1890/2008.

In Chapter 4, *Indicator Verification in Real Cases*. A comparative study is carried out between the indicator values (PM2) obtained for four towns with the reference values (PM2_{R.D.} and PM2_R) obtained from the various proposals that have been studied. This gives rise to a series of conclusions which conclude: on the one hand that the values of reference obtained from the R.D. are far above the values we can obtain with the actual current technology at our disposal,

and on the other hand that the proposed indicator is valid and suitable for making specific decisions on the actual state and the guidelines to improve the facilities.

In Chapter 5, *Conclusions*, the corresponding conclusions to the Thesis are made and the future research lines are proposed.

Bibliographic References, a list is given with the basic of the scientific articles, reports, monographic studies, etc. which have been consulted throughout the Thesis elaboration.

0. INTRODUCCIÓN



SPICUM
servicio de publicaciones

“A pesar de que el sol se haya ido, tengo una luz”

Kurt Cobain

0. INTRODUCCIÓN.

En los orígenes del alumbrado público solo se pretendía prolongar el día. Con el paso del tiempo éste se ha convertido en un motor de desarrollo de nuestras ciudades. A los usuarios de este servicio, ya no les basta con tener suficiente luz para desarrollar sus tareas, sino que pretenden que se tengan en cuenta otra serie de factores que hagan a sus ciudades más amigables. Esto ha provocado que se deban tener en consideración no solo criterios tecnológicos a la hora de diseñar este tipo de instalaciones, sino también de tipo estético, de calidad de la iluminación, color,... que permitan que el alumbrado esté integrado en la tipología de ciudad que se pretende conseguir.

Por otro lado, no debemos olvidar que para un municipio el alumbrado público es usualmente la instalación de mayor coste energético, por lo que todo lo exigido anteriormente deberá ir acompañado por un diseño que tenga en cuenta los siguientes parámetros:

- El consumo ha de ser acorde al servicio prestado.
- Las instalaciones deben ser respetuosas con el medio ambiente.
- El coste debe poder ser asumible y razonable.

Antiguamente el diseño de instalaciones de alumbrado solo se había abordado desde la perspectiva de la cantidad de luz, sin importar el coste energético que su propietario contrae con su montaje, ni las repercusiones medioambientales. Sin embargo en la situación actual de crisis económica y gracias a la concienciación de los usuarios, estos factores han pasado a tener gran importancia, por lo que la gestión y el período de explotación también cobran su relevancia.

Según el profesor San Martín refiriéndose al diseño de instalaciones de alumbrado público:

“Un enfoque más global considera además el ciclo de vida completo, donde operación, gestión, mantenimiento, consumo energético, eliminación, etc. Están involucrados y relacionados. Bajo esta óptica se deben considerar una serie de aspectos de los cuales destacamos los siguientes:

- *Condiciones de iluminación y régimen de funcionamiento adecuadas.*
- *Selección de los sistemas técnicos eficientes.*
- *Dimensionamiento y cálculo considerando la depreciación y la política de mantenimiento a implementar”.*

[San Martín, R y otros, 1998].

Precisamente estos tres enfoques a los que se refería el profesor San Martín, junto a la entrada en vigor de normas como el R.D. 1890/2008, los Reglamentos de Contaminación Lumínica de las propias comunidades autónomas, las ordenanzas municipales, etc., obligan a los ayuntamientos a invertir un dinero que no tienen en actualizar sus instalaciones. Esto ha dado lugar a la aparición de las llamadas Empresas de Servicios Energéticos (ESE). Estas empresas se presentan como una forma de poder afrontar los cambios y mejoras necesarias en el alumbrado público, a cambio de que los ayuntamientos cedan dichas instalaciones durante un número suficiente de años, que les permitan a estas empresas mejorar los rendimientos y obtener beneficios, antes de devolverla a sus propietarios.

¿Qué es una ESE?

Según la definición de la Directiva 2006/32/CE de 5 de abril sobre la eficiencia del uso final de la energía y los servicios energéticos:

“la Empresa de Servicios Energéticos es la persona física o jurídica que proporciona servicios energéticos o de mejora de la eficiencia energética en las instalaciones o locales de un usuario y afronta cierto grado de riesgo económico al hacerlo. El pago de los servicios prestados se basará (en parte o totalmente)

Análisis de Eficiencia Energética en Instalaciones de Alumbrado Público. Indicador PM2.

en la obtención de mejoras de la eficiencia energética y en el cumplimiento de los demás requisitos de rendimiento convenidos”.

La idea parece magnífica, ya que a priori todos se benefician, pero es muy importante redactar pliegos de condiciones que obligue a estas entidades a mejorar la eficiencia energética de nuestros municipios sin menoscabo de la calidad de nuestras instalaciones.

En este sentido el Instituto para la Ahorro y la Diversificación de la Energía (IDAE) se ha decantado por la potenciación de estas sinergias empresa-ayuntamiento. Prueba de ello son las experiencias realizadas en los municipios de Alcorcón y Soto del Real, ambas en la comunidad de Madrid, que pueden servir de base para futuros contratos.

El texto presentado a continuación inciden en la idea que venimos desarrollando

"El ahorro y la eficiencia energética son una herramienta fundamental para alcanzar, en las próximas décadas, los objetivos ambiciosos de un sistema energético más seguro, competitivo y sostenible, con un enorme recorrido en España, debido a nuestra estructura económica y demanda energética. Los servicios energéticos que ofrecen soluciones integradas de ahorro y eficiencia a un coste razonable, son una gran oportunidad para el desarrollo de actividades innovadoras en el ámbito empresarial bajo un nuevo modelo de negocio"
[Enrique Jiménez Larrea, Ex Director General del IDAE, en la presentación del programa Ejecutivo en Empresas de Servicios Energéticos (ESEs) Madrid. [EOI,2012].

0.1. LA IMPORTANCIA DE LA ENERGÍA EN EL MARCO COMÚN EUROPEO

El aumento de los precios de la energía, así como la fuerte dependencia de las importaciones llevan a la Comunidad Económica Europea a establecer una nueva política energética.[Libro verde de la Energía, 2001].

Esta política se basará en tres principios fundamentales:

- a. La sostenibilidad.
- b. La seguridad en el abastecimiento.
- c. La competitividad.

a. La sostenibilidad, en Europa el consumo energético, es responsable del 80% de las emisiones de gases de efecto invernadero.

b. La seguridad en el abastecimiento.

La fuerte dependencia de las importaciones sobre todo de gas y petróleo, sumado a la inestabilidad habitual en los países exportadores, hace fundamental la reducción en su consumo.

Más de la mitad de la energía de la Unión Europea (UE) proviene de países de fuera de la Unión, y esta proporción va en aumento. Gran parte de esta energía proviene de Rusia, cuya disputas con los países de tránsito han interrumpido el suministro en los últimos años. Por ejemplo, entre el 6 y el 20 de enero de 2009, se interrumpió el paso del gas ruso a través de Ucrania, con las consecuencias negativas para la UE, que padeció falta de abastecimiento. [Eurostat yearbook 2011]

Pero, no solo los conflictos entre los países del Este europeo ponen en peligro el abastecimiento, solo hay que ver la tabla de los países exportadores de crudo para saber que las zonas de donde se extrae, no están exentas de conflictos.

	2007	2008	2009	2010	1Q11	2Q11	3Q11	4Q11	2011	11/10	Average change
Algeria	1,358	1,377	1,268	1,250	1,246	1,244	1,241	1,230	1,240	-10	
Angola	1,660	1,871	1,780	1,783	1,665	1,548	1,675	1,763	1,663	-120	
Ecuador	507	503	477	475	490	490	486	494	490	15	
IR Iran	3,855	3,892	3,725	3,706	3,656	3,658	3,607	3,563	3,621	-85	
Iraq	2,089	2,341	2,422	2,401	2,652	2,665	2,682	2,669	2,667	266	
Kuwait	2,464	2,554	2,263	2,297	2,374	2,483	2,597	2,690	2,537	240	
Libya	1,710	1,718	1,557	1,559	1,096	153	47	562	462	-1,098	
Nigeria	2,125	1,947	1,812	2,061	2,087	2,144	2,183	2,026	2,110	49	
Qatar	807	839	781	801	807	807	808	810	808	7	
Saudi Arabia	8,654	9,113	8,051	8,271	8,707	9,081	9,629	9,653	9,271	1,000	
UAE	2,504	2,557	2,256	2,304	2,441	2,519	2,551	2,557	2,517	213	
Venezuela	2,495	2,557	2,394	2,338	2,383	2,375	2,391	2,371	2,380	42	
Total OPEC	30,228	31,270	28,785	29,246	29,606	29,165	29,897	30,387	29,766	520	

Tabla 0.1: OPEC crude oil production, according to selected secondary sources, 2007–11. Fuente: OPEC Annual Report 2011.

Debemos tener en cuenta que alrededor del proceso de explotación de un bien tan vital para la economía global, se conjuntan adicionalmente, al proceso básico de oferta y demanda una serie de aspectos, entre los que se tienen los culturales, políticos, geopolíticos, militares, religiosos, entre otros. Además del aspecto de las repercusiones económicas que conlleva la conjunción de todos estos elementos en el escenario mundial.

Si a todo lo mencionado con anterioridad, añadimos que el Medio Oriente sigue siendo una zona prioritaria en relación al petróleo, especialmente cuando se habla de reservas. La magnitud de los yacimientos petrolíferos de Arabia Saudita e Irak hace que los del resto del mundo parezcan pequeños. [Ibarra, M y otros.2005]. Está clara, la necesidad de reducir la dependencia energética europea, ya que estamos en manos de un producto que se extrae fundamentalmente en una zona en continuos conflictos, y que depende de situaciones como las acaecidas recientemente en Libia, cuyo caos político amenazó las importaciones a Europa.

A continuación se muestra una tabla sobre la dependencia de Europa a la importación de energía:

Análisis de Eficiencia Energética en Instalaciones de Alumbrado Público. Indicador PM2.

Hard coal									
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Russia	7.9	9.8	11.4	12.6	17.6	21.2	22.5	22.6	23.7
South Africa	21.2	23.2	26.8	27.1	23.4	22.7	21.5	18.5	15.3
United States	10.8	9.5	7.0	6.0	6.7	6.9	7.0	8.4	12.8
Colombia	12.3	10.7	10.6	10.9	10.7	10.6	10.6	11.7	11.1
Australia	15.1	13.9	14.6	14.7	13.4	11.9	11.0	12.0	10.8
Indonesia	4.8	4.8	5.7	6.1	6.1	6.5	8.5	7.1	6.7
Canada	3.4	3.3	2.7	1.8	1.9	2.9	2.5	2.9	2.4
Ukraine	1.1	1.4	1.7	1.1	1.9	1.8	1.3	1.5	1.9
Venezuela	1.8	1.4	1.7	2.4	1.0	0.9	0.8	1.0	0.9
Others	21.6	22.1	17.9	17.2	17.1	14.6	14.2	14.5	14.5
Crude oil									
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Russia	18.7	22.7	26.1	28.1	30.0	29.9	30.4	30.4	29.0
Norway	19.3	17.9	17.4	17.5	17.3	15.5	14.3	13.8	14.0
Libya	7.6	7.3	6.6	7.6	7.9	8.1	8.5	9.1	9.3
Saudi Arabia	10.8	9.5	9.0	10.1	10.2	9.7	8.2	6.6	6.3
Iran	5.9	5.2	4.4	5.7	5.7	5.6	5.8	5.6	5.0
Kazakhstan	1.6	1.5	2.3	2.6	3.5	4.2	4.3	4.4	4.6
Nigeria	3.7	4.3	3.1	3.8	2.4	3.0	3.2	2.5	3.7
Iraq	5.2	3.4	2.7	1.4	2.0	2.0	2.7	3.1	3.1
Azerbaijan	0.6	0.8	0.9	0.9	0.8	1.1	1.9	2.6	2.7
Others	26.6	27.4	27.5	22.3	20.1	21.0	20.7	22.0	22.2
Natural gas									
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Russia	40.4	38.5	36.7	37.2	35.9	34.5	33.0	31.7	31.5
Norway	17.4	18.6	21.3	21.0	20.3	20.7	21.4	23.2	24.1
Algeria	19.6	17.0	17.2	16.4	14.8	15.3	13.8	12.7	12.4
Nigeria	1.5	1.9	1.8	2.6	3.0	3.0	3.6	3.9	3.3
Libya	0.3	0.3	0.2	0.2	0.3	1.4	2.1	2.5	2.5
Egypt	0.1	0.2	0.7	0.6	1.2	1.3	1.5	1.8	1.8
Qatar	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.4	2.1	1.5	1.4
Trinidad and Tobago	0.3	0.2	0.2	0.0	0.0	0.2	1.1	0.7	1.4
Croatia	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.2	0.2
Others	20.4	23.3	22.1	21.9	24.4	22.2	21.2	21.8	21.4

Tabla 0.2: Origen de las importaciones de energía, UE27. Fuente: Eurostat yearbook 2011

c. La competitividad

La UE se ve cada día más expuesta a la volatilidad de los precios, al aumento de estos últimos en los mercados internacionales de la energía y a las consecuencias de la progresiva concentración de las reservas de hidrocarburos en unas pocas manos. La preocupación por este problema viene de lejos, ya en 1955 se advertía:

“Si el precio del petróleo aumentara a 100 dólares por barril en 2030, la factura de importación de energía en la UE aumentaría en unos 170.000 millones de euros, lo que supone para cada ciudadano un incremento anual de 350 euros”.

[Declaración de Messina, 1955]

¿Cuáles son los objetivos estratégicos de referencia para la Política Energética Europea actual?

- A. Luchar contra el cambio climático.
- B. Limitar la vulnerabilidad exterior de la UE frente a la importación de hidrocarburos.
- C. Promover el crecimiento y el empleo, garantizando así una energía a buen precio y de abastecimiento seguro en beneficio del consumidor.
- D. Para ello en enero de 2007, la Comisión Europea realizó una Comunicación [COM (2007)], que propone una nueva política energética europea, con el objetivo de la lucha contra el cambio climático e impulsar la seguridad energética de la UE y la competitividad mediante el desarrollo de un mundo más sostenible y una economía baja en carbono. Basándose en la propuesta de la Comisión Europea, el Consejo Europeo aprobó los siguientes objetivos en marzo de 2007: [Eurostat yearbook 2011].
 - Reducir las emisiones de gases de efecto invernadero al menos el 20% para el 2020¹.
 - Mejorar la eficiencia energética en un 20% para el 2020
 - Aumentar la cuota de energía renovable en el consumo final de energía 20% para el 2020.
 - Aumentar la cuota de fuentes de energía renovables en un 10% en el combustible utilizado por el sector del transporte en 2020.

Estas premisas van a dar lugar a un incremento normativo en todos los sectores incluidos el alumbrado público, con el fin de mejorar la eficiencia energética de las instalaciones y de esta manera poder cumplir los objetivos marcados. Sirva como ejemplo la publicación del R.D. 1890/2008, un año después.

¹ En comparación con los niveles de 1990

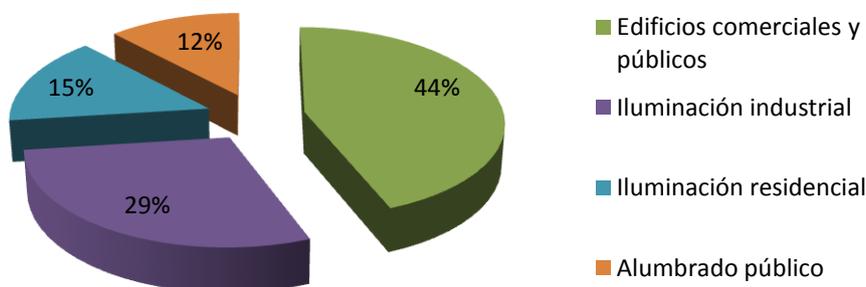
0.2. LA IMPORTANCIA DEL ALUMBRADO PÚBLICO EN EL CONSUMO ENERGÉTICO

0.2.1. LA UNIÓN EUROPEA

Según los datos expuestos en The Energy Climate Technology 2008, por el Secretario General de la International Union for Electricity applications (UIE) en su exposición "A look ahead at energy-efficient electricity applications in a modern world", en la Comunicad Económica Europea en el año 2005, del total del consumo energético en electricidad, la iluminación supuso el 19%, del que:

- Edificios comerciales y públicos suponen el 44%
- Iluminación en la industria el 29%
- Iluminación residencial el 15%
- Alumbrado público el 12%²

Consumo total Electricidad en Europa año 2005 = 2.651 TWh
Consumo electricidad para alumbrado= 19%



Gráfica 0.1: Final energy consumption, EU-27, 2008 (% of total, based on tonnes of oil equivalent).

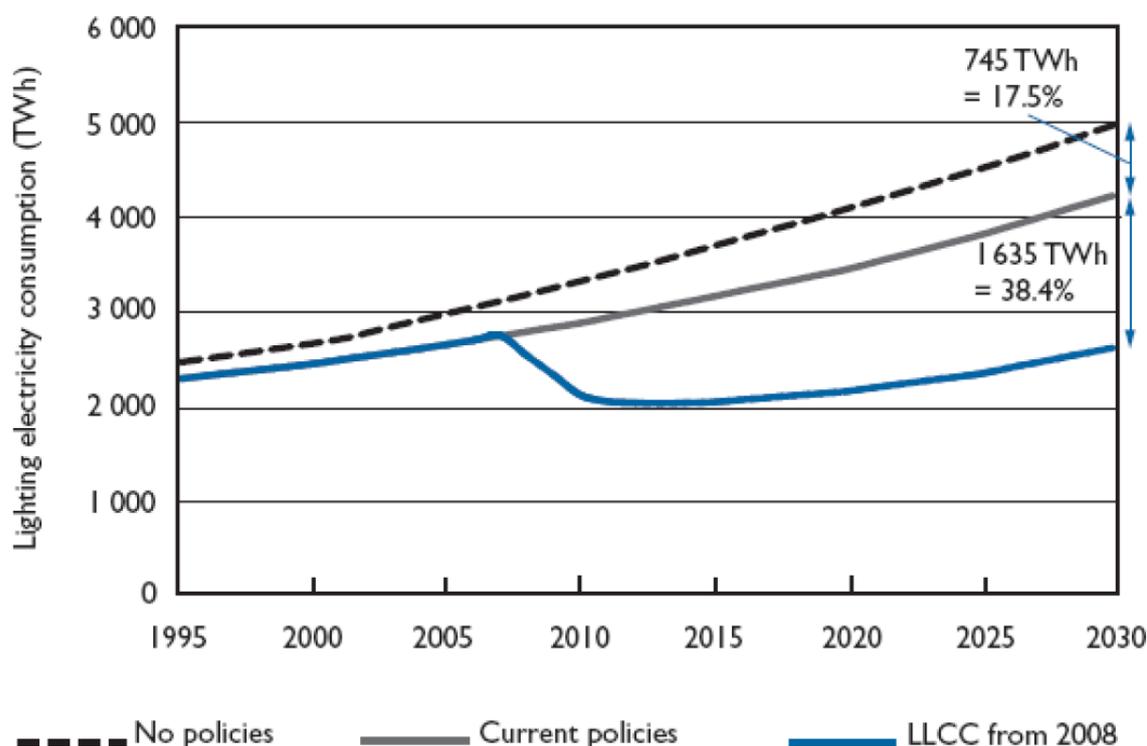
Fuente: Elaboración propia a partir de Eurostat yearbook 2011.

² El 2,28% del consumo energético en electricidad de la Comunidad Económica Europea

Lo que supone que el consumo eléctrico en Europa en concepto de alumbrado público ascendió a 60,44 TWh año.

Estos datos concuerdan por los ofrecidos en el Project Report, 2008 que establece la cantidad de 59,76 TWh año.

A continuación se muestra la evolución esperada en el consumo de electricidad en iluminación en la zona europea.



LLCC= Least Life-Cycle Cost (ANÁLISIS DEL CICLO DE VIDA)

Gráfica 0.2 : Evolución del consumo de electricidad en alumbrado. Fuente: International Energy Agency.

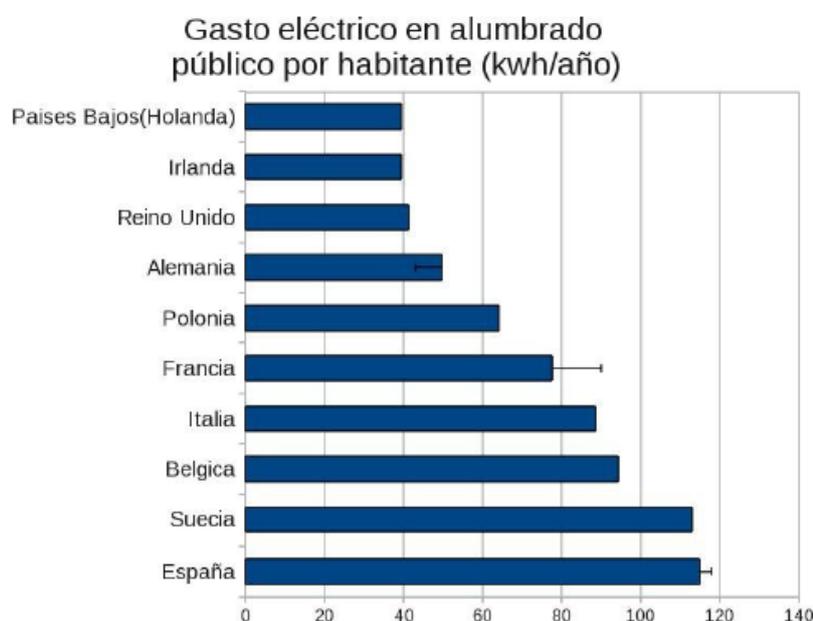
En la gráfica podemos observar:

- La línea discontinua que nos indica la tendencia en el consumo energético del alumbrado en Europa.
- La línea gris continua nos indica como se reducen los costes con políticas encaminadas a la utilización de tecnologías eficientes (lámparas, balastos, ...).

Análisis de Eficiencia Energética en Instalaciones de Alumbrado Público. Indicador PM2.

- La línea azul continua nos indica como se reducen los costes al tener en cuenta el ciclo de vida de estas tecnologías eficientes. El coste inicial de estas tecnologías es mayor, pero a largo plazo se compensa por la reducción en el consumo energético, averías, mantenimiento, reciclaje,...

Si analizamos los datos obtenidos por la Universidad Complutense de Madrid [UCM, 2011] se observa como España está a la cabeza del consumo en alumbrado público a nivel europeo, casi triplicando el de países con menos horas de luz solar como Alemania.³ España consume en alumbrado público del orden de 115 kWh por habitante y año, mientras que en Alemania es de 45 kWh por habitante y año.



Gráfica 0.3: Gasto Eléctrico en alumbrado (kWh/año). Fuente: Grupo de estudio de Contaminación Lumínica de la UCM⁴.

³ Fábregas, director general de la fundación Gas Natural FENOSA, achaca ese altísimo nivel de consumo a la falta de eficiencia en nuestras instalaciones y el alto nivel lumínico al que está sometido el español a lo largo del día.

⁴ Dirección de comunicación. Nota de prensa. 3 de marzo de 2011. Universidad Complutense de Madrid.

0.2.2. ESPAÑA

En España según el Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, en su plan de Acción 2008/12:

El Sector Servicios Públicos está marcado, dentro del contexto energético, por las instalaciones de alumbrado público y de suministro de agua a la población, entendiendo por alumbrado público las instalaciones de iluminación de carreteras, viales y calles, y el alumbrado ornamental; y por suministro de agua las instalaciones de potabilización y abastecimiento a los municipios y las de depuración de sus aguas residuales.

En lo que respecta al alumbrado público, la problemática de la gestión energética de estas instalaciones, viene derivada fundamentalmente por las siguientes realidades:

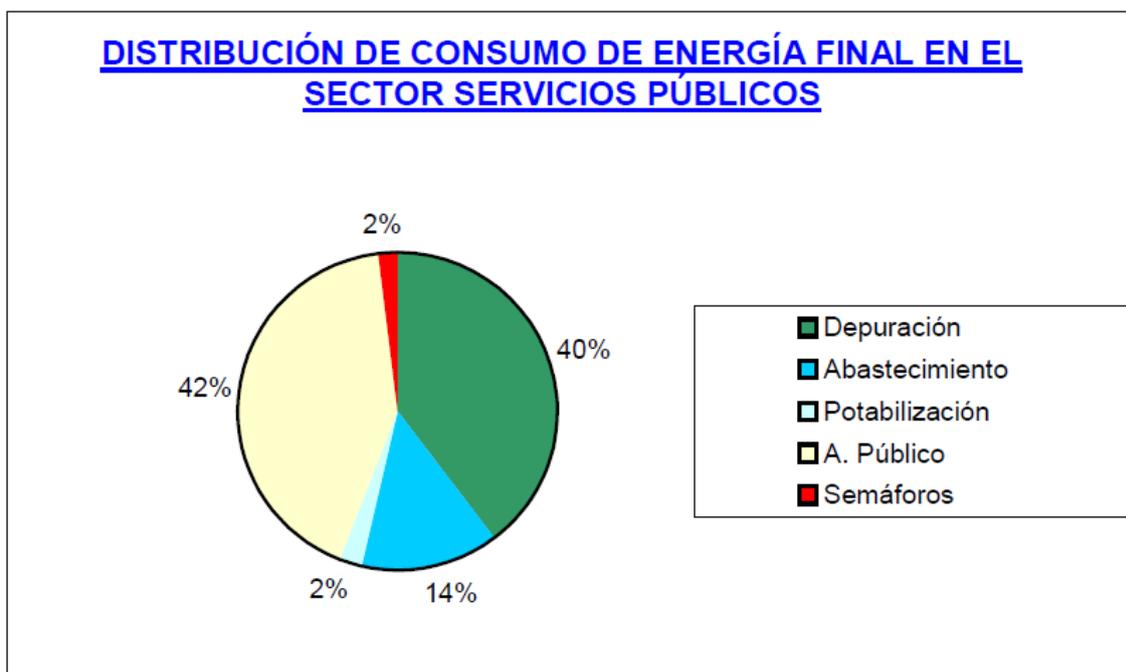
- *la diversidad y autonomía de sus titulares públicos*
- *la elevada inversión económica necesaria para aplicar las medidas correctivas para la eficiencia energética.*

Además de estas características propias de las instalaciones de alumbrado público existen otra serie de factores que influyen directamente en el consumo, como por ejemplo los niveles de iluminación necesarios, o el régimen de funcionamiento.

A esto hay que sumarle además, que la eficiencia con que esta demanda de energía es satisfecha depende a su vez, de otra serie de factores, entre los que cabe citar el rendimiento de las fuentes luminosas, la eficiencia de las luminarias, los consumos de los equipos auxiliares eléctricos y de los dispositivos de regulación y control.

0.2.2.1. EVOLUCIÓN ENERGÉTICA DEL ALUMBRADO PÚBLICO EN ESPAÑA

El alumbrado público en España está prácticamente en manos de los ayuntamientos y para ellos supone el 42% del consumo municipal como podemos ver en la siguiente gráfica:



Gráfica 0.4: Distribución de consumo de energía final en el sector servicios públicos. Fuente: Ministerio de Economía a partir de datos del IDAE, 2003

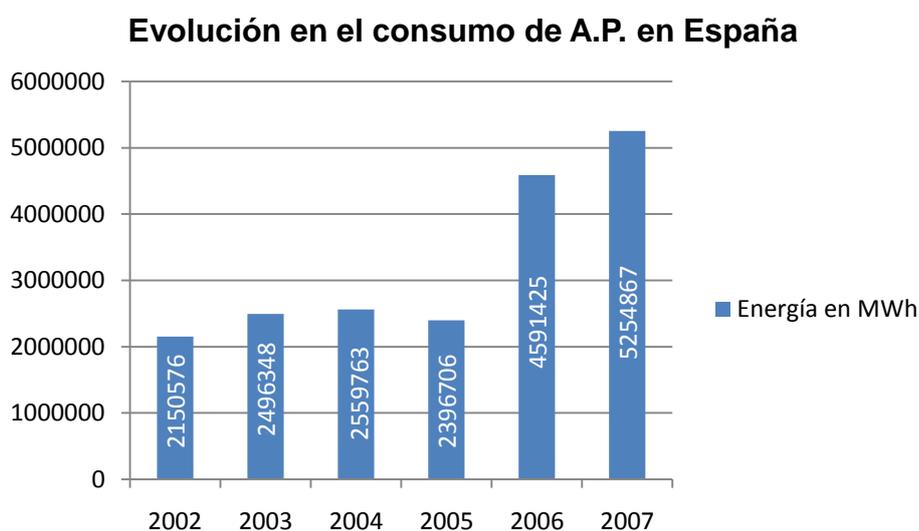
La evolución creciente del consumo en Alumbrado Público, viene justificada por el mayor equipamiento introducido por los Ayuntamientos, a través de sus nuevos planes de actuación urbanísticos asociados al gran crecimiento experimentado por la construcción. Sirva como ejemplo lo sucedido en la localidad madrileña de Alcorcón, en la que, entre la realización del inventario de alumbrado público (para sacar a concurso público la gestión y el mantenimiento de su alumbrado) y la finalización del concurso (aproximadamente 6 meses) se incorporaron alrededor de 4.000 puntos de luz al recepcionarse varias urbanizaciones.

Como indicador, de la intensidad energética en alumbrado público, se utiliza el consumo de energía eléctrica, expresado en kWh, por habitante y año (kWh/habitante y año)⁵ [Ministerio de Economía, 2003].

AÑO	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
Consumo de Energía eléctrica en alumbrado Público (Kwh/habitante año)	67	68	69	71	73	75	76	77	78

Tabla 0.3: Consumo por habitante al año, 1996/2004. Fuente: Elaboración propia a partir de los datos obtenidos del Instituto Nacional de Estadística (INE)/ Ministerio de Economía y Competitividad (MIMECO). 2005

En el siguiente gráfico podemos ver la evolución que ha ido sufriendo el consumo de alumbrado público en España hasta el 2007.



Gráfica 0.5: Evolución del consumo de A.P. en España. Fuente: Elaboración propia con datos del Ministerio de Industria, Energía y Turismo, web del Ministerio.

⁵ En este punto debemos señalar, que no consideramos que este valor pueda servir de referencia al menos para comparar instalaciones de alumbrado público, ya que como veremos posteriormente y es objeto de la investigación de la presente Tesis, existen otros parámetros más adecuados que permiten comparar con más fiabilidad los resultados, ya que estas instalaciones se ven influenciadas por una serie de factores que más adelante analizaremos.

A partir de esta gráfica podemos obtener:

AÑO	2005	2006	2007
Consumo de Energía eléctrica en alumbrado Público (Kwh/habitante año)	54	102	116

Tabla 0.4: Consumo por habitante al año, 2005/2007. Fuente: Elaboración propia a partir de datos del INE y de la web del Ministerio de Industria, Energía y Minas 2009.

0.2.3. ANDALUCÍA

Andalucía con una población de 8,3 millones de habitantes y una superficie de 87.597 km² tuvo un consumo de energía primaria de 18.913,8 ktep en 2010 (14,3% del total de España), con un consumo per cápita de 2,3 tep/hab. El sector transporte es el que presenta un consumo más elevado (36,8%), le sigue la industria con un 31,6%, el sector residencial con un 14,6%, los servicios con un 9% y el sector primario con un 8%.

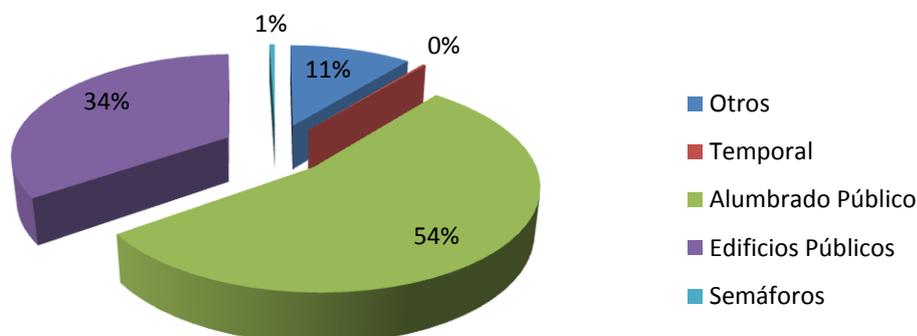
En términos de energía final, se tiene que el consumo energético actual asciende a 1.531.559 MWh/año. Lo que supone un consumo medio por habitante de 186,7 kWh/año de energía final y un coste por habitante de 21,7 €/año. A pesar del descenso del 1,7% que se ha producido en el consumo por habitante en los últimos 3 años, el coste energético se ha visto incrementado en cerca del 20%.

Por fuentes de energía, es de destacar la gran dependencia de los Ayuntamientos de la electricidad como vector energético, con cerca de un 90% del total de consumo de energía primaria y un muy escaso grado de penetración de las energías renovables. [AAE, 2011].

La Agencia Andaluza de la Energía (AAE), tras haber analizado el consumo energético en más de 400 municipios andaluces, ha detectado que, el alumbrado público es la instalación que representa mayor incidencia en el consumo energético de un municipio, alcanzando el 52% sobre el total de los consumos energéticos de las instalaciones municipales y el 59% del consumo eléctrico de titularidad municipal. La importancia de las instalaciones de alumbrado público es tal que en algunos municipios supone hasta el

80% de la energía eléctrica consumida y hasta el 60% de la factura energética de un ayuntamiento.

Porcentajes de consumo eléctrico en Andalucía

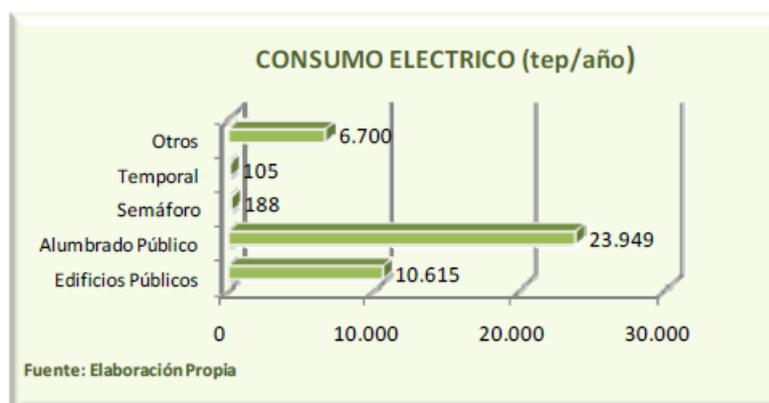


Gráfica 0.6: Reparto de los consumos de energía final en un ayuntamiento en Andalucía. Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de la AAE 2007

0.2.4. MÁLAGA

La Exma. Diputación Provincial de Málaga en colaboración con la AAE realizó durante los años 2007 al 2009, el Plan de Optimización Energética a 99 de los 101 municipios con los que contaba la provincia (a excepción de Fuengirola y la capital que contó solo con el apoyo de la AAE) obteniéndose los siguientes resultados:

El consumo energético equivalente total de los municipios estudiados asciende a casi 43.104,22 tep/año, de los cuales el 96,4% son de energía eléctrica (41.557 tep/año). Del consumo eléctrico, el alumbrado público es el que mayor consumo genera, con un 57,6% del total, mientras que el consumo eléctrico de los edificios es del 25,5%.



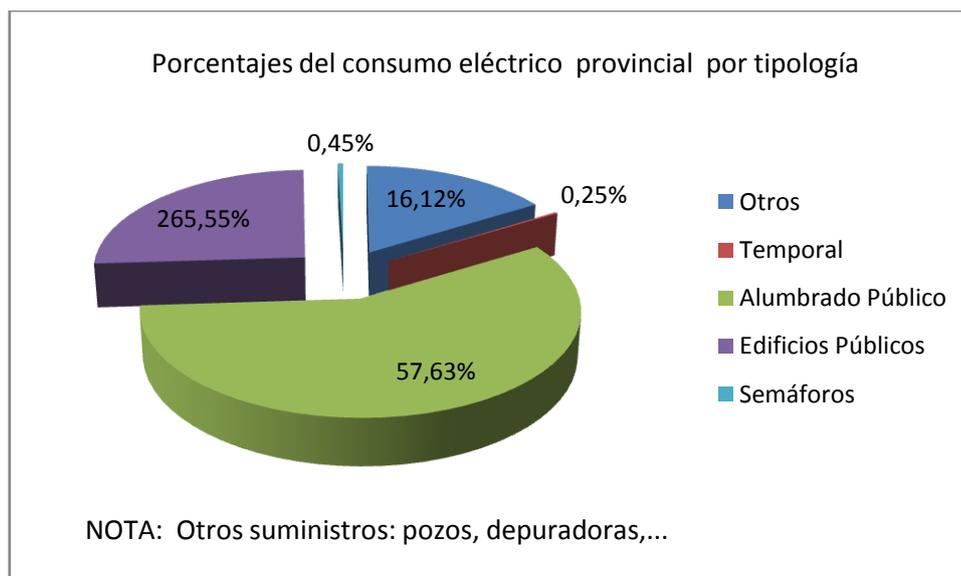
Gráfica 0.7. Distribución de consumos eléctricos por tipologías. Fuente: Informe PAEM, 2009

También es de reseñar la importancia relativa del consumo de otros suministros (pozos, bombeos, captaciones, etc.), ya que aunque son poco significativos en número, representan más del 16,1% del consumo energético. En cuanto a los consumos de semáforos y suministros temporales señalar que tienen poco peso en el conjunto del consumo eléctrico.

El consumo eléctrico de alumbrado público en el año 2008 fue de 99.949.143,41 kWh/año y tiene un coste año de 8.342.296,51 €/año [PAEM, 2009], si a esto sumamos el consumo energético de la localidad de Fuengirola, 6.808.440,00 kWh/año [POE Fuengirola, 2009], se obtiene un total para la provincia de Málaga de 106.757.583,40 kWh/año y un coste económico de 8.910.565,28 €/año. Lo que supone un consumo por habitante y año de 104,09 kWh, y un coste de 23,57 €/hab. año⁶.

Esta energía se reparte en los municipios según la tipología de consumo de la siguiente manera:

⁶ No se tiene en cuenta el consumo del Alumbrado Público de Málaga capital por carecer de ellos.



Gráfica 0.8: % de consumo eléctrico en la provincia de Málaga por tipología. Fuente: Elaboración propia a partir de PAEM, 2009.

0.3. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA.

Como hemos visto anteriormente, la importancia del Alumbrado Público queda clara al constatar que dentro de los costes energéticos y económicos municipales estos representan en todos los casos un valor por encima del 50%.

Por otro lado el R.D. 1890/2008 y el Decreto 357/2010 de la Junta de Andalucía⁷ instan a las corporaciones al ahorro energético y a disminuir la Contaminación Lumínica.

Si a esto unimos el mal estado de las arcas municipales y las características específicas de este tipo de instalaciones:

- *“Amplitud de espacio: el alumbrado público debe llegar a todas las vías de las poblaciones, luego estamos ante una instalación muy extensa y difícil de controlar.*

⁷ Prácticamente todas las comunidades autónomas han sacado una norma sobre Contaminación Lumínica.

- *Ciclos y tipologías de uso: Debemos dar servicios a barrios residenciales, zonas comerciales, polígonos industriales,..., cada uno de ellos tendrán diferentes horarios, necesidades lumínicas distintas (Iluminación media, reproducción cromática,...).*
- *Tipologías de instalaciones: Las instalaciones deben ser eficientes energéticamente y adecuadas a la zona en las que se desean implantar: estética, lumínica y medioambientalmente”.*

[San Martín, R. Cáceres 2010]

Todo lo anterior implica que, no solo estamos obligados a adaptar nuestras instalaciones, sino que debemos hacerlo de una manera eficiente.

0.4. OBJETIVOS.

0.4.1. OBJETIVO GENERAL

Establecer un procedimiento que permita de una manera rápida y fiable, determinar el consumo energético en Alumbrado Público que debería tener un municipio, teniendo en cuenta las condiciones establecidas en el R.D. 1890/2008 y para ello se hace necesario:

- Establecer un parámetro de comparación entre instalaciones de alumbrado público, fiable, generalizable y de fácil uso, que represente la realidad de este tipo de instalaciones.
- Verificar la bondad de los valores establecidos por el R.D.

0.4.2. OBJETIVOS PARTICULARES

- Analizar los actuales indicadores que se utilizan para comparar los alumbrados públicos.
- Establecer un nuevo indicador que permita comparaciones reales.
- Contribuir a facilitar el análisis de los alumbrados públicos actuales y establecer parámetros de calidad que comprueben la disminución del consumo energético.

Análisis de Eficiencia Energética en Instalaciones de Alumbrado Público. Indicador PM2.

- Aplicar una metodología de análisis que permita desarrollar patrones válidos de consumos para todos los tipos de poblaciones.
- Verificar si los valores del R.D. 1890/2008 están sobredimensionados o no respecto a los resultados que se pueden obtener con la tecnología actual.

0.5. PROCEDIMIENTO DE ANÁLISIS Y EXPERIMENTACIÓN.

Considerando que la problemática expuesta anteriormente ha surgido a partir de la entrada en vigor del Reglamento⁸ y que el número de años transcurrido y las intervenciones realizadas a partir de él no son muy significativas, se proponen dos actuaciones paralelas que nos ayuden a comprender como van a influir en las actuales instalaciones los cambios que están por venir (nuevas tecnologías, nuevos conceptos de iluminación, ...).

Por un lado el estudio documental de este tipo de instalaciones que comprendan la evolución histórica, el estado actual de esta y por supuesto la normativa que le son de aplicación; y por otro lado una metodología experimental que de respuesta a los objetivos marcados, y que permita su replicabilidad a todo tipo de instalaciones independientemente del tamaño, la ubicación,... Es importante resaltar que este trabajo de tesis trata a las instalaciones de alumbrado desde una perspectiva principalmente energética, pero sin olvidar los valores de calidad necesarios para la satisfacción de los usuarios.

⁸ A partir de ahora cuando hagamos referencia al Reglamento, nos estaremos refiriendo al R.D. 1890/2008.

Para ello nos vamos a apoyar en el siguiente esquema de trabajo:



Gráfica 0.9: Esquema de trabajo. Elaboración propia

A1. Recopilación de información.

Se ha recabado la información necesaria para tomarla como base de partida en el desarrollo de nuestra tesis. Se ha realizado una búsqueda bibliográfica y se ha extraído información relevante , en las siguientes temáticas:

- Historia del alumbrado.
- Eficiencia energética en iluminación.
- Contaminación lumínica.
- Indicadores de comparación de sistemas de alumbrado público.
- Además de la bibliografía básica propia del tema que nos ocupa, referida a normativa, manuales,...

Por otra parte se ha recogido la información correspondiente a los Planes de Optimización Energética Municipal (POEs) de prácticamente toda Andalucía.

A2. Metodología de Experimentación

De forma paralela, conforme se ha recogido y analizado la información bibliográfica, se ha diseñado una metodología que nos permitiera analizar los indicadores existentes, y a partir de los datos de campo y del estudio de los POEs dar respuesta a los objetivos marcados inicialmente.

Análisis de POEs de 4 municipios de la zona del Valle del Guadalhorce en la provincia de Málaga.

Realización de hojas de cálculo, que hagan más fácil el trabajo de gabinete y que nos permitan sacar conclusiones.

Preparación de trabajo de campo, teniendo en cuenta lo indicado por el R.D. 1890/2008. Atendiendo a las indicaciones que al respecto nos mara la ITC EA 07 y la UNE 13201-4.

Análisis de las características geométricas y lumínicas de las calles objeto de estudio, mediante la medición de longitud total, anchura, superficie, medición de iluminancia, cálculo de iluminancia media, uniformidad,...

B1. Estudio y análisis.

El análisis de información obtenida del primer punto proporcionará los datos necesarios para elaborar la metodología de experimentación y al mismo tiempo para desarrollar los capítulos 3 y 4.

C1. Conclusiones y líneas futuras de investigación.

Al final de cada capítulo se recogen una serie de conclusiones preliminares, siendo en el capítulo 5 donde se recogen las conclusiones finales de la tesis y las futuras líneas de trabajo, que hemos podido detectar al realizar este trabajo.

0.6. CONCLUSIONES Y PROPUESTAS

Con anterioridad hemos visto la importancia que tiene el alumbrado público en el consumo energético sobre todo para los ayuntamientos, así como la necesidad de mejorar los rendimientos de las instalaciones españolas, ya que nos encontramos muy por encima de la media de consumo a nivel europeo. Esto unido a la cantidad de actores que participan en el diseño, realización, mantenimiento,..., de estas instalaciones, hacen necesario la obtención de un parámetro común, referido a valores de eficiencia energética, que sea imagen real de la situación del alumbrado público y que lo represente de una manera fiable.

Nuestro trabajo estará encaminado a replantearnos los actuales indicadores que se utilizan para comparar las instalaciones de alumbrado público, proponiendo un nuevo indicador que haga más fácil la toma de decisiones, tanto de los técnicos municipales como de las Empresas de Servicios Energéticos a la hora de hacerse cargo de los servicios de alumbrado de un municipio.

Independientemente de que el indicador que proponamos sea utilizable sea cual sea la tecnología puesta en práctica, nuestra investigación dará pie a que, en futuros trabajos, con la obtención de más datos, se pueda perfeccionar la metodología propuesta y llegar a resultados aún más ajustados a la realidad, tanto de las instalaciones actuales, como de las futuras con tecnologías aún por llegar.

1. ANTECEDENTES HISTÓRICOS DEL ALUMBRADO PÚBLICO



SPICUM
servicio de publicaciones

"La noche es sólo la impotencia del ojo"

Nietzsche.

1.1. ANTECEDENTES.

El miedo a la oscuridad motivada por la falta de visión, ocasiona en el ser humano falta de confianza, sensación de exposición a lo que ha de venir, vulnerabilidad e inseguridad. Este tiempo inicialmente destinado al reposo, a la falta de actividad siempre ha sido una asignatura pendiente ante la obstinación del hombre por alargar el día, fruto de ello son los intentos desde el comienzo de los tiempos, por inventar artilugios que nos permitieran ver en la oscuridad.

Según el profesor Espín:

"Podríamos hacer una clasificación de la evolución de la técnica del alumbrado, partiendo de la fogata en las cuevas de los hombres primitivos o la utilización de antorchas; durante la Edad de Piedra, la utilización de lámparas de alfarería con combustible de aceite y mecha; en la Edad Antigua, el uso de cera en las lámparas (velas); en la Edad Media ya se utilizó el transporte de la luz como hecho social destacado, en el siglo pasado se desarrolla el alumbrado de aceite, el de gas y se inicia el de incandescencia eléctrica, destacando la lámpara de Edison y sus elementos adicionales de instalación⁹. Por último, el uso generalizado de la corriente eléctrica, tanto continua como alterna, y, a partir de la segunda década del siglo XX, la investigación y el desarrollo de las lámparas de alto rendimiento energético, con las lámparas de descarga, provocan un gran avance en el alumbrado, tanto público como privado en todas sus facetas".
[Espín, A. ,2001]

⁹ No obstante en este punto es de justicia acordarnos de Tesla, que durante algún tiempo trabajó para Edison modificando y mejorando sus inventos, hasta que este faltó a su palabra, lo que o hizo abandonar su compañía para reinventarse. Sus trabajos sobre corriente alterna fueron el inicio del transporte de electricidad a grandes distancias, lo que facilitaría sin duda la implantación del alumbrado en las grandes poblaciones.

Podríamos decir por tanto, que la iluminación surge para eliminar los miedos, aumentar la seguridad de los ciudadanos y alargar el día.

¿Cuál fue la evolución del alumbrado público?

Con el cambio de mentalidad que supuso la llegada de la ilustración en el siglo XVIII, frente al oscurantismo de la Edad Media, surge un nuevo concepto de ciudad, dirigida a hacerlas más habitables, se persigue "*una ciudad para los hombres*". [Giménez, P, 2005].

En el caso de España, la ciudad se convierte para los Borbones, en el enclave básico del vasto proyecto económico del reformismo borbónico y a través de los nuevos ideales urbanos imperantes en Europa los gobernantes comienzan a plantearse la adaptación, más o menos exitosa, de la ciudad histórica a las nuevas exigencias higiénicas, de orden y de comodidad. Esto junto al interés presentado por la ornamentación y el embellecimiento, resume la consolidación de una imagen crítica de las viejas ciudades encorsetadas por las murallas, inseguras, desordenadas e insalubres. Para poder iniciar la transformación de las ciudades se hace necesario el conocimiento de estas, para lo cual toma mucha relevancia la realización de nueva cartografía urbana que muestra ya planimetrías más o menos exactas que acompañan a censos e interrogatorios y que empiezan a definir usos y a dividir espacios en relación con su funcionalidad [Sambricio, 1991].

La reorganización de los bordes urbanos, la reflexión en torno a la altura y disposición de las viviendas según el ancho de las calles, la redistribución de equipamientos o las nuevas propuestas higienistas que pretenden reorganizar el espacio urbano y sacar al extrarradio cementerios, cárceles, mataderos y hospitales son síntomas suficientes de un cambio ideológico. Se está empezando a fraguar un nuevo concepto de ciudad. Pero, a pesar de que la nueva reflexión arquitectónica de la ciudad pretende dotarla de la funcionalidad necesaria en relación con los nuevos presupuestos económicos de la política reformista de la monarquía, no se tratará aquí de definir una nueva trama urbana, tal y como ocurrirá con las alternativas urbanísticas decimonónicas, sino que fundamentalmente se buscará paliar el desorden de la ciudad medieval y barroca. Se trata de realizar un urbanismo estructurado y en el que por primera vez preocupa los servicios públicos como el alumbrado.

Análisis de Eficiencia Energética en Instalaciones de Alumbrado Público. Indicador PM2.

En ese sentido, la iluminación nocturna de las ciudades había sido hasta entonces un requerimiento de difícil satisfacción. El aceite vegetal, principal materia prima utilizada, resultaba costoso e inaccesible para la mayor parte de la población, y únicamente ayuntamientos, templos religiosos, teatros y otros lugares públicos, junto a viviendas acomodadas y palacetes, disponían de un alumbrado escaso y de duración limitada que mantenía, junto a las rondas nocturnas, el centro político y económico de la población con cierto sistema de iluminación independiente, carente de horario fijo y de distribución uniforme¹⁰. El resto de la ciudad, permanecía sumida en la oscuridad y el silencio, únicamente alumbrada por el farolillo de un particular que osaba circular por las calles o por la tenue luz de las imágenes y capillas repartidas por el casco urbano que, como en el caso de las más de 700 distribuidas por la Valencia del siglo XVI, “alumbradas por mezquinos faroles, daban un aspecto más misterioso y triste a la ciudad”. La calle era, por tanto, territorio dispuesto para la violencia y los múltiples accidentes personales provocados por socavones e irregularidades en el firme junto a otros obstáculos invisibles en la penumbra que, únicamente durante ochenta o noventa días al año, se distinguían ligeramente a la luz de los plenilunios.[Giménez, P. 2005]

1.2. EL PRIMER SISTEMA DE ALUMBRADO PÚBLICO EN EUROPA

El primer sistema de alumbrado público fue utilizado en París en el año 1665, consistía en una compañía de porta-linternas, situados cada 300 pasos, que suministraban luz a un precio convenido.



Imagen 1.1. París de noche. Fuente: Canal Historia

¹⁰ En esta época el coste energético era una cortapisa para el desarrollo del alumbrado, por el contrario actualmente debe ser el motor que mueva la investigación y el desarrollo de este tipo de instalaciones

Este proyecto sirvió para que dos años después, el 2 de septiembre de 1667, el rey Luis XIV implantara en la ciudad el sistema de alumbrado público, dependiente del Prefecto de policía (Nicholas Gabriel de La Reynie), por el que se establecía un sistema de linternas públicas: una en el centro de cada calle y otra en cada una de las esquinas. La financiación se realizaba a través del “Taxe des Boues et Lanternes” (Impuesto de Barros y Linternas), que permitía mantener encendidas más de 5.000 hasta las 2 de la mañana de octubre a marzo (temporada de invierno).

Las linternas, que se subían y bajaban mediante una cuerda atada a la pared, se encendían al toque de oraciones y se apagaban a un toque de campana. Poco después y dados los buenos resultados, el mismo rey extendió el alumbrado público a todas las ciudades de Francia, fijando una contribución para su sostenimiento.

Una vez consolidado el sistema, no sólo sirvió para incrementar en gran manera la seguridad de las calles principales sino que también causó sensación entre los visitantes extranjeros al ser el primero de esta clase que se establecía en Europa.

[CANAL HISTORIA]

Posteriormente estas instalaciones fueron sustituidas por iluminación mediante gas.

El alumbrado público de electricidad en Europa tuvo su principal desarrollo en las pequeñas poblaciones debido a: el arraigo que en las grandes ciudades tenía la iluminación por gas, que en muchas ocasiones estaban controladas por compañías concesionarias por largos períodos de tiempo; y a que en las poblaciones pequeñas el alumbrado público llegó después de la introducción de la electricidad.

Sirva como ejemplo lo acontecido en Alemania: Para los 72 sectores rurales de distribución, que suministraban energía eléctrica a 11 millones de habitantes, el número de puntos de luz utilizados en el alumbrado de las calles pasó de 143.683 en 1929 a 179.520 en 1931, lo que suponía un aumento de un 25% en tres años.[Seeger, B. 1936].

El aumento de puntos de luz eléctricos en las ciudades se origina por la sustitución paulatina de las farolas de gas, al comprobar que este sistema era más eficaz, más barato y más seguro.

PAÍSES	Años	Puntos de luz		Puntos de luz eléctrica %
		Gas ^{*11}	Electricidad	
Alemania	1932	391.499	454.254	53,8
Inglaterra (259 sectores)	1932	328.439	280.561	46,0
España	1931			Aprox. 72,5 ^{**12}
Hungría (10 grandes ciudades)	1932	15.627	30.153	65,9
Holanda (4 poblaciones que representan el 18,5% del total de la población)	1932	6.212	45.612	88,0
Austria (17 poblaciones representando el 36,1% del conjunto de la población)	1932	19.031	50.272	72,5
Suecia	1932	11.165	65.783	85,5
Suiza el 56,3 % (68 poblaciones y ayuntamientos representando del total de la población)	1933	<2.864	130.500	Aprox. 97,7
		<2.864	72.010	Aprox. 96,0
Dinamarca (Poblaciones representando el 48,6 % del total de la población)	1932/33	-	32.267	
Finlandia (3 grandes ciudades representando el 10,4 % del total de la población)	1933	1.987	6.605	76,9
Noruega (41 centrales eléctricas representando el 31,2 % del total de la población)	1931	1.987	27.717	93,3

Tabla 1.1: Comparativa de alumbrado público de gas y electricidad. Fuente: Elaboración propia a partir de Bruno Seeger. *El consumo de energía eléctrica para alumbrado en Europa*. Versión española de Luis González Abela. Madrid 1936

¹¹ Por puntos de luz de gas se entiende el número de farolas y no el de mecheros, varios de los cuales se encuentran agrupados a veces en uno de los primeros.

¹² La proporción no ha podido establecerse por el número de puntos de luz, pero el Sr. Arrúe la ha calculado partiendo de la contribución del 10% sobre el alumbrado público en su interesante trabajo *Desarrollo y Perspectiva del Consumo de Energía Eléctrica de Luz*.

POBLACIONES	1929			1932		
	Puntos de luz			Puntos de luz		
	Gas	elect.	% elect.	Gas	elect.	% elect.
Berlín	79.410	19.952	20,1	75.398	17.896	19,2
Bruselas	24.168	1.187	4,7	24.146	2.128	8,1
Budapest	9.736	16.534	63,0	11.474	21.586	67,0
La Haya	54	13.604	99,6	46	15.486	99,7
Helsingfords	2.107	2.998	59,0	1.999	3.998	67,0
Copenhague	7.516	7.187	51,0	6.593	10.716	62,0
Londres	-	-	-	30.405	30.369	50,0
Madrid	-	-	-	19.896	4.630	18,9
Oslo	-	5.607	100,0	-	3.907	100,0
París	35.381*	10.169* ¹³	22,3*	31.223	14.883	32,3
Praga	7.440	9.887	57,0	8.813	14.316	62,0
Roma	-	25.400	100,0	-	28.900	100,0
Estocolmo	4.331	11.128	72,0	3.274	15.928	83,0
Varsovia	5.420	5.189	49,0	5.351	6.375	54,0
Viena	18.548	22.826	55,0	14.972	28.378	63,0
Zurich	1.788	3.555	66,0	975	5.577	86,0

Tabla 1.2: Alumbrado público en las capitales de Europa. Fuente: Elaboración propia a partir de Bruno Seeger. *El consumo de energía eléctrica para alumbrado en Europa*. Versión española de Luis González Abela. Madrid 1936

En la tabla anterior podemos observar como desde el año 1926 hasta el año 1932, existe un fuerte incremento del alumbrado público por electricidad en la mayoría de las grandes ciudades de Europa, fruto del menor peligro y mayor limpieza de esta tecnología. [Fernández, M; 2005].

1.3. EL ALUMBRADO PÚBLICO EN ESPAÑA

El concepto actual de alumbrado público como servicio público parte de la administración Borbónica que, a finales del siglo XVIII, consideró a este tipo de instalaciones, como un servicio más que se debía prestar a la comunidad y que no debía relacionarse únicamente con el poder político o económico representado en unas pocas calles de la ciudad, por lo tanto el alumbrado público debía extenderse a todas las calles independientemente de su importancia.

¹³ 1930

Tenemos que remontarnos a 1671, para tener las primeras noticias de la intención de iluminar la ciudad, pero hasta la segunda mitad del siglo XVIII todos los intentos fracasan, ya que se dejaba en manos de los particulares la iluminación de ésta. En 1713 Teodoro Ardemans plantea por primera vez un plan de alumbrado para la ciudad de Madrid, indicando el número de faroles, su distribución, calidades y sistema de instalación. A este intento se sucedieron muchos otros hasta la década de los años 30, pero no es hasta el reinado de Carlos III, y gracias a la labor del Secretario de Estado, el Marqués de Grinald que libero a los inquilinos y propietarios del mantenimiento del ineficiente y escaso alumbrado existente, cuando se desarrolló una actuación que marcó ejemplo para otras ciudades españolas hasta bien entrado el siglo XIX.

En 1765, y pagadas por las arcas municipales, se instalaron en Madrid 4.408 faroles de aceite cuyo funcionamiento y mantenimiento estaban reguladas por una instrucción.

[GIMENEZ, P. 2005].

No obstante previamente en junio de 1757 se concedió a la ciudad de Barcelona el privilegio para iluminar calles y plazas de la ciudad.

“A pesar de las carencias técnicas de los sistemas de iluminación que, en forma de faroles excesivamente espaciados entre sí y compuestos de unas candilejas con aceite vegetal quemado gracias a unas torcidas de algodón, ofrecían una luz opaca y de escaso alcance, en 1759 se hacía efectiva la instalación de 1.680 faroles que funcionarían desde el primero de octubre hasta finales de abril. La medida de la ciudad condal resultó ser de una trascendencia fundamental en cuanto a que no sólo inauguró el sistema de alumbrado moderno en España, sino que estableció, igualmente, un sistema de implantación y gestión de este servicio público que, similar al de muchas ciudades europeas, diferiría del desarrollado con posterioridad en España, a semejanza de Madrid.”

[GIMENEZ, P. 2005].

El caso barcelonés presentaba un sistema de reposición y limpia de candilejas a cargo de ocho mujeres en un almacén centralizado. El farolero, a modo de sereno, se encargaba únicamente del encendido y de su avivamiento a lo largo de la noche [Fernández & García, 1987]. Mientras que en los siguientes ejemplos españoles, tanto

las funciones de encendido como de mantenimiento recaerían por lo general en esta nueva figura de empleado municipal. La medida resultaba, con todo, mucho más costosa para las arcas municipales y, pese a que su ejemplo se siguiera en otras ciudades catalanas, esta circunstancia imposibilitó su reproducción al resto del Estado.

Con la llegada del gas, el aceite como fuente para el alumbrado deja de usarse, debido al elevado coste de este frente al gas que es barato y abundante, más fácil de mantener y de distribuir, y con mejores rendimientos.

Tras las exitosas experiencias con el gas en el alumbrado del Pall Mall londinense, en España se iniciaron los primeros ensayos en Cádiz y en Granada durante la primera década del siglo XIX. Sin embargo, y al igual que con los faroles de aceite, Barcelona volvió a ser pionera en la introducción de la producción industrial del gas en 1842, tanto para el alumbrado público como para el privado, con un incremento inmediato del número de abonados [Arroyo, 1996]. Al éxito catalán le siguió de inmediato Madrid (1846) y grandes ciudades como Valencia (1844), Tarragona (1857), Lérida (1862), Alicante (1868) o Castellón (1869). La gran mayoría de localización costera debido a las dificultades de transporte del carbón.

La electricidad llegó a España con gran rapidez, en 1874 el ingeniero belga Teófilo Gramme presentó su dinamo en la Exposición Universal de Viena. En 1875 la Escuela de Ingenieros Industriales de Barcelona encargó a Tomás Dalmau la compra del invento, para el laboratorio de Química. En 1876 Dalmau adquirió la patente Gramme por cinco años, iniciando la fabricación de dinamos. Asimismo realizó montajes de iluminación en otras ciudades catalanas y españolas, que demostraron la viabilidad técnica del nuevo sistema. Para lograr una clientela regular, de proveedor de equipos pasó a vender electricidad para alumbrado, fundando en 1881 la “Sociedad Española de Electricidad”. Comenzaba la historia de la empresa eléctrica en nuestro país [Maluquer, J (1992)]. Cronológicamente se sitúa entre las pioneras, ya que hasta entonces sólo se habían constituido alrededor de 7 empresas en el mundo, en Estados Unidos, Gran Bretaña, Alemania y los Países Bajos.

El gas se utilizó de forma continuada hasta la llegada de la electricidad que comenzó a desbancarla y fue de nuevo Barcelona, una de las primeras ciudades españolas en utilizar la electricidad en el alumbrado público. En agosto de 1879 se presentó al

ayuntamiento la primera propuesta para introducir la electricidad en el alumbrado público, pero fue rechazada, siendo en septiembre de 1882 de la mano del Físico y Óptico Dalmau y del Ingeniero Industrial Xifra fundadores de la Sociedad Española de Electricidad, cuando se instalaron en el Paseo de Colón de Barcelona los primeros 15 puntos de luz eléctrica. La siguieron Madrid y Valencia (1882), Reus (1883),...Gerona fue la primera que dispuso en 1886 de una red eléctrica completa [Alayo, JC.2007].

1.4. EL ALUMBRADO PÚBLICO EN ANDALUCÍA

La electricidad en Andalucía vino de la mano del alumbrado eléctrico. Las elevadas pérdidas producidas durante el transporte de la electricidad, realizado a bajo voltaje y en corriente continua, obligaba a situar los centros de producción cerca de los núcleos de los consumidores. Los constantes cortes y averías, unido a la implantación en las grandes ciudades de la iluminación de gas, hizo que el alumbrado público de electricidad se desarrollará sobre todo en localidades de entre 5.000 y 40.000 habitantes, aunque la electricidad mostraba como ventajas su limpieza, seguridad, facilidad de uso y ausencia de olores. [Capel, H. 1994].

El alumbrado público eléctrico revolucionó estas pequeñas poblaciones, ya que con otras materias primas como el aceite o el petróleo, éste se mantenía encendido solo a las primeras horas de la noche y en los días de luna llena se apagaba, debido a su elevado coste y dificultad en el mantenimiento. Aunque el gas también podía mantenerse encendido toda la noche, como hemos visto anteriormente su implantación se produjo sobre todo en las poblaciones mayores

En esta primera etapa, los comerciantes de electricidad eran pequeños empresarios, cuyo primer objetivo era abastecer de esta energía el alumbrado público de las localidades. Este minifundismo empresarial dependía de la localización de los pequeños saltos de agua y del carbón.

Los expertos establecen dos etapas en el Alumbrado Público eléctrico en Andalucía, el primero entre los 80 del siglo XIX y los 10 del XX y una segunda etapa pasada 1907 con la implantación de la primera línea de alta tensión que transportó la producción de electricidad hasta Sevilla desde el salto El Corchado, situado en la provincia de Málaga.

Análisis de Eficiencia Energética en Instalaciones de Alumbrado Público. Indicador PM2.

“En 1906, 14 ciudades andaluzas disponían de iluminación pública por gas, el mismo número que a principios de siglo. En ese mismo año, 114 localidades andaluzas contaban con alumbrado público por electricidad, una cifra muy superior a las 33 poblaciones de 1900”. [Madrid Calzada, R. 2012]

Así pues, a comienzos del siglo XX el reparto del negocio del alumbrado en Andalucía ya era muy desigual. En 1906, la industria gasista se localizaba en las ciudades más pobladas: 7 capitales de provincia (Almería, Cádiz, Córdoba, Granada, Huelva, Málaga y Sevilla), Linares en Jaén y las localidades gaditanas de San Fernando, Sanlúcar de Barrameda, Chipiona, Jerez, Puerto Real y Puerto de Santa María¹⁴. [Fernández Paradas, M. 2005].

A continuación vamos a presentar una serie de tablas que nos pueden ayudar a comprender cuál fue la evolución del alumbrado público en su primera etapa en nuestra comunidad.

Poblaciones	1906	1920-21	1928	1933
Almería	7	25	48	13
Cádiz	17	18	30	35
Córdoba	18	48	35	36
Granada	16	9	34	25
Huelva	7	40	57	63
Jaén	16	82	48	63
Málaga	19	26	50	20
Sevilla	14	84	86	102
Andalucía	114	333	388 ¹⁵	357 ¹⁶

Tabla 1.3: Poblaciones con alumbrado público de electricidad en Andalucía (1906-1933). Fuente:

Elaboración propia a partir Estadística del Impuesto sobre el consumo de luz de gas, electricidad y carburo de calcio (años 1906, 1920-21, 1828 y 1933)

¹⁴ Estas 14 poblaciones también disfrutaban de iluminación de gas para particulares. La localización y la limitada implantación de la industria del gas en esas localidades se explica por la confluencia de los siguientes obstáculos. En primera lugar, la dependencia de la hulla inglesa justifica la ubicación mayoritaria de estas ciudades en las proximidades del ferrocarril o en la periferia de la Región. El escaso desarrollo industrial y los limitados niveles de renta explican que las empresas gasistas decidiesen instalarse exclusivamente en los núcleos de población más habitados. También influyó que los ayuntamientos se mostrasen remisos a aceptar el nuevo sistema de alumbrado. A. Parejo Barranco, op. cit., p. 45.

¹⁵ La propia estadística reconoce que no incluyen todas las poblaciones de las provincias de Córdoba, Huelva y Jaén.

¹⁶ Otro tanto ocurre para la provincia de Málaga

Tamaño demográfico de las poblaciones andaluzas con fábricas de electricidad para alumbrado público en 1906

PROVINCIA	TAMAÑO DE LA POBLACIÓN					
	<5.000	5001-10000	10001-40000	>40000	s.d.	Total
Almería	4	1		1	1	7
Cádiz	1	6	4	4	2	17
Córdoba	1	9	6	1		17
Granada	5	4			7	16
Huelva	2	3			2	7
Jaén	3	5	4		4	16
Málaga	8	7	2		2	19
Sevilla	1	7	6	1		14
Andalucía	25	42	22	7	18	114

Tabla 1.4: Tamaño demográfico de las poblaciones andaluzas con fábricas de electricidad para alumbrado público en 1906. Fuente: Elaboración propia a partir Estadística del Impuesto sobre el consumo de luz de gas, electricidad y carburo de calcio (años 1906, 1920-21, 1828 y 1933)

PROVINCIA	TAMAÑO DE LA POBLACIÓN					
	<5.000	5001-10000	10001-40000	>40000	s.d.	Total
Almería	10	1		1	1	13
Cádiz	10	7	8	2	8	35
Córdoba	19	7	9		1	36
Granada	20	2	1	1	1	25
Huelva	26	4			33 ¹⁷	63
Jaén	40	14	8		1	63
Málaga	14	3	1	1	1	20 ¹⁸
Sevilla	53	17	12	1	19	102
Andalucía	192	55	39	6	65	357

Tabla 1.5: Tamaño demográfico de las poblaciones andaluzas con fábricas de electricidad para alumbrado público en 1933. Fuente: Elaboración propia a partir Estadística del Impuesto sobre el consumo de luz de gas, electricidad y carburo de calcio (años 1906, 1920-21, 1828 y 1933)

¹⁷ No conocemos la identidad de 14 pueblos abastecidos por Sevillana de Electricidad y 18 por la compañía Santa Teresa.

¹⁸ En esta localidad tampoco se informa acerca de la identidad de todas las poblaciones abastecidas por Taillefer.

1.5. EL ALUMBRADO PÚBLICO EN MÁLAGA.

Al igual que en el resto de las poblaciones en Málaga debemos hablar de dos velocidades a la hora de la implantación del alumbrado. Por un lado, la implantación en Málaga capital que se vio ralentizada por la concesión establecida a las empresas del gas y la del resto de poblaciones, como es el caso de la localidad de Antequera.

1.5.1. MÁLAGA CAPITAL

a) Alumbrado de aceite.

De forma similar a como se va desarrollando en las demás capitales europeas, pero con cierto retraso, nuestra ciudad se va incorporando progresivamente a las novedades que se producen en el alumbrado. No existen datos sobre cual debió ser el primer método de iluminación usado en nuestra capital, pero suponemos que debió ser mediante candelas de cebo, las primeras noticias escritas al respecto datan del año 1882, cuando el alumbrado es competencia de la Comisión de Policía, es en ese momento donde podemos encontrar que son entregados a dicha Comisión por el maestro Salvador Castellón "*...cien faroles cuadrados pintados de verde con sus candilejas de reverbero, todas uniformes al diseño baxo el cual se contrataron ...*" Se trataba de lámparas de aceite son llama reflejada por espejos plateados (faroles), similares a los que se empezaron a utilizar en París a lo largo del s. XVIII.

No obstante, aunque no hay constancia escrita, al parecer ya en 1724 se diseñó una linterna o fanal provisional, que se propuso erigir en la punta del muelle de Levante del Puerto de Málaga. [MORALES, M. 1981].

b) Alumbrado de gas.

El año 1852, supone un avance histórico que cambiará el progreso urbano de nuestra ciudad, pues con la llegada del gas, comienza el acercamiento de la infraestructuras urbanas a todos los ciudadanos, como a continuación veremos en las condiciones establecidas para la subasta pública del contrato:

"De su amplio articulado interesa destacar los siguientes puntos:

1. El contrato se hace en principio por treinta años, luego rebajados a veinte...
2. el contratista se compromete a que el año de otorgada la escritura de concesión deberá tener alumbrado con gas la mitad de la ciudad, y al año siguiente el todo de ella, incluso los barrios.
3. El contratista se obligará a conservar ... todos los aparatos, tubos de hierro y plomo, faroles pescantes y candelabros ...
4. Será así mismo cuenta del contratista los gastos de hacer el edificio, abrir las zanjas, colocar los tubos y reponer el empedrado ...
5. El gas se sacará del carbón de piedra más puro y brillante, no deberá arrojar olor ni humo, y su luz deberá ser blanca, clara y perfecta.
6. Los faroles candelabros y pescantes serán así como las boquillas de cada farol, iguales a los que se usan en París y Londres ...
7. Es obligación del contratista tener constantemente un repuesto de candileja para aceite para colocarlas instantáneamente en sus faroles en sus faroles y suplir cualquier falta ...
8. El Ayuntamiento fijará el número de faroles que deberán establecerse así como los sitios ... y fijará igualmente las horas en que se han de encender y apagar las luces del alumbrado público.
9. El Ayuntamiento hará que la Policía vigile e impida que los particulares deterioren los efectos del alumbrado ...
10. El precio fijado en tres maravedís la hora por el tiempo del contrato.
11. El ayuntamiento se compromete a que durante los veinte años de la concesión no pueda establecerse ninguna otra fábrica de gas para el alumbrado público ..." [MORALES, M. 1981].

c) Alumbrado eléctrico

No es hasta 1882, cuando tenemos las primeras noticias de un intento por introducir el alumbrado de electricidad en Málaga, es la compañía londinense "Angloespañola de luz eléctrica" el 8 de noviembre de 1882 [MORALES, M. 1981], no obstante, las dificultades económicas por las que pasaba en ese momento la ciudad unido a la reciente concesión al gas hizo que esta propuesta no llegara a buen puerto.

Posteriormente el 8 de agosto de 1888, el Ayuntamiento concede a D. Felipe Fierro Loriche, representante de la compañía francesa "Electricité Industrielle" la concesión para la explotación del alumbrado por electricidad, este debería permanecer desde la puesta del Sol hasta el amanecer y por ello se le pagaría: seis pesetas al mes para las lámparas de 10 bujías, diez pesetas para las de 16 y 12 para las de 20. (1 bujía equivale a 10,76 lux). No obstante, este no es el impulso definitivo a este tipo de energía en iluminación en Málaga, ya que con posterioridad en 1891 al terminarse calle Larios, la iluminación que se utilizará será de nuevo gas.

No es hasta 1896, cuando termina imponiéndose definitivamente el alumbrado eléctrico, sobre todo como consecuencia de la concesión a la empresa "The Málaga Electricity Company Limtd", de la conocida en Málaga "la Fabrica de la luz", en la zona de la Malagueta, realizada por el arquitecto malagueño Eduardo Strachan.

La concesión el 6 de agosto de 1897 de los permisos a las compañías "The Málaga Electricity Company Limtd" y a "Fiat lux" para la canalización de los cables, que habian de dar la luz a los barrios de la Trinidad y el Perchel, supone que la electricidad estaba a punto de imponerse en toda Málaga para el alumbrado público. [MORALES, M. 1981].

1.5.2. OTROS MUNICIPIOS. EL CASO DE ANTEQUERA.

Las primeras noticias de intentos por introducir el alumbrado de electricidad en Antequera son de 1891, cuando el representante de lámparas incandescentes de la compañía "Continental Edison" pide autorización al Ayuntamiento para colocar los cables necesarios para dicha instalación [Alarcón, 2000] . En esos momentos las calles de la localidad estaban iluminadas con petróleo.

Al año siguiente la empresa "José Bellido y Cía" llevó por primera vez la iluminación eléctrica a las calles de la localidad. El municipio tuvo que dejar en manos de la empresa privada estos menesteres, debido a la falta de liquidez, a la carencia de personal cualificado y a la dificultad para conseguir carbón de calidad a buen precio para producir la termoelectricidad. En ese momento la legislación española se decantaba por dejar esta actividad a la empresa privada, este tipo de concesiones se remontan a 1870.

Se trataba de una empresa que conjugaba diversas actividades, en este caso la agraria, la industrial y la comercial. La generación y distribución quedaban en manos de pequeñas empresas locales, debido a la necesidad de que los puntos de consumo de estar cerca de los de producción. Lo que motivó que prácticamente cada población tuviese su propia empresa distribuidora. No es hasta principios del s. XX, cuando los avances tecnológicos permitieron el transporte a gran escala y como consecuencia la aparición de empresas de mayor tamaño que abarcaron varias localidades.

Pero siguiendo con Antequera, las Clausulas más destacadas del convenio entre José Bellido y Cía" y el Ayuntamiento fueron las siguientes:

- 1. Se concedió a José Bellido la exclusiva de la iluminación eléctrica pública y privada durante 30 años.*
- 2. El alumbrado público constaría de 350 lámparas de 16 bujías y 85 de 2022.*
- 3. La fábrica de electricidad de la calle Calzada tendría la maquinaria y el material suficiente para las luces públicas y al menos 1.500 lámparas de 16 bujías para los particulares.*
- 4. El horario de iluminación de las calles se prolongaría desde el anochecer hasta las 12 de la noche, y desde esa hora hasta el amanecer funcionarían la cuarta parte de las lámparas.*
- 5. El coste del alumbrado público se estipuló en 18.000 pesetas anuales. También se reconoció el derecho del contratista a interrumpirlo si no se abonaban dos meses consecutivos.*

6. El precio de las luces de particulares se fijó como máximo en 55 milésimas de peseta por lámpara y noche, desde el anochecer hasta las 12, es decir, a tanto alzado.

7. Los fallos en la iluminación pública serían castigados con multas proporcionales al error cometido. Por cada foco que no se encendiese dos noches consecutivas se descontaría 0,55 pesetas de la factura mensual. Además, si por “accidente”, excepto el caso de fuerza mayor, se interrumpiese el servicio más de 6 días consecutivos, se consideraría rescindido el contrato, quedando para el consistorio todas las instalaciones, incluida la factoría.

8. La empresa estaba obligada a introducir en el alumbrado las mejoras que se descubriesen, siempre que fuesen de reconocida utilidad y se aplicasen al menos en una capital de provincia.

9. Transcurrido el tiempo de la contrata, el ayuntamiento quedaría como propietario de la maquinaria, el material de iluminación y la fábrica. Respecto a esta última, la corporación indemnizaría al concesionario, previa tasación realizada por peritos de ambas partes. Si no hubiese acuerdo sobre la valoración, ésta se efectuaría conforme a los trámites necesarios para la expropiación por causa de utilidad pública.¹⁹ [Fernández, M. 2010]

Estas cláusulas, son totalmente aplicables a la externalización del alumbrado público de un ayuntamiento (salvo la de los precios) y podrían corresponderse a las usadas para la contratación por un ayuntamiento de una empresa de servicios energéticos en la actualidad.

¹⁹ A.H.M.A., F.M., Actas Capitulares, 20 de diciembre de 1893. Como podemos observar, existe una gran similitud con los requisitos que exigimos a las tan actuales empresas de servicios energéticos.

1.6. EVOLUCIÓN HISTÓRICA DE LA NORMATIVA DE ALUMBRADO PÚBLICO EN ESPAÑA.

En los comienzos del alumbrado público fueron los ayuntamientos los encargados de su regulación. Inicialmente se limitaron a la redacción de pliegos para la concesión a empresas privadas, normalmente por un plazo de 20 años. Estos pliegos se basaban en la experiencia de Barcelona y otras ciudades. [Aubanell, A.Mª., 2005].

Pero no es hasta 1965, cuando por primera vez con las normas del Ministerio de la Vivienda, en España se editan unas normas con carácter técnico, como indica en el prólogo D. Pedro Bigador. director General de Urbanismo:

"Las directrices que nos han guiado en la redacción de estas Instrucciones han sido:

- *Por una parte tratar de unificar los criterios técnicos en todo el ámbito nacional.*
- *Por otra, en cambio, hemos rehuido el dar normas rígidas a los proyectistas para dejar libertad de adaptación a las condiciones de ambiente y tradición local.*
- *Y, por último, pretendemos proporcionar al proyectista datos, puestos en lo posible al día, de los materiales y procedimientos existentes".*[Ministerio de la Vivienda, 1965].

Debemos tener en cuenta que como se indica en el prólogo se trataba de unificar criterios y proporcionar al proyectista herramientas para el desarrollo de su trabajo, pero no implicaba obligatoriedad en su cumplimiento.

Posteriormente en 1988 el Gobierno Español a propuesta del parlamento de las Islas Canarias, aprobó el 31 de octubre de 1988 la Ley sobre Protección de la Calidad Astronómica de los Observatorios del IAC (Ley 31/1988) y el 13 de marzo de 1992 el Reglamento que la regula (R.D. 243/1992). Esta es la primera normativa específica de obligado cumplimiento que existe en España en este sentido, si no tenemos en cuenta las ordenanzas municipales de algunos ayuntamientos, de hecho esta ley marca un antes y un después normativo en España en este tipo de instalaciones, ya que hasta

Análisis de Eficiencia Energética en Instalaciones de Alumbrado Público. Indicador PM2.

este momento solo las instrucciones del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión hacían referencia a la seguridad en este tipo de instalaciones .

En 1999 aparecieron Recomendaciones para la iluminación de carreteras y túneles, del Ministerio de Fomento. Que sólo actualizaba alguna información y que añadía la iluminación de túneles debido a la necesidad de establecer criterios en este tipo de instalaciones motivada por el incremento en la realización de estas infraestructuras, con la construcción de la red de autovías.

A continuación se lista la normativa en materia de alumbrado público en vigor en estos momentos:

NORMATIVA ESTATAL

Leyes

Ley 34/2007 de 15 de noviembre, de Calidad del Aire y Protección de la atmósfera.

LEY 31/1988 de 31 de octubre, sobre Protección de la Calidad Astronómica de los Observatorios del Instituto de Astrofísica de Canarias.

Reglamentos

Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión.

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, de EA-01 a Ea-07

Reglamento CE nº 245/2009 de 18 de Marzo de 2009. por el que se aplica la Directiva 2005/32/CE del Parlamento Europeo y del Consejo en lo relativo a los requisitos de diseño ecológico para lámparas fluorescentes sin balastos integrados, para lámparas de descarga de alta intensidad y para balastos y luminarias que puedan funcionar con dichas lámparas, y se deroga la Directiva 2000/55/CE del Parlamento Europeo y del Consejo.

DIRECTIVAS

Diario Oficial de la Unión Europea. Directiva 2004/108/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 15 de diciembre de 2004 relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados miembros en materia de compatibilidad electromagnética y por la que se deroga la Directiva 89/336/CEE.

NORMATIVA AUTONÓMICA

ANDALUCÍA

Ley 7/2007, de 9 de julio, de Gestión Integrada de la Calidad Ambiental.

Decreto 357/2010, de 3 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento para la Protección de la Calidad del Cielo Nocturno frente a la contaminación lumínica y el establecimiento de medidas de ahorro y eficiencia energética.

BALEARES

Ley 3/2005, de 20 de abril, de Protección del Medio Nocturno de las Illes Balears.

CANARIAS

LEY 31/1988 de 31 de octubre, sobre Protección de la Calidad Astronómica de los Observatorios del Instituto de Astrofísica de Canarias. RD 243/1992

CANTABRIA

Ley de Cantabria, 6/2006, de 9 de junio, de Prevención de la Contaminación Lumínica.

Decreto 48/2010, de 11 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento por el que se desarrolla parcialmente la Ley de Cantabria 6/2006 de 9 de junio, de prevención de la contaminación lumínica.

CATALUÑA

LEY 6/2001, de 31 de mayo, de ordenación ambiental del alumbrado para la protección del medio nocturno.

82/2005, de 3 de mayo, por el que se aprueba el Reglamento de desarrollo de la Ley 6/2001, de 31 de mayo, de ordenación ambiental del alumbrado para la protección del medio nocturno.

ORDEN MAH/566/2009, de 11 de diciembre, por la que se regula y constituye la Comisión de Prevención de la Contaminación Luminosa.

CASTILLA-LEÓN

LEY 15/2010, de 10 de diciembre, de Prevención de la Contaminación Lumínica y del Fomento del Ahorro y Eficiencia Energéticos Derivados de Instalaciones de Iluminación.

EXTREMADURA

Ley 5/2010, de 23 de junio, de prevención y calidad ambiental de la Comunidad Autónoma de Extremadura.

NAVARRA

Ley Foral 10/2005, de 9 de noviembre, de Ordenación del Alumbrado para la protección del Medio Nocturno.

Decreto Foral 199/2007, de 17 de septiembre, por el que se aprueba el Reglamento de Desarrollo de la Ley Foral 10/2005, de Ordenación del Alumbrado para la protección del Medio Nocturno

1.7. CONCLUSIONES DEL CAPÍTULO

La necesidad humana por ganar terreno a la noche hizo que el desarrollo del alumbrado sobre todo a partir del s. XVI, fuese muy rápido y de la mano de la investigación y el desarrollo.

Por otra parte vemos como el problema de los ayuntamientos es endémico, ya que ante la falta de recursos económicos que les permitan sufragar los costes del alumbrado público, recurren a empresas que gestionan, mantienen y se comprometen a tener las instalaciones con la última tecnología, sirva como ejemplo el caso de Antequera que a finales del s. XIX, subcontrato su Alumbrado Público a José Bellido y Cía. [Fernández, 2010]. Si miramos con perspectiva la situación no ha variado tanto, en el s. XIX comienza el alumbrado público eléctrico y se subcontratan a empresas para que se haga cargo de este, y a día de hoy, Antequera está pendiente de una actualización de su inventario de Alumbrado Público, para sacar a concurso sus instalaciones y concesionarlo durante unos años a una ESE.

Por último, en cuanto a la normativa España no ha destacado nunca por la regularización de este tipo de instalaciones, prueba de ello es que hemos tenido que esperar hasta el 2008 para tener una reglamentación propia para Alumbrado Público, proyectando hasta ese momento en base a recomendaciones, o normas de no obligado cumplimiento como las normas del Ministerio de la vivienda de 1965, las Normas Básicas de la Edificación (NBE), recomendaciones CIE,... Esto ha permitido que se hayan proyectado nuestras calles sin criterios comunes y en base a lo marcado por técnicos y políticos. Todo ello ha motivado que España, según pudimos comprobar en la introducción de esta Tesis, sea considerado uno de los Países más sobreiluminados de nuestro entorno (EU) y con más consumo energético en este capítulo.



SPICUM
servicio de publicaciones

2. ANÁLISIS DE LOS INDICADORES DE ALUMBRADO ACTUALES



SPICUM
servicio de publicaciones

"Hay dos maneras de difundir la luz...

ser la lámpara que la emite, o ser el espejo que la refleja"

Lin Yutang

2. ANÁLISIS DE LOS INDICADORES DE ALUMBRADO ACTUALES.

2.1. INTRODUCCIÓN

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.

En este capítulo realizaremos un análisis de los indicadores utilizados en alumbrado público tradicionalmente, comenzando por su definición y clasificación, para finalmente verificar si cumplen con los requisitos que deben poseer para satisfacer su función.

2.2. PROCEDIMIENTOS DE MEDICIÓN Y SEGUIMIENTO DE LOS EFECTOS DE LA ELECCIÓN DE UNA ADECUADA POLÍTICA EN ALUMBRADO PÚBLICO

Si queremos realizar una política en alumbrado público que nos permita conocer si los trabajos e inversiones realizados en las instalaciones están cumpliendo con sus fines, es necesario fijar una serie de procedimientos operacionales claros y controlar la eficacia de los protocolos de gestión, de esta manera podremos disponer de una retroalimentación, que nos hará mejorar nuestras instalaciones y saber en todo momento el estado en el que se encuentran. Estos procedimientos deberán apoyarse en una serie de indicadores que nos sirvan de referencia y que deberán poseer las características que a continuación se indican.

2.2.1. ¿QUÉ ES UN INDICADOR?

Existen varias definiciones de indicador:

“Expresión utilizada para describir actividades en términos cuantitativos y cualitativos con el fin de evaluarlas de acuerdo con un método” [ISO 11620, UNE 50137:2000²⁰].

" Datos o conjunto de datos que ayudan a medir objetivamente la evolución de un proceso o de una actividad." [UNE 66175:2003]²¹

“Herramientas para clarificar y definir, de forma más precisa, objetivos e impactos (...) son medidas verificables de cambio o resultado (...) diseñadas para contar con un estándar contra el cual evaluar, estimar o demostrar metas establecidas, facilitan el reparto de insumos, produciendo (...) productos y alcanzando objetivos”. [ONU (2002)].

Teniendo en cuenta nuestras necesidades, podríamos definir los indicadores de alumbrado exterior como:

Conjunto de herramientas que nos permiten conocer y comparar las instalaciones entre si, además de facilitarnos de una manera fácil, fiable y factible su eficacia energética y el grado de cumplimiento normativo, sin menoscabo de la calidad lumínica.

²⁰UNE 50137: Información y documentación : indicadores de rendimiento bibliotecario

²¹ UNE 66175:2003. Sistemas de gestión de la calidad. Guía para la implantación de sistemas de indicadores.

2.2.2. CARACTERÍSTICAS GENERALES QUE DEBEN TENER LOS 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.

[Mondragón, AR. 2002]

2.2.3. INDICADORES EN ALUMBRADO PÚBLICO.

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

En función de lo anterior, con los sistemas de alumbrado exterior, podríamos dividir los indicadores en dos tipos: indicadores de la calidad del alumbrado e indicadores del rendimiento de las instalaciones.

- **Indicadores de la calidad del alumbrado:**

Serían aquellos que nos permitirán evaluar la calidad de las instalaciones. Parámetros como la iluminancia media, la uniformidad, la satisfacción del usuario o el deslumbramiento.

- **Indicadores del rendimiento:**

Como el rendimiento lumínico, rendimiento de la fuente de luz, la eficiencia energética,...

El indicador que se plantee deberá conjugar ambos tipos, porque como dijimos anteriormente al definir el indicador de alumbrado exterior, debemos tener en cuenta la eficiencia energética de la instalación pero sin menoscabo de la calidad de esta. Hasta la entrada en vigor del R.D. 1890/2008, no existía ninguna normativa que estableciese valores de calidad para el alumbrado exterior, por lo que el nuevo indicador debe partir del cumplimiento de los requisitos establecidos en materia de calidad (cumplimiento de iluminancia media y uniformidad).

No debemos olvidar que este parámetro nos debe permitir comparar distintas instalaciones de forma clara y concisa, para medir su calidad y eficacia, sin omitir que también nos deben ayudar a tomar decisiones políticas y técnicas en aras de la optimización de las instalaciones.

2.2.4. UTILIDAD DE LOS INDICADORES DE ALUMBRADO PÚBLICO

Los indicadores de alumbrado público deben tener características definibles y medibles, cuyos índices o niveles absolutos y la dirección en la que cambian tienen como finalidad indicar si el alumbrado público está funcionando de manera correcta y según los parámetros de calidad y eficiencia prefijados inicialmente durante su diseño, teniendo en cuenta además las necesidades lumínicas y de calidad de la vía. También deben servirnos para realizar las actuaciones necesarias para que, sin perder el nivel de calidad obtengamos mejores resultados lumínicos a un menor coste.

Por lo tanto los indicadores de alumbrado exterior, deben servirnos para ayudarnos a:

- Tomar las decisiones que nos permitan establecer las acciones necesarias, al objeto de optimizar las instalaciones.
- Permitir la medición de la eficacia y la evaluación de la evolución de nuestro sistema.
- Detectar anomalías o problemas derivadas del mal uso o funcionamiento.
- Deberá ser fácil de entender y utilizar, para que de una manera intuitiva nos permita conocer el estado de la instalación.
- 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..
- Deben representar fielmente al objeto del estudio, es decir, deben hacer referencia clara al problema objeto de nuestra prospección.
- Debe permitir comparar desde pequeñas a grandes instalaciones teniendo en cuenta las características específicas de cada una.

Por lo tanto, es especialmente importante que los procedimientos de elección de los indicadores de alumbrado público sean explícitos, abiertos y transparentes y que el razonamiento en que se base la elección sea claro para todos los interesados.

2.2.5. RELACIÓN DE INDICADORES UTILIZADOS TRADICIONALMENTE EN ALUMBRADO PÚBLICO.

A continuación se van a exponer una serie de indicadores que se vienen usando tradicionalmente, como veremos en todos los casos se tratan de indicadores de rendimiento, ya que todos han tratado de evaluar la eficiencia de los sistemas de iluminación, por otro lado como hemos señalado con anterioridad, la calidad de la iluminación no se ha hecho obligatoria hasta la entrada en vigor del Reglamento. Quizás esto viene motivado porque en principio la preocupación era tener iluminación en todas las calles y una vez superada esta fase, estamos en disposición de preocuparnos por la calidad de estas.

2.2.5.1. NÚMERO DE PUNTOS DE LUZ DE UNA POBLACIÓN (Nº Ptos. luz/población).

Como vimos en el capítulo correspondiente a Antecedentes Históricos del Alumbrado Público:

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 desarrollo²² 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

²² Con desarrollo, nos estamos refiriendo al grado de modernidad y de avance tecnológico en comparación con otras ciudades.

en combinación con algún otro parámetro como el número de personas o los metros cuadrados de superficie que ocupan.

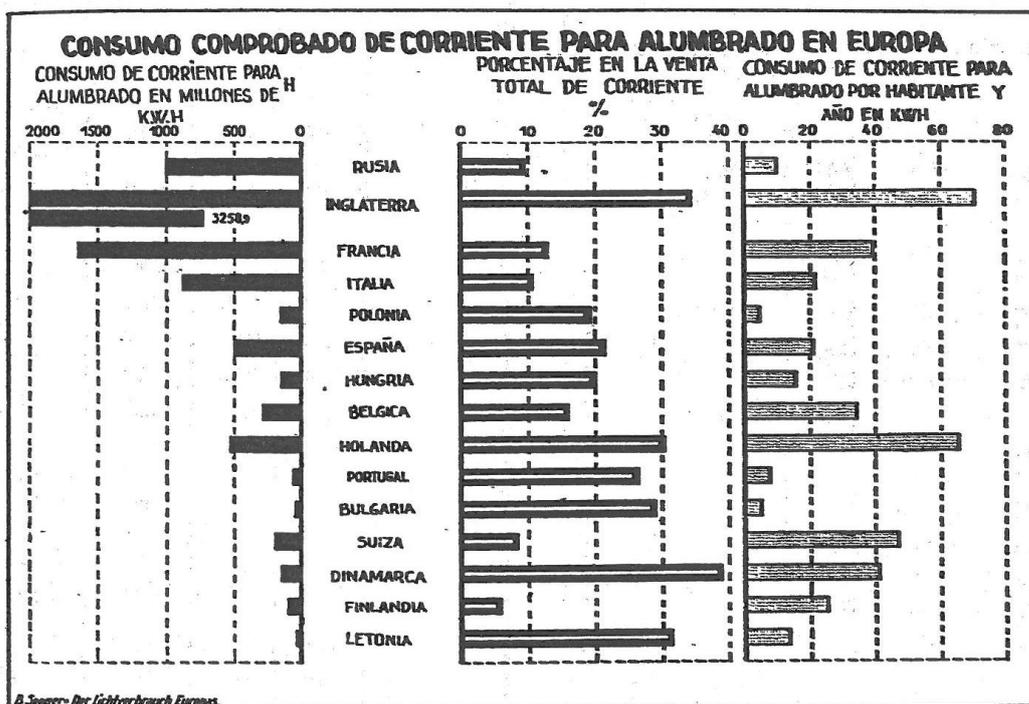
En la tabla 1.1. del capítulo anterior podemos ver un ejemplo, que permite comparar el número de puntos de luz en diversos países europeos.

2.2.5.2. 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 se sigue utilizando en la actualidad. Probablemente porque resulta relativamente fácil de obtener, ya que solo necesitamos conseguir la suma del consumo de alumbrado público en el municipio²³, 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.

A continuación vemos un ejemplo de 1936, en el que aparecen los principales países de la época, con su consumo por habitante y año de Alumbrado Público .

²³ En muchas ocasiones para ello solo hace falta sumar la facturación eléctrica de Alumbrado Público, con los errores que ello puede suponer, ya que es habitual, que a las instalaciones de alumbrado público se conecten desde las instalaciones provisionales, hasta muchas de tipo fraudulento.



Gráfica 2.1.: Consumo comprobado de corriente para alumbrado en Europa. Fuente: Seeger, 1936

2.2.5.3. NÚMERO DE PUNTOS DE LUZ POR HABITANTES (Pts. 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 España²⁴, en la que, entre otros parámetros se analizó el número de puntos de luz por habitantes.

REGIÓN	HABITANTES/REGIÓN CON PUNTOS DE LUZ	PUNTOS DE LUZ POR REGIÓN	PROMEDIO DE HABITANTES/PUNTOS DE LUZ EN LA REGIÓN
ANDALUCÍA	919.219	103.858	9
ARAGÓN	650.000	43.250	15
ASTURIAS	0	0	---
CANTABRIA	199.480	18.753	11

²⁴ La encuesta era voluntaria, en ella participaron el 21% de las poblaciones de la muestra.

REGIÓN	HABITANTES/REGIÓN CON PUNTOS DE LUZ	PUNTOS DE LUZ POR REGIÓN	PROMEDIO DE HABITANTES/PUNTOS DE LUZ EN LA REGIÓN
CASTILLA LA MANCHA	648.630	112.373	6
CASTILLA LEÓN	934.714	95.375	10
CATALUÑA	3.048.487	260.856	12
CEUTA	0	0	---
COMUNIDAD DE MADRID	3.340.509	244.315	14
EXTREMADURA	251.363	28.594	9
GALICIA	285.554	48.021	6
ISLAS BALEARES	476.610	22.578	21
ISLAS CANARIAS	598.500	59.800	10
LA RIOJA	20.100	3.600	6
COMUNIDAD VALENCIANA	1.730.663	162.734	11
MELILLA	0	0	---
MURCIA	32.000	500	64
NAVARRA	190.000	17.100	11
PAÍS VASCO	300.836	29.280	10
TOTALES	13.626.665	1.250.767	11
			INDICE PROMEDIO

Tabla 2.1: Puntos de luz por habitantes en regiones españolas. Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de CEI 2001.

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.

2.2.5.4. SUPERFICIE POR PUNTO DE LUZ (Superficie/pto. de luz)

Con el mismo criterio que en indicador anterior se ha relacionado la superficie (m²) de las calles y el número de puntos de luz, obteniéndose según la encuesta realizada [CEI, 2001]:

Extensión total de calles = 219.087.209 m²

Nº de puntos de luz = 1.250.767

Superficie/punto de luz²⁵ = 175 m²/pto. luz

Región	Habitantes/ región con extensión de calles	Extensión de calles con habitantes	Extensión de calles con habitantes y puntos de luz por región (m ²)	Promedio (m ²)/puntos de luz en la región	Promedio metros/puntos de luz en la región
Andalucía	225.642	5.775.000	56	689.500	7
Aragón	650.000	9.600.000	222	1.200.000	28
Asturias	0	0	---	0	---
Cantabria	13.500	130.000	7	25.000	1
Castilla la Mancha	432.666	9.077.784	81	1.094.922	10
Castilla León	685.587	46.410.004	487	695.000	7
Cataluña	3.036.330	48.152.196	185	4.016.576	15
Ceuta	0	0	---	0	---
Cdad. de Madrid	3.145.000	39.720.000	163	3.000.000	12
Extremadura	112.000	17.395.000	608	60.000	2
Galicia	115.720	3.814.010	79	354.200	7
Islas Baleares	437.992	11.097.798	492	57.579	3
Islas Canarias	388.500	8.204.500	138	665.000	11
La Rioja	0	0	---	0	---
Cdad. Valenciana	541.741	15.125.297	93	1.343.500	8
Melilla	0	0	---	0	---
Murcia	32.000	208.800	418	24.000	48
Navarra	0	0	---	0	---
País Vasco	270.924	4.376.820	149	287.388	10
TOTALES	10.087.602	219.087.209	247	13.512.665	14

Tabla 2.2: Extensión por punto de luz. Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de CEI 2001.

²⁵ Según el trabajo del CEI, este parámetro representa el 74% de la población.

2.2.5.5. CONSUMO ELÉCTRICO ANUAL DE LAS INSTALACIONES DE ALUMBRADO PÚBLICO URBANO/SUPERFICIE URBANA DEL MUNICIPIO (Kw-h/m²).

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].

2.2.5.6. 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].

2.2.5.7. 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].

2.2.5.8. 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.

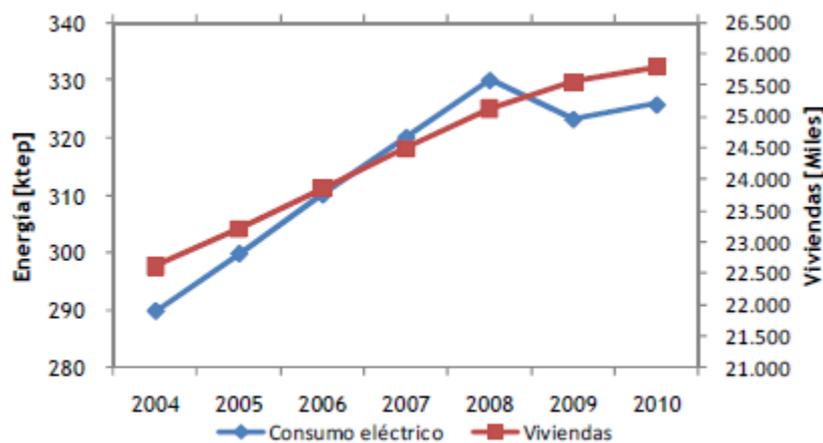
$$MAP = \left(\frac{E^{EA}}{V} \right)$$

donde:

- E^{EA} : Consumo eléctrico en alumbrado público.
- V : Número de viviendas

El ahorro relativo en el uso de alumbrado público, resulta de la multiplicación de la diferencia de los valores de los consumos unitarios para el año de referencia (2004 ó 2007)²⁶ y el año de cálculo (2010) y el valor de la variable de actividad relativa al indicador (número de viviendas en 2010).

$$Ahorros\ obtenidos\ por\ MAP = \left[\left(\frac{E_{2004}^{EA}}{V_{2004}} \right) - \left(\frac{E_{2010}^{EA}}{V_{2010}} \right) \right] \cdot V_{2010}$$



Gráfica. 2.2: Evolución del consumo eléctrico en el uso del alumbrado exterior y evolución del número de viviendas de 2004 hasta 2010. Fuente: IDAE, 2011.

²⁶ Se puede utilizar cualquiera de estos dos años de los que se disponen de datos.

En la anterior figura se observa como el consumo eléctrico en alumbrado tiene una tendencia creciente muy pronunciada en los primeros años de la serie, igual ocurre con el número de viviendas. Sin embargo, es a partir de 2008 cuando esta tendencia se rompe ya que el consumo eléctrico en alumbrado público disminuye al mismo tiempo que la tendencia creciente del número de viviendas se ralentiza, volviendo a reactivarse lentamente a partir del siguiente año, siendo esta situación según se indica en el documento del IDAE, el resultado de la puesta en marcha de medidas dirigidas a este subsector de los servicios públicos que hace que mejore notablemente su eficiencia.

2.2.6. 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.

2.2.6.1. "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 necesitó 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.

2.2.6.2. "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.

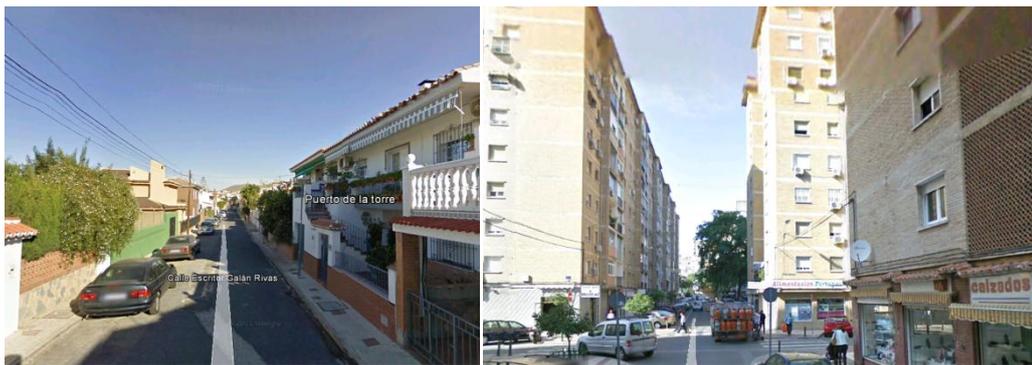


Imagen 2.1. Calles dimensiones similares. Fuente: elaboración propia

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 equipos²⁷.

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.

²⁷ 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.

2.2.6.3. "NÚMERO DE PUNTOS DE LUZ POR HABITANTES".

Al igual que en el caso anterior, consideramos que este indicador viene influenciado por el tipo de urbanización y por un elemento muy distorsionador, la estacionalidad de sus habitantes, por ejemplo si en una localidad como Fuengirola aplicásemos este indicador en verano su valor sería mucho más pequeño que en invierno, motivado por la población flotante que en algunos casos puede incluso duplicarse.

Por otro lado y siguiendo el ejemplo utilizado para el indicador 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 puntos 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:

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

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.

2.2.6.4. "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 2.2. 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 ²)	781,68	1.763,00
Nº ptos. luz	7	24
Clase alumbrado	S2	ME3b
Potencia	1.024	6.201

Tabla 2.3: 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 m².
- En el segundo, tenemos 13,61 puntos de luz por cada 1.000 m².

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

2.2.6.5. "CONSUMO ANUAL DE LAS INSTALACIONES DE ALUMBRADO PÚBLICO URBANO/SUPERFICIE URBANA DEL MUNICIPIO" (Kw-h/m²).

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 ²)	10,4	148,8
Habitantes (km ²)	74.054	79.262
Consumo (MWh.año)	6.808,44	4.675,38

Tabla 2.4: Comparación entre las poblaciones de Fuengirola y Mijas. Fuente: Elaboración propia a partir de POEs 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.

2.2.6.6. "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 "2.2.6.2", 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 "2.2.6.3", 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.

2.2.6.7. "CONSUMO ELÉCTRICO UNITARIO DE ALUMBRADO PÚBLICO POR VIVIENDA" (kWh/vivienda).

Este indicador es similar al indicador 2.2.6.2. 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.

2.3. CONCLUSIONES DEL CAPÍTULO

Como conclusión, presentamos una tabla en donde podemos enfrentar los distintos indicadores, con las exigencias a los indicadores específicos para alumbrado público, en ella podemos ver, que ninguno de ellos nos permitiría actuar con criterio en la toma de decisiones inherentes a este tipo de instalaciones, por lo que no tienen más validez que como referencia y en algunos casos no permiten ver como evoluciona su valor desde el punto de vista numérico.

	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 2.5 : Grado de cumplimiento entre los indicadores existentes y las exigencias para indicadores de alumbrado público. Fuente: elaboración propia.

INDICADORES ALUMBRADO PÚBLICO

1. 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.

Además se ha demostrado a través de ejemplos, la falta de representatividad de estos indicadores y que sus valores pueden verse afectado por factores externos a la propia instalación, como la estacionalidad de las personas en una población, o el cambio de uso de una zona.



SPICUM
servicio de publicaciones

3. PROPUESTA DE NUEVO INDICADOR



SPICUM
servicio de publicaciones

**"No vemos la oscuridad,
lo que vemos es la ausencia de luz"**
Anónimo

3. PROPUESTA DE NUEVO INDICADOR.

3.1. INTRODUCCIÓN

Como vimos en el apartado 1.6, la legislación en materia de Alumbrado Público desde el punto de vista institucional en España se limitaba a las normas editadas por el Ministerio de la Vivienda de 1965, la Ley 31/1988 y a las recomendaciones del Ministerio de Fomento de 1999. Con posterioridad y normalmente siempre bajo el impulso del Comité Español de Iluminación (CEI) se publicaron otra serie de Guías Técnicas basadas en las recomendaciones de la Comisión Internacional de Iluminación (CIE), como las publicadas por el CEI en colaboración con el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE) en el año 2001 "Guía Técnica de Eficiencia energética en Iluminación: Alumbrado Público", o las publicada por la Agencia Andaluza de la Energía (AAE) y el CEI en el 2007 " Guía de Ahorro y Eficiencia energética en Municipios". A estas guías y para ser justos, también debemos añadir las ordenanzas o instrucciones técnicas de los municipios en la que los técnicos estaban concienciados de la importancia del alumbrado en sus instalaciones, como ejemplo podemos citar las publicadas por el Ayuntamiento de Málaga " Instrucciones técnicas municipales para la instalación del alumbrado público en la ciudad de Málaga" (2008).

Por tratarse de recomendaciones, salvo en el caso en que los municipios tenían ordenanza, su seguimiento dependía del buen criterio de los técnicos municipales, y de su voluntad por seguirlos a la hora de diseñar y llevar a cabo las instalaciones, dando lugar en muchas ocasiones a que prevaleciera los criterios económicos de los contratistas de las obras o de los políticos locales, a los criterios técnicos.

Con la entrada en vigor del R.D. 1890/2008, se ha marcado un antes y un después en estas instalaciones. Se trata de la primera reglamentación que aborda en profundidad la iluminación exterior. Con anterioridad, solo en el Reglamento Electrotécnico para

Baja Tensión en su artículo 9. Instalaciones de Alumbrado Exterior y en la ITC BT 09 se abordaban éstas.

El Reglamento de eficiencia energética en instalaciones de alumbrado exterior, como se indica en su artículo 1. Objeto, tiene dos principios básicos:

- *Mejorar la eficiencia y ahorro energético, así como la disminución de las emisiones de gases de efecto invernadero.*
- *Limitar el resplandor luminoso nocturno o contaminación luminosa y reducir la luz intrusa o molesta".*

Principios, que por otra parte no se corresponden con muchas de las instalaciones que nos podemos encontrar hoy en día, en las calles de nuestros pueblos y ciudades. Esto implica, que exista un gran camino por recorrer para adecuarnos a las condiciones de Eficiencia Energética y disminución del Resplandor Luminoso Nocturno.

Por otro lado, los indicadores utilizados hasta el momento por la mayoría de organismos oficiales, no van en consonancia con el espíritu de la norma. Mientras que oficialmente los datos de consumo suelen proporcionarse en kWh/habitante/año, euros/habitante/año,...., el Reglamento a través de su fórmula principal de la Eficiencia energética relaciona esta, con el Consumo Energético y la Iluminancia Media en Servicio, como comprobaremos posteriormente.

Se hace necesario por tanto, el estudio y desarrollo de un indicador válido que permita comparar instalaciones y determinar de una manera clara y sencilla, cual es más eficiente, cuales son las necesidades reales de estas, en que orden de magnitud nos estamos moviendo, etc.

Si a la incorporación del R.D. 1890/2008 unimos:

- Que hay un gran desconocimiento de la materia que nos ocupa, entre la mayoría de los técnicos que han de desarrollar las instalaciones nuevas (no existe cultura de la iluminación, prueba de ello es que en la mayoría de las Escuelas de Ingeniería no existe ninguna asignatura al respecto).

- Que existe la necesidad de realizar inversiones para adecuarse al Reglamento²⁸, y con la dificultad añadida del aumento del precio de la energía que hace que las instalaciones sean insostenibles económicamente.
- La importancia del consumo energético en alumbrado público indicada en la introducción de la presente Tesis Doctoral. Para ello se utilizaron datos entre otros, de la AAE, en la que se podía ver que, del consumo eléctrico municipal en Andalucía, una media del 59 % se dedicaba a iluminar nuestras calles y plazas. Por otro lado no se debe olvidar que los ayuntamientos son los propietarios del 95% de los alumbrados públicos del país [Ministerio de Economía, 2003]. Si a ello unimos la entrada en vigor del R.D. 1890/2008, junto con los Reglamentos de Contaminación Lumínica que han publicado la mayoría de comunidades autónomas, y que obligan en muchos casos a la actualización de las instalaciones para adaptarse a ellas, se plantea un grave problema para las mermadas arcas municipales.
- Y el momento actual de crisis económica, en el que la mayoría de los ayuntamientos se encuentran endeudados.

Uno de los posibles recursos a utilizar, para modernizar sus instalaciones y adaptarlas a la actual normativa, sería emplear los servicios de Empresas de Servicios Energéticos²⁹.

3.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En base al análisis realizado en el capítulo anterior de los indicadores actuales, se ha detectado que uno de los principales problemas es, no tener en cuenta la tipología de los sistemas de alumbrado, lo que imposibilita realizar comparaciones coherentes entre distintas instalaciones. Esto unido a la necesidad de un indicador de referencia que permita tanto a los ayuntamientos, a las ESEs y al resto de interlocutores del alumbrado público hablar en un idioma común, que tenga en cuenta las características

²⁸ Que el Reglamento ha entrado en vigor en un momento malo para la situación económica actual de los municipios (son los responsables de más del 90% del alumbrado público), es claro y evidente

²⁹ Definidas en el capítulo correspondiente en el capítulo: Introducción.

de las instalaciones, nos ha motivado a desarrollar un nuevo indicador, que subsane dicho déficit.

Para determinarlo y como estaba marcado en el apartado Objetivo General de la Introducción, se seguirán los siguientes pasos:

- Establecer un indicador de referencia que nos permita realizar comparaciones fiables entre instalaciones.
- Verificar si los valores indicados en el R.D. 1890/2008 relativos a las exigencias en materia de eficiencia energética se ajustan a la realidad.

3.3. INDICADOR PM2. METODOLOGÍA A SEGUIR.

3.3.1. ANÁLISIS DE LAS INSTALACIONES DE ALUMBRADO PÚBLICO.

Las instalaciones de alumbrado público se diseñan para satisfacer las necesidades visuales de los usuarios de las mismas. Uno de los parámetros fundamentales a tener en cuenta es la iluminancia media de la instalación

La iluminancia media en servicio con mantenimiento de la instalación se define como:

$$E_m = \frac{F \cdot f_m \cdot f_u}{S} \Rightarrow F = \frac{E_m \cdot S}{f_m \cdot f_u}$$

E_m = Iluminancia media en servicio (lux)

F = Flujo luminoso instalado emitido por las lámparas (lm)

f_u = Factor de utilización³⁰.

f_m = Factor de mantenimiento³¹.

³⁰ 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. El factor de utilización de la instalación es función del tipo de lámpara, de la distribución de la intensidad luminosa y rendimiento de las luminarias, así como de la geometría de la instalación, tanto en lo referente a las características dimensionales de la superficie a iluminar (longitud y anchura), como a la disposición de las luminarias en la instalación de alumbrado exterior (tipo de implantación, altura de las luminarias y separación entre puntos de luz).

S = Superficie (m^2)

La eficacia luminosa de la lámpara (ε_{lamp}) se define como: la relación entre el flujo luminoso emitido por una lámpara y la potencia total consumida por la lámpara más su equipo auxiliar.

$$\varepsilon_{lamp} = \frac{F}{P} \Rightarrow F = \varepsilon_{lamp} \cdot P$$

F = Flujo luminoso emitido por la lámpara (lm)

P = Potencia de la lámpara

Si sustituimos en la ecuación de la iluminancia media:

$$E_m = \frac{\varepsilon_{lamp} \cdot P \cdot f_m \cdot f_u}{S} \Rightarrow E_m = \frac{P}{S} \cdot \varepsilon_{lamp} \cdot f_m \cdot f_u$$

} Si despejamos obtendríamos

$$\varepsilon = \varepsilon_L \cdot f_m \cdot f_u \text{ (R.D.1890/2008)}$$

$$E_m = \frac{P}{S} \cdot \varepsilon \Rightarrow \frac{P}{S} = \frac{E_m}{\varepsilon}$$

Que nos relaciona el Consumo Energético con la Iluminancia Media y la Eficiencia Energética.

Al cociente entre la potencia total de la instalación (lámparas+equipos) entre la superficie que ilumina, es a lo que nosotros vamos a llamar PM2 (Potencia por metro cuadrado).

$$PM2 = \frac{P}{S}$$

³¹ 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.

3.3.2. DETERMINACIÓN DEL VALOR DE REFERENCIA SEGÚN EL R.D.

El problema que ahora se nos plantea, es como utilizar PM2 como indicador para las instalaciones existentes, es decir, necesitamos establecer un protocolo que nos permita de una manera fiable determinar, qué valores tienen las actuales instalaciones en cualquier calle de una población y compararlas con valores de referencia. Estos valores de referencia, los vamos a obtener, como no puede ser de otra manera, del R.D. 1890/2008 y para ello, vamos a obtener el Consumo Energético de las tablas 1 y 2 de la ITC EA 01³²:

Del cociente entre la Iluminancia media y la eficiencia energética de las tablas 1 y 2, vamos a extraer los valores de referencia, que utilizaremos para comparar las instalaciones inicialmente. A estos valores es a lo que vamos a llamar "**PM2_{R.D.}**" (**potencia metro cuadrado de referencia según el R.D.**).

Iluminancia media en servicio E_m (lux)	EFICIENCIA ENERGÉTICA MÍNIMA $\left(\frac{m^2 \cdot lux}{W}\right)$	Indicador $PM2_{R.D.}$ (W/m ²)
≥30	22	1,36
25	20	1,25
20	17,5	1,14
15	15	1,00
10	12	0,82
≤ 7,5	9,5	0,79

Nota - Para valores de iluminancia media proyectada comprendidos entre los valores indicados en la tabla, la eficiencia energética de referencia y el correspondiente valor de $PM2_R$, se obtendrán por interpolación lineal.

Tabla 3.1: Relación potencia superficie para las instalaciones de alumbrado vial funcional. Fuente: Elaboración propia.

³² Tabla 1 – Requisitos mínimos de eficiencia energética en instalaciones de alumbrado vial funcional.

Tabla 2 – Requisitos mínimos de eficiencia energética en instalaciones de alumbrado vial ambiental.

Iluminancia media en servicio Em(lux)	EFICIENCIA ENERGÉTICA MÍNIMA $\left(\frac{m^2 \cdot lux}{W} \right)$	Indicador PM2 _{R,D.} (W/m ²)
≥ 20	9	2,22
15	7,5	2,00
10	6	1,67
7,5	5	1,50
≤ 5	3,5	1,43

Nota - Para valores de iluminancia media proyectada comprendidos entre los valores indicados en la tabla, la eficiencia energética de referencia y el correspondiente valor de PM2_R se obtendrán por interpolación lineal.

Tabla 3.2: Relación potencia superficie para las instalaciones de alumbrado vial ambiental. Fuente: Elaboración propia.

Estos valores de referencia, al compararlos con los obtenidos en campo resultado de dividir la potencia real instalada y la superficie de la vía, nos darán una idea del estado de las instalaciones en cuanto a consumo energético. Con posterioridad deberemos verificar si estos valores están por encima o por debajo de las posibilidades que nos ofrece la tecnología actualmente y comprobar si cumplen las condiciones establecidas por el Reglamento.

También es importante indicar en este momento, que si pretendemos comparar instalaciones, estas deberán poder ser comparables y para ello se hace necesaria la clasificación que se ha realizado y que veremos en los siguientes apartados.

3.4. METODOLOGÍA DEL ANÁLISIS DE CAMPO.

Para verificar la bondad de los valores de referencia debemos realizar algunas verificaciones en campo, para lo que hemos comenzado por desarrollar un estudio pormenorizado de las calles anteriormente citadas mediante los siguientes pasos:

3.4.1. REALIZACIÓN DE UNA BASE DE DATOS GENERAL SOBRE LAS CARACTERÍSTICAS DE LA INSTALACIÓN.

Los sistemas de alumbrado exterior dependen muy directamente del urbanismo de las poblaciones y de las características propias de la vía en estudio, por lo que el primer paso sería definir una serie de parámetros que nos permitan compararlos. Para ello nos hemos apoyado en una serie de hojas de cálculo, donde se recogen los siguientes datos:

Características geométricas de las vías:

Longitud del eje de la calle

Anchura media

Superficie real

Clasificación de las vías

Consumos

Consumo anual

Coste anual

€/habitantes

Lámparas

Tipo

Potencia

Número de lámparas por calle

Número total de lámparas de los municipios

Equipos auxiliares

Potencia (según tabla 2 de la ITC-EA-04)

Luminarias

Tipo (vial, globo, farol, otro)

Numero de luminarias por calle

Número total de luminarias de los municipios

Potencia eléctrica

Por tipología de lámpara

Por calle

Todos estos datos se han obtenido de los POEs correspondientes a los pueblos en estudio.

3.4.1.1. ANÁLISIS DE LA CLASIFICACIÓN DE LAS VÍAS.

Se procederá a realizar una clasificación de las vías, según el R.D 1890/2008.

Este Reglamento utiliza para la clasificación de las vías según se establece en a ITC-EA-02, los siguientes criterios:

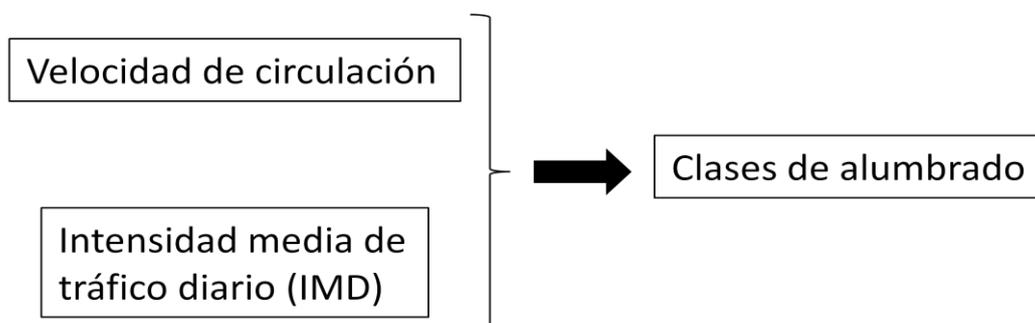


Figura 3.1. Esquema de selección de clases de alumbrado. Fuente: R.D. 1890/2008. Elaboración propia

Si se analiza con detenimiento las calles de las poblaciones estudiadas según la ITC-EA-02 del R. D. 1890/2008, se observa que entre el 80 y el 90% de las calles, se corresponden con una tipología tipo D³³.

Clasificación	Tipo de vía	Velocidad del tráfico rodado (km/h)
A	de alta velocidad	$v > 60$
B	de moderada velocidad	$30 < v \leq 60$
C	carriles bici	--
D	de baja velocidad	$5 < v \leq 30$
E	vías peatonales	$v \leq 5$

Tabla 3.3 : Clasificación de las vías. Fuente: R.D. 1890/2008

En cuanto a la clase de alumbrado según se establece en la tabla 4, nos movemos entre las tipologías D3 y D4:

³³ Aunque el Reglamento General de circulación en su artículo 52, establezca que la velocidad en vías urbanas y travesías sea de 50 km/h, recientemente se ha establecido una velocidad máxima en la mayoría de las poblaciones de 30 Km/h en las vías de un sólo sentido, que corresponde al 80% de las vías urbanas.(RGC, Art. 50). en el caso que nos ocupa se ha verificado esta modificación in situ.

Situaciones de proyecto	Tipos de vías	Clase de Alumbrado ^(*)
C1	<ul style="list-style-type: none"> • Carriles bici independientes a lo largo de la calzada, entre ciudades en área abierta y de unión en zonas urbanas Flujo de tráfico de ciclistas Alto..... Normal.....	S1 / S2 S3 / S4
D1 - D2	<ul style="list-style-type: none"> • Áreas de aparcamiento en autopistas y autovías. • Aparcamientos en general. • Estaciones de autobuses. Flujo de tráfico de peatones Alto..... Normal.....	CE1A / CE2 CE3 / CE4
D3 - D4	<ul style="list-style-type: none"> • Calles residenciales suburbanas con aceras para peatones a lo largo de la calzada • Zonas de velocidad muy limitada Flujo de tráfico de peatones y ciclistas Alto..... Normal.....	CE2 / S1 / S2 S3 / S4

^(*) Para todas las situaciones de alumbrado C1-D1-D2-D3 y D4, cuando las zonas próximas sean claras (fondos claros), todas las vías de tráfico verán incrementadas sus exigencias a las de la clase de alumbrado inmediata superior.

Tabla 3.4: Clases de alumbrado para vías tipo C y D. Fuente: R.D. 1890/2008

Como podemos observar en la tabla, el reglamento establece otra subdivisión en función del flujo de tráfico peatonal y de ciclistas, dejando la elección al proyectista, que normalmente no tiene elementos objetivos³⁴ que le permitan tomar tal decisión, por lo que deberá apoyarse en la experiencia y en el conocimiento de la localidad. Posteriormente se debe realizar una nueva elección seleccionando entre alumbrado CE2/S1/S2, o por el contrario entre S3 y S4, siendo de nuevo el diseñador usando criterios subjetivos sobre la instalación o bien por la sugerencia del técnico municipal o del responsable político, el que debe tomar la decisión. Ante la duda, el criterio más comúnmente seguido es el de elegir el tipo de alumbrado intermedio, es decir nos quedamos con la opción S2, cuyos valores son los siguientes:

³⁴ Mediciones reales de intensidad de tráfico diario, recuento del número de peatones, ciclistas y distintos tipos de vehículos que circulan por la vía,...

Clase de Alumbrado ⁽¹⁾	Iluminancia horizontal en el área de la calzada	
	Iluminancia Media E_m (lux) ⁽¹⁾	Iluminancia mínima E_{min} (lux) ⁽¹⁾
S1	15	5
S2	10	3
S3	7,5	1,5
S4	5	1

(1) Los niveles de la tabla son valores mínimos en servicio con mantenimiento de la instalación de alumbrado. A fin de mantener dichos niveles de servicio, debe considerarse un factor de mantenimiento (f_m) elevado que dependerá de la lámpara adoptada, del tipo de luminaria, grado de contaminación del aire y modalidad de mantenimiento preventivo.

Tabla 3.5 : Series S de la clase de alumbrado para viales tipos C, D y E. Fuente: R.D. 1890/2008.

La decisión anterior se apoyada en el análisis de las calles de los municipios, concluyéndose que la mayoría de las vías de los centros urbanos pueden considerarse como de tipo residencial, que están compuestas por calles con una mezcla de residencial, con pequeños establecimientos comerciales y caracterizadas por poco tránsito de peatones durante la noche. Esta definición incluye áreas con casas unifamiliares y pequeños edificios de no más de 4 o cinco alturas, con bajos comerciales. [Lighting Handbook, 1998]

3.4.1.2. OBTENCIÓN DE LA GEOMETRÍA DE LAS CALLES.

Para obtener la geometría de las calles, se ha procedido a realizar mediciones mediante la cartografía de los municipios en formato CAD facilitada por la Exma. Diputación Provincial de Málaga.

Para ello hemos tenido en cuenta las siguientes consideraciones:

Anchura de las calles: por tratarse de vías ubicadas en el casco de la población y debido a la antigüedad de los municipios sobre todo en el casco histórico, nos hemos encontrado con calles con anchura variable. En estos casos hemos tenido que optar por utilizar la más representativa, que suele coincidir con la anchura media. Se ha de indicar que para esta magnitud de las calles se ha utilizado la distancia entre fachadas incluyendo las aceras, ya que entre el 50 y el 70 % de las calles son de menos de 7 metros de anchura y se

trata de una iluminación vial ambiental, siendo en estos casos lo habitual como se ha podido comprobar, recurrir a instalaciones mediante luminarias colocadas unilateralmente con una altura igual al ancho de la calle, utilizándose tanto para iluminar la calzada como las aceras.

Superficie de las vías: Siendo este el valor más importante para la realización de nuestra propuesta, se ha puesto el máximo cuidado en que esta magnitud fuese lo más real posible, para ello se han realizado polígonos para cada una de las calles recogiendo toda la superficie de esta.

Longitud: Se ha medido el eje de la calle y se ha comprobado dividiendo la superficie entre la anchura.

Este tipo de medidas han ido acompañadas por control en campo, sobre todo en caso de que lo obtenido mediante CAD ofreciese dudas.

3.4.1.3. CÁLCULO DE LA POTENCIA INSTALADA.

Se ha obtenido la potencia total de la calle, multiplicando el número de lámparas por su potencia, a lo que se le ha sumado la potencia de los equipos. Como no disponíamos de este dato hemos añadido la potencia máxima permitida según la tabla 2 - Potencia máxima del conjunto lámpara y equipo auxiliar de la ITC EA 04. Para ello hemos usado la siguiente expresión.

$$P = \sum L_1 \cdot P_1 + L_2 \cdot P_2 + \dots + L_n \cdot P_n$$

Donde:

P = Potencia total de la calle

L_1, L_2, \dots, L_n = Número de lámparas tipo 1, 2 ..., n

P_1, P_2, \dots, P_n = Potencia activa total instalada (lámpara+equipo)₁, Potencia activa total instalada (lámpara+equipo)₂, ..., Potencia activa total instalada (lámpara+equipo)_n

Se ha recurrido a este procedimiento al detectar que en la mayoría de los POEs, los autores de dichos trabajos no incluyen la potencia de los equipos auxiliares en sus estudios, por lo que la potencia real en alumbrado público debería verse incrementada desde un 15 a un 17%.

3.4.2. OBTENCIÓN DEL VALOR DE PM2 DE CAMPO Y COMPROBACIÓN RESPECTO AL DE REFERENCIA.

Con los datos obtenidos en los apartados anteriores ya estaríamos en disposición de obtener el valor del consumo energético de las instalaciones. Recurrimos a la hoja de cálculo que estamos rellenando para cada una de las poblaciones y dividimos la potencia total instalada entre la superficie de la vía. Esto nos permite establecer unos valores con los que comparar los obtenidos de las tablas 3.1 y 3.2, (PM_{2R.D.}) y poder conocer cuántas de las calles están diseñadas con una potencia por superficie, superior o inferior a las recomendadas por el reglamento. Esto facilitará la toma de decisiones para la optimización de las instalaciones de cualquier municipio, a la vez que nos da la opción de comparar de una manera fiable las distintas instalaciones³⁵.

Para obtener los porcentajes de comparación hemos utilizado la siguiente ecuación:

$$\% \text{ Excedido } (+/-) = \left(\frac{PM \ 2.100}{PM \ 2_{R.D.}} \right)$$

PM2 = Relación potencia superficie obtenida a través de los datos de campo.

PM_{2R.D.} = Relación potencia superficie según el R.D.

Una vez obtenido el porcentaje correspondiente a cada calle, podremos determinar la potencia que falta o que sobra para cada una de ellas, y realizar un balance energético de la población, multiplicando dicho porcentaje por la potencia total de cada una de las calles.

³⁵ En este caso estamos comparando instalaciones con calles de la misma anchura y clasificación, pero sólo desde el punto de vista del consumo energético. No obstante, si una calle está por encima de los valores de referencia energéticamente, independientemente de las condiciones de calidad del Reglamento, ya sabemos que debemos modificarla.

3.5. METODOLOGÍA PARA LA VERIFICACIÓN DE LA BONDAD DEL R.D. 1980/2008 Y DEFINICIÓN DE NUEVO PARÁMETRO DE REFERENCIA.

Para verificar el grado de exigencia del R.D., tras el estudio y clasificación de las distintas vías, se van a realizar análisis luminotécnicos de una calle por tipología clasificada, variando tanto el tipo de luminaria, como el tipo de fuente de luz, altura de montaje e interdistancia³⁶.

3.5.1. ESTUDIO LUMÍNICO DE LA INSTALACIÓN ACTUAL.

Inicialmente se ha estudiado las calles utilizando para ello dos procedimientos:

- Realización de una medición en campo, mediante la utilización de un luxómetro calibrado y siguiendo las indicaciones de la ITC EA 07 del R.D. 1890/2008.
- Utilización del programa Dialux para realizar una simulación, recreando las vías en cuanto a altura de montaje, interdistancia, tipo de luminaria y tipo de fuente de luz. Estos estudios se pueden consultar en el anexo II.

3.5.2. ESTUDIO DE PROPUESTAS ALTERNATIVAS.

Se realizarán una serie de propuestas para cada vía analizada. Este estudio se lleva a cabo para ver si cumpliendo con lo exigido por el R.D., desde el punto de vista luminotécnico, se pueden obtener instalaciones con un menor coste energético y económico y económico.

Para ello, se realizan simulaciones con el programa Dialux, en el que se combinan las distintas opciones que nos ofrecen las nuevas tecnologías de fuentes de luz, luminarias,..., variando características geométricas si fuese necesario para obtener un mejor resultado y analizando estos desde el punto de vista energético y económico.

³⁶ Siempre que ha sido posible se ha intentado no variar estos dos últimos parámetros, debido al coste económico que supone variar la geometría de las instalaciones, además en el caso de que esté formada por báculos o columnas este proceso se encarece mucho más debido a la obra civil a realizar.

Este estudio se realizará, como indicamos antes, para una calle de cada tipología, de las clasificadas para cada municipio y nos servirá para obtener nuestro indicador PM2, que posteriormente será utilizado para compararlo con el $PM2_R$. Esto nos permitirá conocer si el Reglamento es muy restrictivo o muy laxo.

La instalación que se diseñe para calcular el PM2 para cada tipología de calle, no sólo deber cumplir con los requisitos energéticos, sino que deberá cumplir con los valores lumínicos exigidos en el Reglamento.

Estudiaremos también el valor de PM2 obtenido para una calle determinada, con una anchura y una clasificación de vía también determinada (calle de 5 metros de ancho, de tipo D3), podrá ser extrapolable a otras vías de las mismas características, lo que nos permitiría obtener la potencia necesaria para una población simplemente conociendo la superficie de cada una de las tipologías de calles. Todo esto, siempre y cuando los responsable municipales estuviesen dispuestos a utilizar la luminaria, fuente de luz y disposición en la colocación de la fuente de luz en todas las calles con las mismas características.

3.6. CONCLUSIONES DEL CAPÍTULO

El indicador que proponemos (PM2), cumple con todos los requisitos que le imponíamos a los indicadores de alumbrado público:

1. Si dividimos la potencia total instalada entre la superficie en una vía cualquiera, obtenemos un valor en W/m^2 , comparable con el valor de referencia $PM2_{R,D}$. De una forma sencilla podemos ver, si la instalación está por encima o por debajo de ese valor, lo que hace fácil tomar decisiones al respecto de la situación de ésta.
2. Si tras un período de tiempo realizamos una nueva medición y existen variaciones, se detecta fácilmente.
3. Si varía el valor, es debido a algún tipo de anomalía en la instalación, lámpara apagada, pérdida de energía,..., y se detecta por una simple comparación.
4. Es fácil de entender y utilizar.

5. Se puede usar a lo largo de toda la vida útil de la instalación.
6. Hace una referencia clara al objeto de estudio, ya que representa el rendimiento de la instalación.
7. Sus unidades permiten comparar las instalaciones de manera sencilla entre ellas, independientemente de su tamaño.

Por lo tanto, cumple con todos los requisitos que se establecieron para los indicadores de alumbrado público y entendemos que es un indicador válido, ahora sólo nos queda realizar la comprobación práctica de su aplicabilidad.

4. COMPROBACIÓN DEL INDICADOR EN CASOS REALES



SPICUM
servicio de publicaciones

**"La música es la arquitectura de los ruidos,
como la óptica es la geometría de la luz"**

Claude Debussy

4. COMPROBACIÓN DEL INDICADOR EN CASOS REALES.

4.1. ELECCIÓN DE LA MUESTRA.

Para realizar las comprobaciones nos hemos decantado por elegir 4 municipios del valle del Guadalhorce.

La comarca del Valle del Guadalhorce se sitúa en el centro-sur de la provincia malagueña, y supone el puente entre el interior de la provincia y la Costa del Sol, lo que hace de su situación geográfica un verdadero privilegio. El río Guadalhorce que le da nombre, vertebrata el territorio malagueño y después de recoger las aguas de la comarca de Antequera y cruzar la cordillera por el Desfiladero de los Gaitanes, se hace adulto y forma su propio valle. Y es allí donde unido a su principal afluente, el Río Grande, crea el más rico de los suelos malagueños.

Entre las montañas se encuentran los pueblos de Alhaurín el Grande, Almogía, Álora , Cártama, Coín, Pizarra y Valle de Abdalajís, constituyendo la Comarca del Guadalhorce, enclavada al oeste de Málaga capital, situada en un punto privilegiado por su proximidad a ésta, a la Costa del Sol, al aeropuerto, al Parque Natural Sierra de las Nieves, al desfiladero de los Gaitanes y al conjunto de embalses del Chorro, así como a los Montes de Málaga.



Imagen. 4.1. Situación del Valle del Guadalhorce dentro de la provincia de Málaga

La elección de estos cuatro municipios ha sido motivada por:

- Las características de sus calles. Los cuatro municipios poseen centros urbanos de similares características, con calles estrechas y en su mayoría peatonales o de un único sentido de circulación.
- La proximidad a la Escuela Politécnica Superior, lo que nos facilita el trabajo de campo.
- La facilidad de acceso a sus técnicos municipales, lo que nos facilitó la aclaración de las dudas que surgieron durante el trabajo de campo y gabinete.
- La representatividad, ya que son típicos pueblos de la provincia con un tamaño medio, lo que nos permitirá que los resultados obtenidos puedan ser extrapolables tanto a municipios más pequeños como mayores.
- El conocimiento de los municipios por parte del doctorando.
- Por disponer de los POEs de los cuatro municipios, lo que nos aporta una información valiosa para nuestro trabajo.

4.1.1. PLANES DE OPTIMIZACIÓN ENERGÉTICA MUNICIPAL.

La Exma. Diputación Provincial de Málaga, en 2.007 elaboró y aprobó un Plan de Actuaciones Energéticas para los municipios, denominado: Plan Provincial de Actuaciones Energéticas Municipales (PAEM).

Este Plan constaba de dos partes.

- Primera Parte (2007 – 2010): Elaborar los Planes de Optimización Energética (POE's) en todos los municipios de Málaga.
- Segunda Parte (A partir de 2.008): Dotar de procedimientos y recursos para desarrollar las medidas diagnosticadas en el POE de cada municipio.

¿Qué es un POE?

"En síntesis, un **Plan de Optimización Energética Municipal** es un diagnóstico energético pormenorizado de todas las instalaciones energéticas dependientes de un Ayuntamiento, del que se extraen un conjunto de propuestas de ahorro que repercuten

directamente en el consumo y coste energético en el alumbrado, edificios y el resto de instalaciones municipales".[PAEM, 2007].

Para la realización de la primera parte la Exma. diputación de Málaga, dividió los 99 municipios que posee la provincia en 4 fases, quedando ubicados los municipios objeto de nuestros estudio en:

MUNICIPIO	FASE	FECHA DE FINALIZACIÓN	EMPRESA ADJUDICATARIA
Coín	1ª	Nov. 2007	APPLUS
Álora	2ª	Nov. 2007	APPLUS
Cártama	4ª	Jun. 2010	IDP
Pizarra	4ª	Jun. 2010	IDP

Tabla 4.1. Datos POE's municipios de estudio. Fuente: Elaboración Propia a partir de datos facilitados por SOPDE³⁷.



Esquema

Gráfica 4.1. Esquema del desarrollo del PAEM. Fuente: Instituto Provincial de la energía de Málaga.

³⁷ SOPDE: Sociedad para la Planificación y el Desarrollo. Empresa pública dependiente de la Diputación de Málaga.

4.1.2. DESCRIPCIÓN DE LOS MUNICIPIOS.

4.1.2.1. ÁLORA.

4.1.2.1.1. Descripción y localización del municipio.

El municipio de Alora se sitúa en el corazón de la provincia de Málaga, formando parte de la comarca del Valle del Guadalhorce y situándose cerca de la comarca de Antequera.

Alora está situado a 222 metros sobre el nivel del mar, limitando al norte con los municipios de Antequera y Valle de Abdalajís, al oeste con Ardales, Carratraca y Casarabonela, al este con Almogía y al sur con Cártama y Pizarra.

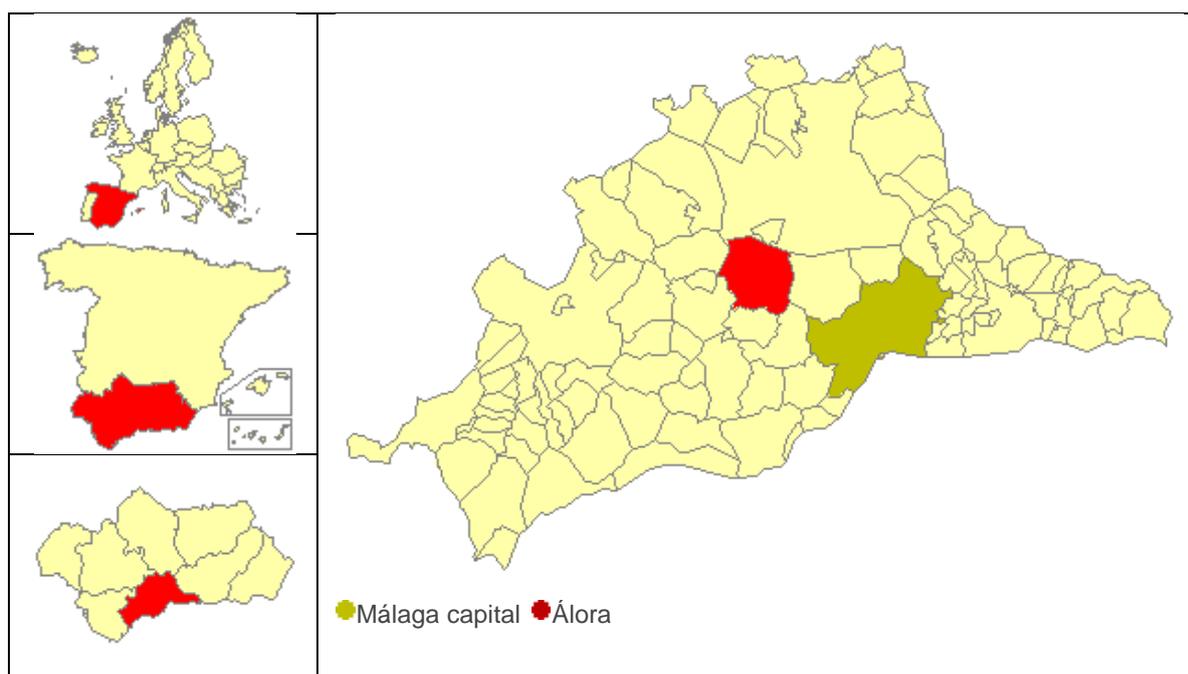


Imagen 4.2. Situación de Álora. Elaboración propia. Fuente: Instituto de Estadística y Cartografía de Andalucía 2012

Cuenta con 168 km² de extensión y un total de 13.499 habitantes según el Padrón del año 2011, con lo que su densidad de población es relativamente baja y **se concentra casi en su totalidad en el núcleo urbano principal**, como ocurre con la mayoría de los municipios del Valle del Guadalhorce.

Posee 8 pedanías: Estación de Álora, El Puente, Bermejo-Caracuel, Las Mellizas, Paredones-Cerrajones, Los Llanos y El Chorro.

Álora siempre ha sido uno de los municipios más importantes del Valle del Guadalhorce, siendo una importante ciudad agrícola y comercial, además de poseer importantes infraestructuras ferroviarias e hidráulicas.

Se encuentra bien situada geográficamente dentro de la provincia de Málaga, ya que se encuentra a unos 40 kilómetros de la capital y posee servicios propios de una cabecera comarcal, con lo que se autoabastece de servicios primarios y posee cierta influencia sobre algunos municipios colindantes.

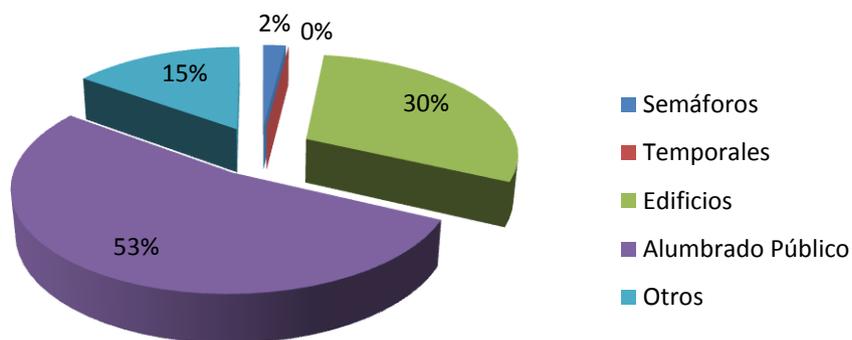
4.1.2.1.2. Datos eléctricos.

El municipio de Álora cuenta con un total de 117 suministros eléctricos de alumbrado público (dispositivos de medida de consumo de energía eléctrica) dependientes del Ayuntamiento. Un porcentaje muy significativo corresponde a edificios municipales, con el 37 %, seguido de cerca están los suministros correspondientes a **alumbrado público** con un **30%**. Además posee un 25% de suministros temporales, un 6% para otras instalaciones, entre las que se incluyen pozos, depuradoras y, en general, aquellos que no se pueden encajar en ninguna de las tipologías anteriores y por último se 2% para el caso de suministros que alimentan a redes semafóricas.

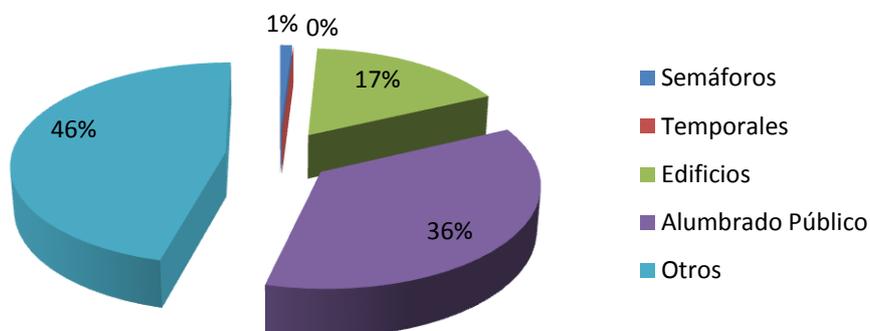
En cuanto a los consumos eléctricos por término medio supone un consumo de 0,118 MWh/habitante. Por tipo de suministro destaca el **alumbrado público** que consume el **53%**, seguido de los Edificios que suponen el 30% del total, un 15% corresponden a otros suministros (bombeos, depuración de agua,...), el 2% a Semáforos y los consumos temporales que son prácticamente nulos con el 0.12%.

Tipo de unidad de consumo	CONSUMO		COSTE		
	Kwh/año	Kwh/hab/año	€	€/hab	€/kWh
Edificios	466.464	35,85	74.535,69	5,73	0,16
Alumbrado Público	799.060	61,40	96.438,43	7,41	0,12
Semáforos	34.252	2,63	1.315,21	0,10	0,04
Otros	234.227	18,00	36.483,20	2,80	0,16
Temporales	1.839	0,14	680,14	0,05	0,37
TOTAL	1.535.842	118	209.452	16	0,14

Tabla 4.2. Consumo y coste eléctrico Álor. Fuente: Elaboración propia a partir del POE Álor.



Gráfica 4.2. Consumo energético según uso Álor. Fuente: Elaboración propia a partir del POE Álor.

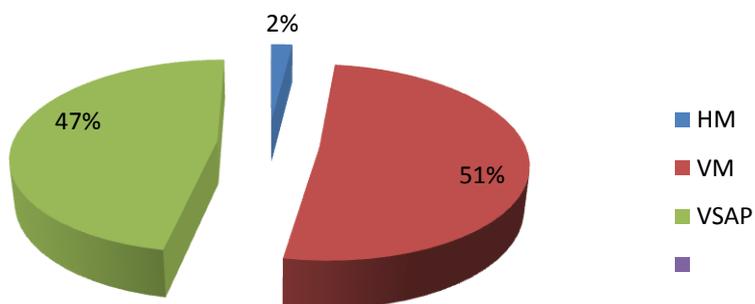


Gráfica 4.3.: Coste eléctrico según uso Álor. Fuente: Elaboración propia a partir del POE Álor.

4.1.2.1.3. Situación del alumbrado público.

El Alumbrado Público de Álorá cuenta con un total de 1.521 lámparas (pertenecientes a 1486 luminarias), con una potencia total instalada de 186,430 kW. Estas luminarias están conectadas a la red mediante 35 módulos de medida.

La siguiente gráfica muestra el reparto de la tipología de fuente luminosa empleada, en el que se observa como mas de la mitad son de vapor de mercurio (51%), que son las que menor eficiencia energética poseen 51 lm/W [IES, 2000] y su vida útil es menor. Con un porcentaje también considerable están las de vapor de sodio de alta presión (47%) que son más eficientes desde el punto de vista energético. Existe un pequeña existencia de halogenuros metálicos (HM) (2%).



Gráfica 4.4. Porcentaje por tipología de fuentes de luz en Álorá. Fuente: Elaboración propia a partir del POE Álorá.

4.1.2.2. CÁRTAMA

4.1.2.2.1. Descripción y localización del municipio.

Cártama está situada a un altura de 151 metros sobre el nivel del mar, es un municipio situado en la provincia de Málaga, ubicada en el Valle del Guadalhorce, con una población de 21.313 habitantes. Se encuentra a 17 km de Málaga y forma parte de su área metropolitana. Su economía se basa en el cultivo de cítricos, una gran empresa cárnica, un gran empuje de las empresas de construcción y todo lo referido a ellas, también existe comercio local favorecido por su situación de encrucijada de caminos.

El municipio consta 11 núcleos de población, siendo Cártama Pueblo y Estación de Cártama los principales. Otras barriadas a destacar son El Sexmo, Sierra de Gibralgalia, Loma de Cuenca, Nueva Aljaima, Ampliación de Cártama, etc.

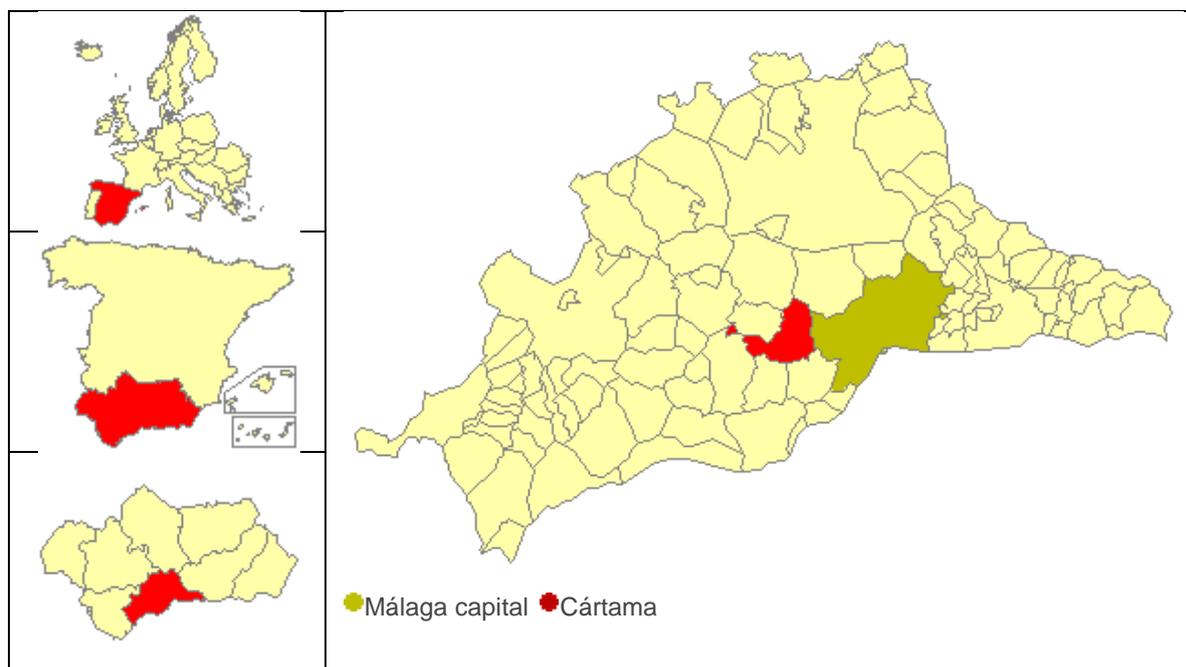


Imagen 4.3. Situación de Cártama. Elaboración propia. Fuente: Instituto de Estadística y Cartografía de Andalucía 2012.

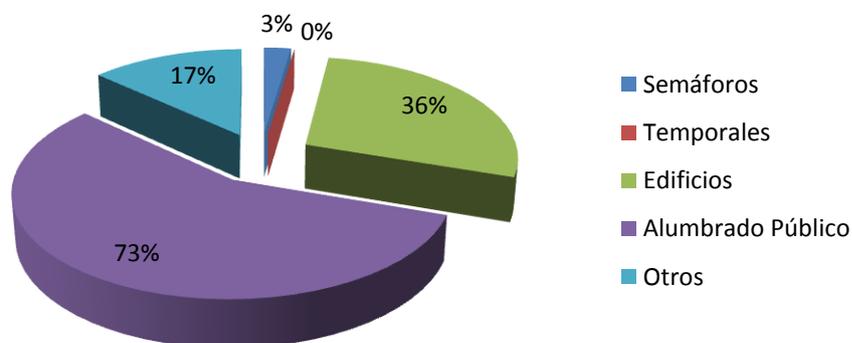
4.1.2.2. Datos eléctricos.

El número de suministros eléctricos inventariados (módulos de medida o contadores) fue de 126 dependientes del Ayuntamiento. La mayoría de estos suministros corresponden a **alumbrado público**, con un **63 %**, los suministros correspondientes a edificios municipales son un 33 %, los de semáforos son un 3 % y un 2 % de otras instalaciones, entre las que se incluyen pozos, depuradoras, etc.

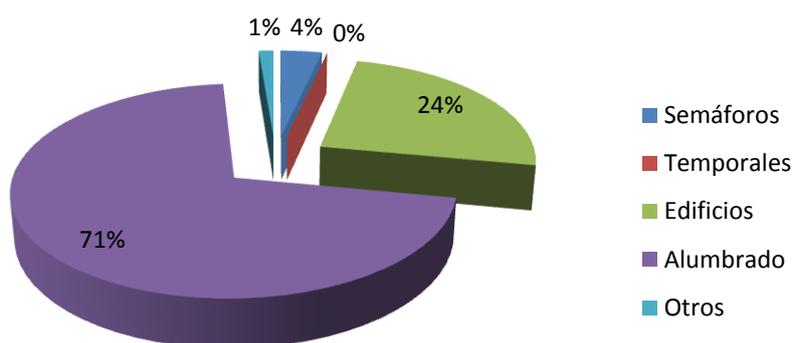
En cuanto al consumo eléctrico destaca el **alumbrado público** que consume el **73 %**, seguido de edificios municipales con un 22 %, semáforos con un 3 % y por último, con un 2 % otras instalaciones.

Tipo de unidad de consumo	CONSUMO		COSTE		
	KwH/año	KwH/hab/año	€	€/hab	€/kWh
Edificios	722.548,00	33,90	119.502,35	5,61	0,1654
Alumbrado Público	2.354.869,39	110,49	346.330,34	16,25	0,1471
Semáforos	101.873,33	4,78	17.221,43	0,81	0,1690
Otros	45.596,00	2,14	5.502,77	0,26	0,1207
TOTAL	3.224.886,73	151,31	488.556,89	22,92	0,1515

Tabla 4.3. Consumo y coste eléctrico Cártama. Fuente: elaboración propia a partir del POE Cártama.



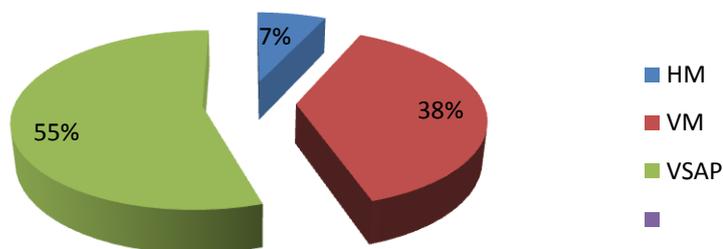
Gráfica 4.5.: Consumo energético según uso Cártama. Fuente: elaboración propia a partir del POE Cártama.



Gráfica 4.6.: Coste eléctrico según uso Cártama. . Fuente: elaboración propia a partir del POE Cártama.

4.1.2.2.3. Situación del alumbrado público.

El término municipal de Cártama cuenta con 3.547 puntos de luz y 3.615 luminarias, con sus correspondientes lámparas y con 84 centros de mando. Estos puntos de luz suponen una potencia total instalada de 669,28 kW. Siendo en el momento de la realización del POE la distribución del parque de lámparas el siguiente:



Gráfica 4.7. Porcentaje por tipología de fuentes de luz en Cártama. Fuente: Elaboración propia a partir del POE de Cártama.

4.1.2.3. COÍN.

4.1.2.3.1. Descripción y localización.

El municipio de Coín se encuentra situado en la comarca del Valle del Guadalhorce, de la que es el municipio cabecera.

Se encuentra situado a 202 metros sobre el nivel del mar y limita al norte con Cártama, Pizarra y Casarabonela, al este con Cártama y Alhaurín el Grande, al oeste con Alozaina, Guaro y Monda y al sur con Mijas y Ojén.

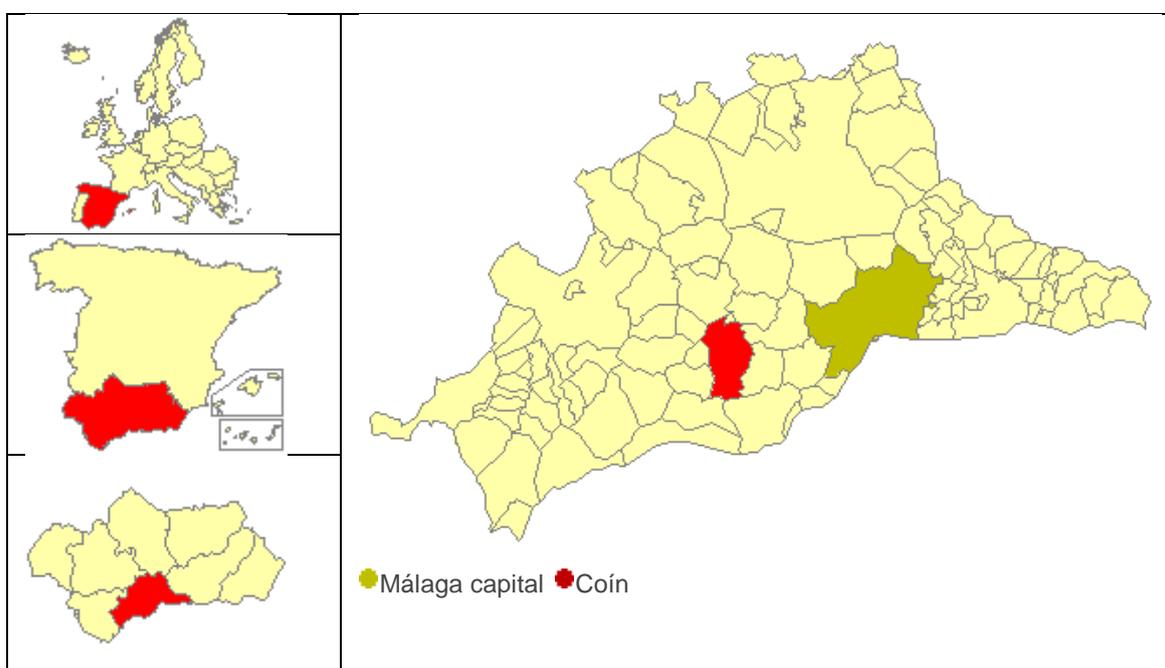


Imagen 4.4. Situación de Coín. Elaboración propia. Fuente: Instituto de Estadística y Cartografía de Andalucía 2012.

Cuenta con 127 km² de extensión y un total de 20.551 habitantes según el Padrón del año 2011, con lo que su densidad de población es relativamente alta, sobre todo comparándola con lo que suele ser habitual en la mayoría de los municipios de interior, y **se concentra casi exclusivamente en su núcleo principal.**

Coín ha sido tradicionalmente un municipio agrícola y ganadero, pero en los últimos años se han desarrollado mucho otros sectores, como la construcción o la industria manufacturera, aprovechando el hecho de que se encuentra cerca de la zona de

expansión de la ciudad de Málaga, lo que ha provocado un importante aumento poblacional en los últimos años.

Se encuentra a 34 kilómetros de la capital provincial, lo cual se traduce en unos 35 minutos de recorrido, gran parte de ellos por autovía, con lo cual se encuentra bien comunicado y situado en la zona de expansión del área metropolitana de Málaga. Además, presenta buenas comunicaciones con municipios importantes de la Costa del Sol como Mijas o Marbella, con los cuales también posee importantes relaciones.

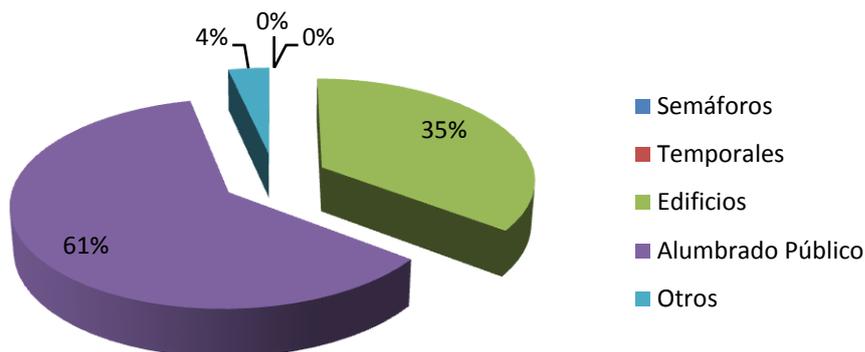
4.1.2.3.2. Datos eléctricos.

El municipio de Coín, posee de un total de 80 suministros eléctricos (dispositivos de medida de consumo de energía eléctrica) dependientes del Ayuntamiento. La mayoría de estos suministros corresponden a edificios municipales, con un 53 %, mientras que los suministros correspondientes a **alumbrado público** suponen un **42 %** y existen un 5 % de otras instalaciones, entre las que se incluyen pozos, depuradoras y, en general, aquellos que no se pueden encajar en ninguna de las tipologías anteriores.

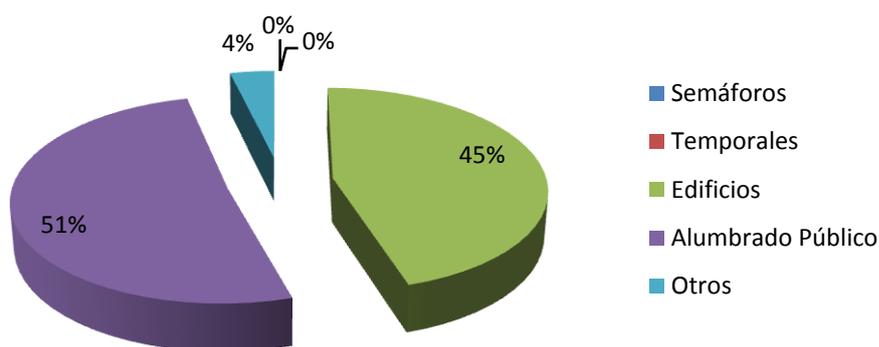
Tipo de unidad de consumo	CONSUMO		COSTE		
	KwH/año	KwH/hab/año	€	€/hab	€/kWh
Edificios	792.135	39,38	101.675,29	5,05	0,1284
Alumbrado Público	1.373.005	66,80	114.487,21	5,69	0,0834
Otros	78.450	3,90	8.462,35	0,42	0,1079
TOTAL	2.243.591	110,08	224.624,80	11,17	0,1001

Tabla 4.4. Consumo y coste eléctrico Coín. Fuente: elaboración propia a partir del POE de Coín

CONSUMO ENERGÉTICO SEGÚN SU USO



Gráfica 4.8.: Coste energético según uso Coín. Fuente: elaboración propia a partir del POE de Coín

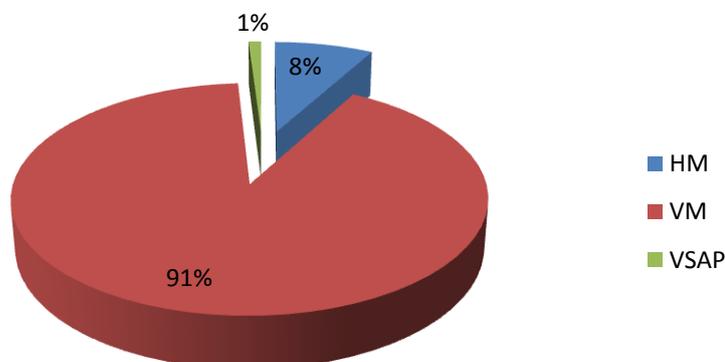


Gráfica 4.9. Coste energético según uso Coín. Fuente: elaboración propia a partir del POE de Coín

4.1.2.3.3. Situación del alumbrado público.

El alumbrado Público del ayuntamiento de Coín posee un total 1.721 lámparas (pertenecientes a 1.698 luminarias), con una potencia total instalada de 312,12 kW. Estas luminarias son suministradas por 34 módulos de medida que cuentan con otros 34 Centros de mando asociados.

Las siguiente gráfica muestran el reparto de la tipología de fuente luminosa empleada, en el que se observa como la mayor parte son de VM (91%). Tan sólo existe un reducido porcentaje de VSAP (1%). Además tenemos un porcentaje del 8% de halogenuros metálicos.



Gráfica 4.10. Porcentaje por tipología de fuentes de luz en Coín. Fuente: elaboración propia a partir del POE de Coín.

4.1.2.4. PIZARRA.

4.1.2.4.1. Descripción y localización del municipio.

Pizarra se encuentra remontando el cauce del río Guadalhorce, a una distancia de 30 km de Málaga, limitando al norte con Álora, al sur y al este con Cártama, al oeste con Casarabonela y al suroeste con Coín.

Tiene una superficie de 64,08 km², teniendo una longitud de 8,5 km de norte a sur.

Tiene una altitud de 80 m sobre el nivel del mar, siendo su altura máxima 447 m que alcanza la Sierra de Gibralmora en su cima. A lo largo de esos 8,5 km es recorrido por el río más importante de la provincia: el Río Guadalhorce.

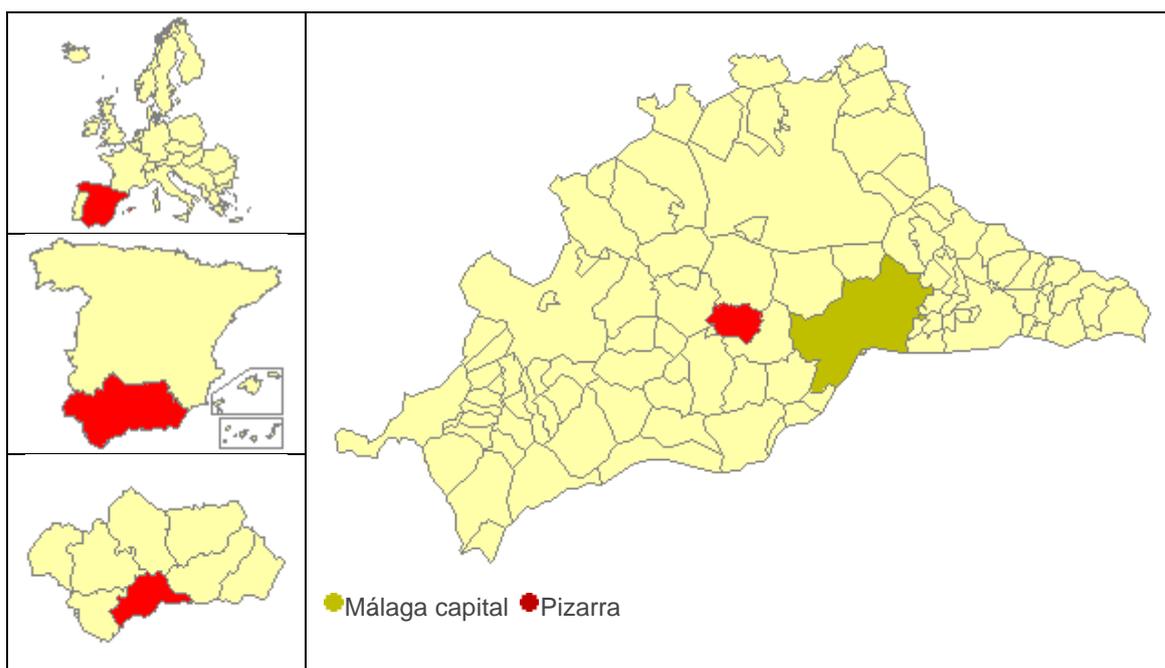


Imagen 4.5. Situación de Pizarra. Elaboración propia. Fuente: Instituto de Estadística y Cartografía de Andalucía 2012.

Su población es de 9.137 habitantes según datos de 2011 del padrón de habitantes, incluyendo centros de población importantes como Zalea con 687 hab., Cerralba con 627 hab. y barriada Hipólito 137 hab. **El centro de población más importante y que le da nombre al pueblo es Pizarra.**

4.1.2.4.2. Datos eléctricos.

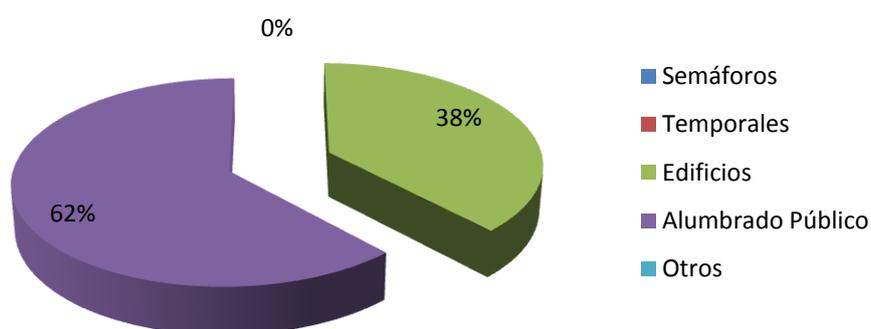
El número de suministros eléctricos (módulos de medida o contadores) existentes asciende a un total de 77 dependientes del Ayuntamiento. La mayoría de estos suministros corresponden a **alumbrado público**, con un **51 %**, y a los suministros correspondientes a edificios públicos son un 49 %. Indicar que no existen suministros dedicados a otras instalaciones.

En cuanto al coste eléctrico se cifra en 276851,06 €/año. Por tipo de unidad de consumo las que más coste le supone a las arcas municipales son los correspondientes al **alumbrado público** con el **66 %** del coste eléctrico.

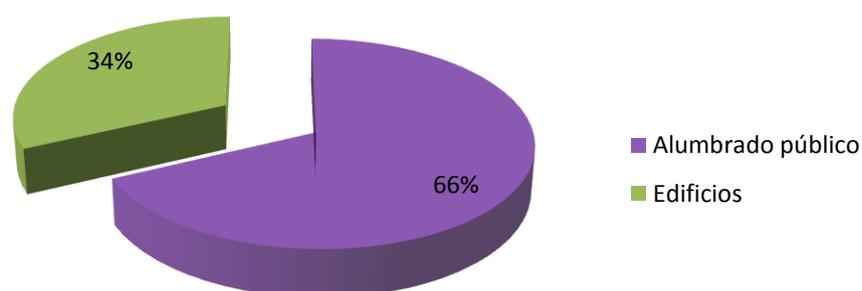
Tipo de unidad de consumo	CONSUMO		COSTE		
	Kwh/año	Kwh/hab/año	€	€/hab	€/kWh
Edificios	735.692,11	83,75	*	*	*
Alumbrado Público	1.428.108,21	162,56	*	*	*
TOTAL	2.163.800,32	246,31	276.851,06	31,51	0,1001

Tabla 4.5. Consumo eléctrico Pizarra. Fuente: elaboración propia a partir del POE de Pizarra

* No se conoce el precio de coste del kWh



Gráfica 4.11.: Coste energético según uso Pizarra. Fuente: elaboración propia a partir del POE de Pizarra.

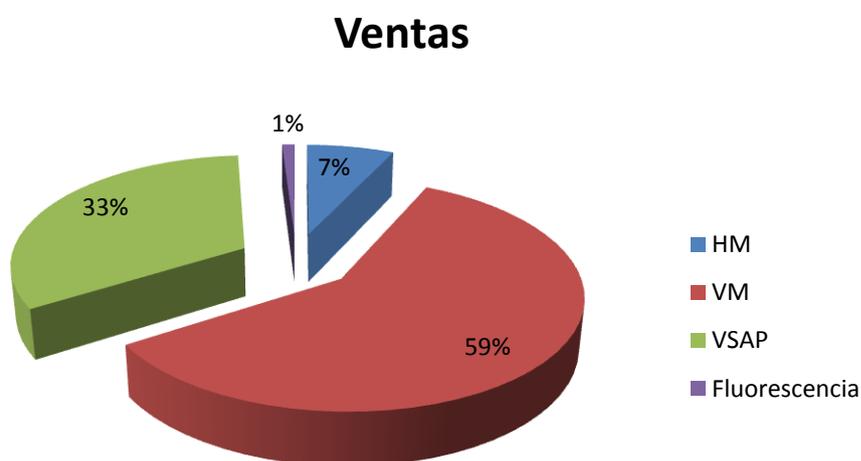


Gráfica 4.12.: Coste eléctrico según uso Pizarra. Fuente: elaboración propia a partir del POE de Pizarra

4.1.2.4.3. Situación del alumbrado público.

El alumbrado Público del ayuntamiento de Pizarra posee un total 2.147 lámparas (pertenecientes a 2.081 puntos de luz), con una potencia total instalada de 347,04 kW. Estas luminarias son suministradas por 39 módulos de medida que cuentan con otros 37 Centros de mando asociados.

Las siguiente gráfica muestran el reparto de la tipología de fuente luminosa empleada, en el que se observa como la mayor parte son de VM (59%). Tan sólo existe un reducido porcentaje de VSAP (33%). Además tenemos un porcentaje del 7% de halogenuros metálicos y de un 1% de fluorescencia.



Gráfica 4.13. Porcentaje por tipología de fuentes de luz en Pizarra. Fuente: elaboración propia a partir del POE de Pizarra

4.1.3. SITUACIÓN ACTUAL DE LAS INSTALACIONES .

Como es lógico para conocer la situación actual de las instalaciones, hubiese sido necesaria la actualización de los inventarios del Alumbrado Público de cada una de las localidades. En nuestro caso nos hemos limitado a la realización de un muestreo in situ, además de contar con la valiosa información aportada por los técnicos municipales de las distintas poblaciones.

4.1.3.1. ÁLORA.

En este municipio se han seguido las directrices marcadas por la AAE, que durante un tiempo promovía la sustitución de las lámparas de vapor de mercurio (VM), por lámparas de vapor de sodio alta presión (VSAP) sin realizar cambios en las luminarias.

Esta medida aunque desde el punto de vista energético si es interesante, ya que se reduce la potencia de las fuentes de luz, sólo es viable en el caso de luminarias sin reflector y en este caso no es seguro la mejora en cuanto a la calidad lumínica de la instalación³⁸.

En el caso de Álora la mayoría de las luminarias existentes eran tipo villa sin reflector, por lo que la política del Ayuntamiento en aras del ahorro energético, se ha decantado por cambios de las lámparas de VM, normalmente de 125 W, por VSAP de 70W,

4.1.3.2. CÁRTAMA.

Como hemos visto anteriormente, el municipio de Cártama a la hora de la realización del POE contaba con el menor número de fuentes de luz de VM (33%), habiendo desarrollado durante los años anteriores, la sustitución de estas fuentes por VSAP alojadas en luminarias con reflector apropiadas a la lámpara. En la actualidad sigue con la sustitución progresiva del VM y ya prácticamente la totalidad del municipio cuenta con luminarias con reflector y VSAP. Además se han implantado sistemas de telegestión y disminución del consumo mediante Estabilizadores-Reductores de Flujo en cabecera.

A pesar de las medidas realizadas los niveles lumínicos son aún muy elevados respecto a lo indicado en el R.D. 1890/2008.

4.1.3.3. COÍN.

En 2011, el Ayuntamiento sacó a concurso el alumbrado público de la localidad, dedicándose la empresa adjudicataria a la sustitución de prácticamente la mayoría de

³⁸ Si la sustitución se realiza en luminarias con reflector el cambio está totalmente desaconsejado, debido a que los reflectores se diseñan específicamente para una fuente de luz y para una posición de esta en la luminaria, una variación de estas características, produce emisiones de luz descontroladas.

las luminarias existentes (recordemos que el 91% eran M), por luminarias con tecnología LED.

Estas sustituciones se han realizado sin ningún criterio luminotécnico, por lo que aunque se ha reducido el consumo no se cumplen con los criterios del Reglamento en cuanto a calidad de las instalaciones.

4.1.3.4. PIZARRA.

En esta localidad se han realizado cambios puntuales de fuentes de VM por VSAP, no pudiéndose llevar a cabo otras actuaciones, ya que el final de su POE ha coincidido con el comienzo de la crisis económica en la que estamos inmersos.

4.2. VALIDACIÓN DE LOS DIFERENTES ASPECTOS DEL INDICADOR.

En el capítulo anterior se propuso un indicador al que llamamos PM2, cuyo fin último es hacer comparables y evaluables las instalaciones de alumbrado público, para verificar que dicho indicador cumple con su función, para ello, vamos a realizar un estudio real aplicando lo visto hasta el momento en varias poblaciones, lo que nos permitirá ratificar si realmente cumple con las características que le exigíamos.

4.2.1. VALIDACIÓN DEL INDICADOR PM2.

4.2.1.1. PM2 VERSUS PM2_{R.D.}

a) Partiendo de los datos del POE de cada uno de los municipios y de los planos CAD, comenzamos por determinar las dimensiones de las distintas calles de los municipios en estudio. Para lo que se calcula lo más fielmente posible la superficie, la anchura y la longitud, que obtendremos como ya vimos en el capítulo anterior, a partir de las polilíneas realizadas a cada una de las calles analizadas. Otros de los parámetros que necesitamos para calcular el valor de PM2 de la instalación, sería la potencia eléctrica total de cada vía, y para ello multiplicaremos el número de puntos de luz por la potencia de la lámpara y los equipos.

A partir de este momento vamos a tomar como ejemplo el municipio de Álora, por lo que todas las tablas y gráficas harán referencia a este municipio. El resto se podrán ver en el Anexo I:

A continuación se adjunta una tabla, donde se recogen la superficie, la potencia eléctrica de los puntos de luz y el Consumo Energético según se desprende de los datos del POE.

Inicialmente sólo se recogen los datos según aparecen en el POE, sin verificar si dichas calles cumplen o no con las condiciones del R.D 1890/2008, ya que lo primero que pretendemos es comprobar cual es la situación de la localidad respecto al consumo energético.

Debemos indicar que para las Empresas de Servicios Energéticos, éste le resulta uno de los puntos más interesantes, ya que si no hay posibilidad de ahorro, difícilmente le será posible ofertar por el alumbrado público de una localidad.

CALLE	SUPERFICIE (m ²)	POTENCIA L+E (W)	PM2 (W/m ²) *
AVDA CERVANTES	5.909,54	3.217,50	0,54
AVDA CONSTITUCIÓN	14.239,11	1.398,15	0,10
AVDA PABLO RUIZ PICASO	6.859,35	4.135,95	0,60
CALLE NARANJOS	624,22	491,40	0,79
CALLE ALBAHACA	2.149,95	1.404,00	0,65
CALLE ALBERCA	430,79	146,25	0,34
CALLE ALEGRÍAS	677,71	163,80	0,24
CALLE ALGARROBO	1.830,19	1.181,70	0,65
CALLE ALMENDROS	560,17	438,75	0,78
CALLE ALMERIA	479,82	280,80	0,59
CALLE ALTA	291,26	468,00	1,61
CALLE AMAPOLA	373,80	526,50	1,41
CALLE ANCHA	2.290,94	5.627,70	2,45
CALLE ANDALUCIA	566,55	409,50	0,72
CALLE AZAHAR	1.395,60	819,00	0,59
CALLE BAJADA URIQUI	575,43	689,50	1,20
CALLE BAJONCILLO	1.255,48	936,00	0,75
CALLE BARRANCO	716,11	819,00	1,14
CALLE BENITO SUAREZ	877,40	1.462,50	1,67
CALLE BOTELLO	277,06	409,50	1,48

COMPROBACIÓN DEL INDICADOR EN CASOS REALES

CALLE	SUPERFICIE (m ²)	POTENCIA L+E (W)	PM2 (W/m ²) *
CALLE BULERIAS	639,44	526,50	0,82
CALLE CADIZ	400,10	280,80	0,70
CALLE CALVARIO	3.299,73	2.223,00	0,67
CALLE CAMINO DE LOS REYES	764,28	655,20	0,86
CALLE CAMINO NUEVO	2.243,66	1.228,50	0,55
CALLE CANALES	757,40	1.140,75	1,51
CALLE CANTARRANAS	2.434,67	1.860,30	0,76
CALLE CAÑADA DEL CERRILLO	662,58	655,20	0,99
CALLE CARAMBUCO	1.787,50	655,20	0,37
CALLE CARMONA	1.185,72	936,00	0,79
CALLE CARRIL	1.599,00	6.493,50	4,06
CALLE CARTAMA	380,73	374,40	0,98
CALLE CASARABONELA	413,17	280,80	0,68
CALLE CERRILLO	662,30	280,80	0,42
CALLE CHOZUELAS	2.084,98	1.392,30	0,67
CALLE CHURRETE	244,14	163,80	0,67
CALLE CLAVEL	1.697,39	561,60	0,33
CALLE CONVENTO	452,25	491,40	1,09
CALLE CORDOBA	352,54	280,80	0,80
CALLE CORRIENTES	362,27	339,30	0,94
CALLE DE ATRÁS	1.191,34	1.310,40	1,10
CALLE DE LA FUENTE	134,32	163,80	1,22
CALLE DEBLAS	421,80	81,90	0,19
CALLE DEL AGUA	468,50	438,75	0,94
CALLE DEL PUERTO	567,10	491,40	0,87
CALLE EN MEDIO	1.500,20	409,50	0,27
CALLE ENCINASOLA	605,90	655,20	1,08
CALLE ERILLAS	1.381,75	1333,00	0,96
CALLE ESCRIBANOS	551,85	362,70	0,66
CALLE FERIA	950,68	374,40	0,39
CALLE FLORES	1.036,19	1.755,00	1,69
CALLE FORTUNA	679,46	1.117,35	1,64
CALLE FUENTE DE LA MANIA	560,13	468,00	0,84
CALLE GRANADA	260,00	163,80	0,63
CALLE HERRADORES	1.843,36	1.193,40	0,65
CALLE HUELVA	411,46	187,20	0,45
CALLE JAEN	533,60	280,80	0,53
CALLE JUNTA	300,00	842,40	2,81
CALLE LA PARRA	945,15	655,20	0,69
CALLE LA UNION	1.136,40	1.462,50	1,29

COMPROBACIÓN DEL INDICADOR EN CASOS REALES

CALLE	SUPERFICIE (m ²)	POTENCIA L+E (W)	PM2 (W/m ²) *
CALLE LA VEGA	2.224,55	1.953,00	0,88
CALLE LAURA AGUIRRE	715,83	731,25	1,02
CALLE LIBERTAD	1.705,00	1.450,50	0,85
CALLE MALAGA	1.042,26	1.392,30	1,34
CALLE MALAGUEÑAS	2.990,89	1.490,8	0,50
CALLE MANANTIAL	803,66	1.012,05	1,26
CALLE MANZANILLA	650,57	175,50	0,27
CALLE NEGRILLOS	944,20	573,30	0,61
CALLE NUEVA	577,80	526,50	0,91
CALLE OLIVO	331,35	438,75	1,32
CALLE OMAR	1.399,70	1.134,90	0,81
CALLE PADILLA	160,07	81,90	0,51
CALLE PALOMAR	989,84	409,50	0,41
CALLE PELIGROS	484,60	327,60	0,68
CALLE PETENAS	492,55	321,75	0,65
CALLE PIZARRA	1.149,41	690,30	0,60
CALLE POSTIGO	598,33	409,50	0,68
CALLE PROGRESO	940,22	731,25	0,78
CALLE REVUELTA	862,16	625,95	0,73
CALLE SAN JOSE	1.216,80	731,25	0,60
CALLE SAN JUAN	279,67	877,50	3,14
CALLE SANTA ANA	929,05	608,40	0,65
CALLE SANTA ARGENTEA	859,70	655,20	0,76
CALLE SEVILLA	742,48	1.123,20	1,51
CALLE SOLEARES	635,80	163,80	0,26
CALLE SUSPIROS	3.291,00	2.445,30	0,74
CALLE TOMAS GARCIA	729,32	374,40	0,51
CALLE TORO	1.477,36	1.825,20	1,24
CALLE VERACRUZ	2.729,74	1.755,00	0,64
CALLE VICTORIA EUGENIA	1.066,30	468,00	0,44
CALLE VIENTO	646,34	620,10	0,96
CALLE VISTA ALEGRE	1.728,00	1.755,00	1,02
CALLE YERBABUENA	897,17	702,00	0,78
CALLE ZAPATA	656,03	327,60	0,50

Tabla 4.6.: Relación de calles, superficies, potencia total instalada. Fuente: Elaboración propia a partir del POE Álorá.

* En la tercera columna, la potencia de los equipos es la máxima permitida por el R.D. 1890/2008, en la tabla 2 de la ITC-EA-004. En la cuarta columna, tenemos PM2 existente en las diversas calles obtenido de los datos del POE.

b) La siguiente tabla nos muestra el nombre de la calle, con su correspondiente tipo de vía, clase de alumbrado y valor de PM2_{R.D.} (obtenido de las tablas 1 y 2 de la ITC-EA-01 del R.D. 1890/2008).

CALLE	TIPO DE VÍA	CLASE ALUMBRADO	PM2 _{R.D.}
AVDA CERVANTES	B2	ME3b	1
AVDA CONSTITUCIÓN	B2	ME3b	1
AVDA PABLO RUIZ PICASO	B2	ME3b	1
CALLE ARROYO	B2	ME3b	1
CALLE FLORES	B2	ME3b	1
CALLE ALBAHACA	D3	S2	1,67
CALLE ALBERCA	D3	S2	1,67
CALLE ALEGRÍAS	D3	S2	1,67
CALLE ALGARROBO	D3	S2	1,67
CALLE ALMENDROS	D3	S2	1,67
CALLE ALMERÍA	D3	S2	1,67
CALLE ALMOGÍA	D3	S2	1,67
CALLE ALOZAINA	D3	S2	1,67
CALLE ALTA	D3	S2	1,67
CALLE AMAPOLA	D3	S2	1,67
CALLE ANCHA	D3	S2	1,67
CALLE ANDALUCÍA	D3	S2	1,67
CALLE BAJONCILLO	D3	S2	1,67
CALLE BARRANCO	D3	S2	1,67
CALLE BENITO SUÁREZ	D3	S2	1,67
CALLE BOTELLO	D3	S2	1,67
CALLE BULERÍAS	D3	S2	1,67
CALLE CÁDIZ	D3	S2	1,67
CALLE CALVARIO	D3	S2	1,67
CALLE CAMINO DE LOS REYES	D3	S2	1,67
CALLE CAMINO NUEVO	D3	S2	1,67
CALLE CANALES	D3	S2	1,67
CALLE CANTARRANAS	D3	S2	1,67
CALLE CAÑADA DEL CERRILLO	D3	S2	1,67
CALLE CARAMBUCO	D3	S2	1,67
CALLE CARDENAL HERRERA ORIA	D3	S2	1,67
CALLE CARTAMA	D3	S2	1,67
CALLE CASARABONELA	D3	S2	1,67
CALLE CERRILLO	D3	S2	1,67
CALLE CHOZUELAS	D3	S2	1,67
CALLE CLAVEL	D3	S2	1,67
CALLE CONVENTO	D3	S2	1,67
CALLE CORDOBA	D3	S2	1,67

CALLE	TIPO DE VÍA	CLASE ALUMBRADO	PM2 _{R.D.}
CALLE CORRIENTES	D3	S2	1,67
CALLE DE ATRÁS	D3	S2	1,67
CALLE DE LA FUENTE	D3	S2	1,67
CALLE DE LOS NARANJOS	D3	S2	1,67
CALLE DEBLAS	D3	S2	1,67
CALLE DEL AGUA	D3	S2	1,67
CALLE DEL PUERTO	D3	S2	1,67
CALLE EN MEDIO	D3	S2	1,67
CALLE ENCINASOLA	D3	S2	1,67
CALLE ERILLAS	D3	S2	1,67
CALLE FERIA	D3	S2	1,67
CALLE FORTUNA	D3	S2	1,67
CALLE FUENTE DE LA MANIA	D3	S2	1,67
CALLE GRANADA	D3	S2	1,67
CALLE HUELVA	D3	S2	1,67
CALLE JAEN	D3	S2	1,67
CALLE LA PARRA	D3	S2	1,67
CALLE LA UNION	D3	S2	1,67
CALLE LA VEGA	D3	S2	1,67
CALLE LAURA AGUIRRE	D3	S2	1,67
CALLE LIBERTAD	D3	S2	1,67
CALLE MALAGA	D3	S2	1,67
CALLE MALAGUEÑAS	D3	S2	1,67
CALLE MANANTIAL	D3	S2	1,67
CALLE MANZANILLA	D3	S2	1,67
CALLE MIRASIERRA	D3	S2	1,67
CALLE NEGRILLOS	D3	S2	1,67
CALLE OMAR	D3	S2	1,67
CALLE PADILLA	D3	S2	1,67
CALLE PALOMAR	D3	S2	1,67
CALLE PELIGROS	D3	S2	1,67
CALLE PETENAS	D3	S2	1,67
CALLE PIZARRA	D3	S2	1,67
CALLE PROGRESO	D3	S2	1,67
CALLE REVUELTA	D3	S2	1,67
CALLE SAN JOSE	D3	S2	1,67
CALLE SAN JUAN	D3	S2	1,67
CALLE SANTA ANA	D3	S2	1,67
CALLE SANTA ARGENTEA	D3	S2	1,67
CALLE SEVILLA	D3	S2	1,67
CALLE SOLEARES	D3	S2	1,67
CALLE SUSPIROS	D3	S2	1,67
CALLE TOMAS GARCIA	D3	S2	1,67

CALLE	TIPO DE VÍA	CLASE ALUMBRADO	PM2 _{R.D.}
CALLE TORO	D3	S2	1,67
CALLE VERACRUZ	D3	S2	1,67
CALLE VICTORIA EUGENIA	D3	S2	1,67
CALLE VIENTO	D3	S2	1,67
CALLE VISTA ALEGRE	D3	S2	1,67
CALLE YERBABUENA	D3	S2	1,67
CALLE ZAPATA	D3	S2	1,67
CLLJON DEL CALVARIO	D3	S2	1,67
CMNO LA ESTACIÓN	D3	S2	1,67
CUESTA DEL CHINAR	D3	S2	1,67
PLAZA BAJA	D3	S2	1,67
PLAZA DE LA PAZ	D3	S2	1,67
PLAZA FUENTE ARRIBA	D3	S2	1,67
PLAZA SANTA ANA	D3	S2	1,67
CALLE AZAHAR	E1	S3	1,5
CALLE BAJADA URIQUI	E1	S3	1,5
CALLE CARRIL	E1	S3	1,5
CALLE CHURRETE	E1	S3	1,5
CALLE HERRADORES	E1	S3	1,5
CALLE NUEVA	E1	S3	1,5
CALLE POSTIGO	E1	S3	1,5
CLLJON LA JUNTA	E1	S3	1,5
CLLON DEL OLIVO	E1	S3	1,5
CALLE CARMONA	E2	S2	1,67
CALLE ESCRIBANOS	E2	S3	1,67

Tabla 4.7.: Clasificación de la vía según R.D. 1890/2008-PM2_{R.D.}. Fuente: Elaboración propia a partir del POE Álorá.

c) Una vez calculados los valores de PM2, para cada una de las calles se procede a comparar estos, con el indicador PM2_{R.D.}. Insistimos en que en esta tabla compararemos los valores obtenidos del POE, en los que no se recogen datos de calidad luminotécnica de las instalaciones, con PM2_{R.D.} del Reglamento, lo que podría parecer a priori que no permitiría su comparación, no obstante inicialmente sólo buscamos conocer si las instalaciones tienen mayor o menor consumo que el indicador, sin tener en cuenta los parámetros luminotécnicos.

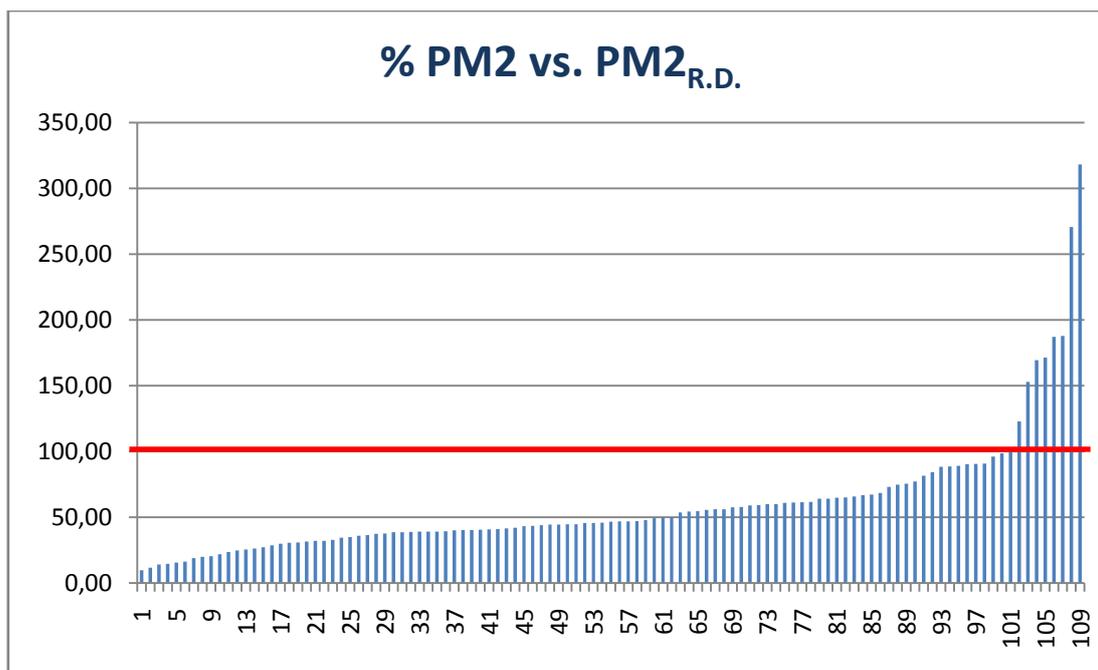
CALLE	PM2 (W/m ²)	PM2 _{R.D.} (W/m ²)	% PM2 vs. PM2 _{R.D.}
AVDA CERVANTES	0,54	1,00	54,45
AVDA CONSTITUCIÓN	0,10	1,00	9,82
AVDA PABLO RUIZ PICASO	0,60	1,00	40,00
CALLE NARANJOS	0,79	1,67	47,14
CALLE ALBAHACA	0,65	1,67	39,10
CALLE ALBERCA	0,34	1,67	20,33
CALLE ALEGRÍAS	0,24	1,67	14,47
CALLE ALGARROBO	0,65	1,67	38,66
CALLE ALMENDROS	0,78	1,67	46,90
CALLE ALMERÍA	0,59	1,67	35,04
CALLE ALTA	1,61	1,67	96,22
CALLE AMAPOLA	1,41	1,67	84,34
CALLE ANCHA	2,45	1,67	146,70
CALLE ANDALUCÍA	0,72	1,67	43,28
CALLE AZAHAR	0,59	1,50	39,12
CALLE BAJADA URIQUI	1,12	1,50	74,68
CALLE BAJADA URIQUI	1,34	1,50	89,19
CALLE BAJONCILLO	0,75	1,67	44,64
CALLE BARRANCO	1,14	1,67	68,48
CALLE BENITO SUÁREZ	1,67	1,67	99,81
CALLE BOTELLO	1,48	1,67	88,50
CALLE BULERÍAS	0,82	1,67	49,30
CALLE CÁDIZ	0,70	1,67	42,03
CALLE CALVARIO	0,67	1,67	40,34
CALLE CAMINO DE LOS REYES	0,86	1,43	59,95
CALLE CAMINO NUEVO	0,55	1,67	32,79
CALLE CANALES	1,51	1,67	90,19
CALLE CANTARRANAS	0,76	1,67	45,75
CALLE CAÑADA DEL CERRILLO	0,99	1,67	59,21
CALLE CARAMBUCO	0,37	1,67	21,95
CALLE CARMONA	0,55	1,67	32,93
CALLE CARRIL	4,06	1,50	270,73
CALLE CARTAMA	0,98	1,67	58,88
CALLE CASARABONELA	0,68	1,67	40,70
CALLE CERRILLO	0,42	1,67	25,39
CALLE CHOZUELAS	0,67	1,67	39,99
CALLE CHURRETE	0,67	1,50	44,73
CALLE CLAVEL	0,33	1,67	19,81
CALLE CONVENTO	1,09	1,67	65,06
CALLE CORDOBA	0,80	1,67	47,69

CALLE	PM2 (W/m ²)	PM2 _{R.D.} (W/m ²)	% PM2 vs. PM2 _{R.D.}
CALLE CORRIENTES	0,94	1,67	56,08
CALLE DE ATRÁS	1,10	1,67	65,86
CALLE DE LA FUENTE	1,22	1,67	73,02
CALLE DEBLAS	0,19	1,67	11,63
CALLE DEL AGUA	0,94	1,67	56,08
CALLE DEL PUERTO	0,87	1,50	57,77
CALLE EN MEDIO	0,27	1,67	16,35
CALLE ENCINASOLA	1,08	1,67	64,75
CALLE ERILLAS	0,96	1,67	54,70
CALLE ESCRIBANOS	0,66	1,50	43,82
CALLE FERIA	0,39	1,67	23,58
CALLE FLORES	1,69	1,00	169,37
CALLE FORTUNA	1,64	1,67	98,47
CALLE FUENTE DE LA MANIA	0,84	1,67	50,03
CALLE GRANADA	0,63	1,67	37,72
CALLE HERRADORES	0,21	1,50	14,11
CALLE HERRADORES	0,65	1,50	43,33
CALLE HUELVA	0,45	1,67	27,24
CALLE JAEN	0,53	1,67	31,51
CALLE JUNTA	2,81	1,50	187,20
CALLE LA PARRA	0,69	1,67	41,51
CALLE LA UNION	1,29	1,67	77,06
CALLE LA VEGA	0,88	1,67	52,69
CALLE LAURA AGUIRRE	1,02	1,67	61,17
CALLE LIBERTAD	0,85	1,67	52,89
CALLE MALAGA	1,03	1,67	61,57
CALLE MALAGUEÑAS	0,50	1,67	29,94
CALLE MANANTIAL	1,26	1,67	75,41
CALLE MANZANILLA	0,27	1,43	18,86
CALLE NEGRILLOS	0,61	1,67	36,36
CALLE NUEVA	0,91	1,50	60,66
CALLE OLIVO	1,32	1,50	88,28
CALLE OMAR	0,81	1,67	48,50
CALLE PADILLA	0,51	1,67	30,64
CALLE PALOMAR	0,41	1,67	24,77
CALLE PELIGROS	0,68	1,67	40,48
CALLE PETENAS	0,65	1,67	38,92
CALLE PIZARRA	0,60	1,67	35,93
CALLE POSTIGO	0,68	1,50	45,63
CALLE PROGRESO	0,78	1,67	46,57

CALLE	PM2 (W/m ²)	PM2 _{R.D.} (W/m ²)	% PM2 vs. PM2 _{R.D.}
CALLE REVUELTA	0,73	1,67	43,47
CALLE SAN JOSE	0,60	1,67	35,99
CALLE SAN JUAN	3,14	1,67	187,88
CALLE SANTA ANA	0,65	1,67	39,21
CALLE SANTA ARGENTEA	0,76	1,67	45,64
CALLE SEVILLA	1,51	1,67	90,58
CALLE SOLEARES	0,26	1,67	15,43
CALLE SUSPIROS	0,74	1,67	44,49
CALLE TOMAS GARCIA	0,51	1,67	30,74
CALLE TORO	1,24	1,67	74,25
CALLE VERACRUZ	0,64	1,67	38,50
CALLE VICTORIA EUGENIA	0,44	1,67	26,28
CALLE VIENTO	0,96	1,67	57,45
CALLE VISTA ALEGRE	1,02	1,67	60,82
CALLE YERBABUENA	0,78	1,67	46,85
CALLE ZAPATA	0,50	1,67	29,90

Tabla 4.8.: PM2, PM2_{R.D.} y % de uno respecto del otro. Fuente: Elaboración propia a partir del POE Álora.

A partir de esta tabla podemos obtener una gráfica que relacione PM2 con el indicador PM2_{R.D.}, lo que nos permite ver, de las calles analizadas, cuales están sobredimensionadas y cuales tienen un consumo por debajo del de referencia del R.D. 1890/2008.



Gráfica 4.14.: Relación porcentual entre el consumo energético y el indicador PM2. Fuente: elaboración propia.

— PM2 valor de referencia según R.D.

Si observamos en la gráfica existen una serie de calles que están muy por encima de lo establecido por $PM2_{R.D.}$, en el caso de C/ Carmona, se trata de una de las vías principales del municipio, por lo que en su día, se quiso resaltar su nivel respecto a los demás, para el caso de calles como San Juan y Junta, se tratan de calles peatonales, que se han iluminado usando la interdistancia, altura de montaje... de las vías con tráfico rodado lo que explica este exceso de consumo.

CONCLUSIONES

Del análisis de la gráfica, podríamos deducir:

- En el 92,66 % de las calles analizadas, el valor de PM2 se encuentra por debajo de valor de referencia, lo que haría muy difícil que una Empresa de Servicios Energéticos se pudiese interesar por hacerse cargo de esta población, ya que el objeto de una de estas empresas, es aportar tecnología más eficiente, que permita disminuir los costes energéticos y en el caso analizado, eso a priori es descabellado. Es decir a primera vista y con los datos que tenemos en este

municipio deberíamos incrementar la potencia de las instalaciones para alcanzar lo recomendado por el Reglamento.

- Los valores que se observan en la gráfica, no nos permite determinar si las instalaciones cumplen los requisitos lumínicos exigidos por el R.D. 1890/2008. Sólo nos transmiten como se encuentran desde el punto de vista energético respecto a los valores de referencia. Además que estos valores se encuentren por encima o por debajo de la línea de referencia tampoco nos asegura la idoneidad de la instalación.
- Por otro lado la gráfica nos da una idea clara de en que vías es prioritario intervenir, en el caso concreto del ejemplo existen algunas calles que están muy por encima de los valores recomendados.

4.2.1.2. ANÁLISIS DE LOS VALORES LUMINOTÉCNICOS EN CAMPO.

Llegados a este punto se hace necesario la comprobación de los valores luminotécnicos, ya que si la potencia es menor que la marcada por el Reglamento y las calles cumplieren con los valores de iluminancia media, uniformidad y emisión hacia el hemisferio superior (FHS) exigidos, no necesitaríamos realizar ninguna modificación al menos en ese 92% de las situaciones.

Para ello se elige una calle de cada **clase de alumbrado** y se le realiza una medición siguiendo la ITC-EA-07 del R.D. 1890/2008. En concreto se han realizado mediciones en las siguientes calles:

CALLE	TIPO DE VÍA	CLASE ALUMBRADO
CALLE DE ATRÁS	D3	S2
CALLE AZAHAR	E1	S3
AVDA. PABLO RUIZ PICASSO	B2	Me3b

Tabla 4.9. Tipo de vía y clase de alumbrado. Elaboración propia.

4.2.1.2.1. Calle de Atrás.

Se trata de una vía de una superficie de 1191,34m², con una anchura total de 4,54 m. El firme está diferenciado para tráfico rodado y para peatones, aunque al mismo nivel. Cuenta con una anchura de acera a cada lado de 0,77 m. y una anchura de calzada de 3 m.

La instalación de alumbrado está prevista para abastecer las necesidades lumínicas tanto de tráfico rodado como peatonal. La calle presenta una velocidad de circulación para tráfico rodado limitada a 30 km/h.



Imagen 4.6. Calle de Atrás, Álora. Elaboración propia.

Se trata de una calle residencial urbana con aceras para peatones a lo largo de la calzada, con una zona de velocidad muy limitada, que según la tabla 4: clases de alumbrado para vías tipos C y D de la ITC-EA-02 del Reglamento se clasifica como D3. Dentro de las vías D3, se determina que la clase de alumbrado sea S2.

Las luminarias instaladas son de tipo villa sin reflector, con lámparas de VSAP de 70W, instaladas sobre brazo mural a 4 m. de altura y con una interdistancia media de 18 m.



Imagen 4.7. Luminarias Calle de Atrás, Álora. Elaboración propia.

Para la realización de las medidas luminotécnica se siguieron en todo momento los criterios establecidos en la ITC-EA-07 del R.D. 1890/2008, obteniéndose los siguientes resultados:

	E_m (lux)	E_{min} (lux)	E_{max} (lux)	U_0
Medidas de campo	12,62	7,04	21,40	0,55
Exigencias R.D.	10,00	3,00	-	0,20

Tabla 4.10. Medidas de campo calle de Átras. Elaboración propia

E_m = Iluminancia media

E_{min} = Iluminancia mínima

E_{max} = Iluminancia máxima

U_0 = Uniformidad

Según la tabla 8 de la ITC-EA-02, la iluminancia media horizontal para la clase de alumbrado S2, ha de ser de 10 lux, debiéndose recordar que según se indica en el apartado 1 de la citada instrucción *"Los niveles máximos de luminancia o de iluminancia media de las instalaciones de alumbrado descritas a continuación no podrán superar en más de un 20% los niveles medios de referencia establecidos en la presente ITC"*. Lo que implicaría que en nuestro caso la iluminancia media podría ser como máximo de 12 lux, viéndose superada por la actual instalación.

Por otro lado el tipo de luminaria instalada tiene un FHS mayor del permitido por la ITC-EA-03 del Reglamento que si se considerase en zona E4, sería del 25%, además de incumplir con lo establecido en el DECRETO 357/2010 de la Junta de Andalucía, de 3 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento para la Protección de la Calidad del Cielo Nocturno frente a la contaminación lumínica y el establecimiento de medidas de ahorro y eficiencia energética³⁹.

³⁹ Según los datos aportado por la AAE, 2010 en Álora el 62,81% de la luminarias instaladas son tipo villa sin reflector, luego van a incumplir esta normativa.

4.2.1.2.2. Calle Azahar.

Se trata de una vía de una superficie de 1395,60 m², con una anchura total de 4,96 m., de uso peatonal con algunos tramos de escaleras, como puede observarse en la imagen.



Imagen 4.8. Calle Azahar, Álora. Elaboración propia.

La instalación de alumbrado está prevista para abastecer las necesidades lumínicas de tráfico peatonal. La calle presenta una velocidad de circulación para tráfico rodado limitada a 5 km/h ya que existen tramos en los que los residentes circulan con los vehículos para su estacionamiento en cocheras privadas.

Se trata de una calle residencial peatonal con aceras a lo largo de la calzada y una zona de velocidad muy limitada y sólo para acceso a cocheras con clasificación E1 y clase de alumbrado S3.

Las luminarias instaladas son tipo villa sin reflector con lámparas de VSAP de 70W, instaladas sobre brazo mural a una altura de 3 m y una interdistancia media de 21 m.



Imagen 4.9. Luminarias Calle de Atrás, Álora. Elaboración propia.

De la medición realizada se obtuvieron los siguientes resultados:

	E_m (lux)	E_{min} (lux)	E_{max} (lux)	U_0
Medidas de campo	14,27	3,61	33,4	0,25
Exigencias R.D.	7,50	1,50	-	0,20

Tabla 4.11. Medidas de campo calle Azahar. Elaboración propia

Inicialmente se observa que cumple con los valores del R.D. en cuanto a uniformidad, pero al igual que en el caso anterior no cumple ni con la iluminancia media, ya que supera los valores máximos permitidos, ni con el FHS máximo exigido por el R.D. 1890/2008, y por el Decreto 357/2010 de la Junta de Andalucía.

4.2.1.2.3. Avda. Pablo Ruiz Picasso.

Se trata de una vía de una superficie de 6.859,35 m², con una anchura total de 10,5 m. El firme está diferenciado para tráfico rodado y para peatones. Cuenta con una anchura de acera a cada lado de 0,75m y una anchura de calzada de 9m, como puede observarse a continuación.

La instalación de alumbrado está prevista para abastecer las necesidades lumínicas en su mayor parte al tráfico rodado aunque también del peatonal. La velocidad de circulación para tráfico rodado está limitada a 50 km/h.



Imagen 4.10. Avda. Pablo Ruiz Picasso, Álora. Elaboración propia.

Por tratarse de una travesía la medición de campo ha sido inviable, ya que el flujo de vehículos era prácticamente constante, lo que impedía medir sin influencias, además del riesgo que se corría al situarnos en la calzada para realizar las mediciones, por lo tanto se ha realizado una simulación mediante el programa Dialux, para lo que tras preguntarle al técnico municipal hemos usado la luminaria existente actualmente.

Los resultados obtenidos han sido los siguientes:

	L_m	U_0	U_L	Tl_{max}	SR
Simulación Dialux	2,12	0,30	0,80	22	0,50
Exigencias R.D.	1	0,40	0,60	15	0,50

Tabla 4.12.: Medidas de campo Avda. Pablo Ruiz Picasso. Elaboración propia

L_m = Luminancia media

U_0 = Uniformidad global

U_L = Uniformidad longitudinal

TI_{max} = Deslumbramiento

SR = Relación entorno

De la tabla se desprende que el valor de luminancia media está muy por encima de lo exigido y que la uniformidad global está por debajo de lo requerido, por lo cual no cumple. En cuanto al FHS no hemos podido verificar que indica el fabricante en este sentido.

También cabría reseñar que de la observación de la fotografía se deduce que los valores de uniformidad, si se pudiera llevar a cabo una medición in situ, tampoco cumplirían debido a la interferencia de la vegetación en el campo de emisión de las luminarias, creando grandes sombras como pudimos observar al intentar realizar la medición.

4.2.1.4. CONCLUSIONES.

Aunque las tres calles están muy por debajo del indicador $PM2_{R.D.}$ y a priori no necesitarían ninguna inversión, como hemos visto ninguna de las tres calles cumplirían con la normativa actualmente vigente en cuanto a valores lumínicos por exceso. Lo que podría llevar al Ayuntamiento, en caso de inspección por parte de las autoridades competentes, a la obligación de modificar las instalaciones. O como se indica en la normativa en caso de modificación sustancial de la instalación a realizar un proyecto que permitiera el cumplimiento de esta.

4.2.2. VALIDACIÓN DE LA BONDAD DE LOS VALORES DE REFERENCIA $PM2_{R.D.}$

Como hemos podido observar en el apartado anterior si mirásemos las instalaciones sólo desde el punto de vista energético:

- El 92,66 % de la calles del municipio se encuentran por debajo del valor de $PM2_{R.D.}$, que hemos determinado de los valores marcados por el R.D. 1890/2008.

- En los casos analizados, que son reflejo de la situación del municipio, los valores de iluminancia/luminancia media están por encima de los valores mínimos más el 20% adicional permitido.
- Los valores de uniformidad también están por encima de los recomendados.
- Las luminarias instaladas en el municipio no cumplen con los requisitos para la Contaminación Lumínica y se tratan de luminarias de poco rendimiento.

Todo lo anterior nos hace pensar que los valores recogidos en el Reglamento respecto a PM2, están muy por encima de los valores reales que se necesitarían para suministrar el nivel lumínico necesario, con la uniformidad indicada.

Para comprobarlo a continuación vamos a realizar un estudio que nos permita constatar lo que suponemos.

4.2.2.1. COMPROBACIÓN DE LA BONDAD DE LOS VALORES DE REFERENCIA. PROPUESTAS DE MEJORA.

Previamente a la elaboración de una serie de propuestas que nos permitan comprobar si los valores establecidos en el Reglamento están o no sobredimensionados, sería interesante conocer si el municipio en estudio posee un Plan Director de Alumbrado o al menos algunas pautas que debamos cumplir en cuanto a estas instalaciones.

"Un Plan Director de alumbrado, es un conjunto de acciones que partiendo de la situación del alumbrado existente en una población, establece las actuaciones a seguir a largo plazo con el fin de adecuar el alumbrado a las exigencias técnicas y características urbanísticas de la población".[San Martín, R y otros. 1998].

Podríamos considerar el Plan Director de alumbrado de un municipio como el P.G.O.U. de la Iluminación.

Tras las consultas pertinentes al técnico municipal, se verifica que Álorá no posee ningún documento que establezca las características del Alumbrado Público, lo que nos da libertad a la hora del diseño de las propuestas.

Como dato de partida se ha elaborado un plano, donde se recogen las calles del núcleo urbano de Álorá clasificadas por colores en función de la clase de alumbrado y por ende

de los valores luminotécnicos exigidos por el R.D. 1890/2008. A continuación se muestra un fragmento de dicho plano en donde se recogen algunas de las calles.

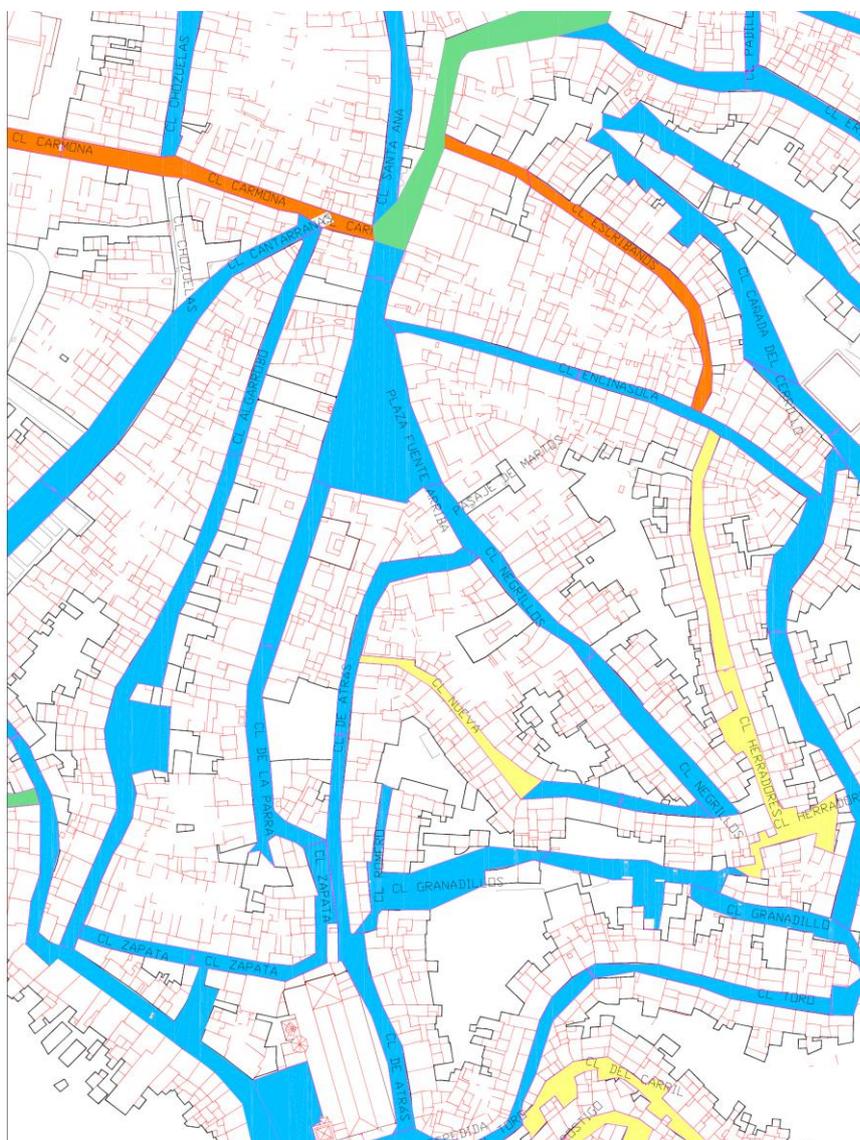


Imagen 4.11. Clasificación de la vías y niveles exigidos por el R.D. 1890/2008. Elaboración propia.

- Clase de alumbrado S2, $E_m = 10 \text{ lux}$
- Clase de alumbrado S3, $E_m = 7,5 \text{ lux}$
- Clase de alumbrado ME3b, $L_m = 1 \text{ cd}$.

A partir de estos datos vamos a proceder a realizar una serie de estudios destinados a emitir una propuesta concreta para cada tipología de alumbrado y cada anchura de vía.

Para ello se elige una de las vías en estudio, en concreto calle de Atrás⁴⁰, y ayudándonos del programa Dialux se realizan cuatro propuestas de sistemas de alumbrado, utilizando para ello distintas fuentes de luz, distintas luminarias y configuraciones.

Además se efectúan una serie de cálculos económicos para establecer la viabilidad de cada uno de ellos.

PROPUESTA 1

Se realiza el estudio mediante una configuración con luminarias tipo villa de la marca Simon Lighting mod. FC6WB con lámpara de vapor de sodio alta presión y una potencia de 70W con reflector de aluminio, montadas sobre brazo. Esta luminaria necesita para su funcionamiento un equipo de 14W siendo 84W la potencia del conjunto.



Imagen 4.12. Luminaria mod. FC6WB. Fuente: Simón Lighting.

La propuesta se ha simulado en Dialux con una interdistancia entre luminarias inicial de 18,5 m. y una altura de brazo de 4m, llegándose a la conclusión de que la distancia idónea para esta altura es de 22m.

⁴⁰ Se escoge esta calle por tratarse de una vía cuya anchura es prácticamente la mitad de la de su grupo clasificada por anchuras, además por que las calles con clasificación S2 son la numerosas en el municipio y las segundas más numerosas entre los cuatro municipios seleccionados para realizar el estudio.

Los valores obtenidos son los siguientes:

	Em	Emin	Emax	Uo
Exigencias	10	3	-	0,20
Simon FO2MP 70W	10	5,92	13	0,57

Tabla 4.13. Exigencias R.D. vs. propuesta 1. Fuente: elaboración propia.

a) Ahorro de potencia

Con esta configuración se ha pasado de tener 16 luminarias a tener que instalar solo 13. Dado que la potencia total de la luminaria es la misma obtenemos un ahorro equivalente a la potencia de 3 luminarias con sus respectivos equipos. En este caso, un ahorro de 252W.

Además hemos disminuido el coste correspondiente al mantenimiento de la instalación al disminuir el número de luminarias y se ha conseguido una buena distribución fotométrica como se verá a continuación.

b) Inversión económica.

Para realizar los cálculos económicos hemos partido de los siguientes datos:

	ACTUAL	PROPUESTA 1
Potencia de la lámpara (w)	70	70
Flujo luminoso (lm)	6.600	6.600
Vida media de la lámpara (h)	20.000	20.000
Potencia equipos (w)	14	14
Potencia consumida total de la lámpara (w)	84	84
Numero puntos de luz	16	13
Total consumo (w)	1.344	1.092
Total consumo anual (Kw/h)	5.376	4.368
Coste anual por consumo (€)	806	655
Ahorro anual frente a lo actual (€)	-	151
Inversión inicial	-	3.630,36
Reposición de lámparas	-	429

Tabla 4.14. Datos económicos 1 caso 1. Fuente: Elaboración propia

	PROPUESTA 1
Tipo de luminaria	VSAP 70
Precio (€)	199
Precio total luminarias (€)	2.587
Coste de una lámpara	21
Número de sustituciones de lámparas	4
Coste de sustitución de lámparas (€)	33
Coste sustitución total de lámparas (€)	429

Tabla 4.15. Datos económicos 2 caso 1. Fuente: Elaboración propia

Con estos datos se obtiene el siguiente Plan de Amortización:

PROPUESTA 1 (VSAP)				
	INGRESOS	GASTOS	TOTAL	TOTAL ACUMULADO
INVERSION INICIAL		-3630	-3630	-3630
AÑO 1	151		151	-3479
AÑO 2	162		162	-3318
AÑO 3	173		173	-3145
AÑO 4	185		185	-2960
AÑO 5	198	-563	-365	-3325
AÑO 6	212		212	-3113
AÑO 7	227		227	-2887
AÑO 8	242		242	-2644
AÑO 9	259		259	-2385
AÑO 10	278		278	-2107
AÑO 11	297	-845	-548	-2655
AÑO 12	318		318	-2337
AÑO 13	340		340	-1997
AÑO 14	364		364	-1633
AÑO 15	389		389	-1244
AÑO 16	417		417	-827
AÑO 17	446	-1268	-822	-1649
AÑO 18	477		477	-1173
AÑO 19	510		510	-662
AÑO 20	546		546	-116
AÑO 21	584		584	468
AÑO 22	625		625	1094
AÑO 23	669	-1903	-1234	-141
AÑO 24	716		716	575
AÑO 25	766		766	1341
AMORTIZACIÓN EN				NO SE AMORTIZA
VAN			-1.187,67 €	
TIR			2%	

Tabla 4.16. Tabla de amortización del caso 1. Fuente: elaboración propia.

PROPUESTA 2

Se realiza el estudio mediante una configuración con luminarias suspendidas sobre brazo de la marca Vulkan mod. 3508/STU, con lámpara de vapor de sodio alta presión y una potencia de 70W. Esta luminaria necesita para su funcionamiento un equipo de 13W siendo 83W la potencia del conjunto.



Imagen 4.13. Luminaria mod. 3508/STU Fuente: Vulkan.

La propuesta se ha simulado en Dialux con una interdistancia entre luminarias de 25m y una altura de brazo de 4m. De esta forma los valores obtenidos son los siguientes:

	Em	Emin	Emax	Uo
Exigencias	10	3	-	0,20
Vulkan 3508 70W	12	3,89	33	0,32

Tabla 4.17. Exigencias R.D. vs. propuesta 2. Fuente: elaboración propia.

a) Ahorro de potencia

Con esta configuración se ha pasado de tener 16 luminarias de 70W más 14W de equipo a tener que instalar solo 12. Estas luminarias tienen una lámpara de 70W mas 13W de equipo, lo que hace un total de 83 W, con lo que se obtiene un ahorro total de 348W.

b) Inversión económica

Para realizar los cálculos económicos hemos partido de los siguientes datos:

	ACTUAL	PROPUESTA 2
Potencia de la lámpara (w)	70	70
Flujo luminoso (lm)	6.600	6.600
Vida media de la lámpara (h)	20.000	20.000
Potencia equipos (w)	14	13
Potencia consumida total de la lámpara (w)	84	83
Numero puntos de luz	16	12
Total consumo (w)	1.344	996
Total consumo anual (Kw/h)	5.376	3.984
Coste anual por consumo (€)	806	598
Ahorro anual frente a lo actual (€)	-	208
Inversión inicial	-	3.237,84
Reposición de lámparas	-	396

Tabla 4.18. Datos económicos 1 propuesta 2. Fuente: Elaboración propia

	PROPUESTA 2
Tipo de luminaria	VSAP 70
Precio (€)	187
Precio total luminarias (€)	2.244
Coste de una lámpara	21
Número de sustituciones de lámparas	4
Coste de sustitución de lámparas (€)	33
Coste sustitución total de lámparas (€)	396

Tabla 4.19. Datos económicos 2 propuesta 2. Fuente: Elaboración propia

Con estos datos se obtiene el siguiente plan de amortización:

PROPUESTA 2 (VSAP)				
	INGRESOS	GASTOS	TOTAL	TOTAL ACUMULADO
INVERSION INICIAL		-3238	-3238	-3238
AÑO 1	208		208	-3030
AÑO 2	223		223	-2807
AÑO 3	238		238	-2569
AÑO 4	255		255	-2314
AÑO 5	273	-519	-246	-2561
AÑO 6	292		292	-2269
AÑO 7	312		312	-1957
AÑO 8	334		334	-1623
AÑO 9	357		357	-1265
AÑO 10	382		382	-883
AÑO 11	409	-779	-370	-1253
AÑO 12	438		438	-815
AÑO 13	468		468	-347
AÑO 14	501		501	155
AÑO 15	536		536	691
AÑO 16	574		574	1265
AÑO 17	614	-1169	-555	710
AÑO 18	657		657	1367
AÑO 19	703		703	2070
AÑO 20	752		752	2822
AÑO 21	805		805	3627
AÑO 22	861		861	4488
AÑO 23	922	-1754	-832	3656
AÑO 24	986		986	4642
AÑO 25	1055		1055	5697
	AMORTIZACIÓN EN			14 AÑOS
VAN			1.087,42 €	
TIR			7%	

Tabla 4.20. Tabla de amortización del caso 2.

PROPUESTA 3

Se proponen como medidas correctoras a la instalación actual una configuración con luminarias tipo villa de la marca Indal mod. JARGEAU de tipo LED y una potencia de 43W. Esta luminaria necesita para su funcionamiento un driver de 6W siendo 49W la potencia del conjunto.



Imagen 4.14. Luminaria mod. JARGEAU. Fuente: Indal

La propuesta se ha simulado en Dialux con una interdistancia entre luminarias de 18 m y una altura de brazo de 4m. y en la misma configuración existente y los niveles obtenidos son los siguientes:

	Em	Emin	Emax	Uo
Exigencias	10	3	-	0,20
Indal Jargeau 43W	11	4,77	20	0,44

Tabla 4.21. Exigencias R.D. vs. propuesta 3 . Fuente: elaboración propia.

a) Ahorro de potencia

Con esta configuración se han aprovechado los 16 puntos de luz existentes y tan solo se ha sustituido la luminaria, así se obtiene un ahorro de 560W, además de abaratar los costes derivados de la nueva instalación.

b) Inversión económica

Para realizar los cálculos económicos hemos partido de los siguientes datos:

	ACTUAL	PROPUESTA 3
Potencia de la lámpara (w)	70	43
Flujo luminoso (lm)	6.600	3.600
Vida media de la lámpara (h)	20.000	50.000
Potencia equipos (w)	14	6
Potencia consumida total de la lámpara (w)	84	49
Numero puntos de luz	16	16
Total consumo (w)	1.344	784
Total consumo anual (Kw/h)	5.376	3.136
Coste anual por consumo (€)	806	470
Ahorro anual frente a lo actual (€)	-	336
Inversión inicial	-	7.472,32
Reposición de lámparas	-	1.344

Tabla 4.22. Datos económicos 1 propuesta3. Elaboración propia

	PROPUESTA 3
Tipo de luminaria	LED
Precio (€)	401
Precio total luminarias (€)	6.416
Coste de una lámpara	164
Número de sustituciones de lámparas	1
Coste de sustitución de lámparas (€)	84
Coste sustitución total de lámparas (€)	1.344

Tabla 4.23. Datos económicos 2 propuesta3. Elaboración propia

Con estos datos se obtiene el siguiente plan de amortización:

PROPUESTA3 (LEDS)				
	INGRESOS	GASTOS	TOTAL	TOTAL ACUMULADO
INVERSION INICIAL		-7472	-7472	-7472
AÑO 1	336		336	-7136
AÑO 2	360		360	-6777
AÑO 3	385		385	-6392
AÑO 4	412		412	-5980
AÑO 5	440		440	-5540
AÑO 6	471		471	-5069
AÑO 7	504		504	-4565
AÑO 8	540		540	-4025
AÑO 9	577		577	-3448
AÑO 10	618		618	-2830
AÑO 11	661		661	-2169
AÑO 12	707		707	-1462
AÑO 13	757	-1530	-773	-2235
AÑO 14	810		810	-1425
AÑO 15	866		866	-559
AÑO 16	927		927	368
AÑO 17	992		992	1360
AÑO 18	1061		1061	2421
AÑO 19	1136		1136	3557
AÑO 20	1215		1215	4772
AÑO 21	1300		1300	6072
AÑO 22	1391		1391	7464
AÑO 23	1489		1489	8952
AÑO 24	1593		1593	10545
AÑO 25	1704		1704	12249
	AMORTIZACIÓN EN			16 AÑOS
VAN			1.842,25 €	
TIR			7%	

Tabla 4.24. Tabla de amortización del caso 3. Fuente: elaboración propia.

PROPUESTA 4

Se proponen como medidas correctoras a la instalación actual una configuración con luminarias de la marca Simon Lighting mod. FO2MP con lámpara de halogenuro metálico de 50W. Esta luminaria necesita para su funcionamiento un equipo de 12W siendo 62W la potencia total del conjunto.



Imagen 4.15. Luminaria mod. FO2MP. Fuente: Simón Lighting.

La propuesta se ha simulado en Dialux con una interdistancia entre luminarias de 20,50 m y una altura de brazo de 4m. Se ha simulado mediante el programa de cálculo y los niveles obtenidos son los siguientes,

	Em	Emin	Emax	Uo
Exigencias	10	3	-	0,20
Simon Lighting FO2MP	11	6,15	14	0,57

Tabla 4.25. Exigencias R.D. vs. propuesta 4. Fuente: elaboración propia.

a) Ahorro de potencia

Con esta configuración se ha pasado de tener 16 luminarias a tener que instalar 15. Se obtiene un ahorro de potencia total en la vía de 414W.

b) Inversión económica

Para realizar los cálculos económicos hemos partido de los siguientes datos:

	ACTUAL	PROPUESTA 4
Potencia de la lámpara (w)	70	50
Flujo luminoso (lm)	6.600	6.500
Vida media de la lámpara (h)	20.000	15.000
Potencia equipos (w)	14	12
Potencia consumida total de la lámpara (w)	84	62
Numero puntos de luz	16	15
Total consumo (w)	1.344	930
Total consumo anual (Kw/h)	5.376	3.720
Coste anual por consumo (€)	806	558
Ahorro anual frente a lo actual (€)	-	248
Inversión inicial	-	3.128,64
Reposición de lámparas	-	495

Tabla 4.26. Datos económicos 1 propuesta 4. Elaboración propia

	PROPUESTA 4
Tipo de luminaria	HM 50
Precio (€)	178
Precio total luminarias (€)	2.667
Coste de una lámpara	24
Número de sustituciones de lámparas	6
Coste de sustitución de lámparas (€)	33
Coste sustitución total de lámparas (€)	495

Tabla 4.27. Datos económicos 2 propuesta 4. Elaboración propia

Con estos datos se obtiene el siguiente plan de amortización:

	PROPUESTA 4 (HM)			
	INGRESOS	GASTOS	TOTAL	TOTAL ACUMULADO
INVERSION INICIAL		-3129	-3129	-3129
AÑO 1	248		248	-2881
AÑO 2	265		265	-2615
AÑO 3	284		284	-2331
AÑO 4	304	-606	-302	-2634
AÑO 5	325		325	-2308
AÑO 6	348		348	-1961
AÑO 7	372		372	-1588
AÑO 8	398	-794	-396	-1984
AÑO 9	426		426	-1558
AÑO 10	456		456	-1102
AÑO 11	488		488	-614
AÑO 12	522	-1041	-519	-1133
AÑO 13	559		559	-575
AÑO 14	598		598	23
AÑO 15	639		639	662
AÑO 16	684	-1365	-681	-18
AÑO 17	732		732	714
AÑO 18	783		783	1497
AÑO 19	838		838	2335
AÑO 20	897	-1789	-892	1443
AÑO 21	960		960	2403
AÑO 22	1027		1027	3430
AÑO 23	1099		1099	4529
AÑO 24	1176	-2345	-1169	3359
AÑO 25	1258		1258	4617
	AMORTIZACIÓN EN			17 AÑOS
VAN			702,96 €	
TIR			7%	

Tabla 4.28. Tabla de amortización del caso 4. Fuente: elaboración propia.

4.2.2.2. RESUMEN DE LAS PROPUESTAS

Una vez realizados los cálculos lumínicos y económicos para cada una de las propuestas, vamos a analizar los datos obtenidos al objeto de tomar la mejor decisión posible para nuestra instalación, para ello nos vamos a apoyar en las siguientes tablas:

a) Criterio lumínico

El valor más representativo de la calidad lumínica de una instalación es la uniformidad. Este va a ser el primer criterio que usaremos para establecer cual de las propuestas es mejor desde el punto de vista lumínico. Si observamos en la tabla, tanto la propuesta 1 como la propuesta 4 tienen un valor de uniformidad de 0,57, siendo menor en los demás casos, no obstante la propuesta 4 además presenta una mejor iluminancia media por lo que nos decantamos por esta propuesta.

	E_m (lux)	E_{min} (lux)	E_{max} (lux)	U_o
Exigidos	10	3	-	0,20
Actual	12,62	7,04	21,4	0,55
Propuesta 1	10	5,92	13	0,57
Propuesta 2	12	3,89	33	0,32
Propuesta 3	11	4,77	20	0,44
Propuesta 4	11	6,15	14	0,57

Tabla 4.29. Comparación entre propuestas desde el punto de vista lumínico. Fuente: elaboración propia.

b) Consumo energético

Aunque si examinamos la tabla se confirma, que **el indicador de referencia está muy por encima de los valores que se pueden obtener con las actuales tecnologías⁴¹**, indiscutiblemente desde el punto de vista energético la propuesta 3 es la más eficiente, ya que se obtiene una disminución de potencia de 560W con un consumo energético de 0,65 W/m², lo que supone un 61,08 % menos que el indicador de referencia.

⁴¹ Se han utilizado las tres tecnologías que actualmente más se usan en estas instalaciones, halogenuros metálicos cerámicos, VSAP y LED.

	Uds.	P Ud.	Pt	Disminución de potencia	PM2	PM2 _{R.D.}
Actual	16	84W	1344W	-	1,12	1,67
Propuesta 1	13	84W	1092W	252W	0,91	1,67
Propuesta 2	12	83W	996W	348W	0,83	1,67
Propuesta 3	16	49W	784W	560W	0,65	1,67
Propuesta 4	15	62W	930W	414W	0,78	1,67

Tabla 4.30. Comparación entre propuestas desde el punto de vista de energético. Fuente: elaboración propia.

c) Criterio económico

Se ha fijado como período de estudio 25 años, por ser el período estimado de la vida útil de las instalaciones de alumbrado público.

Desde el punto de vista económico las propuesta 2, 3 y 4 tienen el mismo TIR, no obstante en el periodo de 25 años que hemos establecido para nuestro estudio el VAN de la propuesta 3 es la mayor, por lo que nos decantamos por esta propuesta, siempre y cuando tengamos la suficiente liquidez para realizar la inversión inicial que es mayor.

	Inversión	Amortización	VAN	TIR
Propuesta 1	3.630,36€	No se amortiza	-1.187,67 €	2%
Propuesta 2	3.237,84€	14 Años	1.087,42 €	7%
Propuesta 3	7.472,32€	16 Años	1.842,25 €	7%
Propuesta 4	3.128,64€	17 Años	702,96 €	7%

Tabla 4.31. Comparación entre propuestas desde el punto de vista económico. Fuente: elaboración propia.

d) Resultado propuesto.

Por lo tanto tras el análisis de las 4 propuestas desde los tres puntos de vista anteriormente expuestos, nos decantamos por la propuesta número 3 (tecnología LED), ya que desde el punto de vista económico y energético parece la más favorable, además de cumplir sobradamente los valores lumínicos establecidos como requisito por el R.D. 1890/2008.

En cuanto a los períodos de retorno en los cuatro es grande y en la propuesta 1 se acerca demasiado al final de la vida útil de las luminarias.

4.2.3. RESUMEN DEL APARTADO 4.2.

Como hemos podido constatar el indicador establecido $PM2_{R,D}$, nos ha permitido realizar una evaluación previa desde el punto de vista energético de las instalaciones existentes.

Por otra parte, hemos podido también comprobar, que los valores de referencia están muy por encima de los valores obtenidos mediante las cuatro propuestas analizadas y que se han realizado con las tecnologías más usadas en la actualidad.

Hemos elegido la propuesta 3 por los criterios anteriormente indicados, obteniendo un valor de P/S, al que nosotros **vamos a denominar $PM2_R$** y que nos permite realizar la instalación cumpliendo con todos los requisitos establecidos en el R.D. 1890/2008, con un menor coste económico y energético. Este indicador ($PM2_R$), que utilizaremos como referencia, se considerará como el Consumo Energético medio de las vías S2, con anchura de entre 4 y 5 m.

4.3. EXTRAPOLACIÓN DEL PROCESO AL MUNICIPIO DE ÁLORA

A partir de este momento vamos a tratar de establecer un método que nos permita de una manera sencilla, determinar el menor consumo energético de una población cumpliendo con los requisitos del Reglamento.

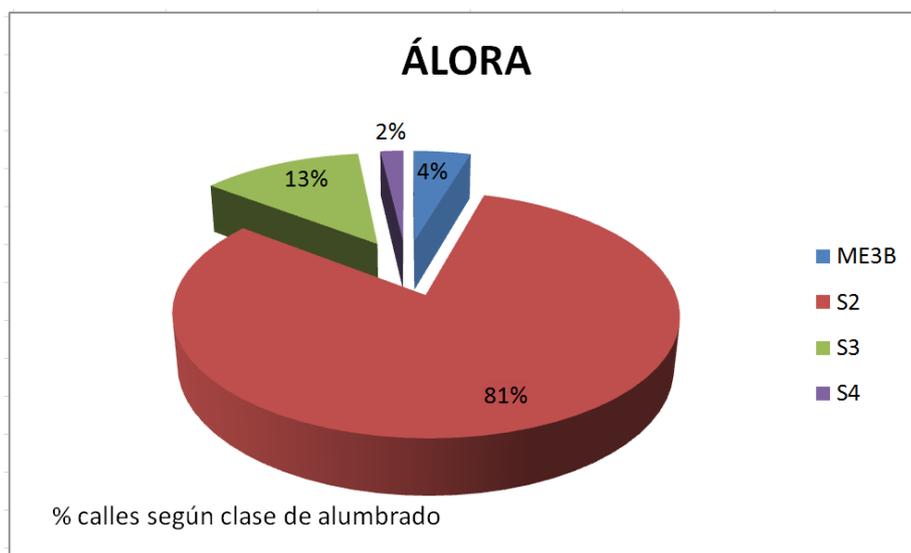
Para poder generalizar como $PM2$ tipo de una instalación, nuestro $PM2_R$ obtenido en el apartado anterior, hemos de establecer una serie de características comunes a las instalaciones que permitan tal extrapolación.

4.3.1. ANÁLISIS DE LA CLASE DE ALUMBRADO.

Como hemos visto en el capítulo anterior el primer paso que da el R.D. 1890/2008, es la determinación de la clase de alumbrado, ya que esto es lo que nos marca el nivel de iluminancia media, con el que poder comparar en las tablas correspondientes para determinar los valores de nuestro indicador $PM2_R$.

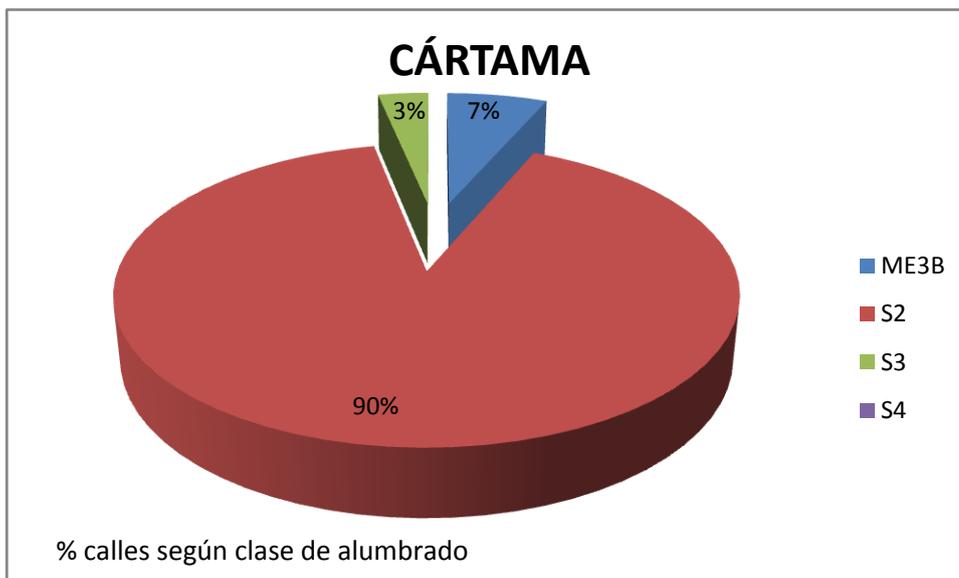
Por ello, a continuación se presentan una serie de gráficas en donde podemos ver las calles de los distintos municipios según la clase de alumbrado.

Álora vías en estudio 109.



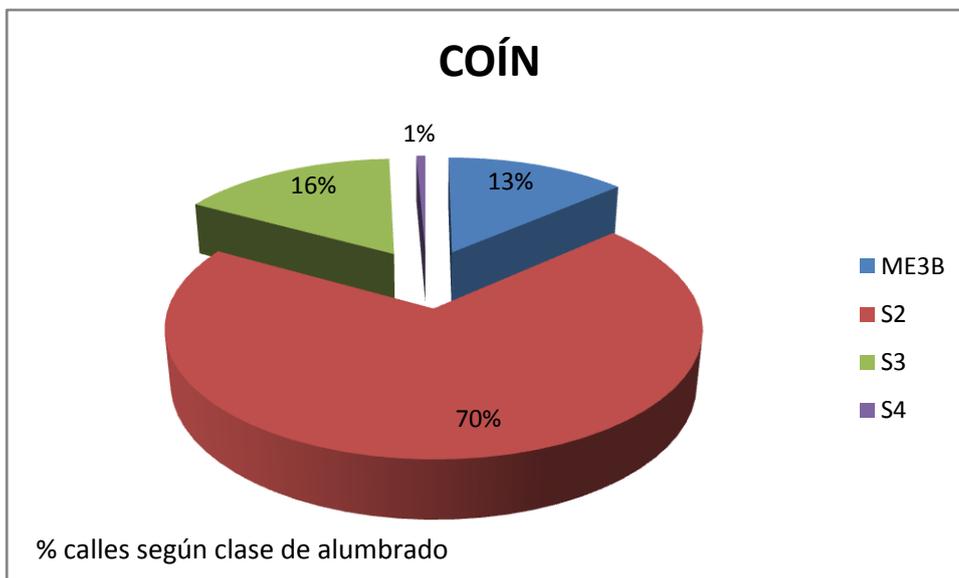
Gráfica 4.15.: Porcentaje en función clase de alumbrado Álora. Fuente: Elaboración propia a partir del POE de Álora.

Cártama vías en estudio 240.



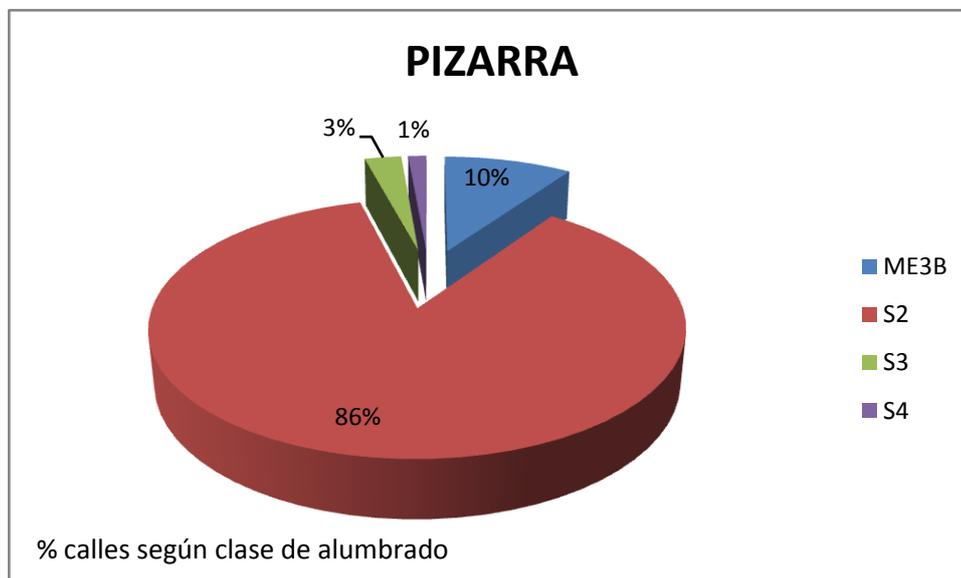
Gráfica 4.16.: Porcentaje en función clase de alumbrado Cártama. Fuente: Elaboración propia a partir del POE de Cártama.

Coín vías en estudio139.



Gráfica 4.17.: Porcentaje en función clase de alumbrado Coín. Fuente: Elaboración propia a partir del POE de Coín.

Pizarra vías en estudio 71.



Gráfica 4.18.: Porcentaje en función clase de alumbrado Pizarra. Fuente: Elaboración propia a partir del POE de Pizarra.

Del análisis de las gráficas anteriores podemos determinar que:

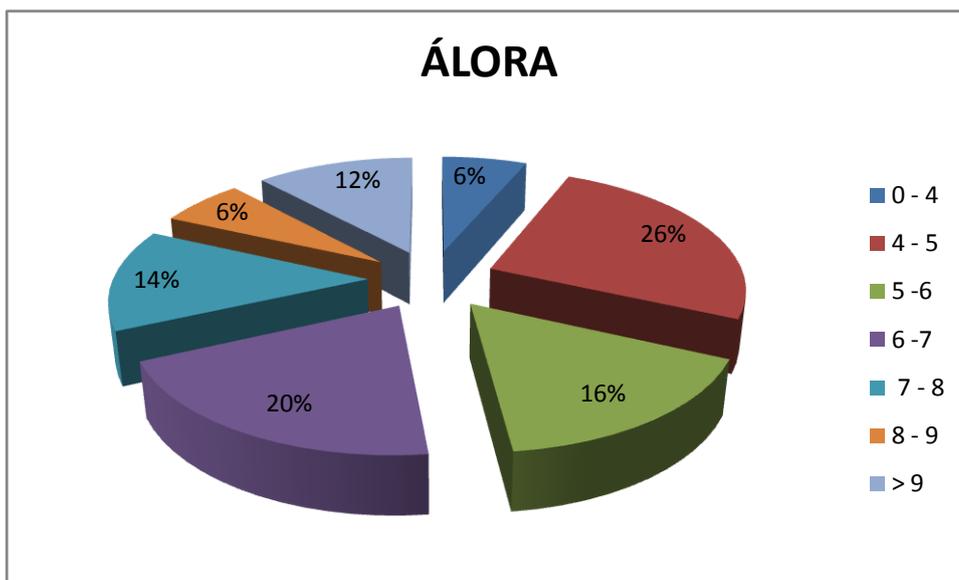
CLASE DE ALUMBRADO	%
Me3b	8,50
S2	81,75
S3	8,75
S4	1,00

Tabla 4.32.: Porcentaje de clase de alumbrado en los municipios objeto de estudio. Fuente: Elaboración propia a partir de los POEs.

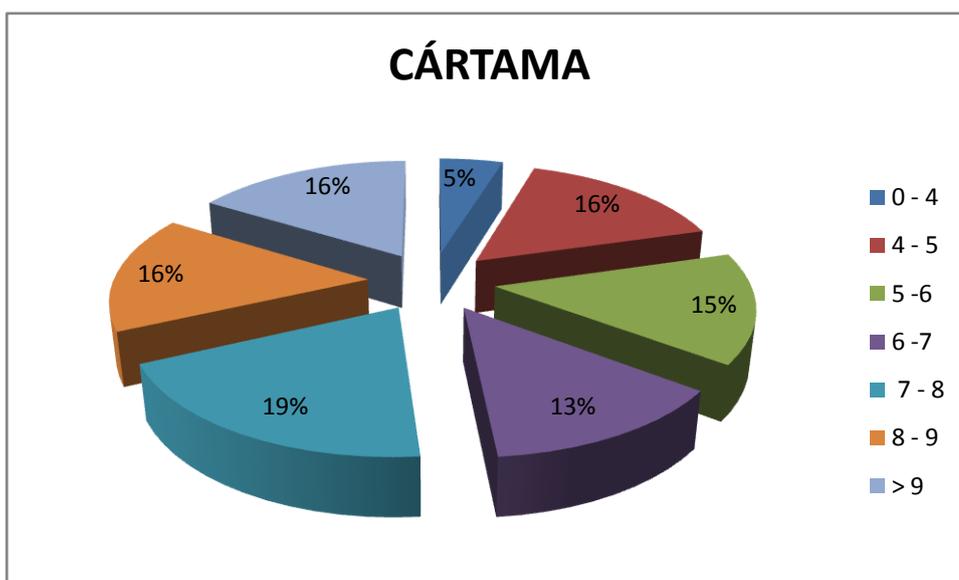
Lo que nos indica que en los núcleos urbanos de los municipios estudiados la gran mayoría de las calles son del tipo S2, por lo tanto a esta clase de alumbrado vamos a dedicar a partir de ahora nuestro trabajo por ser la más representativa y porque además el procedimiento a seguir será similar para cada una de las tipologías.

4.3.2. ANÁLISIS DEL ANCHO DE VÍA.

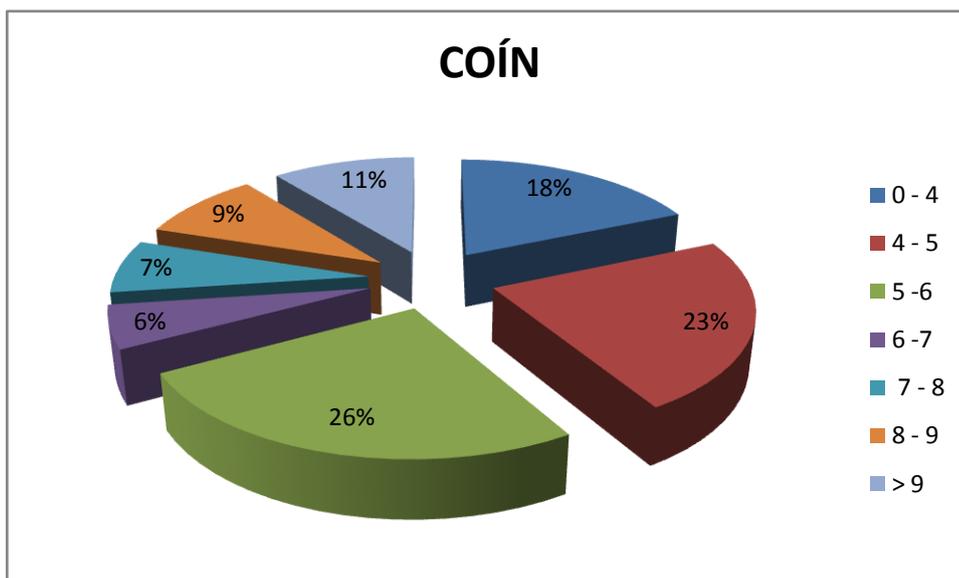
Otra clasificación que nos será útil más adelante es la clasificación de las vías en función de la anchura de estas. Hemos dividido los anchos de vía de metro en metro, al objeto de obtener valores de referencia más fiables. A continuación se exponen una serie de tablas por municipio con esta clasificación:



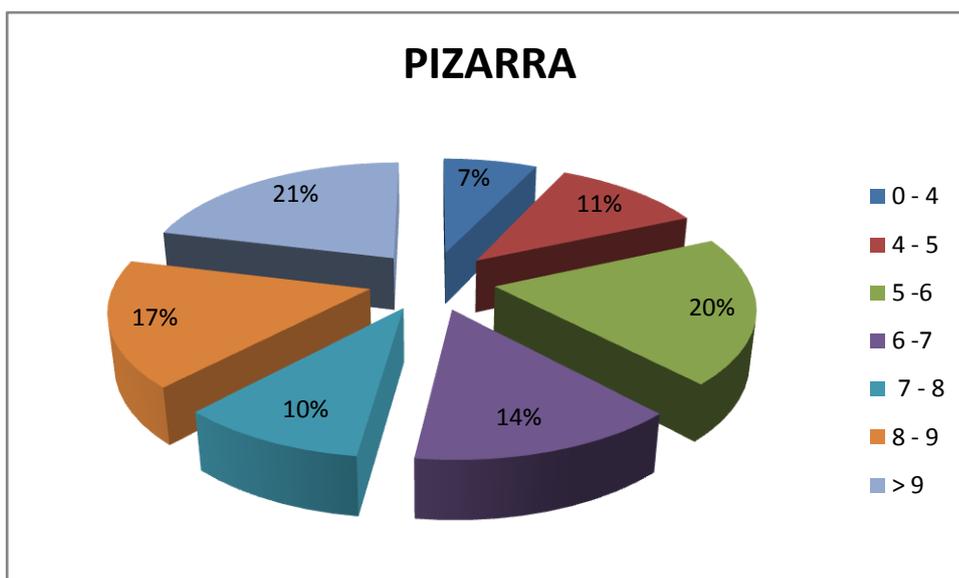
Gráfica 4.19. Clasificación de las calles en función de su anchura, Álora. Fuente: Elaboración propia a partir del POE de Álora.



Gráfica 4.20. Clasificación de las calles en función de su anchura, Cártama. Fuente: Elaboración propia a partir del POE de Cártama.



Gráfica 4.21.: Clasificación de las calles en función de su anchura, Coín. Fuente: Elaboración propia a partir del POE de Coín.



Gráfica 4.22.: Clasificación de las calles en función de su anchura, Pizarra. Fuente: Elaboración propia a partir del POE de Pizarra.

ANCHO DE LA VÍA	PORCENTAJE MEDIO
0-4	9,00
4-5	19,00
5-6	19,25
6-7	13,25
7-8	12,50
8-9	12,00
<9	15,00

Tabla 4.33.: Porcentaje del ancho de vía en los municipios estudiados. Fuente: Elaboración propia a partir de los POEs.

De la tabla anterior concluimos que el ancho de calle más común es de 5 a 6 metros, siendo el siguiente de 4 a 5 metros que coincide con la anchura de la calle de Atrás objeto de nuestro estudio, como puede verse en el apartado siguiente.

4.3.3. ANÁLISIS DE LA CLASE DE ALUMBRADO VS. ANCHO DE VÍA.

Hasta este momento hemos realizado una clasificación de las vías para los municipios en estudio en función de la clase de alumbrado y del ancho de vía, comprobándose que las vías más abundantes según su clase de alumbrado son las tipo S2 y según el ancho de vía con un 19,5% las de 5 a 6 metros seguidas por las de 4 a 5 metros con un 19%.

Si nos centramos en el municipio de Álora, a continuación presentamos una tabla en la que se relacionan las anchuras de las distintas vías con su clase de alumbrado:

CALLE	ANCHO (m)	CLASE ALUMBRADO
CALLE POSTIGO	2,72	S3
CALLE PALOMAR	3,65	S2
CALLE ENCINASOLA	3,75	S2
CALLE TORO	3,95	S2
CALLE OLIVO	4,00	S3
CALLE VIENTO	4,01	S2
CALLE ALMENDROS	4,03	S2
CALLE DEL PUERTO	4,05	S3
CALLE ALGARROBO	4,06	S2
CALLE SAN JUAN	4,07	S2
CALLE EN MEDIO	4,19	S2
CALLE BOTELLO	4,20	S2
CALLE ESCRIBANOS	4,23	S3
CALLE CORRIENTES	4,26	S2
CALLE PIZARRA	4,34	S2
CALLE FUENTE DE LA MANIA	4,34	S2
CALLE CONVENTO	4,40	S2

CALLE	ANCHO (m)	CLASE ALUMBRADO
CALLE NARANJOS	4,46	S2
CALLE DE ATRÁS	4,54	S2
CALLE BAJADA URIQUI	4,63	S3
CALLE CADIZ	4,66	S2
CALLE JUNTA	4,73	S3
CALLE FLORES	4,79	ME3b
CALLE AMAPOLA	4,79	S2
CALLE NUEVA	4,83	S3
CALLE SANTA ARGENTEA	4,90	S2
CALLE CAMINO DE LOS REYES	4,95	S3/S4
CALLE AZAHAR	4,96	S3
CALLE CARRIL	5,00	S3
CALLE CARTAMA	5,02	S2
CALLE GRANADA	5,06	S2
CALLE DE LA FUENTE	5,10	S2
CALLE PADILLA	5,13	S2
CALLE CANALES	5,18	S2
CALLE ANCHA	5,30	S2
CALLE CAÑADA DEL CERRILLO	5,31	S2
CALLE ZAPATA	5,33	S2
CALLE NEGRILLOS	5,33	S2
CALLE ALMERIA	5,41	S2
CALLE CALVARIO	5,46	S2
CALLE SEVILLA	5,46	S2
CALLE BENITO SUAREZ	5,46	S2
CALLE CHURRETE	5,46	S3
CALLE TOMAS GARCIA	5,50	S2
CALLE MALAGA	5,81	S2
CALLE CORDOBA	5,98	S2
CALLE JAEN	6,04	S2
CALLE ERILLAS	6,04	S2
CALLE LA PARRA	6,07	S2
CALLE HUELVA	6,08	S2
CALLE PROGRESO	6,11	S2
CALLE HERRADORES	6,15	S3
CALLE BAJONCILLO	6,18	S2
CALLE OMAR	6,26	S2
CALLE REVUELTA	6,32	S2
CALLE VERACRUZ	6,54	S2
CALLE SANTA ANA	6,64	S2
CALLE CARMONA	6,65	S2

CALLE	ANCHO (m)	CLASE ALUMBRADO
CALLE MANANTIAL	6,72	S2
CALLE PELIGROS	6,85	S2
CALLE CHOZUELAS	6,87	S2
CALLE FERIA	6,89	S2
CALLE DEL AGUA	6,97	S2
CALLE LAURA AGUIRRE	6,97	S2
CALLE CERRILLO	7,00	S2
CALLE ALBERCA	7,16	S2
CALLE LA UNION	7,28	S2
CALLE LIBERTAD	7,34	S2
CALLE SOLEARES	7,37	S2
CALLE ALTA	7,49	S2
CALLE ALEGRÍAS	7,53	S2
CALLE ALBAHACA	7,53	S2
CALLE PETENAS	7,54	S2
CALLE DEBLAS	7,90	S2
CALLE MALAGUEÑAS	7,90	S2
CALLE BARRANCO	7,91	S2
CALLE YERBABUENA	8,00	S2
CALLE CASARABONELA	8,05	S2
CALLE SAN JOSE	8,14	S2
CALLE FORTUNA	8,24	S2
CALLE MANZANILLA	8,37	S4
CALLE BULERIAS	8,43	S2
AVDA CONSTITUCIÓN	8,45	ME3b
CALLE VISTA ALEGRE	8,46	S2
CALLE CAMINO NUEVO	10,20	S2
CALLE CARAMBUCO	10,27	S2
AVDA PABLO RUIZ PICASO	10,50	ME3b
CALLE LA VEGA	10,62	S2
CALLE SUSPIROS	10,66	S2
CALLE CANTARRANAS	10,67	S2
AVDA CERVANTES	12,49	ME3b
CALLE ANDALUCIA	13,41	S2
CALLE LA VEGA	15,23	S2
CALLE CLAVEL	15,89	S2
CALLE VICTORIA EUGENIA	16,20	S2

Tabla 4.34. Clasificación de las calles de Álora en función de su anchura y clase de alumbrado. Elaboración propia.

De la tabla anterior vamos a seleccionar las calles cuya anchura estén comprendidas entre 4 y 5 metros, entre las que estará incluida Calle de Atrás y cuya clase de alumbrado sea S2.

CALLE	ANCHURA (m)	CLASE DE ALUMBRADO
CALLE ALGARROBO	4,06	S2
CALLE ALMENDROS	4,03	S2
CALLE ALOZAINA	4,21	S2
CALLE AMAPOLA	4,79	S2
CALLE BOTELLO	4,2	S2
CALLE CADIZ	4,66	S2
CALLE CAMINO DE LOS REYES	4,95	S2
CALLE CONVENTO	4,4	S2
CALLE CORRIENTES	4,26	S2
CALLE DE ATRÁS	4,54	S2
CALLE DE LOS NARANJOS	4,32	S2
CALLE DEL PUERTO	4,05	S2
CALLE EN MEDIO	4,19	S2
CALLE FUENTE DE LA MANIA	4,34	S2
CALLE PIZARRA	4,34	S2
CALLE SAN JUAN	4,07	S2
CALLE SANTA ARGENTEA	4,9	S2
CALLE VIENTO	4,1	S2
CALLE AZAHAR	4,96	S3
CALLE BAJADA URIQUI	4,63	S3
CALLE CARRIL	5	S3
CALLE ESCRIBANOS	4,23	S3
CALLE NUEVA	4,83	S3
CLLJON LA JUNTA	4,74	S3

Tabla 4.35. Ancho de vía vs. clase de alumbrado. Fuente: elaboración propia.

Nos encontramos con un total de 24 calles de las cuales 18 se han clasificado como clase de alumbrado S2.

Estas 18 calles tiene unas características desde el punto de vista de la iluminación muy parecidas:

- Poseen una anchura similar.
- La clase de alumbrado es la misma.

- La interdistancia necesaria debe ser muy similar.
- Con la misma luminaria y fuente de luz, deben dar resultados similares.

¿Sería posible extrapolar los resultados obtenidos para calle de Atrás a las restantes 17 calles de este grupo?

En primer lugar necesitaríamos que los responsables municipales estuviesen de acuerdo en adoptar la misma iluminación usada para calle de Atrás (interdistancia, altura de montaje, tipo de luminaria, tipo de fuente de luz,...).

Posteriormente sería necesario comprobar que los resultados son similares a los obtenidos en calle de Atrás, y siempre cumpliendo los requisitos del R.D. 1890/2008.

Nos hemos decantado por realizar el estudio con una calle más ancha, ya que las calles más estrechas entendemos que cumplirán con los requisitos sobradamente, ya que mantenemos las condiciones de la instalación y tenemos una menor superficie que iluminar.

Para ello, elegimos otra calle del grupo cuya anchura sea lo más próxima a 5 m. (anchura máxima), C/ Santa Argentea, con una anchura de 4,90 m. y le realizamos un estudio mediante el programa Dialux, manteniendo la altura de montaje, la interdistancia, la luminaria y la fuente de luz, obteniendo los siguientes resultados:

CALLE		E_m	E_{min}	E_{max}	U_0
	EXIGENCIAS SEGÚN R.D.	10,00	3,00	-	0,20
DE ATRÁS	Indal Jargeau 43W	11,00	4,70	20,00	0,44
SANTA. ARGENTEA	Indal Jargeau 43W	11,00	3,31	31,00	0,30

Tabla 4.36. Comparación de parámetros entre calle de Atras y Sta. Argentea. Fuente: Elaboración propia.

Como podemos ver en la tabla anterior, los resultados nos abalan, ya que C/ Argentea cumple con todos los valores exigidos por el Reglamento.

Por lo tanto, sería posible utilizar los mismos criterios usados en C/ de Atrás para el resto de las 19 calles del grupo.

4.3.4. ANÁLISIS ENERGÉTICO.

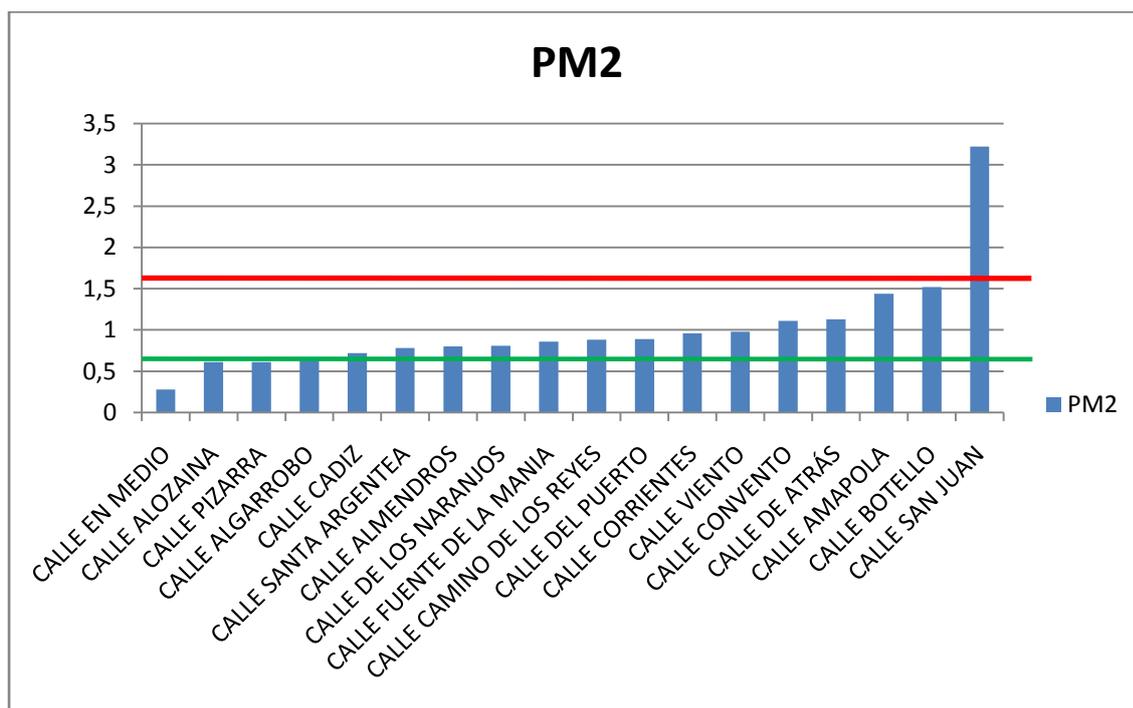
Siguiendo con el estudio emprendido con las 20 calles elegidas en el apartado anterior, vamos a ver que ocurriría desde el punto de vista energético.

La calle elegida para el estudio C/ de Atrás tiene una anchura de 4,54 m. que es la anchura media del grupo de estudio, por lo tanto el valor obtenido de la relación entre la potencia y la superficie de la vía podríamos considerarlo como el valor medio para ese grupo de calles. Esto nos permitirá ver de una forma clara por donde nos encontramos respecto a los valores reales actuales y los valores de referencia $PM2_R$.

CALLE	PM2	PM2 _R	PM2 _{R.D.}
CALLE ALGARROBO	0,66	0,65	1,67
CALLE ALMENDROS	0,80	0,65	1,67
CALLE ALOZAINA	0,61	0,65	1,67
CALLE AMAPOLA	1,44	0,65	1,67
CALLE BOTELLO	1,52	0,65	1,67
CALLE CADIZ	0,72	0,65	1,67
CALLE CAMINO DE LOS REYES	0,88	0,65	1,67
CALLE CONVENTO	1,11	0,65	1,67
CALLE CORRIENTES	0,96	0,65	1,67
CALLE DE ATRÁS	1,13	0,65	1,67
CALLE DE LOS NARANJOS	0,81	0,65	1,67
CALLE DEL PUERTO	0,89	0,65	1,67
CALLE EN MEDIO	0,28	0,65	1,67
CALLE FUENTE DE LA MANIA	0,86	0,65	1,67
CALLE PIZARRA	0,61	0,65	1,67
CALLE SAN JUAN	3,22	0,65	1,67
CALLE SANTA ARGENTEA	0,78	0,65	1,67
CALLE VIENTO	0,98	0,65	1,67

Tabla 4.37. Valores energéticos. Fuente: Elaboración propia.

Para verlos mejor recurrimos a la siguiente gráfica:



Gráfica 4.23. Relación de PM2 con PM2_{R.D.} y PM2_R. Fuente: Elaboración propia.



Si analizamos ahora la gráfica podemos concluir:

- Si lo comparamos los valores reales con PM2_R sólo una de las calles estaría por encima, de lo marcado por el R.D. (1,67).
- Sin embargo si los comparamos con los datos obtenidos de PM2_R para la propuesta más interesante de las efectuadas, el número de calles que son susceptibles de ahorro aumenta a 14.

Por lo tanto con el análisis inicial (PM2_{R.D.}), y desde el punto de vista energético ni al Ayuntamiento ni a ninguna ESE, probablemente le interesaría realizar ninguna inversión.

Pero si lo miramos desde la nueva perspectiva que se ha creado con nuestra propuesta, si podría serle interesante, ya que el número de calles en la que se puede ahorrar energía ha aumentado a 14.

Ahora bien, el valor obtenido $PM2_R$ se ha calculado para la calle ejemplo, para calcular los valores correspondientes al resto de las calles vamos a realizar una aproximación lineal, teniendo en cuenta que la interdistancia en la instalación se mantiene fija en 18 m. y lo que varía es la anchura de la vía:

$$PM2 = PM2_R \cdot \frac{A_R}{A_C}$$

$PM2$ = Valor para una calle cualquiera

A_R = Ancho de la vía de referencia

A_C = Ancho vía calle

Por ejemplo para el caso de C/ Sta Argentea sería:

$$PM2 = 0,65 \cdot \frac{4,54}{4,90} = 0,60 \text{ W/m}^2$$

por lo tanto para el resto de los casos sería:

CALLE	ANCHURA	PM2
CALLE ALGARROBO	4,06	0,73
CALLE ALMENDROS	4,03	0,73
CALLE ALOZAINA	4,21	0,70
CALLE AMAPOLA	4,79	0,62
CALLE BOTELLO	4,2	0,70
CALLE CADIZ	4,66	0,63
CALLE CAMINO DE LOS REYES	4,95	0,60
CALLE CONVENTO	4,4	0,67
CALLE CORRIENTES	4,26	0,69
CALLE DE ATRÁS	4,54	0,65
CALLE DE LOS NARANJOS	4,32	0,68
CALLE DEL PUERTO	4,05	0,73
CALLE EN MEDIO	4,19	0,70
CALLE FUENTE DE LA MANIA	4,34	0,68
CALLE PIZARRA	4,34	0,68
CALLE SAN JUAN	4,07	0,73
CALLE SANTA ARGENTEA	4,9	0,60
CALLE VIENTO	4,1	0,72

Tabla 4.38. Consumo energético de las diversas vías. Fuente: Elaboración propia.

Como vemos los valores oscilan entre un mínimo de 0,60 y un máximo de 0,73, siendo la media 0,68 W/m².

Si multiplicamos ME2 obtenido para cada calle por su superficie y por el número de horas de funcionamiento anuales (se consideran 4.000) obtendremos los kWh-año consumidos:

CALLE	PM2 (W/m ²)	ANCHURA	CONSUMO
CALLE ALGARROBO	0,73	1830,19	5321,07
CALLE ALMENDROS	0,73	560,17	1640,76
CALLE ALOZAINA	0,70	632,33	1772,93
CALLE AMAPOLA	0,62	373,80	1794,24
CALLE BOTELLO	0,70	277,06	778,67
CALLE CADIZ	0,63	400,1	1013,47
CALLE CAMINO DE LOS REYES	0,60	764,28	1822,54
CALLE CONVENTO	0,67	452,25	1213,26
CALLE CORRIENTES	0,69	362,27	1003,81
CALLE DE ATRÁS	0,65	1191,34	3097,48
CALLE DE LOS NARANJOS	0,68	624,22	1705,62
CALLE DEL PUERTO	0,73	567,1	1652,85
CALLE EN MEDIO	0,70	1500,2	4226,34
CALLE FUENTE DE LA MANIA	0,68	560,13	1523,45
CALLE PIZARRA	0,68	1149,41	3126,18
CALLE SAN JUAN	0,73	279,67	811,11
CALLE SANTA ARGENTEA	0,60	859,7	2071,00
CALLE VIENTO	0,72	646,34	1860,83

Tabla 4.39. Consumo energético anual con la nueva instalación. Fuente: Elaboración propia.

Si a estos consumos le restamos el consumo de cada calle según el POE, obtendremos el ahorro energético para estas 18 calles:

CALLE	CONSUMO _M	CONSUMO _{POE}	AHORRO
CALLE ALGARROBO	5321,07	4831,70	-489,37
CALLE ALMENDROS	1640,76	1792,54	151,79
CALLE ALOZAINA	1772,93	1542,89	-230,04
CALLE AMAPOLA	1794,24	927,02	-867,22
CALLE BOTELLO	778,67	1595,87	817,20
CALLE CADIZ	1013,47	2432,61	1419,14
CALLE CAMINO DE LOS REYES	1822,54	2201,13	378,59
CALLE CONVENTO	1213,26	1591,92	378,66
CALLE CORRIENTES	1003,81	1608,48	604,67
CALLE DE ATRÁS	3097,48	4574,75	1477,26
CALLE DE LOS NARANJOS	1705,62	2821,47	1115,85
CALLE DEL PUERTO	1652,85	1837,40	184,55
CALLE EN MEDIO	4226,34	5340,71	1114,37

CALLE	CONSUMO _M	CONSUMO _{POE}	AHORRO
CALLE FUENTE DE LA MANIA	1523,45	627,35	-896,10
CALLE PIZARRA	3126,18	3953,97	827,79
CALLE SAN JUAN	811,11	682,39	-128,72
CALLE SANTA ARGENTEA	2071,00	11072,94	9001,94
CALLE VIENTO	1860,83	2016,58	155,75
AHORRO TOTAL DE LAS 18 CALLES			15016,09

Tabla 4.40. Ahorro energético anual en el conjunto de calles. Fuente: Elaboración propia.

Si consideramos que el coste de la electricidad es de 0,15 €/KWh, que 1 kWh equivale a $0,86 \cdot 10^{-4}$ tep. y que 1kWh son 786gr de CO₂ [IDAE, 2011] obtendremos, que para las 18 calles, obtendremos:

- Un ahorro anual de 2.252,41 €
- Un ahorro de 1,29 tep
- Y una disminución de emisión a la atmósfera de CO₂ de 11.802,65 kg.

4.4. EXTRAPOLACIÓN A OTROS MUNICIPIOS.

Como hemos visto es posible extrapolar los valores obtenidos para C/ de Atrás a otras vías de similares características, partiendo de esta base podríamos utilizar el indicador PM_{2R} (0,65)⁴² para obtener el ahorro energético en otras poblaciones:

De las gráficas 4.10 a 4.13, obtenemos que el porcentaje de calles D3-S2 para los distintos municipios en estudio es de:

MUNICIPIO	% VÍAS D3-S2
ÁLORA	81
CÁRTAMA	70
COÍN	90
PIZARRA	86

Tabla 4.41. Número de vías D3-S2. Fuente: Elaboración propia.

⁴² Hemos usado el valor de referencia ya que hemos comprobado que la incidencia en el cálculo de la potencia es menor al 3%.

De las cuales:

MUNICIPIO	% VÍAS D3-S2	CLASIFICACIÓN DE LAS CALLES EN FUNCIÓN DEL ANCHO (m)						
		<4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	>9
ÁLORA	81	4	16	18	21	15	5	22
CÁRTAMA	70	8	23	23	25	37	27	24
COÍN	90	7	27	33	7	9	9	6
PIZARRA	86	2	6	14	10	7	10	11
Σ	327	21	72	88	63	68	51	63

Tabla 4.42. Número de vías D3-S2 en función de su anchura. Fuente: Elaboración propia.

Si aplicásemos los mismos criterios utilizados hasta ahora para las calles D3-S2 de los otros municipios:

a) CÁRTAMA

CALLE	PM2	PM2 _R	PM2-PM2 _R	SUPERFICIE (m ²)	AHORRO (w)
LIMONEROS C/	0,67	0,65	0,02	834,79	13,39
SAN RAMON C/	2,52	0,65	1,87	135,88	253,68
PADRE NAVEDO C/	1,20	0,65	0,55	231,15	127,75
SEGOVIA C/	1,27	0,65	0,62	402,48	251,39
BAJONDILLO C/	20,03	0,65	19,38	714,95	13852,28
VALENCIA C/	2,58	0,65	1,93	199,12	383,57
PITAS C/	0,62	0,65	-0,03	450,94	-15,11
SAN JOSE C/	1,36	0,65	0,71	125,83	89,21
GRANADOS C/	3,61	0,65	2,96	813,8	2411,03
PACEROS C/	12,01	0,65	11,36	311,39	3536,60
DALI C/	1,80	0,65	1,15	154,69	177,45
ARCO DE BELLAVISTA C/	1,49	0,65	0,84	186,82	156,57
OVIEDO C/	2,75	0,65	2,10	697,69	1468,50
FAISAN C/	9,05	0,65	8,40	321,37	2698,11
MIRO C/	0,85	0,65	0,20	328,48	64,49
FERNANDEZ MALDONADO C/	1,18	0,65	0,53	290,53	153,16
JUAN XXIII C/	0,72	0,65	0,07	386,6	26,71
TOLEDILLO C/	1,36	0,65	0,71	1329,16	943,05
FRANCISCO SANCHEZ GUEVARA C/	0,67	0,65	0,02	205,98	5,11
MURCIA C/	0,83	0,65	0,18	1008,31	178,60
PINAR C/	12,77	0,65	12,12	187,5	2272,13
MADRID C/	3,28	0,65	2,63	208,23	548,65
PABLO PICASSO C/	1,71	0,65	1,06	651	688,85
AHORRO CONSEGUIDO EN W					30285,15

Tabla 4.43. Ahorro conseguido al sustituir por las luminarias de la propuesta. Fuente: Elaboración propia.

b) COÍN

CALLE	PM2	PM2 _R	PM2-PM2 _R	SUPERFICIE (m ²)	AHORRO (w)
ANGELES C/ (LOS)	0,57	0,65	-0,08	598,87	-47,38
CARCEL C/	0,59	0,65	-0,06	196,82	-11,52
SAN ROMAN C/	0,64	0,65	-0,01	436,87	-2,94
MALARA C/	0,65	0,65	0,00	524,00	1,90
CAÑUELO C/	0,67	0,65	0,02	512,50	10,86
CONONIGO ORDOÑEZ C/	0,67	0,65	0,02	1.015,71	24,84
GASCONES C/	0,68	0,65	0,03	505,04	14,08
TENERIFE C/	0,72	0,65	0,07	669,24	44,31
SAN JUAN C/	0,75	0,65	0,10	150,25	15,19
SAN ANTONIO DE PADUA C/	0,76	0,65	0,11	372,90	41,03
VIRGEN DEL CARMEN C/	0,87	0,65	0,22	744,69	162,83
MADROÑO C/	0,89	0,65	0,24	1.775,69	430,90
LOPE DE VEGA C/	0,91	0,65	0,26	235,78	61,44
JOSE RODRIGUEZ GIRON C/	0,93	0,65	0,28	376,00	106,50
CALDERÓN DE LA BARCA C/	0,97	0,65	0,32	234,27	75,61
OLIVOS C/ (LOS)	0,97	0,65	0,32	2.359,55	763,03
POETA SALVADOR RUEDA C/	0,99	0,65	0,34	230,00	78,77
JOSE DOMINGUEZ MORENO C/	1,00	0,65	0,35	2.476,94	877,59
PADRE DAMIAN C/	1,01	0,65	0,36	353,54	128,09
FRAY MARTIN DE PORRES C/	1,02	0,65	0,37	301,33	112,03
PALMERAS C/ (LAS)	1,03	0,65	0,38	1.091,27	409,97
PARRAS C/	1,07	0,65	0,42	384,85	161,92
PAJARERA C/	1,15	0,65	0,50	659,20	326,60
SAN CRISTOBAL C/	1,18	0,65	0,53	519,05	273,33
MENENDEZ PELAYO C/	1,18	0,65	0,53	312,06	164,43
SAN PABLO C/	1,20	0,65	0,55	127,68	69,60
SAN MIGUEL C/	1,21	0,65	0,56	928,00	516,14
AHORRO CONSEGUIDO EN W					4809,14

Tabla 4.44. Ahorro conseguido al sustituir por las luminarias de la propuesta. Fuente: Elaboración propia.

c) PIZARRA

CALLE	PM2	PM2 _R	PM2-PM2 _R	SUPERFICIE (m ²)	AHORRO (w)
COOPERATIVA C/	1,03	0,65	0,38	141,39	54,35
CAÑADA C/	1,54	0,65	0,89	568,65	507,88
MANZANILLA C/	0,52	0,65	-0,13	1133,27	-151,63
LEALTAD C/	1,15	0,65	0,50	890,37	445,01
LIBERTAD C/	1,22	0,65	0,57	359,87	204,83
JOSE RODRIGUEZ GIRON C/	1,56	0,65	0,91	376	340,60
AHORRO CONSEGUIDO EN W					1409,04

Tabla 4.45. Ahorro conseguido al sustituir por las luminarias de la propuesta. Fuente: Elaboración propia.

Si consideramos igual que en Álora, 4.000 horas de funcionamiento anuales, el precio del kWh a 0,15 €, que 1 kWh equivale a $0,86 \cdot 10^{-4}$ tep y que el kWh es igual a 786 gr de CO₂ obtendremos:

	KW ahorro	KWH anuales	€ año	tep año	t CO ₂ año
Álora	2,56	10.062	1.509	0,87	7,91
Cártama	30,29	121.160	18.174	10,42	95,23
Coín	4,81	19.240	2.886	1,65	15,12
Pizarra	1,41	5.640	846	0,49	4,43

Tabla 4.46. Resumen para los cuatro municipios. Fuente: Elaboración propia.

4.5. CONCLUSIONES DEL CAPÍTULO

En este capítulo hemos podido comprobar que, tras elaborar los datos de los POEs y combinarlos con los estudios luminotécnicos efectuados a las 3 calles seleccionadas, y tras evaluarlas desde el punto de vista lumininico, energético y económico para cada clasificación realizada de clase de alumbrado y anchura de vía, podemos extrapolar los datos de cada uno de ellos a todas las calles de similares características.

Si observamos la tabla 4.28 y utilizamos el método descrito con anterioridad, necesitaríamos realizar 21 estudios lumínicos para dar solución a 327 calles, ya que hemos clasificado las vías en 7 grupos y a cada uno de los grupos deberíamos realizarle al menos 3 propuestas.

En definitiva hemos desarrollado un método que nos permite:

- En primer lugar determinar la potencia real demanda por las vías en función de sus necesidades lumínicas.
- En segundo lugar, estimar el ahorro real que tendríamos en un municipio, al abordar reformas en su alumbrado público.
- Establecer un indicador que nos dice realmente como se encuentra la instalación respecto a los parámetros del R.D. 1890/2008.
- Hemos podido comprobar que con la tecnología actual es posible mejorar sensiblemente los parámetros exigidos en el R.D. 1890/2008.
- Y por último, fijar un valor óptimo desde el punto de vista energético para cada caso, sin descuidar las necesidades lumínicas.

- Debemos tener en cuenta que el valor obtenido de $PM2_R$ es el más eficiente y con la que entendemos mejor tecnología, por lo que debemos permitir un margen de maniobra que estimamos pueda estar en el 20% del valor de $PM2_R$.



SPICUM
servicio de publicaciones

5. CONCLUSIONES



SPICUM
servicio de publicaciones

"¡Ah qué grande es el Mundo a la luz de las lámparas!"

Charles Baudelaire

5. CONCLUSIONES

5.1. INTRODUCCIÓN.

La necesidad de un parámetro común referido a valores de eficiencia energética, para el entendimiento entre los distintos actores que participan en el alumbrado público, nos han hecho trabajar en esta línea.

Nuestro trabajo ha estado encaminado a analizar los actuales indicadores que se utilizan para comparar las instalaciones de alumbrado público, proponiendo uno nuevo que haga más fácil la toma de decisiones, tanto de los técnicos municipales como de las Empresas de Servicios Energéticos a la hora de hacerse cargo de los servicios de alumbrado de un municipio. Además pretende permitir la comparación de diferentes instalaciones, de similares características, desde el punto de vista de la eficiencia energética

A continuación se presentan las conclusiones extraídas de cada capítulo de la Tesis Doctoral, así como las líneas futuras de investigación que han surgido al ir abordando las diferentes etapas del presente trabajo.

5.2. CONCLUSIONES

Durante las diferentes fases de la investigación conducente a la Tesis, se ha obtenido conclusiones relativas a la misma. Para facilitar su presentación ordenada, se ha decidido organizarlas siguiendo la estructura de capítulos del presente documento.

5.2.1. CONCLUSIONES RELATIVAS A LA INTRODUCCIÓN.

En la introducción de la presente Tesis, queda clara la importancia que para la Comunidad Económica Europea tiene el consumo de energía y su fuerte dependencia del exterior, en concreto de países en zonas de conflictos. Esto ha dado lugar a la

puesta en marcha de legislación específica y a la firma de compromisos para disminuir dicho problema.

Hemos podido comprobar la importancia del alumbrado público en el consumo de energía eléctrica y dentro del consumo total de los países. Además, en el caso de España toma una especial relevancia por encontrarse a la cabeza de nuestro entorno en consumo por esta causa y dentro de España, Andalucía está muy por encima de la media de consumo nacional.

Para terminar hemos podido también constatar como para los ayuntamientos estas instalaciones suponen entorno al 60% del consumo de energía eléctrica municipal. De ahí la importancia de actuar en ellas, lo que ha motivado la aparición de legislación específica para este tipo de instalaciones que hasta hace unos años no estaban debidamente reguladas.

5.2.2. CONCLUSIONES RELATIVAS AL CAPÍTULO 1.

En este capítulo, se ha visto la importancia que el alumbrado público ha tenido históricamente en el desarrollo de los pueblos y ciudades y la importancia que se le ha dado desarrollo por parte de los gobernantes.

Por otra parte vemos como el problema económico de los ayuntamientos es endémico, y que ante la falta de recursos que les permitan sufragar los costes del alumbrado público, en muchos casos recurren a empresas que gestionan, mantienen y se comprometen a tener las instalaciones con un nivel de calidad mínimo, y en algunos casos incluso con la última tecnología.

Por último, en cuanto a la normativa España no ha destacado nunca por la regularización de este tipo de instalaciones. Prueba de ello es que hemos tenido que esperar hasta el 2008 para tener una reglamentación propia para Alumbrado Público. Hasta ese momento se ha proyectado en base a recomendaciones, o normas de no obligado cumplimiento, como las normas del Ministerio de la vivienda de 1965, las Normas Básicas de la Edificación (NBE), recomendaciones CIE,... La falta de normativa específica ha permitido que el alumbrado de nuestras calles se haya proyectado sin criterios comunes y en base a lo marcado por técnicos y políticos, en muchos casos sin aplicar parámetros técnicos. Todo ello ha motivado que España según pudimos

comprobar en la introducción de esta Tesis, sea considerado uno de los Países más sobreluminados de nuestro entorno cercano (Europa).

5.2.3. CONCLUSIONES RELATIVAS AL CAPÍTULO 2.

Al analizar los indicadores que se han utilizado a lo largo de la historia y los usados en la actualidad hemos podido comprobar que muchos de ellos tuvieron su sentido en la época en que fueron utilizados, pero en la actualidad están desfasados.

Quizás lo más importante que tenemos que destacar en estas conclusiones parciales, es la **falta de representatividad** de los indicadores energético-económicos usados hasta el momento.

Ninguno de ellos nos permitirá conocer si las instalaciones están bien diseñadas lumínica y energéticamente, o al menos desde uno de los dos puntos de vista. De igual manera, esta falta de representatividad da lugar a que se puedan comparar instalaciones que no pueden contrastarse con dichos indicadores, como se puede ver en los ejemplos que se han desarrollado en el capítulo. Y algunos de ellos tampoco nos permitirán detectar anomalías en caso de variaciones producidas por las modificaciones de uso de éstas, ya sean de tipo interno o externo (gestionadas por el propio ayuntamiento o por uso fraudulento de dichas instalaciones).

Existen algunos parámetros usados en los indicadores que pueden variar según la estacionalidad (por ejemplo en los municipios costeros con la población flotante existente), lo que produce que los resultados se vean modificados en función de ésta, sin haber cambiado las condiciones de las instalaciones.

Todo lo anteriormente indicado conlleva que no pueden ser utilizados como único elemento para tomar decisiones reales sobre las instalaciones.

A modo de resumen se presenta la tabla 6.1. denominada en su capítulo 2.5, que representa el grado de cumplimiento entre los indicadores existentes y la exigencias para indicadores de alumbrado público.

	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 6.1 : Grado de cumplimiento entre los indicadores existentes y las exigencias para indicadores de alumbrado público. Fuente: elaboración propia.

5.2.4. CONCLUSIONES RELATIVAS AL CAPÍTULO 3.

En este capítulo se ha desarrollado la propuesta de un nuevo indicador de tipo energético, que entendemos que va a ser representativo de las condiciones de las instalaciones. Este indicador (PM2) relaciona la potencia total de las instalaciones con la superficie iluminada.

Para evitar la falta de representatividad de la que adolecían los anteriores indicadores, se ha recurrido a la clasificación de las vías en función de sus características físicas y de su rendimiento energético, pero sin olvidar la calidad de la instalación, de tal manera que el valor del indicador propuesto PM2, solamente será válido si previamente se ha comprobado que cumple los requisitos lumínicos marcados en el R.D. 1890/2008.

Se ha seguido la metodología establecido por el R.D. que nos permite clasificar las instalaciones de manera inequívoca, lo que nos posibilita comparar calles de similares características y fijar los valores energéticos para satisfacer las necesidades lumínicas de estas, cumpliendo con las condiciones establecidas en el R.D.

Basándonos en lo establecido por el R.D. se han calculado unos valores de referencia para PM2 (que llamaremos PM2_{R.D.}). Estos valores de referencia nos permitirán conocer si es posible ahorrar energía en la instalación cumpliendo con lo establecido por el R.D.

Se ha establecido una metodología para, de acuerdo con los valores de referencia establecidos anteriormente, verificar si una determinada instalación es susceptible de mejoras en su eficiencia energética.

Para terminar se ha propuesto una metodología que nos permita comparar la bondad de los valores de referencia establecidos por el R.D. ($PM2_{R.D.}$) en cuanto a exigencia de rendimiento energético.

5.2.5. CONCLUSIONES RELATIVAS AL CAPÍTULO 4.

En este capítulo hemos podido comprobar que el método establecido nos permite comparar las instalaciones con el indicador $PM2_{R.D.}$ y sacar unas primeras conclusiones desde el punto de vista energético de estas, lo que nos facilita el conocimiento real del estado del alumbrado público de una localidad. En concreto en la gráfica 4.13 se observa que más del 90% tiene un consumo energético inferior a lo exigido por el R.D., lo que daría lugar a pensar que a priori no es rentable modificar estas instalaciones.

Se ha realizado un muestreo (en concreto una calle por tipología) comprobado mediante estudios luminotécnicos a pié de campo, si las calles que están por debajo del valor de referencia $PM2_{R.D.}$ tenían una iluminación deficiente. Se ha comprobado que se cumplen los valores de iluminancia media y de uniformidad y por tanto podemos concluir que las exigencias energéticas de referencia del R.D. está bastante encima de los valores que podemos obtener con la tecnología actual.

Todo lo anterior nos hace pensar que los valores recogido en el Reglamento respecto al Consumo Energético, están muy por encima de los valores reales que se necesitarían para suministrar el nivel lumínico necesario, con la uniformidad indicada.

Se han realizado estudios para una determinada vía con unas características geométricas concretas, bajo los criterios lumínicos, económicos y de consumo energético. Estos estudios nos han permitido hallar valores de $PM2$ muy por debajo de los establecidos por el R.D. A partir de estos, vamos a establecer un nuevo valor de referencia para nuestro indicador al que denominaremos $PM2_R$ (que cumple los valores establecidos por el R.D. desde el punto de vista lumínico). Con él que hemos vuelto a comparar tanto el valor inicial de la instalación como el establecido por el Reglamento. Esta comparación nos ha permitido verificar que existe un margen de maniobra mayor que el que inicialmente pensábamos al compararlo solo con el de referencia del R.D., para optimizar y mejorar las instalaciones.

Y por último, tras trabajar los datos de los POEs y combinarlos con estudios luminotécnicos, energéticos y económicos para cada clasificación realizada de clase de alumbrado y anchura de vía, se ha demostrado que podemos extrapolar los datos de cada uno de ellos a todas las calles de similares características. Si este proceso lo seguimos para toda la clasificación de casos establecidos y extrapolamos a las vías de las mismas características, podremos conocer el consumo energético optimizado de todo el municipio, así como una estimación del coste económico que supondrían las modificaciones necesarias.

5.2.6. CONCLUSIONES GENERALES.

Durante el desarrollo de esta tesis se ha visto la importancia tanto a nivel energético como económico que tiene el alumbrado público, sobretodo en el entorno municipal. Con este motivo se han analizado los indicadores existentes relacionados con el uso eficiente de la energía, y se ha detectado que la mayor parte de ellos no son representativos del nivel de eficiencia energética de la instalación que se esté evaluando. A partir de ahí se ha visto la necesidad de diseñar y desarrollar un nuevo indicador (PM2) que nos permita evaluar y comparar esta eficiencia en diferentes instalaciones. A continuación se ha verificado la validez de dicho indicador con el estudio de casos reales, y se han establecido valores de referencia (PM2_{R.D.} y PM2_R) que nos permitan enjuiciar el potencial de ahorro energético de una instalación. Por último se ha demostrado la utilidad de dicho indicador para establecer potenciales de ahorro energético de una población, así como estimaciones de la inversión necesaria para conseguir dichos ahorros.

En definitiva se ha diseñado una herramienta que es útil para evaluar las actuaciones necesarias en materia de ahorro energético en una instalación. Este indicador ayudará en la toma de decisiones tanto a los responsables municipales como a las empresas que puedan estar gestionando el alumbrado público de una población.

5.3. LÍNEAS FUTURAS DE INVESTIGACIÓN.

Tras finalizar la investigación, se ha identificado aspectos relacionados con la misma que serían susceptibles de ser abordados en investigaciones posteriores, ya que su profundización complementaría o ampliaría aspectos que han surgido durante el desarrollo de esta Tesis:

- Análisis de las posibles mejoras de las herramientas utilizadas para los estudios a realizar, como por ejemplo el uso de Sistemas de Información Geográfica, que permitirían facilitar la tarea.
- Ver la influencia que otros sistemas de clasificación de las vías, como los desarrollados por la CIE, (método más completo y en el que se basa el usado en el R.D. 1890/2008), tienen sobre el indicador propuesto y sobre los consumos energéticos de las instalaciones.
- Analizar la influencia de la tipología de ciudad en el nuevo parámetro y ver la fiabilidad de este en función de la complejidad de las vías.
- A nivel global sería interesante poder comparar los alumbrados de distintos municipios, regiones e incluso países.
- Sería interesante la realización de una base de datos con los distintos resultados obtenidos de aplicar este método a otras tipologías de calles, lo que nos permitiría analizar la influencia de estas, en los valores de referencia.



SPICUM
servicio de publicaciones

BIBLIOGRAFÍA



SPICUM
servicio de publicaciones

Agencia Andaluza de la Energía (2007): Consejería de Economía, Innovación y Ciencia. Guía de ahorro y eficiencia energética en municipios. www.agenciaandaluzadelaenergia.es; SE-5124-07.

Agencia Andaluza de la Energía, (2010): Hoja Excel de datos estadísticos del Alumbrado Público de Andalucía.

Agencia Andaluza de la Energía, (2011): Agencia Andaluza de la Energía. Legislación Energética Europea.

AENOR. (2000): UNE 50137: Información y documentación : indicadores de rendimiento bibliotecario.

AENOR. (2003) UNE 66175. Sistemas de gestión de la calidad. Guía para la implantación de sistemas de indicadores.

ALARCÓN, F. (2000 a): “*La electricidad en Málaga (II): compañías pioneras: Fiat Lux y The Málaga Electricity Company Limited*”. Revista Jábega (84): 53-60.

ALARCÓN, F. (2000 b): “*La electricidad en Málaga: la aparición de compañías extranjeras y los primeros experimentos privados y oficiales*”. Revista Jábega (83): 35-40.

ALAYO, J. C.(2007): *L’electricitat a Catalunya. De 1875 a 1935*, Lleida 2007.

ALBERS, S., DURISCOE, D. (2001): “Modeling Light Pollution from Population Data and Implications for National Park Service Lands”. The George Wright FORUM.USA. Volume 18 Number 4. Pag. 56-68.

ARIAS, F. (2011): “*Contribución de la iluminación al desarrollo turístico de Cantabria*”. XXXVII Simposium nacional de alumbrado. Santander.

ARROYO, M. (1996): “*La industria del gas en Barcelona (1841-1933)*. Innovación Tecnológica, articulación del territorio y conflicto de intereses”. Barcelona: Ediciones del Serbal.

ARRÚE, M. (1935): Desarrollo y perspectivas del consumo de energía eléctrica para luz. Su importancia para la industria eléctrica y la economía nacional, Estadística eléctrica, educación y cultura luminotécnicas, publicación extraordinaria de la Cámara Oficial de Productores y Distribuidores de Electricidad, Madrid.

AUBANELL, A.M^a. (2005): “¿Era la industria eléctrica de entreguerras un monopolio natural?” Madrid, 1890-1913, Revista de Historia Industrial, 2, pp. 143-171.

BALLBÉ, J. (2012): “Aplicación del Reglamento de Eficiencia en el programa LITESTAR 4D de cálculo lumínico”. XXXVIII Simposium nacional de alumbrado. Toledo.

BARTOLOMÉ, I. (2007). *La industria Eléctrica en España (1890-1936)*. Estudios de Historia Económica nº 50. Banco de España. Madrid.

BLANCA, V.; DOMINGO, J.; SIFRE, V (2003): “Cartografía de la Contaminación Lumínica de la Devesa de L’Albufera de Valencia. Cuenca”. Actas XXIX Simposium Nacional de Iluminación. Mayo 2003. Pág. 33.

BERLINER ENERGIEAGENTUR GMBH (July 2006): *Status quo on Street Lightin Contracting in Europe. Short Study. Intelligent Road And Street Lighting in Europe (E-Street)*.

BOYANO, L. (2012): “Importancia de la óptica secundaria en luminarias LED. Aplicación a farolas fotovoltaicas”. XXXVIII Simposium nacional de alumbrado. Toledo.

British Petroleum BP (2011): Statistical review.

BUNSE, M. PROJECT COORDINATOR (2010): Task 2.5: *Analysis of the potential market volume for energy services*. Energy Efficiency Services. EU.

CABELLO, A. J. KIRSCHBAUM, C. F. (2001): “Polución Lumínica Urbana”. Argentina. Capítulo 14, pp. 297- 307, del Tomo 2 del Manual AADL "Iluminación: Luz - Visión - Comunicación". Editorial: AADL (Asociación Argentina de Luminotecnia).

Canal Historia. www.canalhistoria.com. <http://paseandohistoria.blogspot.com/2011/09/el-primer-sistema-de-alumbrado-publico.html>. Septiembre 2011.

CAPEL, H. (1994): *“La electricidad en Cataluña, una historia por hacer”*, en CAPEL, H. (dir.): Las tres chimeneas. Implantación industrial, cambio tecnológico y transformación de un espacio urbano barcelonés, Barcelona.

CATALÁN IZQUIERDO, S. (2002): “Contaminación Lumínica: Medida y Análisis en la Ciudad de Valencia”. La Coruña. Actas XXVIII Simposium Nacional de Iluminación. Mayo 2002. Pág. 17.

CASA, G; VERONI, F (1999): *“A new way to manage public lighting”*. Metering and Tariffs for Energy Supply, 25-28 May 1999, Conference Publication nº 462.

CAVALLER, F. (2012): *“Viabilidad y valoración de las soluciones luminotécnicas con tecnología led en el alumbrado de túneles de carretera. Repercusiones técnicas, económicas y energéticas”*. XXXVIII Simposium nacional de alumbrado. Toledo.

CAYÓN, F. (2001): *“La introducción de la tecnología eléctrica en la España del siglo XIX: un análisis a través del sistema de patentes”*. VII Congreso de la Asociación de Historia Económica.

Comité Español de Iluminación-Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (2001): Guía Técnica de Eficiencia energética en Iluminación: Alumbrado Público.

CINZANO, P. y otros. (2001): “The first World Atlas of the artificial night sky brightness”. Italia. Journal of the Royal Astronomical Society. 328, 689–707.

COM 2007. Comunicación de la comisión al consejo europeo y al parlamento europeo. Una política energética para Europa. EUR-Lex.

COMISIÓN NACIONAL DE LA ENERGÍA. (2011): *Informe sobre la consulta de una sociedad sobre el marco regulatorio de servicios energéticos*.

COMUNIDAD ECONÓMICA EUROPEA (2001): *Libro verde de la Energía*. 2001. UE. [www. Europa.eu.int/comm./energy-transport/es/lpi_es.html](http://www.Europa.eu.int/comm./energy-transport/es/lpi_es.html).

CONTRERAS, J. CAÑAVATE, E. (2008): “*Conclusiones del grupo de trabajo sobre Contaminación Lumínica*”. Actas del Congreso Nacional de Medio Ambiente 2008.

DE LA PAZ, F. (2007): “*Proteger el cielo de Canarias, una experiencia práctica*”. Zamora. Actas XXXIII Simposium Nacional de Iluminación. Abril 2007. Pág.12.

DE LA TORRE, F (2012): “*Verificación y Medida en Eficiencia Energética y Ahorro Energético en el Alumbrado público Exterior*”. XXXVIII Simposium nacional de alumbrado. Toledo 2012.

Declaración de Messina. 1955

DI STEFANO, J.(2000): “*Eficiencia energética y el medio ambiente: el potencial de iluminación de bajo consumo para ahorrar energía y reducir las emisiones de dióxido de carbono en la Universidad de Melbourne, Australia*”. Energía 25. Vol 9. p 823-839.

DIAZ, F. y otros. (2000): “*Contaminación Lumínica*”. Actas del V Congreso Nacional del Medio Ambiente. Fundación CONAMA.

ELIZALDE, J. (2010): “*Con Tecnología 3DLED, la solución económicamente eficiente para alumbrado público*”. XXXVI Simposium nacional de alumbrado. Cáceres.

ELIZALDE, J.(2012): “*Invitación a una reflexión: LEDs SI o LEDs NO, no es la cuestión*”. XXXVIII Simposium nacional de alumbrado. Toledo.

Escuela de Organización Industrial. (2012): *Programa Ejecutivo en Empresas de Servicios Energéticos ESE´s Madrid*.

ESPÍN, A. (2011): “*Actuación para la optimización energética del alumbrado en un paso subterráneo en el casco urbano de Granada*”. XXXVII Simposium nacional de alumbrado. Santander.

ESPÍN, A.; CORDEIRO, M.R. (2001): *Introducción a la Historia del Alumbrado*. Granada: los autores.

ESPÍN, A. (2011): “*Descripción y metodología de evaluación de un índice de calidad en la conservación del Alumbrado urbano*”. XXXVII Simposium nacional de alumbrado. Santander.

ESPÍN, A. (2012): “*Sistema y método para la medida y monitorización de la contaminación lumínica del cielo nocturno*”. XXXVIII Simposium nacional de alumbrado. Toledo.

European Union. *Eurostat yearbook, 2011: Europe in figures*.

FMPFCM. Federación de Municipios y provincias de Castilla-La Mancha. (2005): *Panel de Indicadores de Sostenibilidad Local para los Municipios integrantes de la Red de Ciudades y Pueblos Sostenibles de Castilla-La Mancha*.

FERNÁNDEZ, C. y GARCÍA, M. (1987): “*Las luces en el “Siglo de las Luces”. El alumbrado público en España a finales del Antiguo Régimen*”. *Hispania*, XLVII/166: 583-627. C.S.I.C. Centro de Estudios Históricos. Madrid.

FERNÁNDEZ, J. (2005): *Medidor de cielo oscuro*. Chile. Grupo Centauri–Universidad de La Serena. Roger Leiton (<http://www.astro-udec.cl/roger>). International Dark-Sky Association-Chile. Versión corregida por R. Leiton 17 Feb. 2005

FERNÁNDEZ, M. (2005): “*El alumbrado público en la Andalucía del primer tercio del siglo XX: una lucha desigual entre gas y la electricidad*”. *Revista Historia Contemporánea* nº 31

FERNÁNDEZ, M. (2009): “*Empresas y servicio de alumbrado Público por gas en España (1842-1935)*”. *Revista TST*, 16.

FERNÁNDEZ, M. (2010): “*Los comienzos de la electricidad en Andalucía: El ejemplo de Antequera (1892-1912)*”. Baética: Estudios de arte, geografía e historia, ISSN 0212-5099, Nº 32, 2010, pags. 507-525.

FERNÁNDEZ, M. (2012): “*The gas industry in Málaga (1854-2009)*”, *Quaderns D’Historia de L’Enginyeria*, Volum XII, , pp. 93-123.

Fondo documental del INE. (2012): Estadística del impuesto sobre el consumo de luz de gas, electricidad y carburo de calcio correspondiente a los años 1906, 1920.

GANDOLFO, M. (2010): “LEDs y OLEDs la transformación del alumbrado”. XXXVI Simposium nacional de alumbrado. Cáceres.

GARCÍA, B. (2010): “Tecnología LED: presente y futuro en la iluminación para el desarrollo de luminarias”. XXXVII Simposium nacional de alumbrado. Santander.

GARCÍA, M. (2010): “Método de evaluación del impacto ambiental lumínico para instalaciones de alumbrado exterior”. XXXVIII Simposium nacional de alumbrado. Toledo.

GARCÍA-BAÑOS, A.(2010): “Diseño de luminarias LED para aplicaciones de alumbrado exterior”. XXXVI Simposium nacional de alumbrado. Cáceres.

GARCÍA-BAÑOS, A.(2011): “Óptica tridimensional: una solución eficiente para optimizar distribuciones lumínicas”. XXXVII Simposium nacional de alumbrado. Santander.

GARCÍA-BAÑOS, A. (2012): “Caso real: Sustitución de luminarias convencionales por un alumbrado eficiente y respetuosos con el medio ambiente”. XXXVIII Simposium nacional de alumbrado. Toledo

GIMÉNEZ, P. (2005): “El miedo a la oscuridad. Los primeros proyectos de alumbrado público en las ciudades valencianas y catalanas”. *La ciudad y el miedo*. VII coloquio de Geografía Urbana. Barcelona.

GOMEZ, E. (2006): “Guía básica de conceptos de fotometría y radiometría. Apuntes sobre campos electromagnéticos”. ESI de Sevilla. 2006.

Grupo de Geografía Urbana de la Asociación de Geógrafos Españoles y la Càtedra de Geografia i Pensament Territorial de la Universitat de Girona. Coloquio de Geografía Urbana (7ed : 2004 : Barcelona). *La ciudad y el miedo* / [organizado por] el. -- Girona : Universitat de Girona, Publicacions, 2005.

GUZMÁN, R.; DE ANDRÉS, J. R.; PÉREZ, B.; GONZALEZ, M. (2011): “Análisis de instalación de alumbrado público con tecnología led en el Ayuntamiento de Málaga”. XXXVII Simposium nacional de alumbrado. Santander

GUZMÁN, R.; DE ANDRÉS, J. R.; PÉREZ, B.; AGREDANO, F.; RUIZ, P. (2012): “Análisis de instalación de alumbrado público con tecnología led en el Ayuntamiento de Málaga”. XXXVIII Simposium de alumbrado. Toledo.

HORTS, P. (2005): “El valor de proteger la noche”. León. Actas XXI CIE Midterm Meeting León. Simposium Internacional de Alumbrado. Mayo 2005. Pág 9.

IBÁÑEZ, F. (2012): “*Contratación ESE en Soto del Real*”. XXXVIII Simposium nacional de alumbrado. Toledo.

IBARRA, M; y otros (2005): “*Las Fluctuaciones Internacionales de los Precios del Petróleo: Causas y Repercusiones Económicas*”. Revista de Derecho y Tecnologías de la Información Nº 3. UNED, Costa Rica.

INTERNATIONAL COMMISSION ON ILLUMINATION. 001-1980: Guidelines for Minimizing Urban Sky Glow Near Astronomical Observatories (Joint Publication IAU/CIE).

INTERNATIONAL COMMISSION ON ILLUMINATION. 018.2-1983: The Basis of Physical Photometry, 2nd ed.

INTERNATIONAL COMMISSION ON ILLUMINATION. 023-1973: International Recommendations for Motorway Lighting.

INTERNATIONAL COMMISSION ON ILLUMINATION. 031-1976: Glare and Uniformity in Road Lighting Installations.

INTERNATIONAL COMMISSION ON ILLUMINATION. 032-1977 : Lighting in Situations Requiring Special Treatment (in Road Lighting).

INTERNATIONAL COMMISSION ON ILLUMINATION. 033-1977 : Depreciation of Installation and their Maintenance (in Road lighting).

INTERNATIONAL COMMISSION ON ILLUMINATION. 034-1977: Road Lighting Lantern and Installation Data: Photometrics, Classification and Performance.

INTERNATIONAL COMMISSION ON ILLUMINATION. 046-1979: A Review of Publications on Properties and Reflection Values of Material Reflection Standards.

INTERNATIONAL COMMISSION ON ILLUMINATION. 047-1979: Road Lighting for Wet Conditions.

INTERNATIONAL COMMISSION ON ILLUMINATION. 061-1984: Tunnel Entrance Lighting: A Survey of Fundamentals for Determining the Luminance in the Threshold Zone.

INTERNATIONAL COMMISSION ON ILLUMINATION. 066-1984: Road Surfaces and Lighting (Joint Technical Report CIE/PIARC).

INTERNATIONAL COMMISSION ON ILLUMINATION. 069-1987: Methods of Characterizing Illuminance Meters and Luminance Meters: Performance, Characteristics and Specifications.

INTERNATIONAL COMMISSION ON ILLUMINATION. 070-1987: The Measurement of Absolute Luminous Intensity Distributions.

INTERNATIONAL COMMISSION ON ILLUMINATION. 079-1988: A Guide for the Design of Road Traffic Lights.

INTERNATIONAL COMMISSION ON ILLUMINATION. 081-1989: Mesopic Photometry: History, Special Problems and Practical Solutions.

INTERNATIONAL COMMISSION ON ILLUMINATION. 084-1989: Measurement of Luminous Flux.

INTERNATIONAL COMMISSION ON ILLUMINATION. 088:2004 (2nd edition): Guide for the Lighting of Road Tunnels and Underpasses.

INTERNATIONAL COMMISSION ON ILLUMINATION. 093-1992: Road Lighting as an Accident Countermeasure.

INTERNATIONAL COMMISSION ON ILLUMINATION. 095-1992: Contrast and Visibility.

INTERNATIONAL COMMISSION ON ILLUMINATION. 100-1992: Fundamentals of the Visual Task of Night Driving.

INTERNATIONAL COMMISSION ON ILLUMINATION. 115:2010 (2nd edition): Lighting of Roads for Motor and Pedestrian Traffic.

INTERNATIONAL COMMISSION ON ILLUMINATION. 123-1997: Low Vision.

INTERNATIONAL COMMISSION ON ILLUMINATION. 124-1997: CIE Collection in Colour and Vision, 1997.

INTERNATIONAL COMMISSION ON ILLUMINATION. 126-1997: Guidelines for Minimizing Sky Glow.

INTERNATIONAL COMMISSION ON ILLUMINATION. 127:2007 (2nd edition): Measurement of LEDs.

INTERNATIONAL COMMISSION ON ILLUMINATION. 129-1998: Guide for Lighting Exterior Work Areas.

INTERNATIONAL COMMISSION ON ILLUMINATION. 130-1998: Practical Methods for the Measurement of Reflectance and Transmittance.

INTERNATIONAL COMMISSION ON ILLUMINATION. 132-1999: Design Methods for Lighting of Roads.

INTERNATIONAL COMMISSION ON ILLUMINATION. 136-2000: Guide to the Lighting of Urban Areas.

INTERNATIONAL COMMISSION ON ILLUMINATION. 140-2000: Road Lighting Calculations.

INTERNATIONAL COMMISSION ON ILLUMINATION. 144:2001: Road Surface and Road Marking Reflection Characteristics.

INTERNATIONAL COMMISSION ON ILLUMINATION. 154:2003: The Maintenance of Outdoor Lighting Systems.

INTERNATIONAL COMMISSION ON ILLUMINATION. 180:2007: Road Transport Lighting for Developing Countries.

INTERNATIONAL COMMISSION ON ILLUMINATION. 189:2010: Calculation of Tunnel Lighting Quality Criteria.

INTERNATIONAL COMMISSION ON ILLUMINATION. 193:2010: Emergency Lighting in Road Tunnels.

INTERNATIONAL COMMISSION ON ILLUMINATION. 194:2011: On Site Measurement of the Photometric Properties of Road and Tunnel Lighting.

Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía. (Noviembre 2005): *Estrategia de ahorro y eficiencia energética en España 2004-2012*. Sector servicios públicos.

Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía. (2011): *Plan de Acción de Ahorro y Eficiencia Energética. 2011-2020. 2º Plan nacional de Eficiencia Energética de España y anexo*.

Illuminating Engineering Society North America.(2000). IESNA. *Lighting Handbook. 9th Edition*.

International Dark-Sky Association. Estimating the Level of Sky Glow Due to Cities. (IDA) — Information Sheet 111. Pag. 1. <http://www.darksky.org>. (Junio 2009)

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. *light's labour's lost*. <http://www.iea.org/w/bookshop/pricing.html> (enero 2012).

KOSTIC, M; DJOKICB, J. (2009): “*Recommendations for energy efficient and visually acceptable street lighting*”. Energy .August 2009.Vol. 34 Num.10 p.1565-1572.

LARROSA, J. (2010): “*Realidad actual de los LEDs en alumbrado público: exterior vial, funcional y ambiental*”. XXXVI Simposium nacional de alumbrado. Cáceres.

LEY 6-2001 de 31 de mayo, de ordenación ambiental del alumbrado para la protección del medio nocturno en Cataluña. Comunidad Autónoma de Cataluña.

LEY 31/1988 de 31 de octubre, sobre Protección de la Calidad Astronómica de los Observatorios del Instituto de Astrofísica de Canarias.

LEY DEL CIELO (8705 REAL DECRETO 243/1992, de 13 de marzo, por el que se aprueba el Reglamento de la Ley 31/1988, de 31 de octubre, sobre protección de la calidad astronómico de los Observatorios del Instituto de Astrofísica de Canarias).

LEY 6/2001, de 31 de mayo, de Ordenación Ambiental del Alumbrado para la Protección del Medio Nocturno. Comunidad autónoma de Cataluña.

LOBATO, R. (2012): “*Equipos electrónicos orientados a la regulación: Sistema de control 3DIM*”. XXXVIII Simposium nacional de alumbrado. Toledo.

LÓPEZ, C. (1980): “*Influencia de los parámetros fotométricos en el diseño óptimo y calidad de la iluminación de carreteras*”. Revista de obras públicas. Septiembre de 1980. Pág. 695-706

LUSA, G.(2004): “*La Escuela de Ingenieros Industriales de Barcelona y la introducción de la electricidad industrial en España (1872-1899)*”, en Simposio L’electrificació a Espanya, Girona.

MADRID CALZADA, R. (2012): “*El proceso de implantación de la electricidad en Andalucía*”. Simposio Internacional Globalización y construcción de redes técnicas en América y Europa. 1880-1930. Barcelona 2012.

MAHLIA T.M.I; RAZAK, H.A.; NURSAHIDA, M.A.(2011): “*Life cycle cost analysis and payback period of lighting retrofit at the University of Malaya*”. Energías Renovables y Desarrollo Sostenible. Febrero de 2011. Vol.15 Núm.2 p.1125 – 1132.

MALÓN, S.(2012): “*Aplicación de fotometría para la medida de la contaminación lumínica*”. XXXVIII Simposium nacional de alumbrado. Toledo.

MALUQUER, J. (1992): “*Los pioneros de la segunda revolución industrial en España: la Sociedad Española de Electricidad (1881-1894)*”, Revista de Historia Industrial 2.

MARINO, A; BERTOLDI, P; REZESSY, S; BOZA-KISS, B.(2011): “*A snapshot of the European energy service market in 2010 and policy recommendations to foster a further market development Energy Policy*”. October 2011. Vol. 39. Num.10. p.6190-6198.

MENDY, C. (2010): “*Iluminación LED: las claves de una eficiencia inteligente*”. XXXVIII Simposium de alumbrado. Toledo.

Ministerio de Economía y Competitividad. (febrero 2011). *Nota de oportunidad: Alumbrado Público*. www.investinspain.org

Ministerio de Economía.(2003): *Estrategia de Ahorro y Eficiencia Energética en España 2004-2012*.

Ministerio de Fomento. (1999): *Recomendaciones para la iluminación de carreteras y túneles*. Madrid.

Ministerio de Industria, Turismo y Comercio. (2007). *Plan de Acción 2008/12*.

Ministerio de la Vivienda, (1965). *Alumbrado Urbano*. Servicio Centrales de Publicaciones. Madrid

POPA, M; CEPICSA, C. (2011): “*Energy consumption saving solutions based on intelligent street lighting control system*”. U.P.B. Sci. Bull, series C, Vol 73, Iss. 4.

MONDRAGÓN, AR. (2002): “*¿Qué son los indicadores?*” Revista de información y análisis nº 19.

MOORE, C.A. (2001): “*Visual Estimations of Night Sky Brightness*”. The International Dark Sky Association. Volume 18, Number 4. Pág.10

MORA, A. (2004): “*Propuesta de indicadores básicos de gestión de Servicios Públicos Locales*”. Auditoría pública Nº 23. Abril 2004.

MORALES , JM. (1981): “*Alumbrado público y urbanismo en Málaga durante el S. XIX*”. Baética. Estudios de Arte, Geografía e Historia, 4, pp. 1-23.

International Dark-Sky Association (1996): “*More About Sky Glow Calculations Using Walker's Law*”. — Information Sheet 112. Octubre 1996. Pag. 3.

MURRO, J.I. (2012): “*La red eléctrica y el alumbrado público en Barcelona (1894-1922)*”. Simposium Internacional de globalización, innovación y construcción de redes técnicas urbanas de América y Europa, 1890-1930. Barcelona.

Organization of the petroleum exporting countries.(2011): *OPEC Annual Report 2011*.

OPEC Annual report 2011.

Exma. diputación Provincial de Málaga (2007): *Plan Provincial de Actuaciones Energéticas Municipales. PAEM, 2007..*

PAEM, 2009. Presentación 4ª fase. Exma. diputación Provincial de Málaga

VAN TICHELEN, P; GEERKEN,T; JANSEN, B; VANDEN BOSCH, M (LABORELEC); VAN HOOF, V; VANHOOYDONCK, L (KREIOS); VERCALSTEREN, A.(2007). *Study for the European Commission DGTREN unit D3. contact: Andras Toth . Final Report Lot 9: Public street lighting*

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*”. Enero de 2008. Vol.36, Núm . p 163-180.

PECANINS, F. (2010): “*Las Empresas de Servicios Energéticos aplicadas al Alumbrado Público*”. XXXVI Simposium nacional de alumbrado. Cáceres.

Exma. Diputación Provincial de Málaga. (2007): POE ÁLORA.

Exma. Diputación Provincial de Málaga. (2010): POE CÁRTAMA.

Exma. Diputación Provincial de Málaga. (2007): POE COÍN.

Exma. Diputación Provincial de Málaga. (2010): POE PIZARRA.

PHILIPS. (2011): *Luz y ciudad. Percepción ciudadana, reputación urbana y alumbrado público en España*. Junio 2011.

PRACKI, P. A (2011): “*Proposal to classify road lighting energy efficiency*”. Lighting Research and Technology. Agosto.

PRUGNA, F. D. (1999): “*Visual measurements and spectral survey of night sky brightness in Venezuela and Italy*”. September 9. Astronomy & astrophysics december 1999, PAGE 345. Supplement series.

PUIG, O; SAN MARTÍN, R.; TORRA, J.: (2001): “*Evaluación y Reducción de la Contaminación Lumínica en Cataluña*”. UPC-Calidad Ambiental. Generalidad de Cataluña. Barcelona. Mayo 2001. Pag.38.

RADULOVIC, D y otros. (2011): “*La eficiencia energética del alumbrado público de gestión en las ciudades*”. Energía. Abril de 2011.Vol. 36 Núm.4 p.1908 -1915

RADULOVIC, D.; SKOK, S.; KIRINCIC, V.: (2010): “*Energy Efficiency public lighting management in the cities*”. Revista Energy, nº 36.

RAMOS, M.A. (2010 a): “*Desarrollo de Fotometrías para el alumbrado exterior basadas en Tecnología LED*”. XXXVI Simposium nacional de alumbrado. Cáceres.

RAMOS, M.A.(2010 b): “*Iluminación de Túneles en Paris mediante Tecnología LED*”. XXXVI Simposium nacional de alumbrado. Caceres.

RAMOS, M.A. (2011): “*Beneficios de la luz del led: verdades y mentiras*”. XXXVII Simposium nacional de alumbrado. Santander.

REUSEL, KV.(2008): “*Un vistazo a las aplicaciones de la electricidad de la energía eficiente en un mundo moderno*” <www.ect2008.com> conferencia TEC. Bergen, Noruega.

RODRÍGUEZ, P. E. (2004): “*Contaminación lumínica: responsabilidad social*”. Bilbao. Actas VIII Congreso Internacional de Ingeniería de Proyectos. Octubre 2004. Pág. 9.

RUSSELL, L. (1998): *“Una sencilla técnica de estimación de costos para mejorar la apariencia y la seguridad de instalaciones de alumbrado exterior”*. Construcción y Medio Ambiente. Mayo 1998. Vol.33 Num.2-3 p.79-95.

SAMBRICIO, C. (1991): *“Territorio y ciudad en la España de la Ilustración”*. Ministerio de Obras Públicas y Transportes, Centro de Publicaciones. Madrid

SAN MARTÍN, R. (2010 a): *“La burbuja ESE en el alumbrado exterior”*. XXXVIII Simposium nacional de alumbrado. Toledo.

SAN MARTÍN, R. (2010 b): *“Guía Técnica de Interpretación del Reglamento de Eficiencia Energética en Instalaciones de Alumbrado Exterior”*. XXXVI Simposium nacional de alumbrado. Cáceres.

SAN MARTÍN, R. (2011): *“Alumbrado público: análisis de valores luminotécnicos y energéticos de referencia a escala macromunicipal”*. XXXVII Simposium nacional de alumbrado. Santander.

SAN MARTIN, R. FERRERO, L. (2004): *“Barreras para la aplicación de medidas anticontaminación lumínica. En instalaciones de alumbrado”*. Almería. XXX Simposium Nacional de Iluminación. Mayo 2004. Pág. 8.

SAN MARTIN, R. SANHUEZA, P. (2007): *“Contaminación Lumínica: situación, problemas y oportunidades”*. Zamora. Actas XXXIII Simposium Nacional de Iluminación. Abril 2007. Pág.6.

SAN MARTIN, R.; MANZANO, E.R.; ALBERT, V.P. (1998): *“Gestión y explotación de instalaciones de alumbrado”*. 2ª Jornadas Técnicas sobre energía. Barcelona.

SEEGER, B. (1936): *El consumo de energía eléctrica para alumbrado en Europa*. Versión española de Luis González Abela. Madrid.

SIERRA, C. (2002): *“Aplicaciones luminotécnicas de cámaras digitales”*. Barcelona. UPC – Universitat Politècnica de Catalunya. Pag.15.

SIERRA, C. (2012): “*LX-GPS: experiencias en la extrapolación, a nivel del suelo, de medidas de iluminancia hechas con vehículo y posicionamiento GPS*”. XXXVIII Simposium nacional de alumbrado. Toledo.

SIERRA, C. MASBERNAT, J.(2007): “¿Cuanta luz necesitamos? Y..... ¿cuanta oscuridad?” Zamora. Actas XXXIII Simposium Nacional de Iluminación. Abril 2007. Pág.2.

SIERRA, C.;SANZ, R.; VALL-LLOVERAS, O. (2006): “*Sistema de medida para la elaboración de mapas lumínicos*”. Fuengirola. Actas XXXII Simposium Nacional de Iluminación. Junio 2006. Pág.10.

SUDRIA, C. (1983): “*Notas sobre la implantación y el desarrollo de la industria del gas en España, 1840-1901*”. Revista de Historia Económica, 2, pp. 97-118. 1. Nada1 (dir.), Atlas de la industrialización...,op. Git.

UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID (2011): *El alumbrado público español, el de mayor gasto eléctrico por habitante en Europa*. Gabinete de comunicación de la Universidad Complutense de Madrid. Nota de prensa.

UPGREN, A.R. (1997): *Night sky Brightness from Visual Orservations II. A Visual Photometer*. Van Vleck Observatory. Wesleyan University. Middletown.

URBIZTONDO, D.L. (2012): “*Las Micro ESE, experiencias de ámbito reducido*”. XXXVIII Simposium nacional de alumbrado. Toledo.

URRACA PIÑEIRO, J. I. URRACA ETAYO, I. (2005): “*Eficiencia energética y resplandor luminoso nocturno*”. León. Actas XXI CIE Midterm Meeting León. Simposium Internacional de Alumbrado. Mayo 2005. Pág.16.

URRACA,, J.I.; URRACA, I (2005). *Instalaciones de alumbrado exterior. Guía técnica de aplicación ampliada y comentada*. AENOR Ediciones. Madrid, ISBN: 84-8143-444-2.

Van Tichelen, P y otros.(2007) Final Report Lot 9: Public street lighting. Enero 2007.

YAO-JUNG, W.; AGOGINO, A.M.(2011): “*Diseño personalizado dinámico de la red de alumbrado para la eficiencia energética*”. Consumo de energía eléctrica Vol.43, Núm.8 , agosto de 2011, p.1919 a 1924

ZAMORANO, J.; GALLEGO, J.; RAMREZ, L.A. (2001): Medida de la luminosidad de fondo de cielo del observatorio de U.C.M. Trabajo académico realizado durante el curso 2000-01. Departamento de Astrofísica y Ciencias de la Atmósfera. Universidad complutense de Madrid.

ZAMORANO, J. GARCÍA, L.(2008): Astronomía con webcam. Trabajo académico realizado durante el curso 2007-08. Departamento de Astrofísica y Ciencias de la Atmósfera. Universidad complutense de Madrid.

ZOTTI, G. (2007): “*Measuring Light Pollution with a Calibrated High Dynamic Range All-Sky Image Acquisition System*”. Institute of Computer Graphics and Algorithms Vienna University of Technology. Austria. Octubre 2007. Pag.22.



SPICUM
servicio de publicaciones

ANEXO I:
CÁLCULO DE EFICIENCIA
ENERGÉTICA



SPICUM
servicio de publicaciones

ANEXO I. CÁLCULO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA

Siguiendo la normativa actual vigente hemos procedido a calcular la clasificación energética de la vía de estudio en las condiciones actuales y para cada uno de los casos propuestos. Verificándose que en todos los casos la calle mejoraría su calificación energética pasando de clase C a clase A.

Los datos se han obtenido a partir de los estudios realizados mediante el programa de cálculo Dialux.

1. CÁLCULO DE TIEMPOS DE ENCENDIDO Y APAGADO DE LOS PUNTOS DE LUZ

Con el fin de obtener las horas de funcionamiento de las instalaciones de alumbrado público de Álor, se han calculado las horas de funcionamiento para invierno y verano, a partir de la tabla de salida y puesta de Sol del municipio. De esta forma podemos calcular el consumo energético del alumbrado público para estas condiciones específicas.

SALIDA Y PUESTA DE SOL EN ALORA

36° 56' N - 4° 37' O

	ENERO		FEBRERO		MARZO		ABRIL		MAYO		JUNIO		JULIO		AGOSTO		SEPTIEMBRE		OCTUBRE		NOVIEMBRE		DICIEMBRE	
	Ort	Ocas	Ort	Ocas	Ort	Ocas	Ort	Ocas	Ort	Ocas	Ort	Ocas	Ort	Ocas	Ort	Ocas	Ort	Ocas	Ort	Ocas	Ort	Ocas	Ort	Ocas
	h m	h m	h m	h m	h m	h m	h m	h m	h m	h m	h m	h m	h m	h m	h m	h m	h m	h m	h m	h m	h m	h m	h m	h m
1	830	1812	820	1843	748	1912	803	2040	724	2106	700	2131	703	2140	724	2124	749	2045	813	2001	742	1820	812	1802
2	830	1813	819	1844	747	1913	802	2041	722	2107	700	2132	703	2140	724	2123	750	2044	814	1959	743	1819	813	1802
3	830	1814	819	1845	745	1914	800	2042	721	2108	700	2132	704	2140	725	2122	751	2043	815	1958	744	1818	814	1801
4	831	1814	818	1846	744	1915	759	2043	720	2109	659	2133	704	2140	726	2121	751	2041	816	1956	745	1817	815	1801
5	831	1815	817	1847	743	1916	757	2044	719	2110	659	2134	705	2140	727	2120	752	2040	817	1955	746	1816	815	1801
6	831	1816	816	1848	741	1917	756	2045	718	2111	659	2134	705	2140	728	2119	753	2038	817	1953	747	1816	816	1801
7	831	1817	815	1849	740	1918	755	2045	717	2112	659	2135	706	2139	729	2118	754	2037	818	1952	748	1815	817	1801
8	831	1818	814	1850	738	1919	753	2046	716	2113	659	2135	706	2139	729	2117	755	2035	819	1951	749	1814	818	1801
9	831	1819	813	1851	737	1920	752	2047	715	2113	658	2136	707	2139	730	2115	755	2034	820	1949	750	1813	819	1802
10	830	1820	812	1852	735	1921	750	2048	714	2114	658	2136	708	2138	731	2114	756	2032	821	1948	751	1812	819	1802
11	830	1821	811	1853	734	1922	749	2049	713	2115	658	2137	708	2138	732	2113	757	2031	822	1946	752	1811	820	1802
12	830	1822	810	1854	733	1923	748	2050	713	2116	658	2137	709	2138	733	2112	758	2029	823	1945	753	1811	821	1802
13	830	1823	809	1855	731	1923	746	2051	712	2117	658	2137	709	2137	734	2111	759	2028	824	1944	754	1810	822	1802
14	830	1824	808	1856	730	1924	745	2052	711	2118	658	2138	710	2137	734	2110	759	2026	824	1942	755	1809	822	1803
15	829	1825	807	1857	728	1925	743	2052	710	2118	658	2138	711	2136	735	2108	800	2025	825	1941	756	1808	823	1803
16	829	1826	806	1858	727	1926	742	2053	709	2119	658	2139	711	2136	736	2107	801	2023	826	1940	757	1808	824	1803
17	829	1827	804	1859	725	1927	741	2054	708	2120	659	2139	712	2135	737	2106	802	2022	827	1938	758	1807	824	1804
18	828	1828	803	1900	724	1928	739	2055	708	2121	659	2139	713	2135	738	2105	803	2020	828	1937	759	1807	825	1804
19	828	1829	802	1902	722	1929	738	2056	707	2122	659	2139	714	2134	738	2103	803	2019	829	1936	800	1806	826	1804
20	828	1830	801	1903	721	1930	737	2057	706	2123	659	2140	714	2133	739	2102	804	2017	830	1934	801	1805	826	1805
21	827	1831	800	1904	719	1931	736	2058	706	2123	659	2140	715	2133	740	2101	805	2016	831	1933	802	1805	827	1805
22	827	1832	758	1905	718	1932	734	2059	705	2124	659	2140	716	2132	741	2059	806	2014	832	1932	803	1804	827	1806
23	826	1833	757	1906	716	1932	733	2059	704	2125	700	2140	717	2131	742	2058	807	2013	833	1931	804	1804	828	1806
24	826	1834	756	1907	715	1933	732	2100	704	2126	700	2140	717	2131	743	2057	807	2011	834	1929	805	1804	828	1807
25	825	1835	755	1908	813	2034	731	2101	703	2126	700	2140	718	2130	743	2055	808	2010	835	1928	806	1803	828	1808
26	824	1836	753	1908	812	2035	729	2102	703	2127	701	2141	719	2129	744	2054	809	2008	836	1927	807	1803	829	1808
27	824	1837	752	1909	811	2036	728	2103	702	2128	701	2141	720	2128	745	2053	810	2007	837	1926	808	1803	829	1809
28	823	1838	751	1910	809	2037	727	2104	702	2129	701	2141	720	2127	746	2051	811	2005	838	1925	809	1802	829	1810
29	822	1839	749	1911	808	2038	726	2105	701	2129	702	2141	721	2126	747	2050	811	2004	839	1924	810	1802	830	1810
30	822	1840			806	2038	725	2106	701	2130	702	2141	722	2126	747	2048	812	2002	840	1923	811	1802	830	1811
31	821	1841			805	2039			701	2131			723	2125	748	2047			841	1922			830	1812
	h m	h m	h m	h m	h m	h m	h m	h m	h m	h m	h m	h m	h m	h m	h m	h m	h m	h m	h m	h m	h m	h m	h m	h m

Tabla I.1. Orto y ocaso para la posición geográfica de Álora. Fuente: Ministerio de Fomento.

Tras el cálculo se ha estimado un funcionamiento medio de las instalaciones en 4.000 horas año. Este valor se ha tomado como base para calcular el consumo energético anual de cada instalación. Por lo que a partir de ahora, un año de funcionamiento corresponderá a 4.000 horas.

2. ANÁLISIS DE LAS DISTINTAS VÍAS

2. 1. ESTUDIO DE CALLE DE ATRÁS.

2.1.1. INSTALACIÓN ACTUAL

EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LA INSTALACIÓN

- Iluminancia media inicial

$$E_m = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{i=n} E_i$$

$E_{mi} = 17 \text{ lx}$

- Determinación del factor de mantenimiento

$$f_m = \frac{E_{servicio}}{E_{inicial}} = \frac{E}{E_i}$$

$$f_m = \text{FDFL} \cdot \text{FSL} \cdot \text{FDLU} \cdot \text{FDSR}$$

Siendo:

FDFL = factor de depreciación del flujo luminoso de la lámpara.

FSL = factor de supervivencia de la lámpara.

FDLU = factor de depreciación de la luminaria.

FDSR = factor de depreciación de las superficies del recinto.

Determinación de FDFL, según Tabla 1 de la ITC-EA-06

Para:

- Lámpara de Vapor de Sodio Alta Presión
- Periodo de funcionamiento anual 4.000 horas

$$\text{FDFL} = 0,98$$

Determinación de FSL según Tabla 2 de la ITC-EA-06

Para:

- Lámpara de Vapor de Sodio Alta Presión
- Periodo de supervivencia de 8h

$$\text{FSL} = 0,94$$

Determinación de FDLU según Tabla 3 de la ITC-EA-06

Para:

- Grado de protección del sistema óptico: IP 2X
- Grado de contaminación: Medio
- Intervalo de limpieza: Cada 1 año (4.000 horas de funcionamiento)

FDLU = 0,62

Determinación de FDSR según Tabla 4 de la ITC-EA-06

Para:

- Índice del recinto: Medio
- Distribución del flujo luminoso: Directo
- Grado de contaminación: Medio

FDSR = 0,97

En consecuencia se tiene un factor de mantenimiento de:

$$f_m = 0,98 \cdot 0,92 \cdot 0,82 \cdot 0,97 = \mathbf{0,72}$$

- Iluminancia media en servicio

$$E_{ms} = 17 \cdot 0,72 = \mathbf{12,24 \text{ lx}}$$

- Uniformidad media

$$U_m = E_{min} / E_{ms}$$

$$U_m = 7,04 / 12,24 = \mathbf{0,57} \geq 0,20 \text{ según la Tabla 8 de la ITC-EA-02}$$

- Eficiencia Energética

$$\epsilon = \frac{S \cdot E_m}{P} \left(\frac{m^2 \cdot \text{lux}}{W} \right)$$

Siendo:

ϵ = eficiencia energética de la instalación de alumbrado exterior ($m^2 \cdot \text{lux}/W$)

P = potencia activa total instalada (lámparas y equipos auxiliares) (W);

S = superficie iluminada (m^2);

E_m = iluminancia media en servicio de la instalación, considerando el mantenimiento previsto (lux);

$$\epsilon = \frac{54 \cdot 12,24}{84} = 7,84 \left(\frac{m^2 \cdot \text{lux}}{W} \right)$$

REQUISITOS MÍNIMOS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA

- Eficiencia energética mínima

Por interpolación lineal en la Tabla 2 de la ITC-EA-01 para el valor de $E_{ms} = 12,24$ lx se tiene que la eficiencia energética mínima debe ser mayor a **6,75**.

Como $\varepsilon = 7,84 > \varepsilon_{min} = 6,75$ se cumple esta condición

CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DE LA INSTALACIÓN

- Índice de eficiencia energética

Se recurre a la Tabla 3 de la ITC-EA-01 para obtener la eficiencia energética de referencia ε_R para la iluminancia media en Servicio (E_{ms}) = 12,24 lx, se obtiene que $\varepsilon_R = 10$. Por lo tanto el índice de eficiencia energética (I_ε) el cual se define como el cociente entre la eficiencia energética de la instalación (ε) y el valor de eficiencia energética de referencia (ε_R) en función del nivel de iluminancia media en servicio proyectada:

$$I_\varepsilon = \frac{\varepsilon}{\varepsilon_R}$$

$$I_\varepsilon = 7,84 / 10 = \mathbf{0,78}$$

- Índice de consumo energético

$$ICE = \frac{1}{I_\varepsilon}$$

$$ICE = 1/0,78 = \mathbf{1,28}$$

RESULTADO

	Calificación Energética	ICE	I_ε
	A	$ICE < 0,91$	$I_\varepsilon > 1,1$
	B	$0,91 \leq ICE < 1,09$	$1,1 \geq I_\varepsilon > 0,92$
	C	$1,09 \leq ICE < 1,35$	$0,92 \geq I_\varepsilon > 0,74$
	D	$1,35 \leq ICE < 1,79$	$0,74 \geq I_\varepsilon > 0,56$
	E	$1,79 \leq ICE < 2,63$	$0,56 \geq I_\varepsilon > 0,38$
	F	$2,63 \leq ICE < 5,00$	$0,38 \geq I_\varepsilon > 0,20$
	G	$ICE \geq 5,00$	$I_\varepsilon \leq 0,20$

Tabla I.2. Clasificación energética. Fuente: R.D. 1890/2008

	Instalación	ICE	I _ε	Calificación
Calle de Atrás	Existente	1,28	0,78	C

Tabla I.3. Clasificación energética C/ Atrás actual. Fuente: Elaboración propia.

Con estos valores la calificación según el RD 1890/2008 de esta instalación es de **Tipo C**.

2.1.2. INSTALACIÓN PROPUESTA

EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LA INSTALACIÓN

Para el cálculo de la eficiencia energética es necesario obtener previamente el factor de mantenimiento. En el caso que nos ocupa esto no es posible debido a que en el RD 1890/2008 no se recogen datos para luminarias tipo LED. Por esto y aunque no será del todo correcto se ha estimado un factor de mantenimiento igual al de las lámparas de VSAP.

En consecuencia se tiene un factor de mantenimiento de:

$$f_m = 0,98 \cdot 0,92 \cdot 0,82 \cdot 0,97 = \mathbf{0,72}$$

- Iluminancia media inicial

$$E_m = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{i=n} E_i$$

$$E_{mi} = 15,3 \text{ lx}$$

- Iluminancia media en servicio

$$E_{ms} = 15,3 \cdot 0,72 = \mathbf{11 \text{ lx}}$$

- Uniformidad media

$$U_m = E_{\min} / E_{ms}$$

$$U_m = 4,77 / 11 = \mathbf{0,44} \geq 0,20 \text{ según la Tabla 8 de la ITC-EA-02}$$

- Eficiencia Energética

$$\epsilon = \frac{S \cdot E_m}{P} \left(\frac{\text{m}^2 \cdot \text{lux}}{\text{W}} \right)$$

Siendo:

ε = eficiencia energética de la instalación de alumbrado exterior ($m^2 \cdot \text{lux}/W$)

P = potencia activa total instalada (lámparas y equipos auxiliares) (W);

S = superficie iluminada (m^2);

E_m = iluminancia media en servicio de la instalación, considerando el mantenimiento previsto (lux);

$$\varepsilon = \frac{54 \cdot 11}{49} = 12,12 \left(\frac{m^2 \cdot \text{lux}}{W} \right)$$

REQUISITOS MÍNIMOS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA

- Eficiencia energética mínima

Por interpolación lineal en la Tabla 2 de la ITC-EA-01 para el valor de $E_{ms} = 11 \text{ lx}$ se tiene que la eficiencia energética mínima debe ser mayor a **6,30**.

Como $\varepsilon = 12,12 > \varepsilon_{\min} = 6,30$ se cumple esta condición

CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DE LA INSTALACIÓN

- Índice de eficiencia energética

Se recurre a la Tabla 3 de la ITC-EA-01 para obtener la eficiencia energética de referencia ε_R para la iluminancia media en Servicio (E_{ms}) = 11 lx, se obtiene que $\varepsilon_R = 9,4$. Por lo tanto el índice de eficiencia energética (I_ε) el cual se define como el cociente entre la eficiencia energética de la instalación (ε) y el valor de eficiencia energética de referencia (ε_R) en función del nivel de iluminancia media en servicio proyectada:

$$I_\varepsilon = \frac{\varepsilon}{\varepsilon_R}$$

$$I_\varepsilon = 12,12 / 9,4 = 1,3$$

- Índice de consumo energético

$$ICE = \frac{1}{I_\varepsilon}$$

$$ICE = 1/0,78 = 0,76$$

RESULTADO

	Calificación Energética	ICE	Iε
	A	$ICE < 0,91$	$Iε > 1,1$
	B	$0,91 \leq ICE < 1,09$	$1,1 \geq Iε > 0,92$
	C	$1,09 \leq ICE < 1,35$	$0,92 \geq Iε > 0,74$
	D	$1,35 \leq ICE < 1,79$	$0,74 \geq Iε > 0,56$
	E	$1,79 \leq ICE < 2,63$	$0,56 \geq Iε > 0,38$
	F	$2,63 \leq ICE < 5,00$	$0,38 \geq Iε > 0,20$
	G	$ICE \geq 5,00$	$Iε \leq 0,20$

Tabla I.4. Clasificación energética. Fuente: R.D. 1890/2008

	Instalación	ICE	Iε	Calificación
Calle de Atrás	Propuesta	0,76	1,30	A

Tabla I.5. Clasificación energética C/ Atrás propuesta. Fuente: Elaboración propia.

Con estos valores la calificación según el RD 1890/2008 de esta instalación es de **Tipo A**

2.2. CALLE AZAHAR

2.2.1. INSTALACIÓN ACTUAL

EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LA INSTALACIÓN

- Iluminancia media inicial

$$E_m = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{i=n} E_i$$

$$E_{mi} = 20 \text{ lx}$$

- Determinación del factor de mantenimiento

$$f_m = \frac{E_{servicio}}{E_{inicial}} = \frac{E}{E_i}$$

$$f_m = \text{FDFL} \cdot \text{FSL} \cdot \text{FDLU} \cdot \text{FDSR}$$

Siendo:

FDFL = factor de depreciación del flujo luminoso de la lámpara.

FSL = factor de supervivencia de la lámpara.

FDLU = factor de depreciación de la luminaria.

FDSR = factor de depreciación de las superficies del recinto.

Determinación de FDFL, según Tabla 1 de la ITC-EA-06

Para:

- Lámpara de Vapor de Sodio Alta Presión
- Periodo de funcionamiento anual de 4.000 horas

$$\text{FDFL} = 0,98$$

Determinación de FSL según Tabla 2 de la ITC-EA-06

Para:

- Lámpara de Vapor de Sodio Alta Presión
- Periodo de supervivencia de 8h

$$\text{FSL} = 0,94$$

Determinación de FDLU según Tabla 3 de la ITC-EA-06

Para:

- Grado de protección del sistema óptico: IP 2X
- Grado de contaminación: Medio
- Intervalo de limpieza: Cada 1 año (4.000 horas de funcionamiento)

FDLU = 0,62

Determinación de FDSR según Tabla 4 de la ITC-EA-06

Para:

- Índice del recinto: Medio
- Distribución del flujo luminoso: Directo
- Grado de contaminación: Medio

FDSR = 0,97

En consecuencia se tiene un factor de mantenimiento de:

$$f_m = 0,98 \cdot 0,92 \cdot 0,82 \cdot 0,97 = \mathbf{0,72}$$

- Iluminancia media en servicio

$$E_{ms} = 20 \cdot 0,72 = \mathbf{14,4 \text{ lx}}$$

- Uniformidad media

$$U_m = E_{min} / E_{ms}$$

$$U_m = 3,61 / 14,40 = \mathbf{0,25} \geq 0,20 \text{ según la Tabla 8 de la ITC-EA-02}$$

- Eficiencia Energética

$$\epsilon = \frac{S \cdot E_m}{P} \left(\frac{m^2 \cdot \text{lux}}{W} \right)$$

Siendo:

ϵ = eficiencia energética de la instalación de alumbrado exterior ($m^2 \cdot \text{lux}/W$)

P = potencia activa total instalada (lámparas y equipos auxiliares) (W);

S = superficie iluminada (m^2);

E_m = iluminancia media en servicio de la instalación, considerando el mantenimiento previsto (lux);

$$\epsilon = \frac{56,25 \cdot 14,40}{84} = 9,64 \left(\frac{m^2 \cdot \text{lux}}{W} \right)$$

REQUISITOS MÍNIMOS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA

- Eficiencia energética mínima

Por interpolación lineal en la Tabla 2 de la ITC-EA-01 para el valor de $E_{ms} = 14,40$ lx se tiene que la eficiencia energética mínima debe ser mayor a **7,30**.

Como $\varepsilon = 9,64 > \varepsilon_{min} = 7,30$ se cumple esta condición

CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DE LA INSTALACIÓN

- Índice de eficiencia energética

Se recurre a la Tabla 3 de la ITC-EA-01 para obtener la eficiencia energética de referencia ε_R para la iluminancia media en Servicio (E_{ms}) = 14,40 lx, se obtiene que $\varepsilon_R = 10,8$. Por lo tanto el índice de eficiencia energética (I_ε) el cual se define como el cociente entre la eficiencia energética de la instalación (ε) y el valor de eficiencia energética de referencia (ε_R) en función del nivel de iluminancia media en servicio proyectada:

$$I_\varepsilon = \frac{\varepsilon}{\varepsilon_R}$$

$$I_\varepsilon = 9,64 / 10,8 = \mathbf{0,89}$$

- Índice de consumo energético

$$ICE = \frac{1}{I_\varepsilon}$$

$$ICE = 1/0,89 = \mathbf{1,12}$$

RESULTADO

	Calificación Energética	ICE	I_ε
	A	$ICE < 0,91$	$I_\varepsilon > 1,1$
	B	$0,91 \leq ICE < 1,09$	$1,1 \geq I_\varepsilon > 0,92$
	C	$1,09 \leq ICE < 1,35$	$0,92 \geq I_\varepsilon > 0,74$
	D	$1,35 \leq ICE < 1,79$	$0,74 \geq I_\varepsilon > 0,56$
	E	$1,79 \leq ICE < 2,63$	$0,56 \geq I_\varepsilon > 0,38$
	F	$2,63 \leq ICE < 5,00$	$0,38 \geq I_\varepsilon > 0,20$
	G	$ICE \geq 5,00$	$I_\varepsilon \leq 0,20$

Tabla I.6. Clasificación energética. Fuente: R.D. 1890/2008

	Instalación	ICE	I ϵ	Calificación
Calle Azahar	Existente	1,12	0,89	C

Tabla I.7. Clasificación energética C/ Azahar actual. Fuente: Elaboración propia.

Con estos valores la calificación según el RD 1890/2008 de esta instalación es de **Tipo C**

2.2.2. INSTALACIÓN PROPUESTA

EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LA INSTALACIÓN

Para el cálculo de la eficiencia energética es necesario obtener previamente el factor de mantenimiento. En el caso que nos ocupa esto no es posible debido a que en el RD 1890/2008 no se recogen datos para luminarias tipo LED. Por esto y aunque no será del todo correcto se ha estimado un factor de mantenimiento igual al de las lámparas de VSAP.

En consecuencia se tiene un factor de mantenimiento de:

$$f_m = 0,98 \cdot 0,92 \cdot 0,82 \cdot 0,97 = \mathbf{0,72}$$

- Iluminancia media inicial

$$E_m = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{i=n} E_i$$

$$E_{mi} = 12,50 \text{ lx}$$

- Iluminancia media en servicio

$$E_{ms} = 12,50 \cdot 0,72 = \mathbf{9 \text{ lx}}$$

- Uniformidad media

$$U_m = E_{min} / E_{ms}$$

$$U_m = 1,84 / 9 = \mathbf{0,20} \geq 0,20 \text{ según la Tabla 8 de la ITC-EA-02}$$

Eficiencia Energética

$$\epsilon = \frac{S \cdot E_m}{P} \left(\frac{\text{m}^2 \cdot \text{lux}}{\text{W}} \right)$$

Siendo:

ϵ = eficiencia energética de la instalación de alumbrado exterior ($\text{m}^2 \cdot \text{lux/W}$)

P = potencia activa total instalada (lámparas y equipos auxiliares) (W);

S = superficie iluminada (m²);

E_m = iluminancia media en servicio de la instalación, considerando el mantenimiento previsto (lux);

$$\varepsilon = \frac{56,25 \cdot 9}{49} = 10,90 \left(\frac{m^2 \cdot lux}{W} \right)$$

REQUISITOS MÍNIMOS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA

- Eficiencia energética mínima

Por interpolación lineal en la Tabla 2 de la ITC-EA-01 para el valor de E_{ms} = 9 lx se tiene que la eficiencia energética mínima debe ser mayor a **5,60**.

Como $\varepsilon = 10,90 > \varepsilon_{\min} = 5,60$ se cumple esta condición

CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DE LA INSTALACIÓN

- Índice de eficiencia energética

Se recurre a la Tabla 3 de la ITC-EA-01 para obtener la eficiencia energética de referencia ε_R para la iluminancia media en Servicio (E_{ms}) = 9 lx, se obtiene que $\varepsilon_R = 8,2$. Por lo tanto el índice de eficiencia energética (I_ε) el cual se define como el cociente entre la eficiencia energética de la instalación (ε) y el valor de eficiencia energética de referencia (ε_R) en función del nivel de iluminancia media en servicio proyectada:

$$I_{\varepsilon} = \frac{\varepsilon}{\varepsilon_R}$$

$$I_{\varepsilon} = 10,90 / 8,2 = \mathbf{1,33}$$

Índice de consumo energético

$$ICE = \frac{1}{I_{\varepsilon}}$$

$$ICE = 1/0,78 = \mathbf{0,75}$$

RESULTADO

	Calificación Energética	ICE	Iε
	A	$ICE < 0,91$	$Iε > 1,1$
	B	$0,91 \leq ICE < 1,09$	$1,1 \geq Iε > 0,92$
	C	$1,09 \leq ICE < 1,35$	$0,92 \geq Iε > 0,74$
	D	$1,35 \leq ICE < 1,79$	$0,74 \geq Iε > 0,56$
	E	$1,79 \leq ICE < 2,63$	$0,56 \geq Iε > 0,38$
	F	$2,63 \leq ICE < 5,00$	$0,38 \geq Iε > 0,20$
	G	$ICE \geq 5,00$	$Iε \leq 0,20$

Tabla I.8. Clasificación energética. Fuente: R.D. 1890/2008

	Instalación	ICE	Iε	Calificación
Calle de Atrás	Propuesta	0,75	1,33	A

Tabla I.9. Clasificación energética C/ Azahar propuesta. Fuente: Elaboración propia.

Con estos valores la calificación según el RD 1890/2008 de esta instalación es de **Tipo A**

2.3. AVDA. PABLO RUIZ PICASSO**2.3.1. INSTALACIÓN ACTUAL****EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LA INSTALACIÓN****- Iluminancia media inicial**

$$E_m = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{i=n} E_i$$

$$E_{mi} = 44,7 \text{ lx}$$

- Determinación del factor de mantenimiento

$$f_m = \frac{E_{servicio}}{E_{inicial}} = \frac{E}{E_i}$$

$$f_m = \text{FDFL} \cdot \text{FSL} \cdot \text{FDLU} \cdot \text{FDSR}$$

Siendo:

FDFL = factor de depreciación del flujo luminoso de la lámpara.

FSL = factor de supervivencia de la lámpara.

FDLU = factor de depreciación de la luminaria.

FDSR = factor de depreciación de las superficies del recinto.

Determinación de FDFL, según Tabla 1 de la ITC-EA-06

Para:

- Lámpara de Vapor de Sodio Alta Presión
- Periodo de funcionamiento anual de 4.000 horas

$$\text{FDFL} = 0,98$$

Determinación de FSL según Tabla 2 de la ITC-EA-06

Para:

- Lámpara de Vapor de Sodio Alta Presión
- Periodo de supervivencia de 8h

$$\text{FSL} = 0,98$$

Determinación de FDLU según Tabla 3 de la ITC-EA-06

Para:

- Grado de protección del sistema óptico: IP 2X
- Grado de contaminación: Medio
- Intervalo de limpieza: Cada 1 año (4.000 horas de funcionamiento)

FDLU = 0,82

Determinación de FDSR según Tabla 4 de la ITC-EA-06

Para:

- Índice del recinto: Grande
- Distribución del flujo luminoso: Directo
- Grado de contaminación: Medio

FDSR = 0,97

En consecuencia se tiene un factor de mantenimiento de:

$$f_m = 0,98 \cdot 0,98 \cdot 0,82 \cdot 0,97 = \mathbf{0,76}$$

- Iluminancia media en servicio

$$E_{ms} = 44,7 \cdot 0,76 = \mathbf{34 \text{ lx}}$$

- Uniformidad media

$$U_m = E_{min} / E_{ms}$$

$$U_m = 13 / 34 = \mathbf{0,38} \geq 0,20 \text{ según la Tabla 8 de la ITC-EA-02}$$

- Eficiencia Energética

$$\epsilon = \frac{S \cdot E_m}{P} \left(\frac{m^2 \cdot \text{lux}}{W} \right)$$

Siendo:

ϵ = eficiencia energética de la instalación de alumbrado exterior ($m^2 \cdot \text{lux}/W$)

P = potencia activa total instalada (lámparas y equipos auxiliares) (W);

S = superficie iluminada (m^2);

E_m = iluminancia media en servicio de la instalación, considerando el mantenimiento previsto (lux);

$$\epsilon = \frac{153 \cdot 34}{171} = 30,42 \left(\frac{m^2 \cdot \text{lux}}{W} \right)$$

REQUISITOS MÍNIMOS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA

- Eficiencia energética mínima

Por interpolación lineal en la Tabla 2 de la ITC-EA-01 para el valor de $E_{ms} = 34$ lx se tiene que la eficiencia energética mínima debe ser mayor a **22**.

Como $\varepsilon = 30,42 > \varepsilon_{min} = 22$ se cumple esta condición

CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DE LA INSTALACIÓN

- Índice de eficiencia energética

Se recurre a la Tabla 3 de la ITC-EA-01 para obtener la eficiencia energética de referencia ε_R para la iluminancia media en Servicio (E_{ms}) = 34 lx, se obtiene que $\varepsilon_R = 32$. Por lo tanto el índice de eficiencia energética (I_ε) el cual se define como el cociente entre la eficiencia energética de la instalación (ε) y el valor de eficiencia energética de referencia (ε_R) en función del nivel de iluminancia media en servicio proyectada:

$$I_\varepsilon = \frac{\varepsilon}{\varepsilon_R}$$

$$I_\varepsilon = 30,42 / 32 = \mathbf{0,95}$$

Índice de consumo energético

$$ICE = \frac{1}{I_\varepsilon}$$

$$ICE = 1/0,95 = \mathbf{1,05}$$

RESULTADO

	Calificación Energética	ICE	I_ε
	A	$ICE < 0,91$	$I_\varepsilon > 1,1$
	B	$0,91 \leq ICE < 1,09$	$1,1 \geq I_\varepsilon > 0,92$
	C	$1,09 \leq ICE < 1,35$	$0,92 \geq I_\varepsilon > 0,74$
	D	$1,35 \leq ICE < 1,79$	$0,74 \geq I_\varepsilon > 0,56$
	E	$1,79 \leq ICE < 2,63$	$0,56 \geq I_\varepsilon > 0,38$
	F	$2,63 \leq ICE < 5,00$	$0,38 \geq I_\varepsilon > 0,20$
	G	$ICE \geq 5,00$	$I_\varepsilon \leq 0,20$

Tabla I.10. Clasificación energética. Fuente: R.D. 1890/2008

	Instalación	ICE	I ϵ	Calificación
Avda. Pablo Ruiz Picasso	Existente	1,05	0,95	B

Tabla I.11. Clasificación energética C/ Pablo Ruiz Picasso actual. Fuente: Elaboración propia.

Con estos valores la calificación según el RD 1890/2008 de esta instalación es de **Tipo B**

2.3.2. INSTALACIÓN PROPUESTA

EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LA INSTALACIÓN

Para el cálculo de la eficiencia energética es necesario obtener previamente el factor de mantenimiento. En el caso que nos ocupa esto no es posible debido a que en el RD 1890/2008 no se recogen datos para luminarias tipo LED. Por esto y aunque no será del todo correcto se ha estimado un factor de mantenimiento igual al de las lámparas de VSAP.

En consecuencia se tiene un factor de mantenimiento de:

$$f_m = 0,98 \cdot 0,98 \cdot 0,82 \cdot 0,97 = \mathbf{0,76}$$

- Iluminancia media inicial

$$E_m = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{i=n} E_i$$

$$E_{mi} = 23,70 \text{ lx}$$

- Iluminancia media en servicio

$$E_{ms} = 23,7 \cdot 0,76 = \mathbf{18 \text{ lx}}$$

- Uniformidad media

$$U_m = E_{\min} / E_{ms}$$

$$U_m = 10 / 18 = \mathbf{0,56} \geq 0,40 \text{ según la Tabla 6 de la ITC-EA-02}$$

- Eficiencia Energética

$$\epsilon = \frac{S \cdot E_m}{P} \left(\frac{\text{m}^2 \cdot \text{lux}}{\text{W}} \right)$$

Siendo:

ε = eficiencia energética de la instalación de alumbrado exterior ($m^2 \cdot \text{lux}/W$)

P = potencia activa total instalada (lámparas y equipos auxiliares) (W);

S = superficie iluminada (m^2);

E_m = iluminancia media en servicio de la instalación, considerando el mantenimiento previsto (lux);

$$\varepsilon = \frac{153 \cdot 18}{68} = 40,50 \left(\frac{m^2 \cdot \text{lux}}{W} \right)$$

REQUISITOS MÍNIMOS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA

- Eficiencia energética mínima

Por interpolación lineal en la Tabla 1 de la ITC-EA-01 para el valor de $E_{ms} = 18 \text{ lx}$ se tiene que la eficiencia energética mínima debe ser mayor a **16,5**.

Como $\varepsilon=40,50 > \varepsilon_{\min}=16,5$ se cumple esta condición

CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DE LA INSTALACIÓN

- Índice de eficiencia energética

Se recurre a la Tabla 3 de la ITC-EA-01 para obtener la eficiencia energética de referencia ε_R para la iluminancia media en Servicio (E_{ms}) = 18 lx, se obtiene que $\varepsilon_R = 24,8$. Por lo tanto el índice de eficiencia energética (I_ε) el cual se define como el cociente entre la eficiencia energética de la instalación (ε) y el valor de eficiencia energética de referencia (ε_R) en función del nivel de iluminancia media en servicio proyectada:

$$I_\varepsilon = \frac{\varepsilon}{\varepsilon_R}$$

$$I_\varepsilon = 40,50 / 24,8 = \mathbf{1,63}$$

- Índice de consumo energético

$$ICE = \frac{1}{I_\varepsilon}$$

$$ICE = 1/1,63 = \mathbf{0,61}$$

RESULTADO

	Calificación Energética	ICE	Iε
	A	$ICE < 0,91$	$Iε > 1,1$
	B	$0,91 \leq ICE < 1,09$	$1,1 \geq Iε > 0,92$
	C	$1,09 \leq ICE < 1,35$	$0,92 \geq Iε > 0,74$
	D	$1,35 \leq ICE < 1,79$	$0,74 \geq Iε > 0,56$
	E	$1,79 \leq ICE < 2,63$	$0,56 \geq Iε > 0,38$
	F	$2,63 \leq ICE < 5,00$	$0,38 \geq Iε > 0,20$
	G	$ICE \geq 5,00$	$Iε \leq 0,20$

Tabla I.12. Clasificación energética. Fuente: R.D. 1890/2008

	Instalación	ICE	Iε	Calificación
Avda. Pablo Ruiz Picasso	Propuesta	0,61	1,63	A

Tabla I.13. Clasificación energética C/ Pablo Ruiz Picasso propuesta. Fuente: Elaboración propia.

Con estos valores la calificación según el RD 1890/2008 de esta instalación es de **Tipo A**

3. RESUMEN DE RESULTADOS

3.1. CALLE DE ATRÁS (D3/S2)

	Instalación	ICE	Iε	Calificación
Calle de Atrás	Existente	1,28	0,78	C

	Instalación	ICE	Iε	Calificación
Calle de Atrás	Propuesta	0,76	1,30	A

Tabla I.14. Resumen C/ de Atrás. Fuente: Elaboración propia.

3.2. CALLE AZAHAR (E1/S3)

	Instalación	ICE	I ϵ	Calificación
Calle Azahar	Existente	1,12	0,89	C

	Instalación	ICE	I ϵ	Calificación
Calle Azahar	Propuesta	0,75	1,33	A

Tabla I.15. Resumen C/ Azahar. Fuente: Elaboración propia.

3.3. AVDA. PABLO RUIZ PICASSO (B2/ME3B)

	Instalación	ICE	I ϵ	Calificación
Avda. Pablo Ruiz Picasso	Existente	1,05	0,95	B

	Instalación	ICE	I ϵ	Calificación
Avda. Pablo Ruiz Picasso	Propuesta	0,61	1,63	A

Tabla I.16. Resumen C/ Pablo Ruiz Picasso. Fuente: Elaboración propia.

Como se muestra en las tablas, en los tres casos se ha pasado de tener una calificación energética menor a tener la máxima calificación. En este caso se quedan las tres vías en estudio con una calificación energética de Tipo A, por lo que se puede concluir en este apartado que con la propuesta realizada se han mejorado las tres instalaciones en estudio.



SPICUM
servicio de publicaciones

ANEXO II: CÁLCULOS LUMINOTÉCNICOS



SPICUM
servicio de publicaciones

ANEXO II. CALCULOS LUMINOTÉCNICOS

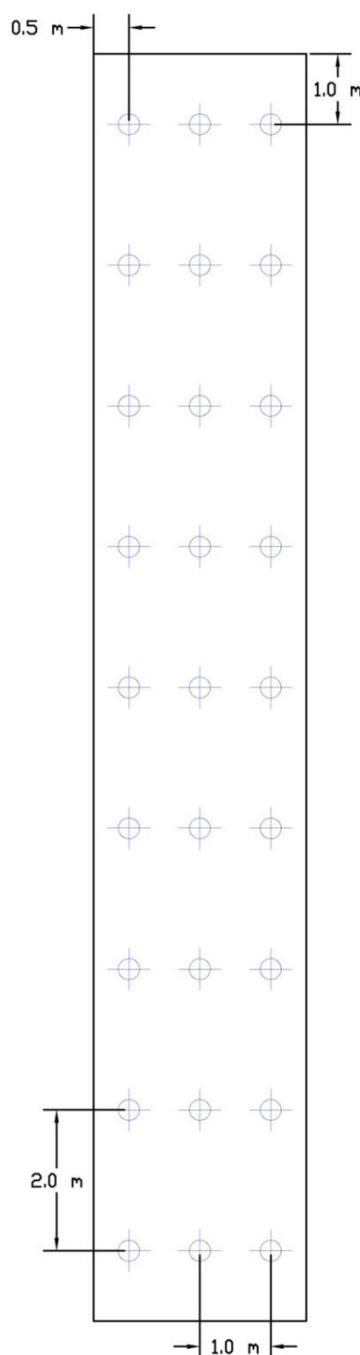
En el presente anexo se adjuntan todos los cálculos lumínicos efectuados para las distintas propuestas realizadas a las distintas calles evaluadas.

1. ANÁLISIS DE LAS DISTINTAS CALLES EN ESTUDIO

1.1. CALLE DE ATRÁS

1. Retícula de Medida

Para las mediciones de Calle de Atrás se ha utilizado una retícula de medida de 3 x 9 puntos de forma que cumpla con lo indicado en la ITC-EA-07 del RD 1890/2008.



Esta misma retícula de medida ha sido utilizada tanto para las mediciones en la zona como para la simulación en DIALux con el fin de poder comparar los datos obtenidos.

2. Medición de Campo

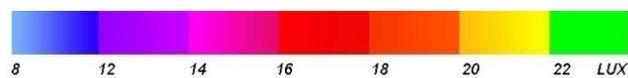
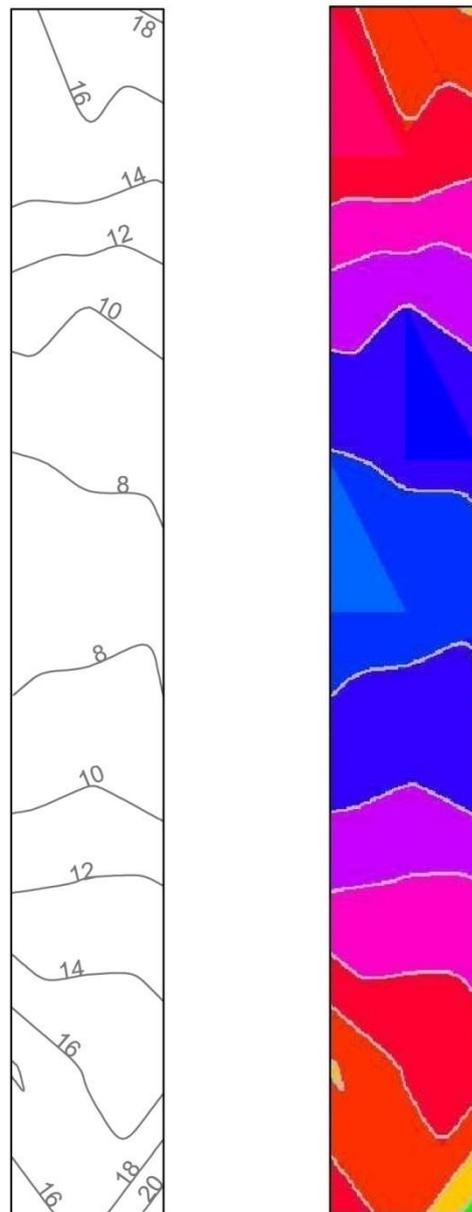
A partir del modelo de retícula anterior se ha realizado la medición de Calle de Atrás y los datos obtenidos han sido los siguientes.

		
15.31	17.29	18.35
		
15.45	15.74	14.57
		
10.80	9.87	10.84
		
7.79	8.23	8.22
		
7.04	7.12	7.71
		
8.77	9.52	8.24
		
12.56	12.85	12.92
		
18.23	15.80	14.82
		
14.48	17.00	21.40

A continuación se muestran los valores obtenidos a partir de esta medición, los cuales nos servirán para comparar con los datos obtenidos en DIALux.

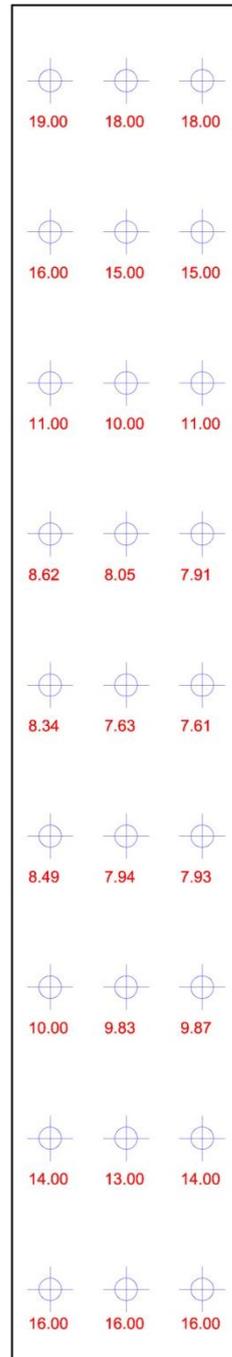
	E_m	E_{min}	E_{max}	U_o
Calle de Atrás	12,62	7,04	21,40	0,55

3. Isolíneas de Campo



4. Simulación de DIALux

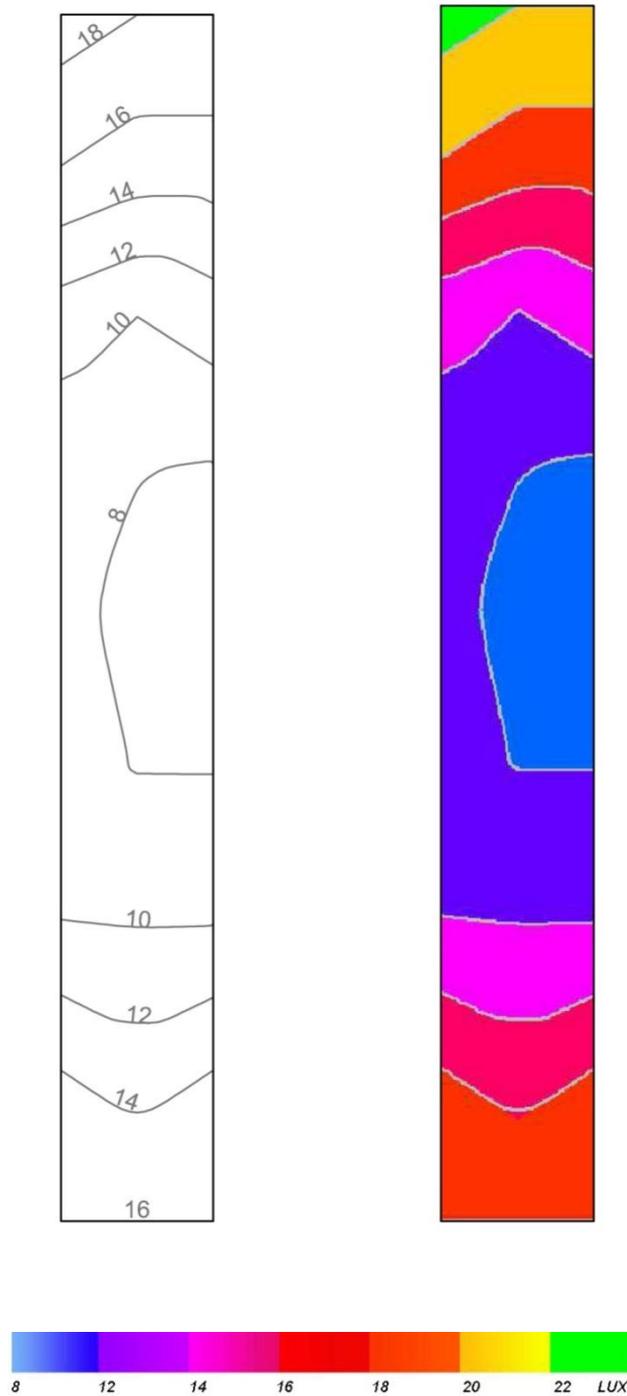
A partir del modelo de retícula anterior se ha realizado la simulación de Calle de Atrás con una luminaria similar a la que se encuentra colocada actualmente, en concreto se ha utilizado un modelo tipo villa sin reflecto de la casa Simón, modelo FC6, siendo los datos obtenidos los siguientes:



A continuación se muestran los valores lumínicos obtenidos a partir de esta simulación.

	E_m	E_{min}	E_{max}	U_o
Calle de Atrás	12,00	7,61	19	0,63

5. Isolíneas DIALux



6. Tablas de coordenadas

• Datos DIALux

17	16	16	16
15	14	13	14
13	10	9.83	9.87
11	8.49	7.94	7.93
9	8.34	7.63	7.61
7	8.62	8.05	7.91
5	11	10	11
3	16	15	15
1	19	18	18
M	0.5	1.5	2.5

• Datos de Campo

17	14,48	17	21,4
15	18,23	15,8	14,82
13	12,56	12,85	12,92
11	8,77	9,52	8,24
9	7,04	7,12	7,71
7	7,79	8,23	8,22
5	10,8	9,87	10,84
3	15,45	15,74	14,57
1	15,31	17,29	18,35
M	0.5	1.5	2.5

7. Simulación de propuesta, Indal Jargeau 43W LED

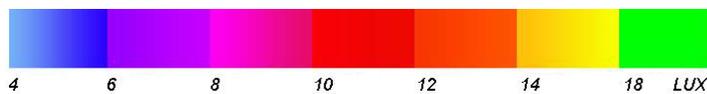
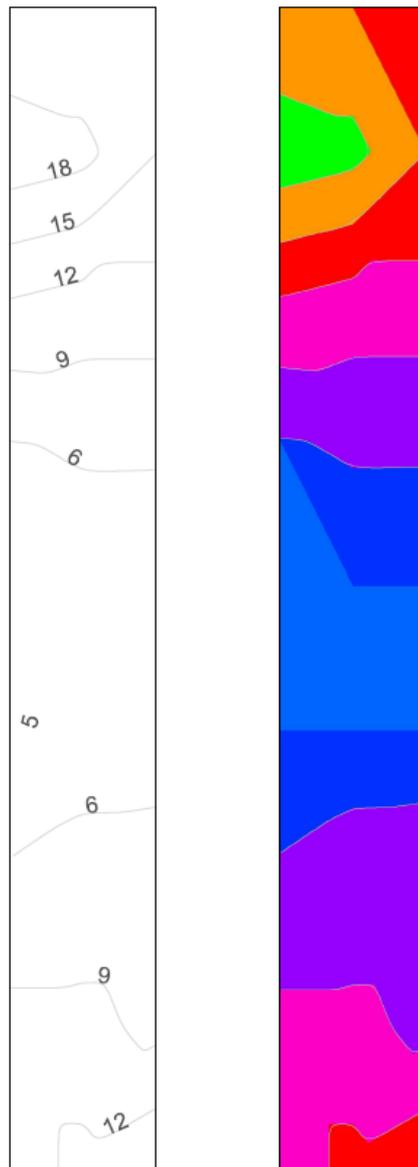
Con la misma retícula se ha realizado la simulación de la propuesta de Calle de Atrás y los datos obtenidos han sido los siguientes.

		
15	15	16
		
20	19	15
		
12	11	11
		
5,87	6,2	6,19
		
4,8	5,14	5,1
		
4,86	5,23	5,34
		
6,21	6,67	6,68
		
10	10	8,13
		
10	13	15

A continuación se muestran los valores lumínicos obtenidos a partir de esta simulación.

	E_m	E_{min}	E_{max}	U_o
Calle de Atrás	11	4,77	20	0,44

8. Isolíneas Propuesta



9. Tabla de coordenadas de la propuesta

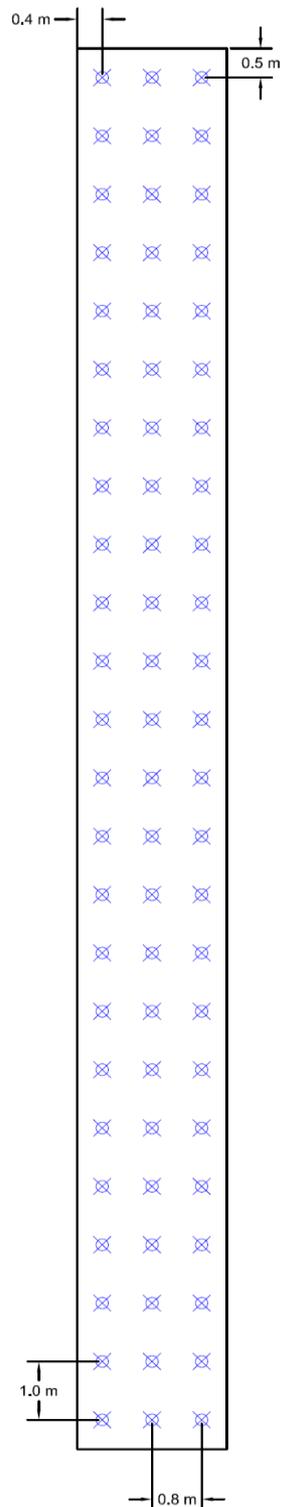
• Datos de Propuesta

17	10	13	15
15	10	10	8,13
13	6,21	6,67	6,68
11	4,86	5,23	5,34
9	4,80	5,14	5,10
7	5,87	6,20	6,19
5	12	11	11
3	20	19	15
1	15	15	16
M	0.5	1.5	2.5

1.2. CALLE AZAHAR

1. Retícula de Medida

Para las mediciones de Calle Azahar se ha utilizado una retícula de medida de 3 x 24 puntos de forma que cumpla con lo indicado en la ITC-EA-07 del RD 1890/2008.



Esta misma retícula de medida ha sido utilizada tanto para las mediciones en la zona como para la simulación en DIALux con el fin de poder comparar los datos obtenidos.

2. Medición de Campo

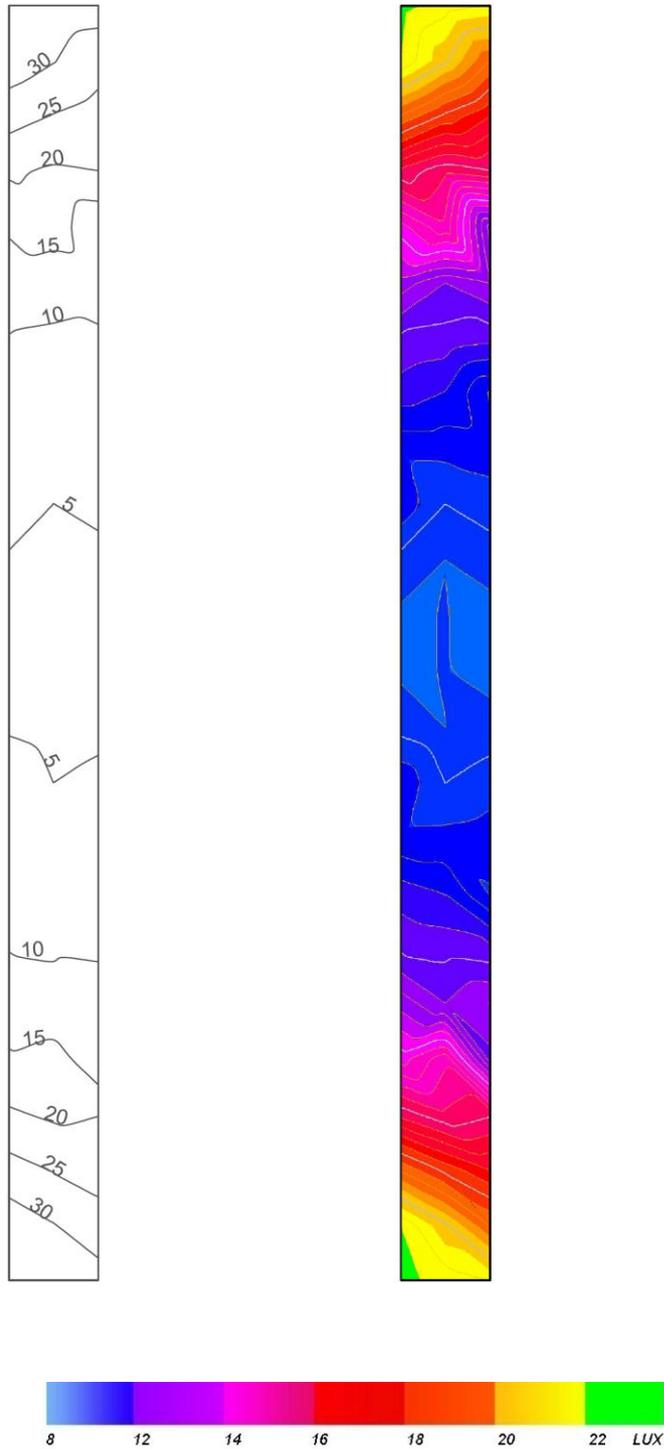
A partir del modelo de retícula anterior se ha realizado la medición de Calle Azahar y los datos obtenidos han sido los siguientes.

33.40	32.50	32.00
33.00	30.20	27.00
26.90	24.70	23.00
20.70	19.14	19.88
15.55	17.75	10.63
12.61	11.01	12.03
9.81	9.63	9.32
8.53	7.95	5.90
6.23	6.28	6.48
6.84	4.98	5.51
4.62	3.99	4.44
3.83	4.04	3.61
3.83	4.04	3.61
4.62	3.99	4.44
6.84	4.98	5.51
6.23	6.28	6.48
8.53	7.95	5.90
9.81	9.63	9.32
12.61	11.01	12.03
15.55	17.75	10.63
20.70	19.14	19.88
26.90	24.70	23.00
33.00	30.20	27.00
33.40	32.50	32.00

A continuación se muestran los valores obtenidos a partir de esta medición, los cuales nos servirán para comparar con los datos obtenidos en DIALux.

	E_m	E_{min}	E_{max}	U_o
Calle Azahar	12,62	7,04	21,40	0,55

3. Isolíneas Reales



4. Simulación de DIALux

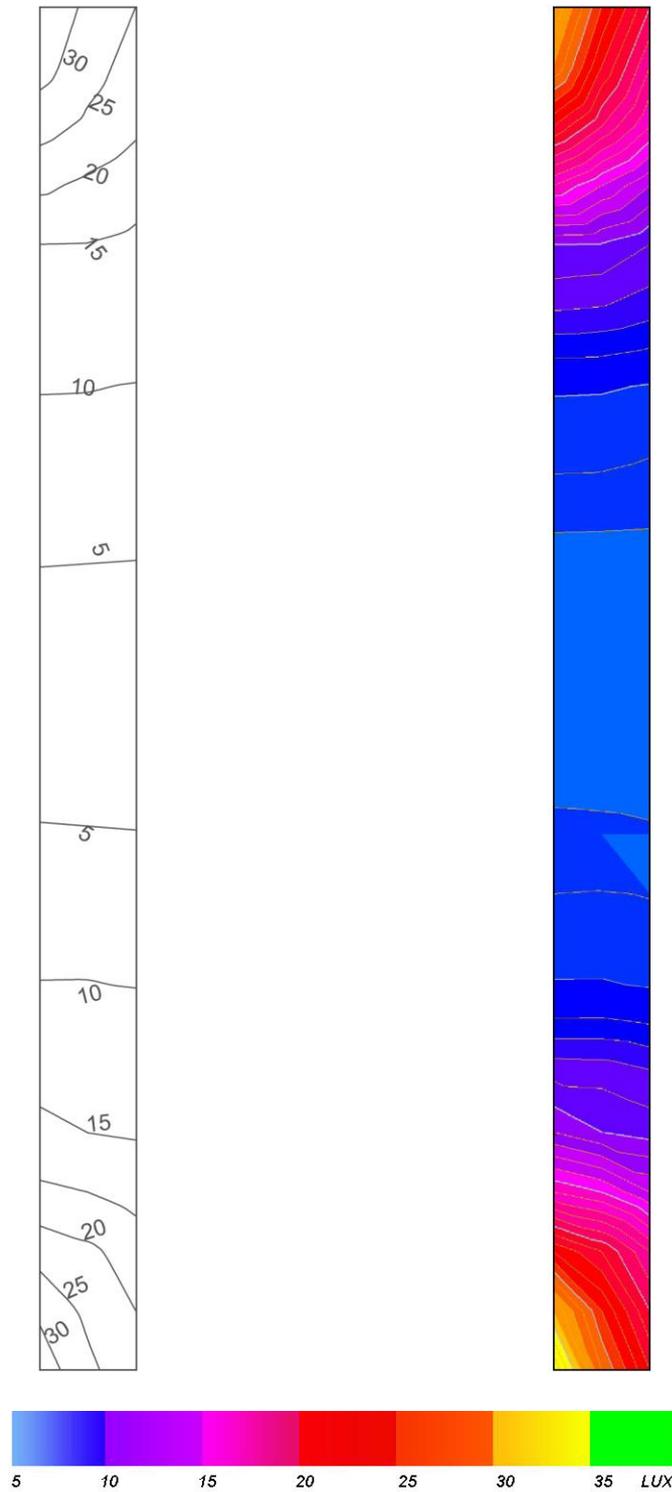
A partir del modelo de retícula anterior se ha realizado la simulación de Calle Azahar y los datos obtenidos han sido los siguientes.

29.00	24.00	20.00
27.00	22.00	18.00
22.00	19.00	16.00
16.00	14.00	12.00
10.00	9.90	8.98
8.24	8.07	7.55
5.74	5.69	5.40
4.37	4.33	4.21
3.93	3.92	3.84
2.92	2.90	2.86
2.73	2.71	2.69
2.62	2.65	2.63
2.78	2.78	2.78
2.88	2.86	2.84
3.10	3.09	3.05
4.00	4.05	3.97
4.43	4.45	4.34
5.78	5.80	5.53
8.72	8.66	8.16
11.00	10.00	9.59
16.00	15.00	13.00
23.00	21.00	18.00
29.00	24.00	20.00
33.00	26.00	22.00

A continuación se muestran los valores lumínicos obtenidos a partir de esta simulación.

	E_m	E_{min}	E_{max}	U_o
Calle de Atrás	12,00	7,61	19	0,63

5. Isolíneas DIALux



6. Tablas de coordenadas

· Datos DIALux

23	33	26	22
22	29	24	20
21	23	21	18
20	16	15	13
19	11	10	9.59
18	8.72	8.66	8.16
17	5.78	5.80	5.53
16	4.43	4.45	4.34
15	4.00	4.05	3.97
14	3.10	3.09	3.05
13	2.88	2.86	2.84
12	2.78	2.78	2.78
11	2.62	2.65	2.63
10	2.73	2.71	2.69
9	2.92	2.90	2.86
8	3.93	3.92	3.84
7	4.37	4.33	4.21
6	5.74	5.69	5.40
5	8.24	8.07	7.55
4	10	9.90	8.98
3	16	14	12
2	22	19	16
1	27	22	18
0.5	29	24	20
M	0.4	1.2	2

• Datos de Campo

23	33,4	32,5	32
22	33	30,2	27
21	26,9	24,7	23
20	20,7	19,14	19,88
19	15,55	17,75	10,63
18	12,61	11,01	12,03
17	9,81	9,63	9,32
16	8,53	7,95	5,9
15	6,23	6,28	6,48
14	6,84	4,98	5,51
13	4,62	3,99	4,44
12	3,83	4,04	3,61
11	3,83	4,04	3,61
10	4,62	3,99	4,44
9	6,84	4,98	5,51
8	6,23	6,28	6,48
7	8,53	7,95	5,9
6	9,81	9,63	9,32
5	12,61	11,01	12,03
4	15,55	17,75	10,63
3	20,7	19,14	19,88
2	26,9	24,7	23
1	33	30,2	27
0.5	33,4	32,5	32
M	0.4	1.2	2

7. Simulación de propuesta, Indal Jargeau 43W LED

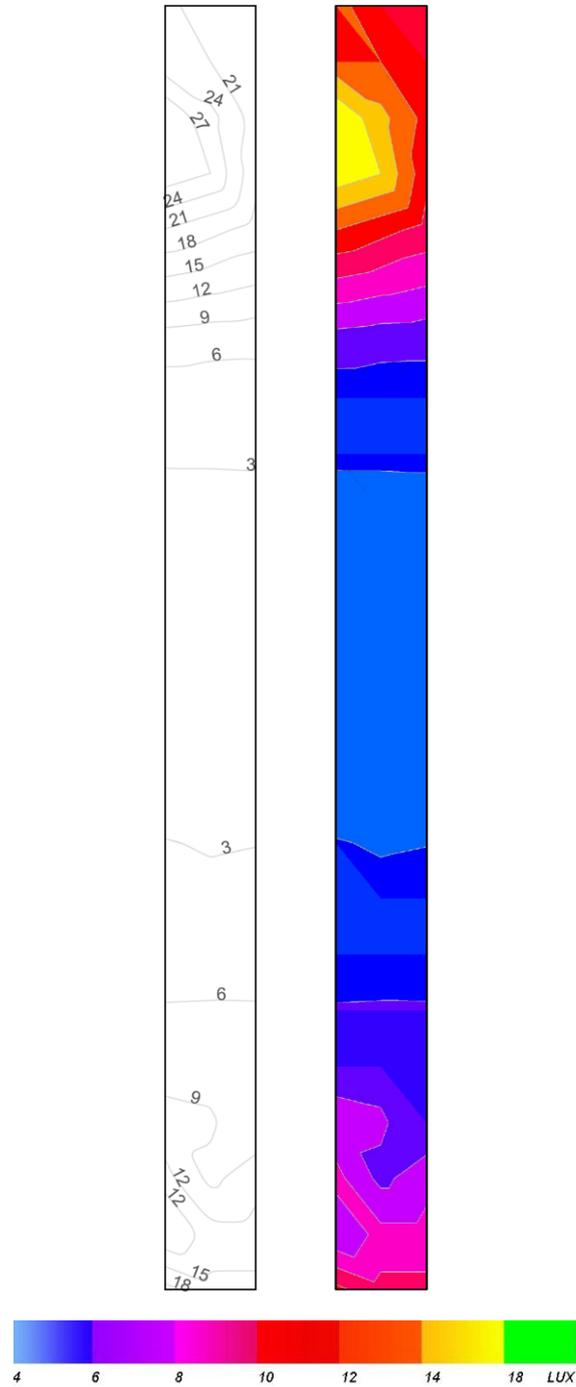
Con la misma retícula se ha realizado la simulación de la propuesta de Calle Azahar y los datos obtenidos han sido los siguientes.

22	19	20
22	21	20
30	25	20
29	27	19
21	19	17
14	13	12
7,49	7	6,85
4,32	4,25	4,3
3,34	3,34	3,39
2,15	2,18	2,2
1,87	1,91	1,91
1,83	1,87	1,85
1,89	1,88	1,83
2,01	1,96	1,9
2,28	2,18	2,16
3,06	2,9	2,97
3,37	3,28	3,37
4,1	4,18	4,26
6,32	6,4	6,35
7,85	7,49	7,16
10	9,56	6,22
13	8,15	11
9,27	13	13
19	16	16

A continuación se muestran los valores lumínicos obtenidos a partir de esta simulación.

	E_m	E_{min}	E_{max}	U_o
Calle de Atrás	9	1,84	29	0,20

8. Isolíneas Propuesta



9. Tabla de coordenadas de la propuesta

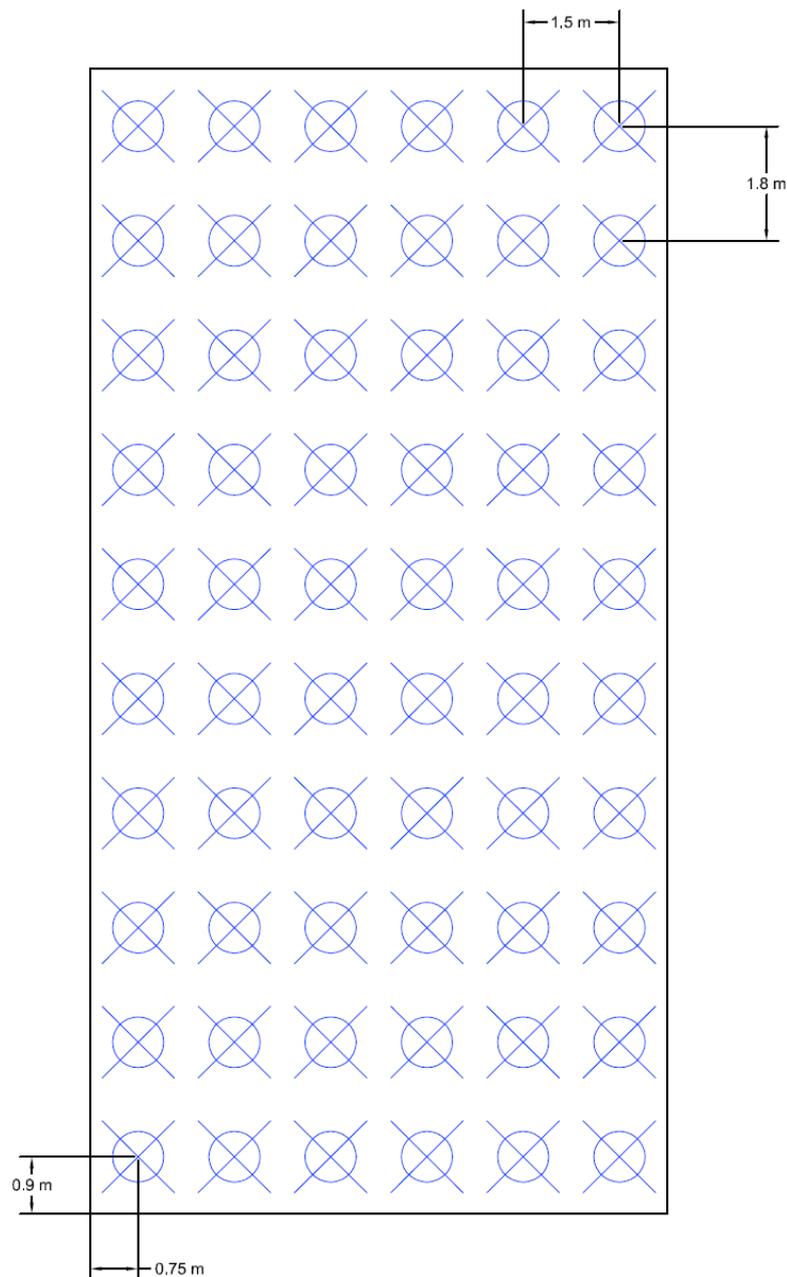
- Datos de Propuesta

23	19	16	16
22	9.27	13	13
21	13	8.15	11
20	10	9.56	6.22
19	7.85	7.49	7.16
18	6.32	6.40	6.35
17	4.10	4.18	4.26
16	3.37	3.28	3.37
15	3.06	2.90	2.97
14	2.28	2.18	2.16
13	2.01	1.96	1.90
12	1.89	1.88	1.83
11	1.83	1.87	1.85
10	1.87	1.91	1.91
9	2.15	2.18	2.20
8	3.34	3.34	3.39
7	4.32	4.25	4.30
6	7.49	7.00	6.85
5	14	13	12
4	21	19	17
3	29	27	19
2	30	25	20
1	22	21	20
0.5	22	19	20
M	0.4	1.2	2

1.3. AVDA. PABLO RUIZ PICASSO

1. Retícula de Medida

Para las mediciones de Avda. Pablo Ruiz Picasso se ha utilizado una retícula de medida de 6 x 10 puntos de forma que cumpla con lo indicado en la ITC-EA-07 del RD 1890/2008.



Esta misma retícula de medida ha sido utilizada para las mediciones de la simulación en DIALux con el fin de poder comparar los datos obtenidos.

2. Simulación DIALux

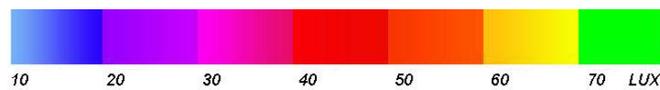
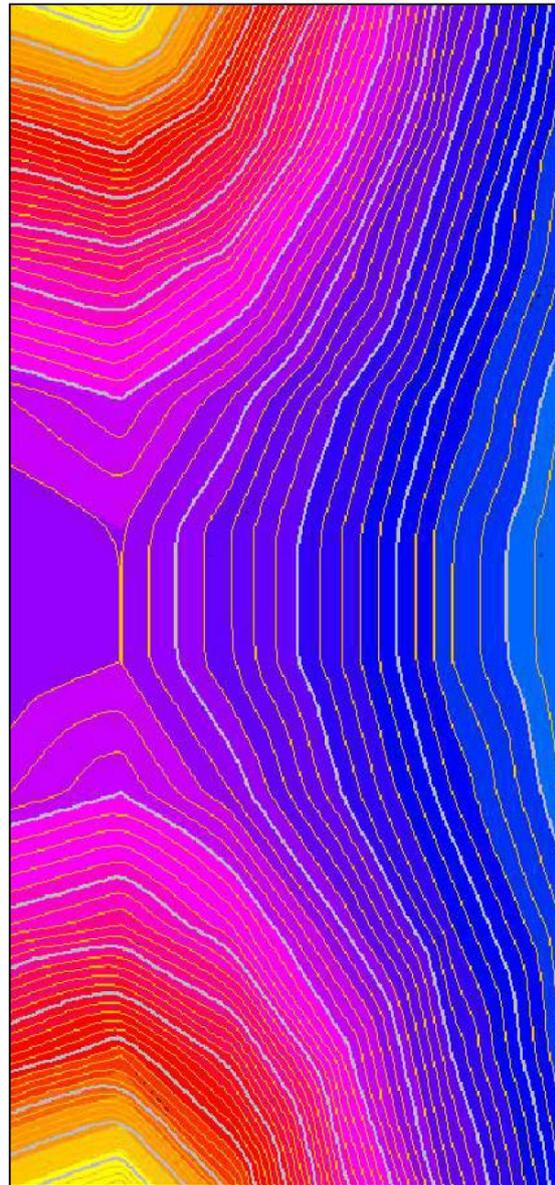
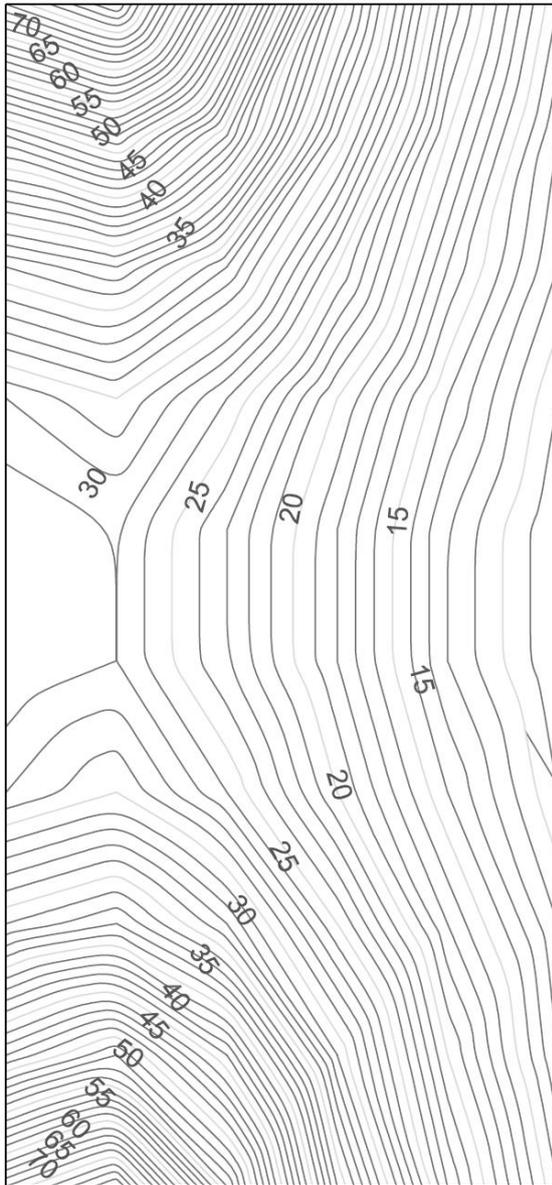
A partir del modelo de retícula anterior se ha realizado la simulación de Avda. Pablo Ruiz Picasso y los datos obtenidos han sido los siguientes.

					
69	74	59	41	28	19
					
53	57	49	36	25	17
					
41	43	38	30	22	16
					
33	35	31	25	19	14
					
31	32	28	23	17	13
					
31	32	28	23	17	13
					
33	35	31	25	19	14
					
41	43	38	30	22	16
					
53	57	49	36	25	17
					
69	74	59	41	28	19

A continuación se muestran los valores obtenidos a partir de esta simulación, los cuales nos servirán para comparar con las propuestas.

	E_m	E_{min}	E_{max}	U_o
Avda. Pablo Ruiz Picasso	34	13	74	0,39

3. Isolíneas Dialux



• Simulación Dialux

17.100	69	74	59	41	28	19
15.300	53	57	49	36	25	17
13.500	41	43	38	30	22	16
11.700	33	35	31	25	19	14
9.900	31	32	28	23	17	13
8.100	31	32	28	23	17	13
6.300	33	35	31	25	19	14
4.500	41	43	38	30	22	16
2.700	53	57	49	36	25	17
0.900	69	74	59	41	28	19
M	0.750	2.250	3.750	5.250	6.750	8.250

7. Simulación de propuesta, Hella 68W LED

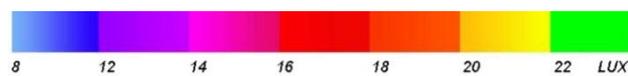
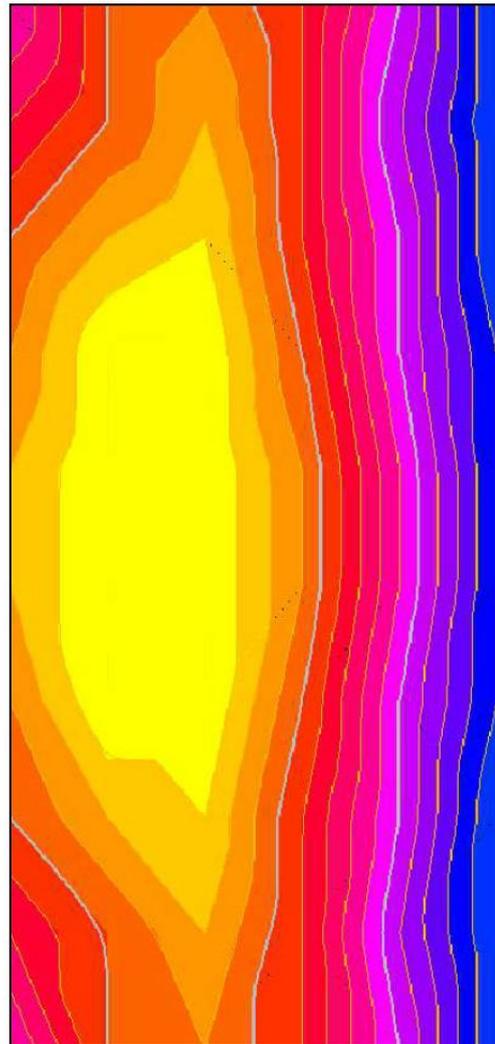
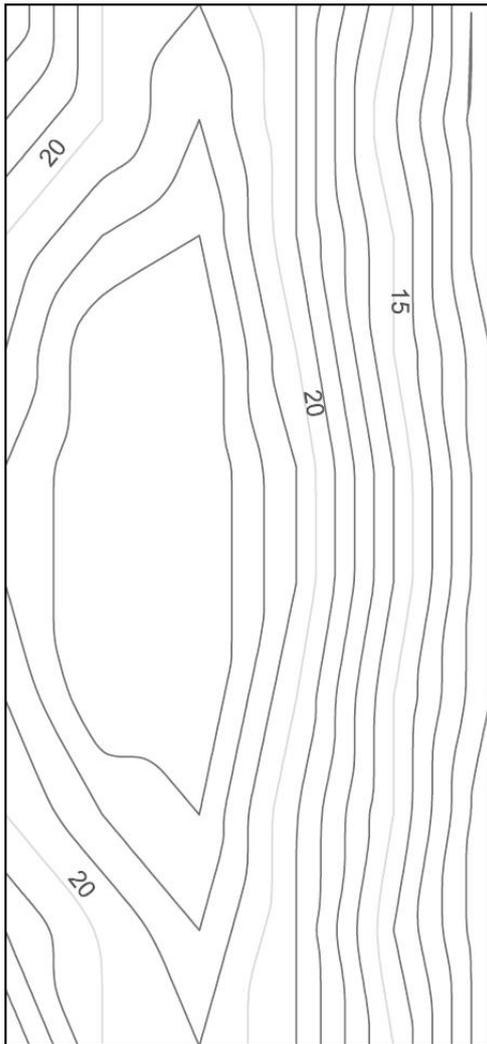
Con la misma retícula se ha realizado la simulación de la propuesta de Avda. Pablo Ruiz Picasso y los datos obtenidos han sido los siguientes.

 16	 20	 21	 19	 15	 10
 18	 20	 22	 19	 14	 10
 20	 22	 23	 19	 15	 10
 21	 24	 24	 20	 15	 11
 22	 24	 24	 21	 16	 11
 22	 24	 24	 21	 16	 11
 21	 24	 24	 20	 15	 11
 20	 22	 23	 19	 15	 10
 18	 20	 22	 19	 14	 10
 16	 20	 21	 19	 15	 10

A continuación se muestran los valores lumínicos obtenidos a partir de esta simulación.

	E_m	E_{min}	E_{max}	U_o
Avda. Pablo Ruiz Picasso	18	10	24	0,56

8. Isolíneas Propuesta



9. Tabla de coordenadas de la propuesta

• Datos de Propuesta

17.100	16	20	21	19	15	10
15.300	18	20	22	19	14	10
13.500	20	22	23	19	15	10
11.700	21	24	24	20	15	11
9.900	22	24	24	21	16	11
8.100	22	24	24	21	16	11
6.300	21	24	24	20	15	11
4.500	20	22	23	19	15	10
2.700	18	20	22	19	14	10
0.900	16	20	21	19	15	10
M	0.750	2.250	3.750	5.250	6.750	8.250

ANEXO III: ESTUDIO ECONÓMICO



SPICUM
servicio de publicaciones

ANEXO III. ESTUDIO DE VIABILIDAD ECONÓMICA

Al igual que en los anexos anteriores, a continuación se presenta el desarrollo del estudio económico realizado para las tres tipologías de calles analizadas de la población de Álora.

Para ello se han definido los costes de referencia de mano de obra, así como el tiempo estimado que se empleará en las diversas tareas a desarrollar, montaje y desmontaje de luminarias, maquinaria necesaria para tal fin.

En cuanto a costes de mano de obra se ha definido que:

Tipo	Coste (€/h)
Operario	18
Camión cesta	30
Montaje andamio	20
Pintura	12

Tabla III.1. Costes mano de obra. Fuente: Preoc

Además, cada acción que se realice, ya sea montaje o desmontaje requiere un tiempo y una mano de obra distinta. Aquí se muestra una tabla donde se recoge lo que conlleva cada acción:

Acción	Coste
Desmontaje luminaria	24 €
Montaje pto. luz nuevo antigua posición	39 €
Montaje de punto de luz	48 €

Tabla III.2. Costes de operación. Fuente: Preoc

Mediante los valores tabulados anteriormente se ha realizado el estudio de viabilidad económica de cada propuesta mediante el programa PRESTO, las cuales se muestran al final del Anexo.

CUADRO DE DESCOMPUESTOS (Pres)

CÓDIGO	CANTIDAD UD	RESUMEN	PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE
CAPITULO MO Mano Obra					
DESM		Desmontaje Luminaria			
		El desmontaje de la instalación existente incluye el desmontaje tanto de la luminaria como del brazo que la sustenta, así como las modificaciones necesarias en la instalación eléctrica.			
		- El pequeño material incluido.			
		- Transporte incluido.			
		- Maquinaria incluida.			
1.1	0,500	Técnico Operario	18,00	9,00	
1.2	0,500	Camión Cesta	30,00	15,00	
				TOTAL PARTIDA.....	24,00
Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de VEINTICUATRO EUROS					
MONTEXIS		Montaje Luminaria Existente			
1.1	1,000	Técnico Operario	18,00	18,00	
1.2	0,500	Camión Cesta	30,00	15,00	
1.4	0,500	Pintura	12,00	6,00	
				TOTAL PARTIDA.....	39,00
Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de TREINTA Y NUEVE EUROS					
MONT		Montaje Punto Luz			
1.1	1,500	Técnico Operario	18,00	27,00	
1.2	0,500	Camión Cesta	30,00	15,00	
1.4	0,500	Pintura	12,00	6,00	
				TOTAL PARTIDA.....	48,00
Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CUARENTA Y OCHO EUROS					
1000		Precios Unitarios			
1.1	1,000	Técnico Operario	18,00	18,00	
1.2	1,000	Camión Cesta	30,00	30,00	
1.3	1,000	Montaje Andamio	20,00	20,00	
1.4	1,000	Pintura	12,00	12,00	
				TOTAL PARTIDA.....	80,00
Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de OCHENTA EUROS					
2		Desmontaje de luminarias existentes			
DESM	1,000	Desmontaje Luminaria	24,00	24,00	
				TOTAL PARTIDA.....	24,00
Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de VEINTICUATRO EUROS					

CUADRO DE DESCOMPUESTOS (Pres)

CÓDIGO	CANTIDAD UD	RESUMEN	PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE
CAPÍTULO MA Material					
5085106		Simon Lighting FC6 WB EXTENSIVO Vsap 70W Luminaria de diseño clásico, adecuada para calles, avenidas, zonas peatonales, parques y jardines. - Cuerpo: polímero técnico. - Difusor: refractor de policarbonato prismatizado (PC) o metacrilato prismatizado (PMMA). - Sistema de cierre: tornillería de acero inoxidable. Luminaria con su correspondiente lámpara y equipo de arranque electrónico incluido. Sin descomposición			
TOTAL PARTIDA.....					198,80
Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CIENTO NOVENTA Y OCHO EUROS con OCHENTA CÉNTIMOS					
50-85601		Simon Lighting FO2 MP HM 50W Luminaria de alumbrado urbano adecuada para calles, avenidas, zonas peatonales, parques y jardines. - Cuerpo en fundición inyectada de aluminio - Reflector interior en aluminio blanco - Difusor en policarbonato prismatizado. Luminaria con su correspondiente lámpara y equipo de arranque electrónico incluido. Sin descomposición			
TOTAL PARTIDA.....					177,80
Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CIENTO SETENTA Y SIETE EUROS con OCHENTA CÉNTIMOS					
Villa IJT-M1		Indal 36 LED Villa Villa. Modelo IJTS-M1 , 36 LED. Luminaria de estilo clásico con capota embisagrada de aluminio fundido L-2520, acabada en pintura poliéster de color negro texturado. - Cuerpo de igual material y acabado que la capota. - Sistema de fijación mediante racor y tuerca de 1" G en la parte superior de la capota. - Tuercas esféricas embellecedoras en fundición de aluminio Luminaria con su correspondiente lámpara y equipo de arranque electrónico incluido. Sin descomposición			
TOTAL PARTIDA.....					401,10
Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CUATROCIENTOS UN EUROS con DIEZ CÉNTIMOS					
VUL 3508STU		Vulkan Vsap 70W Sin descomposición			
TOTAL PARTIDA.....					186,90
Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CIENTO OCHENTA Y SEIS EUROS con NOVENTA CÉNTIMOS					
50-74201		VIENA WB Extensivo Vsap 70W Luminaria IP65 (RD) y IP23 (WB y SL). - Cuerpo en plancha de acero zincado - Reflector en aluminio anodizado - Difusor en refractor de metacrilato transparente (PMMA trans), metacrilato opal (PMMA opal) y metacrilato y grabado (PMMA grab). Medidas:450x450x830 mm. Luminaria con su correspondiente lámpara y equipo de arranque electrónico incluido. Sin descomposición			
TOTAL PARTIDA.....					200,90
Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de DOSCIENTOS EUROS con NOVENTA CÉNTIMOS					

CUADRO DE DESCOMPUESTOS (Pres)

CÓDIGO	CANTIDAD UD	RESUMEN	PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE
JA06CO0S		Indal Jargeau HM MT 60W Luminaria de estilo clásico para zonas residenciales. - Cuerpo y capota embisagrada en aluminio fundido. - Reflector viario en aluminio hidroconformado y anodizado. - Difusor de 4 trapecios en metacrilato liso color hielo, puede suministrarse en acabados transparente u opal excepto modelo LED. Bandeja portaequipos en chapa de acero galvanizado. Luminaria con su correspondiente lámpara y equipo de arranque electrónico incluido. Sin descomposición			
TOTAL PARTIDA.....					238,00
Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de DOSCIENTOS TREINTA Y OCHO EUROS					
710 2P-51W		Uniled URBAN LED VILLA 710 2P-51W-(CNW)64L Luminaria led de línea clásica para exteriores. Luminaria con su correspondiente lámpara y equipo de arranque electrónico incluido. Sin descomposición			
TOTAL PARTIDA.....					373,80
Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de TRESCIENTOS SETENTA Y TRES EUROS con OCHENTA CÉNTIMOS					
50-88341		Simon Lighting ALYA Vmh 100W Luminaria IP66, IK09 de diseño moderno, adecuada para aplicaciones de alumbrado urbano. Luminaria con su correspondiente lámpara y equipo de arranque electrónico incluido. Sin descomposición			
TOTAL PARTIDA.....					352,10
Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de TRESCIENTOS CINCUENTA Y DOS EUROS con DIEZ CÉNTIMOS					
50-86521		Simon Lighting BERLIN Vsap 150W Luminaria IP66 Berlin 150W Vsap (RD) de diseño clásico, adecuada para calles, avenidas, zonas peatonales, parques y jardines. - Cuerpo: fundición de aluminio. 860xØ460 - Reflector: aluminio anodizado. - Difusor: metacrilato de alta resistencia al impacto transparente, grabado u opal. Luminaria con su correspondiente lámpara y equipo de arranque electrónico incluido. Sin descomposición			
TOTAL PARTIDA.....					483,00
Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CUATROCIENTOS OCHENTA Y TRES EUROS					
50-86520		Simon Lighting BERLIN Vsap 100W Luminaria IP66 Berlin 100W Vsap (RD) de diseño clásico, adecuada para calles, avenidas, zonas peatonales, parques y jardines. - Cuerpo: fundición de aluminio. 860xØ460 - Reflector: aluminio anodizado. - Difusor: metacrilato de alta resistencia al impacto transparente, grabado u opal. Luminaria con su correspondiente lámpara y equipo de arranque electrónico incluido. Sin descomposición			
TOTAL PARTIDA.....					441,00
Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CUATROCIENTOS CUARENTA Y UN EUROS					

CUADRO DE DESCOMPUESTOS (Pres)

CÓDIGO	CANTIDAD UD	RESUMEN	PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE
Stela Wide		Indal Stela 36LED Luminaria LED de última generación con ahorro energético y reducción del CO2. - Cuerpo en aleación de aluminio LM6 inyectado a alta presión. - Sistema óptico LED en tres tonos de luz. - Bandeja portaequipos en chapa de acero galvanizado. - Color gris 900 sablé. Luminaria con su correspondiente lámpara y equipo de arranque electrónico incluido.			
				Sin descomposición	
		TOTAL PARTIDA			500,50
		Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de QUINIENTOS EUROS con CINCUENTA CÉNTIMOS			
1.5		Pintura 1Kg			
				Sin descomposición	
		TOTAL PARTIDA			2,92
		Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de DOS EUROS con NOVENTA Y DOS CÉNTIMOS			
1.6		Pequeño Material			
				Sin descomposición	
		TOTAL PARTIDA			12,00
		Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de DOCE EUROS			
1.7		SopORTE brazo para luminaria sustentada			
				Sin descomposición	
		TOTAL PARTIDA			47,60
		Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CUARENTA Y SIETE EUROS con SESENTA CÉNTIMOS			
1.8		Columna 4m			
				Sin descomposición	
		TOTAL PARTIDA			251,00
		Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de DOSCIENTOS CINCUENTA Y UN EUROS			
1.9		Columna 6m Galvanizada			
				Sin descomposición	
		TOTAL PARTIDA			237,00
		Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de DOSCIENTOS TREINTA Y SIETE EUROS			
1.10		Juego Pernos 4 uds.			
				Sin descomposición	
		TOTAL PARTIDA			17,20
		Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de DIECISIETE EUROS con VEINTE CÉNTIMOS			
1.11		Báculo 12m Galvanizado			
				Sin descomposición	
		TOTAL PARTIDA			592,00
		Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de QUINIENTOS NOVENTA Y DOS EUROS			

CUADRO DE DESCOMPUESTOS (Pres)

CÓDIGO	CANTIDAD UD	RESUMEN	PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE
BEGA9100		<p>BEGA mod. 9100 con lámpara HIT-CE 35 W</p> <p>Villa. Modelo IJTS-M1 , 36 LED. Luminaria de estilo clásico con capota embisagrada de aluminio fundido L-2520, acabada en pintura poliéster de color negro texturado.</p> <p>- Cuerpo de igual material y acabado que la capota. - Sistema de fijación mediante racor y tuerca de 1" G en la parte superior de la capota. - Tuercas esféricas embelleecedoras en fundición de aluminio</p> <p>Luminaria con su correspondiente lámpara y equipo de arranque electrónico incluido.</p> <p style="text-align: right;">Sin descomposición</p>			
TOTAL PARTIDA.....					283,04
Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de DOSCIENTOS OCHENTA Y TRES EUROS con CUATRO CÉNTIMOS					
IDMAN		<p>IDMAN 621 HGV AC 1xSON-T 100W</p> <p>Luminaria IDMAN 621 HGV AC 1xSON-T 100W, 220V, A.F., con grado de protección IP 66, carcasa de fundición de aluminio con puerta abatible abisagrada, junta EPDM para asegurar la hermeticidad, cierre de vidrio borosilicatado prismático, conjunto óptico cerrado con reflector de aluminio hidroconformado y filtro de carbón activado incorporado en la carcasa y equipado con lámpara de vapor de sodio de alta presión de 100 W.</p> <p style="text-align: right;">Sin descomposición</p>			
TOTAL PARTIDA.....					195,34
Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CIENTO NOVENTA Y CINCO EUROS con TREINTA Y CUATRO CÉNTIMOS					
PH340		<p>Philips sgp 340 HM 125W</p> <p>Familia de luminarias capaz de adaptarse a todas las aplicaciones de alumbrado vial. Carcasa: Aluminio inyectado a alta presión. Reflector: Aluminio anodizado. Cierre: Vidrio Plano (FG) ó Policarb. (PC).</p> <p style="text-align: right;">Sin descomposición</p>			
TOTAL PARTIDA.....					269,00
Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de DOSCIENTOS SESENTA Y NUEVE EUROS					
HELLA		<p>Hella ESL CASE 4 60W LED</p> <p>La luminaria de la familia Eco StreetLine de cuatro módulos LED independientes diseñados para cumplir las exigencias de las diferentes clases de iluminación. Es posible atenuar la luz reduciendo el 50% el consumo de energía y la intensidad luminosa mediante un sistema de doble nivel.</p> <p style="text-align: right;">Sin descomposición</p>			
TOTAL PARTIDA.....					906,50
Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de NOVECIENTOS SEIS EUROS con CINCUENTA CÉNTIMOS					

PRESUPUESTO Y MEDICIONES

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
CAPÍTULO PROPUESTA 1 CALLE DE ATRAS									
1	Simon Lighting FC6 WB EXTENSIVO Vsap 70W Luminaria de diseño clásico, adecuada para calles, avenidas, zonas peatonales, parques y jardines. - Cuerpo: polímero técnico. - Difusor: refractor de policarbonato prismatizado (PC) o metacrilato prismatizado (PMMA). - Sistema de cierre: tornillería de acero inoxidable.						13,00	249,72	3.246,36
2	Desmontaje de luminarias existentes						16,00	24,00	384,00
TOTAL CAPÍTULO PROPUESTA 1 CALLE DE ATRAS.....									3.630,36
TOTAL.....									3.630,36

PRESUPUESTO Y MEDICIONES

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
CAPÍTULO PROPUESTA 2 CALLE DE ATRAS									
1	u Vulkan Vsap 70W Modelo3508/STU. Luminaria suspendida de aluminio fundido, acabada en pintura poliéster negro texturado. - Material cuerpo de aluminio fundido. - Sistema de fijación en la parte superior de la capota. - Tuercas esféricas embellecedoras en fundición de aluminio Luminaria con su correspondiente lámpara y equipo de arranque electrónico incluido.						12,00	237,82	2.853,84
2	Desmontaje de luminarias existentes						16,00	24,00	384,00
TOTAL CAPÍTULO PROPUESTA 2 CALLE DE ATRAS.....									3.237,84
TOTAL.....									3.237,84

PRESUPUESTO Y MEDICIONES

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
CAPÍTULO PROPUESTA 3 CALLE DE ATRAS									
1	u Indal 36 LED Villa Villa. Modelo IJTS-M1 , 36 LED. Luminaria de estilo clásico con capota embisagrada de aluminio fundido L-2520, acabada en pintura poliéster de color negro texturado. - Cuerpo de igual material y acabado que la capota. - Sistema de fijación mediante racor y tuerca de 1" G en la parte superior de la capota. - Tuercas esféricas embellecedoras en fundición de aluminio Luminaria con su correspondiente lámpara y equipo de arranque electrónico incluido.								
							16,00	443,02	7.088,32
2	Desmontaje de luminarias existentes						16,00	24,00	384,00
TOTAL CAPÍTULO PROPUESTA 3 CALLE DE ATRAS.....									7.472,32
TOTAL.....									7.472,32

PRESUPUESTO Y MEDICIONES

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
CAPÍTULO PROPUESTA 4 CALLE DE ATRAS									
1	Simon Lighting FO2 MP HM 50W Luminaria de alumbrado urbano adecuada para calles, avenidas, zonas peatonales, parques y jardines. - Cuerpo en fundición inyectada de aluminio - Reflector interior en aluminio blanco - Difusor en policarbonato prismatizado. Luminaria con su correspondiente lámpara y equipo de arranque electrónico incluido.								
							12,00	228,72	2.744,64
2	Desmontaje de luminarias existentes						16,00	24,00	384,00
TOTAL CAPÍTULO PROPUESTA 4 CALLE DE ATRAS.....									3.128,64
TOTAL.....									3.128,64

PRESUPUESTO Y MEDICIONES

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
CAPÍTULO PROPUESTA 1 CALLE AZAHAR									
1	u Indal 36 LED Villa Villa. Modelo IJTS-M1 , 36 LED. Luminaria de estilo clásico con capota embisagrada de aluminio fundido L-2520, acabada en pintura poliéster de color negro texturado. - Cuerpo de igual material y acabado que la capota. - Sistema de fijación mediante racor y tuerca de 1" G en la parte superior de la capota. - Tuercas esféricas embellecedoras en fundición de aluminio Luminaria con su correspondiente lámpara y equipo de arranque electrónico incluido.						10,00	443,02	4.430,20
2	Desmontaje de luminarias existentes						10,00	24,00	240,00
TOTAL CAPÍTULO PROPUESTA 1 CALLE AZAHAR.....									4.670,20
TOTAL.....									4.670,20

PRESUPUESTO Y MEDICIONES

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
CAPÍTULO PROPUESTA 2 CALLE AZAHAR									
1	u Montaje y pintura de luminaria existente Montaje y pintado de luminaria existente así como del brazo que la soporta. Pintura de poliéster en polvo con acabado electrostático para proporcionar una resistencia superior contra la corrosión.						10,00	50,92	509,20
2	Desmontaje de luminarias existentes						10,00	24,00	240,00
TOTAL CAPÍTULO PROPUESTA 2 CALLE AZAHAR.....									749,20
TOTAL.....									749,20

PRESUPUESTO Y MEDICIONES

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
CAPÍTULO PROPUESTA 3 CALLE AZAHAR									
1	u BEGA 9100 HIT-CE 35 W Villa. Modelo IJTS-M1 , 36 LED. Luminaria de estilo clásico con capota embisagrada de aluminio fundido L-2520, acabada en pintura poliéster de color negro texturado. - Cuerpo de igual material y acabado que la capota. - Sistema de fijación mediante racor y tuerca de 1" G en la parte superior de la capota. - Tuercas esféricas embellecedoras en fundición de aluminio Luminaria con su correspondiente lámpara y equipo de arranque electrónico incluido.								
							8,00	333,96	2.671,68
2	Desmontaje de luminarias existentes								
							10,00	24,00	240,00
TOTAL CAPÍTULO PROPUESTA 3 CALLE AZAHAR.....									2.911,68
TOTAL.....									2.911,68

PRESUPUESTO Y MEDICIONES

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
CAPÍTULO PROPUESTA 1 AVDA. PABLO RUIZ PICASSO									
1	Philips sgp 340 HM 125W Luminaria de diseño clásico, adecuada para calles, avenidas, zonas peatonales, parques y jardines. - Cuerpo: polímero técnico. - Difusor: refractor de policarbonato prismatizado (PC) o metacrilato prismatizado (PMMA). - Sistema de cierre: tornillería de acero inoxidable.								
							13,00	319,92	4.158,96
2	Desmontaje de luminarias existentes						9,00	24,00	216,00
TOTAL CAPÍTULO PROPUESTA 1 AVDA. PABLO RUIZ PICASSO.....									4.374,96
TOTAL.....									4.374,96

PRESUPUESTO Y MEDICIONES

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
CAPÍTULO PROPUESTA 2 AVDA. PABLO RUIZ PICASSO									
1	IDMAN 621 HGV AC 1xSON-T 100W Luminaria de diseño clásico, adecuada para calles, avenidas, zonas peatonales, parques y jardines. - Cuerpo: polímero técnico. - Difusor: refractor de policarbonato prismatizado (PC) o metacrilato prismatizado (PMMA). - Sistema de cierre: tornillería de acero inoxidable.								
							9,00	237,26	2.135,34
2	Desmontaje de luminarias existentes						9,00	24,00	216,00
TOTAL CAPÍTULO PROPUESTA 2 AVDA. PABLO RUIZ PICASSO.....									2.351,34
TOTAL.....									2.351,34

PRESUPUESTO Y MEDICIONES

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
CAPÍTULO PROPUESTA 3 AVDA. PABLO RUIZ PICASSO									
1	Hella ESL CASE 4 60W LED Luminaria de diseño clásico, adecuada para calles, avenidas, zonas peatonales, parques y jardines. - Cuerpo: polímero técnico. - Difusor: refractor de policarbonato prismatizado (PC) o metacrilato prismatizado (PMMA). - Sistema de cierre: tornillería de acero inoxidable.								
							9,00	948,42	8.535,78
2	Desmontaje de luminarias existentes								
							9,00	24,00	216,00
TOTAL CAPÍTULO PROPUESTA 3 AVDA. PABLO RUIZ PICASSO.....									8.751,78
TOTAL.....									8.751,78

Tomando como referencia los datos obtenidos de la base de datos de precios, vamos a proceder a la realización de cálculos económicos, que nos permitan decidir para cada vía de estudio cual es más interesante desde este punto de vista. Para ello vamos a calcular el Valor Actual Neto (VAN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR) apoyándonos en estos dos valores y en período de retorno para tomar tales decisiones.

Para el cálculo del VAN y el TIR se ha tomado una tasa de interés del 7%.

CALLE DE ATRÁS

CALLE DE ATRÁS					
	ACTUAL	PROPUESTA 1	PROPUESTA 2	PROPUESTA 3	PROPUESTA 4
Potencia de la lámpara (W)	70	70	70	43	50
Flujo luminoso (lm)	6.600	6.600	6.600	3.600	6.500
Vida media de la lámpara (h)	20.000	20.000	20.000	50.000	15.000
Potencia equipos (W)	14	14	13	6	12
Potencia consumida total de la lámpara (W)	84	84	83	49	62
Numero puntos de luz	16	13	12	16	15
Total consumo (W)	1.344	1.092	996	784	930
Total consumo anual (KW/h)	5.376	4.368	3.984	3.136	3.720
Coste anual por consumo (€)	806	655	598	470	558
Ahorro anual frente a lo actual (€)	-	151	208	336	248
Inversión inicial	-	3.630,36	3.237,84	7.472,32	3.128,64
Reposición de lámparas	-	429	396	1.344	495

Tabla III.3. Datos de las luminarias de las diversas opciones C/ de Atrás. Fuente: Elaboración propia.

	PROPUESTA 1	PROPUESTA 2	PROPUESTA 3	PROPUESTA 4
Tipo de luminaria	VSAP 70	VSAP 70	LED	HM 50
Precio (€)	199	187	401	178
Precio total luminarias (€)	2.587	2.244	6.416	2.667
Coste de una lámpara	21	21	164	24
Número de sustituciones de lámparas	4	4	1	6
Coste de sustitución de lámparas (€)	33	33	84	33
Coste sustitución total de lámparas (€)	429	396	1344	495

Tabla III. 4. Costes operaciones. Fuente: Elaboración propia.

PROPUESTA 1 (VSAP)				
	INGRESOS	GASTOS	TOTAL	TOTAL ACUMULADO
INVERSION INICIAL		-3630	-3630	-3630
AÑO 1	151		151	-3479
AÑO 2	162		162	-3318
AÑO 3	173		173	-3145
AÑO 4	185		185	-2960
AÑO 5	198	-563	-365	-3325
AÑO 6	212		212	-3113
AÑO 7	227		227	-2887
AÑO 8	242		242	-2644
AÑO 9	259		259	-2385
AÑO 10	278		278	-2107
AÑO 11	297	-845	-548	-2655
AÑO 12	318		318	-2337
AÑO 13	340		340	-1997
AÑO 14	364		364	-1633
AÑO 15	389		389	-1244
AÑO 16	417		417	-827
AÑO 17	446	-1268	-822	-1649
AÑO 18	477		477	-1173
AÑO 19	510		510	-662
AÑO 20	546		546	-116
AÑO 21	584		584	468
AÑO 22	625		625	1094
AÑO 23	669	-1903	-1234	-141
AÑO 24	716		716	575
AÑO 25	766		766	1341
AMORTIZACIÓN EN				NO SE AMORTIZA
VAN			-1.187,67 €	
TIR			2%	

Tabla III.5. VAN y TIR de la propuesta 1 C/ de Atrás. Fuente: Elaboración propia

PROPUESTA 2 (VSAP)				
	INGRESOS	GASTOS	TOTAL	TOTAL ACUMULADO
INVERSION INICIAL		-3238	-3238	-3238
AÑO 1	208		208	-3030
AÑO 2	223		223	-2807
AÑO 3	238		238	-2569
AÑO 4	255		255	-2314
AÑO 5	273	-519	-246	-2561
AÑO 6	292		292	-2269
AÑO 7	312		312	-1957
AÑO 8	334		334	-1623
AÑO 9	357		357	-1265
AÑO 10	382		382	-883
AÑO 11	409	-779	-370	-1253
AÑO 12	438		438	-815
AÑO 13	468		468	-347
AÑO 14	501		501	155
AÑO 15	536		536	691
AÑO 16	574		574	1265
AÑO 17	614	-1169	-555	710
AÑO 18	657		657	1367
AÑO 19	703		703	2070
AÑO 20	752		752	2822
AÑO 21	805		805	3627
AÑO 22	861		861	4488
AÑO 23	922	-1754	-832	3656
AÑO 24	986		986	4642
AÑO 25	1055		1055	5697
	AMORTIZACIÓN EN			14 AÑOS
VAN			1.087,42 €	
TIR			7%	

Tabla III.6. VAN y TIR de la propuesta 2 C/ de Atrás. Fuente: Elaboración propia

PROPUESTA3 (LEDs)				
	INGRESOS	GASTOS	TOTAL	TOTAL ACUMULADO
INVERSION INICIAL		-7472	-7472	-7472
AÑO 1	336		336	-7136
AÑO 2	360		360	-6777
AÑO 3	385		385	-6392
AÑO 4	412		412	-5980
AÑO 5	440		440	-5540
AÑO 6	471		471	-5069
AÑO 7	504		504	-4565
AÑO 8	540		540	-4025
AÑO 9	577		577	-3448
AÑO 10	618		618	-2830
AÑO 11	661		661	-2169
AÑO 12	707		707	-1462
AÑO 13	757	-1530	-773	-2235
AÑO 14	810		810	-1425
AÑO 15	866		866	-559
AÑO 16	927		927	368
AÑO 17	992		992	1360
AÑO 18	1061		1061	2421
AÑO 19	1136		1136	3557
AÑO 20	1215		1215	4772
AÑO 21	1300		1300	6072
AÑO 22	1391		1391	7464
AÑO 23	1489		1489	8952
AÑO 24	1593		1593	10545
AÑO 25	1704		1704	12249
	AMORTIZACIÓN EN			16 AÑOS
VAN			1.842,25 €	
TIR			7%	

Tabla III.7. VAN y TIR de la propuesta 3 C/ de Atrás. Fuente: Elaboración propia

	PROPUESTA 4 (HM)			
	INGRESOS	GASTOS	TOTAL	TOTAL ACUMULADO
INVERSION INICIAL		-3129	-3129	-3129
AÑO 1	248		248	-2881
AÑO 2	265		265	-2615
AÑO 3	284		284	-2331
AÑO 4	304	-606	-302	-2634
AÑO 5	325		325	-2308
AÑO 6	348		348	-1961
AÑO 7	372		372	-1588
AÑO 8	398	-794	-396	-1984
AÑO 9	426		426	-1558
AÑO 10	456		456	-1102
AÑO 11	488		488	-614
AÑO 12	522	-1041	-519	-1133
AÑO 13	559		559	-575
AÑO 14	598		598	23
AÑO 15	639		639	662
AÑO 16	684	-1365	-681	-18
AÑO 17	732		732	714
AÑO 18	783		783	1497
AÑO 19	838		838	2335
AÑO 20	897	-1789	-892	1443
AÑO 21	960		960	2403
AÑO 22	1027		1027	3430
AÑO 23	1099		1099	4529
AÑO 24	1176	-2345	-1169	3359
AÑO 25	1258		1258	4617
	AMORTIZACIÓN EN			17 AÑOS
VAN			702,96 €	
TIR			7%	

Tabla III.8. VAN y TIR de la propuesta 4 C/ de Atrás. Fuente: Elaboración propia

PROPUESTAS CALLE AZAHAR

CALLE AZAHAR				
	ACTUAL	PROPUESTA 1	PROPUESTA 2	PROPUESTA 3
Potencia de la lámpara (W)	70	43	70	35
Flujo luminoso (lm)	6.600	3.600	6.600	4.200
Vida media de la lámpara (h)	20.000	50.000	20.000	15.000
Potencia equipos (W)	14	6	14	10
Potencia consumida total de la lámpara (W)	84	49	84	45
Numero puntos de luz	10	10	9	8
Total consumo (W)	840	490	756	360
Total consumo anual (KW/h)	3.360	1.960	3.024	1.440
Coste anual por consumo (€)	504	294	454	216
Ahorro anual frente a lo actual (€)	-	210	50	288
Inversión inicial	-	4.670,20	749,20	2.911,68
Reposición de lámparas	-	840,00	297,00	264,00

Tabla III.9. Datos de las luminarias de las diversas opciones C/ Azahar. Fuente: Presto

	PROPUESTA 1	PROPUESTA 2	PROPUESTA 3
Tipo de luminaria	LED	VSAP 70	HM 35
Precio (€)	401	-	283
Precio total luminarias (€)	4.010	-	2.264
Coste de una lámpara	75	21	19
Número de sustituciones de lámparas	1	4	6
Coste de sustitución de lámparas (€)	84	33	33
Coste sustitución total de lámparas (€)	840	297	264

Tabla III.10. Costes operaciones C/ Azahar. Fuente: Presto

	PROPUESTA 1 (LEDS)			
	INGRESOS	GASTOS	TOTAL	TOTAL ACUMULADO
INVERSION INICIAL		-4670,2	-4670,2	-4670,2
AÑO 1	210		210	-4460
AÑO 2	225		225	-4236
AÑO 3	240		240	-3995
AÑO 4	257		257	-3738
AÑO 5	275		275	-3463
AÑO 6	295		295	-3168
AÑO 7	315		315	-2853
AÑO 8	337		337	-2516
AÑO 9	361		361	-2155
AÑO 10	386		386	-1769
AÑO 11	413		413	-1356
AÑO 12	442		442	-914
AÑO 13	473	-1892	-1419	-2333
AÑO 14	506		506	-1826
AÑO 15	541		541	-1285
AÑO 16	579		579	-706
AÑO 17	620		620	-86
AÑO 18	663		663	578
AÑO 19	710		710	1288
AÑO 20	759		759	2047
AÑO 21	813		813	2860
AÑO 22	870		870	3729
AÑO 23	930		930	4660
AÑO 24	996		996	5655
AÑO 25	1065		1065	6720
			AMORTIZACIÓN EN	18 AÑOS
	VAN			6.720,26 €
	TIR			6%

Tabla III.11. VAN y TIR de la propuesta 1 C/ Azahar. Fuente: Elaboración propia

	PROPUESTA 2 (VSAP)			
	INGRESOS	GASTOS	TOTAL	TOTAL ACUMULADO
INVERSION INICIAL		-749,2	-749,2	-749,2
AÑO 1	50		50	-699
AÑO 2	51		51	-648
AÑO 3	53		53	-595
AÑO 4	54		54	-542
AÑO 5	55	-389	-334	-876
AÑO 6	57		57	-819
AÑO 7	58		58	-761
AÑO 8	59		59	-702
AÑO 9	61		61	-641
AÑO 10	62		62	-578
AÑO 11	64	-584	-520	-1099
AÑO 12	66		66	-1033
AÑO 13	67		67	-966
AÑO 14	69		69	-897
AÑO 15	71		71	-826
AÑO 16	72		72	-754
AÑO 17	74	-877	-803	-1556
AÑO 18	76		76	-1480
AÑO 19	78		78	-1402
AÑO 20	80		80	-1322
AÑO 21	82		82	-1240
AÑO 22	84		84	-1156
AÑO 23	86	-1316	-1230	-2386
AÑO 24	88		88	-2298
AÑO 25	90		90	-2207
	AMORTIZACIÓN EN			NO SE AMORTIZA
	VAN			-
	TIR			-

Tabla III.12. VAN y TIR de la propuesta 2 C/ Azahar. Fuente: Elaboración propia

	PROPUESTA3 (HM)			
	INGRESOS	GASTOS	TOTAL	TOTAL ACUMULADO
INVERSION INICIAL		-2911,68	-2911,68	-2911,68
AÑO 1	288		288	-2624
AÑO 2	295		295	-2328
AÑO 3	303		303	-2026
AÑO 4	310	-323	-13	-2039
AÑO 5	318		318	-1721
AÑO 6	326		326	-1395
AÑO 7	334		334	-1061
AÑO 8	342	-424	-82	-1143
AÑO 9	351		351	-792
AÑO 10	360		360	-432
AÑO 11	369		369	-64
AÑO 12	378	-556	-178	-242
AÑO 13	387		387	146
AÑO 14	397		397	543
AÑO 15	407		407	950
AÑO 16	417	-728	-311	638
AÑO 17	428		428	1066
AÑO 18	438		438	1504
AÑO 19	449		449	1953
AÑO 20	460	-955	-494	1459
AÑO 21	472		472	1931
AÑO 22	484		484	2415
AÑO 23	496		496	2910
AÑO 24	508	-1251	-743	2167
AÑO 25	521		521	2688
	AMORTIZACIÓN EN			13 AÑOS
	VAN			2.688,09 €
	TIR			6%

Tabla III.13. VAN y TIR de la propuesta 3 C/ Azahar. Fuente: Elaboración propia

AVENIDA PABLO RUIZ PICASSO

AVDA. PABLO RUIZ PICASSO				
	ACTUAL	PROPUESTA 1	PROPUESTA 2	PROPUESTA 3
Potencia de la lampara (w)	150	125	100	60
Flujo luminoso (lm)	17.000	6.200	10.700	5.000
Vida media de la lampara (h)	20.000	20.000	20.000	50.000
Potencia equipos (w)	21	16	14	8
Potencia consumida total de la lámpara (w)	171	141	114	68
Numero puntos de luz	9	13	9	9
Total consumo (w)	1.539	1.833	1.026	612
Total consumo anual (Kw/h)	6.156	7.332	4.104	2.448
Coste anual por consumo (€)	923	1.100	616	367
Diferencia anual frente a lo actual (€)	-	177	307	556
Inversion inicial	-	4.374,96	2.351,34	8.751,78
Reposición de lamparas	-	416,00	297,00	1.935,00

Tabla III.14. Datos de las luminarias de las diversas opciones C/ Pablo Ruiz Picasso. Fuente: Presto

	PROPUESTA 1	PROPUESTA 2	PROPUESTA 3
Tipo de luminaria	HM 125	VSAP 100	LED
Precio (€)	269	195	906
Precio total luminarias (€)	3.497	1.758	8.154
Coste de una lámpara	23	22	202
Número de sustituciones de lámparas	4	4	1
Coste de sustitución de lámparas (€)	32	33	215
Coste sustitución total de lámparas (€)	416	297	1935

Tabla III.15. Costes operación C/ Pablo Ruiz Picasso. Fuente: Presto

	PROPUESTA 1			
	INGRESOS	GASTOS	TOTAL	TOTAL ACUMULADO
INVERSION INICIAL		-4.375	-4.375	-4.375
AÑO 1	177		177	-4.198
AÑO 2	189		189	-4.009
AÑO 3	203		203	-3.806
AÑO 4	217		217	-3.589
AÑO 5	232	-545	-313	-3.902
AÑO 6	248		248	-3.654
AÑO 7	266		266	-3.388
AÑO 8	284		284	-3.104
AÑO 9	304		304	-2.800
AÑO 10	325		325	-2.475
AÑO 11	348	-818	-470	-2.945
AÑO 12	373		373	-2.572
AÑO 13	399		399	-2.174
AÑO 14	427		427	-1.747
AÑO 15	456		456	-1.291
AÑO 16	488		488	-802
AÑO 17	523	-1.228	-706	-1.508
AÑO 18	559		559	-949
AÑO 19	598		598	-351
AÑO 20	640		640	290
AÑO 21	685		685	974
AÑO 22	733		733	1.707
AÑO 23	784	-1.843	-1.059	648
AÑO 24	839		839	1.488
AÑO 25	898		898	2.385
AMORTIZACIÓN EN				20 AÑOS
VAN				2.385,35 €
TIR				3%

Tabla III.16. VAN y TIR de la propuesta 1 C/ Pablo Ruiz Picasso. Fuente: Elaboración propia

	PROPUESTA 2			
	INGRESOS	GASTOS	TOTAL	TOTAL ACUMULADO
INVERSION INICIAL		-2.351	-2.351	-2.351
AÑO 1	307		307	-2.044
AÑO 2	328		328	-1.716
AÑO 3	351		351	-1.364
AÑO 4	376		376	-988
AÑO 5	402	-389	13	-975
AÑO 6	431		431	-545
AÑO 7	461		461	-84
AÑO 8	493		493	409
AÑO 9	527		527	937
AÑO 10	564		564	1.501
AÑO 11	604	-584	20	1.521
AÑO 12	646		646	2.167
AÑO 13	691		691	2.858
AÑO 14	740		740	3.598
AÑO 15	792		792	4.390
AÑO 16	847		847	5.237
AÑO 17	906	-877	30	5.266
AÑO 18	970		970	6.236
AÑO 19	1.038		1.038	7.274
AÑO 20	1.110		1.110	8.384
AÑO 21	1.188		1.188	9.572
AÑO 22	1.271		1.271	10.843
AÑO 23	1.360	-1.316	44	10.887
AÑO 24	1.455		1.455	12.343
AÑO 25	1.557		1.557	13.900
	AMORTIZACIÓN EN			8 AÑOS
	VAN			13.899,94 €
	TIR			17%

Tabla III.17. VAN y TIR de la propuesta 2 C/ Pablo Ruiz Picasso. Fuente: Elaboración propia

	PROPUESTA 3			
	INGRESOS	GASTOS	TOTAL	TOTAL ACUMULADO
INVERSION INICIAL		-8.752	-8.752	-8.752
AÑO 1	556		556	-8.196
AÑO 2	595		595	-7.601
AÑO 3	637		637	-6.964
AÑO 4	681		681	-6.283
AÑO 5	729		729	-5.554
AÑO 6	780		780	-4.775
AÑO 7	834		834	-3.940
AÑO 8	893		893	-3.047
AÑO 9	955		955	-2.092
AÑO 10	1.022		1.022	-1.070
AÑO 11	1.094		1.094	24
AÑO 12	1.170		1.170	1.194
AÑO 13	1.252	-4.358	-3.106	-1.912
AÑO 14	1.340		1.340	-572
AÑO 15	1.434		1.434	862
AÑO 16	1.534		1.534	2.396
AÑO 17	1.641		1.641	4.037
AÑO 18	1.756		1.756	5.794
AÑO 19	1.879		1.879	7.673
AÑO 20	2.011		2.011	9.684
AÑO 21	2.152		2.152	11.835
AÑO 22	2.302		2.302	14.137
AÑO 23	2.463		2.463	16.601
AÑO 24	2.636		2.636	19.236
AÑO 25	2.820		2.820	22.057
	AMORTIZACIÓN EN			15 AÑOS
	VAN			22.056,69 €
	TIR			9%

Tabla III.18. VAN y TIR de la propuesta 3 C/ Pablo Ruiz Picasso. Fuente: Elaboración propia



SPICUM
servicio de publicaciones

**ANEXO IV:
CLASIFICACIÓN DE LAS
CALLES DE ESTUDIO**



SPICUM
servicio de publicaciones

ANEXO IV: CLASIFICACIÓN DE LAS CALLES DE LOS MUNICIPIOS DE ESTUDIO EN FUNCIÓN DE EL TIPO DE VÍA, LA CLASE DE ALUMBRADO Y LA ANCHURA.

1. ÁLORA

1.1. CLASIFICACIÓN DE LAS CALLES EN FUNCIÓN DEL ANCHO DE VÍA, TIPO DE VÍA Y CLASE DE ALUMBRADO.

CALLE	ANCHO (m)	TIPO DE VÍA	CLASE ALUMBRADO
CALLE FLORES	4,79	B2	ME3b
AVDA CONSTITUCIÓN	8,45	B2	ME3b
AVDA PABLO RUIZ PICASO	10,50	B2	ME3b
AVDA CERVANTES	12,49	B2	ME3b

Tabla IV-1: Tipo B2 clase ME3b. Fuente: Elaboración propia

CALLE	ANCHO (m)	TIPO DE VÍA	CLASE ALUMBRADO
CALLE ALBAHACA	7,53	D3	S2
CALLE ALBERCA	7,16	D3	S2
CALLE ALEGRÍAS	7,53	D3	S2
CALLE ALGARROBO	4,06	D3	S2
CALLE ALMENDROS	4,03	D3	S2
CALLE ALMERÍA	5,41	D3	S2
CALLE ALTA	7,49	D3	S2
CALLE AMAPOLA	4,79	D3	S2
CALLE ANCHA	5,30	D3	S2
CALLE ANDALUCÍA	13,41	D3	S2
CALLE BAJONCILLO	6,18	D3	S2
CALLE BARRANCO	7,91	D3	S2
CALLE BENITO SUÁREZ	5,46	D3	S2
CALLE BOTELLO	4,20	D3	S2
CALLE BULERÍAS	8,43	D3	S2
CALLE CÁDIZ	4,66	D3	S2
CALLE CALVARIO	5,46	D3	S2
CALLE CAMINO NUEVO	10,20	D3	S2
CALLE CANALES	5,18	D3	S2
CALLE CANTARRANAS	10,67	D3	S2
CALLE CAÑADA DEL CERRILLO	5,31	D3	S2
CALLE CARAMBUCO	10,27	D3	S2
CALLE CARMONA	6,65	E2	S2
CALLE CARTAMA	5,02	D3	S2
CALLE CASARABONELA	8,05	D3	S2
CALLE CERRILLO	7,00	D3	S2

CALLE	ANCHO (m)	TIPO DE VÍA	CLASE ALUMBRADO
CALLE CHOZUELAS	6,87	D3	S2
CALLE CLAVEL	15,89	D3	S2
CALLE CONVENTO	4,40	D3	S2
CALLE CORDOBA	5,98	D3	S2
CALLE CORRIENTES	4,26	D3	S2
CALLE DE ATRÁS	4,54	D3	S2
CALLE DE LA FUENTE	5,10	D3	S2
CALLE DEBLAS	7,90	D3	S2
CALLE DEL AGUA	6,97	D3	S2
CALLE EN MEDIO	4,19	D3	S2
CALLE ENCINASOLA	3,75	D3	S2
CALLE ERILLAS	6,04	D3	S2
CALLE FERIA	6,89	D3	S2
CALLE FORTUNA	8,24	D3	S2
CALLE FUENTE DE LA MANIA	4,34	D3	S2
CALLE GRANADA	5,06	D3	S2
CALLE HUELVA	6,08	D3	S2
CALLE JAEN	6,04	D3	S2
CALLE LA PARRA	6,07	D3	S2
CALLE LA UNION	7,28	D3	S2
CALLE LA VEGA	10,62	D3	S2
CALLE LAURA AGUIRRE	6,97	D3	S2
CALLE LIBERTAD	7,34	D3	S2
CALLE MALAGA	5,81	D3	S2
CALLE MALAGUEÑAS	7,90	D3	S2
CALLE MANANTIAL	6,72	D3	S2
CALLE NARANJOS	4,46	D3	S2
CALLE NEGRILLOS	5,33	D3	S2
CALLE OMAR	6,26	D3	S2
CALLE PADILLA	5,13	D3	S2
CALLE PALOMAR	3,65	D3	S2
CALLE PELIGROS	6,85	D3	S2
CALLE PETENAS	7,54	D3	S2
CALLE PIZARRA	4,34	D3	S2
CALLE PROGRESO	6,11	D3	S2
CALLE REVUELTA	6,32	D3	S2
CALLE SAN JOSE	8,14	D3	S2
CALLE SAN JUAN	4,07	D3	S2
CALLE SANTA ANA	6,64	D3	S2
CALLE SANTA ARGENTEA	4,90	D3	S2
CALLE SEVILLA	5,46	D3	S2

CALLE	ANCHO (m)	TIPO DE VÍA	CLASE ALUMBRADO
CALLE SOLEARES	7,37	D3	S2
CALLE SUSPIROS	10,66	D3	S2
CALLE TOMAS GARCIA	5,50	D3	S2
CALLE TORO	3,95	D3	S2
CALLE VERACRUZ	6,54	D3	S2
CALLE VICTORIA EUGENIA	16,20	D3	S2
CALLE VIENTO	4,01	D3	S2
CALLE VISTA ALEGRE	8,46	D3	S2
CALLE YERBABUENA	8,00	D3	S2
CALLE ZAPATA	5,33	D3	S2

Tabla IV-2: Tipo D3 clase S2. Fuente: Elaboración propia

CALLE	ANCHO (m)	TIPO DE VÍA	CLASE ALUMBRADO
CALLE POSTIGO	2,72	E1	S3
CALLE OLIVO	4,00	E1	S3
CALLE DEL PUERTO	4,05	D4	S3
CALLE ESCRIBANOS	4,23	E1	S3
CALLE BAJADA URIQUI	4,63	E1	S3
CALLE BAJADA URIQUI	4,63	E1	S3
CALLE JUNTA	4,73	E1	S3
CALLE NUEVA	4,83	E1	S3
CALLE NUEVA	4,83	E1	S3
CALLE AZAHAR	4,96	E1	S3
CALLE CARRIL	5,00	E1	S3
CALLE CHURRETE	5,46	E1	S3
CALLE HERRADORES	6,15	E1	S3
CALLE HERRADORES	6,15	E1	S3

Tabla IV-3: Tipo E1 clase S3. Fuente: Elaboración propia

CALLE	ANCHO (m)	TIPO DE VÍA	CLASE ALUMBRADO
CALLE CAMINO DE LOS REYES	4,95	D3	S4
CALLE MANZANILLA	8,37	D4	S4

Tabla IV-4: Tipo D3 clase S4. Fuente: Elaboración propia

2. CÁRTAMA

2.1. CLASIFICACIÓN DE LAS CALLES EN FUNCIÓN DEL ANCHO DE VÍA, TIPO DE VÍA Y CLASE DE ALUMBRADO.

CALLE	ANCHO	TIPOLOGÍA CALLE	CLASE DE ALUMBRADO
ALMERIA C/	4,05	B2	ME3b
ALAVA C/	5	B2	ME3b
ALAMOS C/	5,22	B1	ME3b
ALMENDROS AVDA.	5,57	B2	ME3b
ALARCON LUJAN C/	5,7	B2	ME3b
ALBACETE C/	6,5	B2	ME3b
ALEGRIAS C/	6,82	B2	ME3b
ALEJANDRO VOLTA C/	7,5	B2	ME3b
ANTONIO MACHADO C/	7,9	B2	ME3b
ALONDRA C/	10,9	B2	ME3b
ANTONIO GOMEZ SALAZAR C/	11,9	B2	ME3b
ALFREDO NOBEL C/	15,26	B2	ME3b

Tabla IV-5: Tipo B2 clase ME3b. Fuente: Elaboración propia

CALLE	ANCHO	TIPOLOGÍA CALLE	CLASE DE ALUMBRADO
RODAHUEVOS C/	2,46	D3	S2
FEIJOO C/	2,76	D3	S2
FONTANILLA C/	3,15	D3	S2
NARANJOS C/	3,2	D3	S2
PASTORES C/	3,48	D3	S2
ESCALERILLA C/	3,65	D3	S2
TORIL C/	3,74	D3	S2
GASPARILLOS C/	3,9	D3	S2
LIMONEROS C/	4,09	D3	S2
SAN RAMON C/	4,1	D3	S2
PADRE NAVEDO C/	4,14	D3	S2
SEGOVIA C/	4,17	D3	S2
BAJONDILLO C/	4,18	D3	S2
VALENCIA C/	4,3	D3	S2
PITAS C/	4,5	D3	S2
SAN JOSE C/	4,5	D3	S2
GRANADOS C/	4,5	D3	S2
PACEROS C/	4,5	D3	S2
DALI C/	4,63	D3	S2
ARCO DE BELLAVISTA C/	4,65	D3	S2
OVIEDO C/	4,69	D3	S2

CALLE	ANCHO	TIPOLOGÍA CALLE	CLASE DE ALUMBRADO
FAISAN C/	4,75	D3	S2
MIRO C/	4,89	D3	S2
FERNANDEZ MALDONADO C/	4,9	D3	S2
JUAN XXIII C/	4,91	D3	S2
TOLEDILLO C/	4,92	D3	S2
FRANCISCO SANCHEZ GUEVARA C/	4,94	D3	S2
MURCIA C/	4,94	D3	S2
PINAR C/	4,95	D3	S2
MADRID C/	4,98	D3	S2
PABLO PICASSO C/	4,99	D3	S2
REAL C/	5,02	D3	S2
CALLEJUELA C/	5,03	D3	S2
DE LA ADELFA C/	5,06	D3	S2
SAUCE C/	5,14	D3	S2
VELAZQUEZ C/	5,25	D3	S2
BONET C/	5,25	D3	S2
CALVO SOTELO C/	5,37	D3	S2
MOLINO C/	5,43	D3	S2
BURGOS C/	5,5	D3	S2
EXTREMADURA C/	5,51	D3	S2
OLIVOS C/	5,6	D3	S2
EL GRECO C/	5,7	D3	S2
COMPAS C/	5,7	D3	S2
ORENSE C/	5,73	D3	S2
EUCALIPTOS	5,78	D3	S2
SAN FRANCISCO C/	5,78	D3	S2
CLAVEL C/	5,8	D3	S2
ARGENTINA C/	5,88	D3	S2
ECUADOR C/	5,89	D3	S2
PRIMAVERA C/	5,9	D3	S2
PUERTO C/	5,92	D3	S2
GONZALEZ MARIN C/	5,95	D3	S2
GUSTAVO ADOLFO BECQUER C/	5,96	D3	S2
BARCELONA C/	6,01	D3	S2
HORTENSIA C/	6,08	D3	S2
SANTANDER C/	6,09	D3	S2
BUENAVISTA C/	6,25	D3	S2
NARANJOS C/ (ESTACION)	6,37	D3	S2
RIOJA C/	6,4	D3	S2
REY JUAN CARLOS I C/	6,48	D3	S2

CALLE	ANCHO	TIPOLOGÍA CALLE	CLASE DE ALUMBRADO
MADRESELVA C/	6,5	D3	S2
JOSE DE ESPRONCEDA AVDA.	6,5	D3	S2
BALERARES C/	6,6	D3	S2
HUESCA C/	6,64	D3	S2
GOYA C/	6,69	D3	S2
LOPE DE VEGA C/	6,8	D3	S2
ROMEROS C/	6,87	D3	S2
GARAJONAY C/	6,87	D3	S2
LUXEMBURGO C/	6,88	D3	S2
CACERES C/	6,9	D3	S2
HIDRA C/	6,9	D3	S2
SAN RAFAEL ALTO C/	6,91	D3	S2
GANADEROS C/	6,91	D3	S2
AZAHAR C/	6,92	D3	S2
NUEVA C/	6,95	D3	S2
SANTA ANA C/	6,98	D3	S2
LEVANTE C/	6,98	D3	S2
ESTRELLA C/	7	D3	S2
CISNE C/	7,03	D3	S2
MAESTRO SERRANO C/	7,05	D3	S2
CRUZ DE MELILLA C/	7,05	D3	S2
BENITO PEREZ GALDOS C/	7,07	D3	S2
JUAN RAMON JIMENEZ C/	7,08	D3	S2
TIMANFAYA C/	7,08	D3	S2
CAÑADAS DEL TEIDE C/	7,09	D3	S2
GALICIA C/	7,09	D3	S2
JUAN VALERA C/	7,1	D3	S2
PRINCIPAL C/	7,13	D3	S2
TERUEL C/	7,15	D3	S2
CALDERON DE LA BARCA C/	7,19	D3	S2
NINFA C/	7,19	D3	S2
CASTILLA LEON C/	7,2	D3	S2
ISAAC ALBENIZ C/	7,2	D3	S2
GALVEZ C/	7,2	D3	S2
CASTILLO C/	7,27	D3	S2
ENRRIQUE GRANADOS C/	7,35	D3	S2
NOGALES C/	7,4	D3	S2
JAZMIN C/	7,46	D3	S2
FRAY LUIS DE LEON C/	7,5	D3	S2
BOLIVIA C/	7,5	D3	S2
PICOS DE EUROPA C/	7,6	D3	S2

CALLE	ANCHO	TIPOLOGÍA CALLE	CLASE DE ALUMBRADO
NAVARRA C/	7,6	D3	S2
ROSALIA DE CASTRO C/	7,8	D3	S2
MALLORCA C/	7,8	D3	S2
MURILLO C/	7,8	D3	S2
REMEDIOS C/	7,8	D3	S2
OROPENDOLA C/	7,81	D3	S2
PINZON C/	7,82	D3	S2
THOMAS A EDDISON C/	7,9	D3	S2
BENJAMIN FRANKLIN C/	7,92	D3	S2
POZO C/	7,93	D3	S2
JORGE GUILLEN C/	7,95	D3	S2
DINAMARCA C/	7,96	D3	S2
SUECIA C/	8,01	D3	S2
CANTABRIA C/	8,06	D3	S2
PORTUGAL C/	8,06	D3	S2
OJEN C/	8,11	D3	S2
BELGICA C/	8,12	D3	S2
COPENAGUE C/	8,16	D3	S2
LUIS DE GONGORA C/	8,17	D3	S2
ESTORNINO C/	8,17	D3	S2
ISAAC PERAL C/	8,2	D3	S2
CASABERMEJA C/	8,2	D3	S2
JOSE DIAZ MARTIN C/	8,22	D3	S2
SOLEARES C/	8,23	D3	S2
TOLEDO C/	8,26	D3	S2
DOCTOR FLEMING C/	8,26	D3	S2
GRANADA C/	8,26	D3	S2
PIZARRA C/	8,27	D3	S2
IRLANDA C/	8,32	D3	S2
BLAS INFANTE C/	8,36	D3	S2
BADAJOS C/	8,36	D3	S2
FINLANDIA C/	8,5	D3	S2
SAN JUAN C/	8,6	D3	S2
SOROLLA C/	8,6	D3	S2
SEVERO OCHOA C/	8,64	D3	S2
LOMA TRES LEGUAS AVDA.	8,7	D3	S2
SEVILLA C/	8,8	D3	S2
MIGUEL HERNANDEZ C/	8,85	D3	S2
PARIS C/	8,87	D3	S2
MIGUEL DE CERVANTES AVDA.	8,99	D3	S2
MAESTRO CHAPI C/	9	D3	S2

CALLE	ANCHO	TIPOLOGÍA CALLE	CLASE DE ALUMBRADO
MALVASIA C/	9,5	D3	S2
BERLÍN C/	9,65	D3	S2
BRUSELAS C/	10	D3	S2
CORDOBA C/	10,05	D3	S2
FRANCISCO DE QUEVEDO C/	10,08	D3	S2
CHORRITOS C/	10,21	D3	S2
MARCONI C/	10,25	D3	S2
SORIA C/	10,29	D3	S2
PITAGORAS C/	10,36	D3	S2
ESTACION AVDA.	10,42	D3	S2
SIERRA NEVADA C/	10,5	D3	S2
MARBELLA C/	10,65	D3	S2
JUAN DE LA CIERVA C/	10,78	D3	S2
TIRSO DE MOLINA C/	10,9	D3	S2
AUSTRIA C/	11,67	D3	S2
ARQUIMEDES C/	11,71	D3	S2
CARMEN JUANOLA C/	11,85	D3	S2
CABAÑEROS C/	12,22	D3	S2
SANTA ANA PL/	14,33	D3	S2
MANUEL DE FALLA AVDA.	17	D3	S2
ITALIA C/	21,04	D3	S2
FRANCIA C/	31	D3	S2
SAN ISIDRO PL/	35	D3	S2
MAESTRO ALONSO PL/	46,37	D3	S2
ARAGON C/	383,39	D3	S2

Tabla IV-6: Tipo D3 clase S2. Fuente: Elaboración propia

CALLE	ANCHO	TIPOLOGÍA CALLE	CLASE DE ALUMBRADO
ZARAGOZA C/	4,46	E1	S3
ZURBARAN C/	4,77	E1	S3
VERDIALES C/	4,96	E1	S3
VIENTO C/	5,52	E1	S3
VENEZUELA C/	5,85	E1	S3
VERDERON C/	8,46	E1	S3
FLORES C/	19,85	E1	S3

Tabla IV-7: Tipo E1 clase S3. Fuente: Elaboración propia

3. COÍN

3.1. CLASIFICACIÓN DE LAS CALLES EN FUNCIÓN DEL ANCHO DE VÍA, TIPO DE VÍA Y CLASE DE ALUMBRADO.

CALLE	ANCHO (m)	TIPO DE VÍA	CLASE DE ALUMBRADO
VICARIO C/	4,65	B2	ME3b
RAMIRO LEDESMA C/	6,00	B2	ME3b
FERIA C/ (LA)	7,25	B2	ME3b
PADRE JIMENEZ LOPEZ C/	7,80	B2	ME3b
FUERTEVENTURA C/	8,20	B2	ME3b
DORTOR PALOMO Y ANAYA C/	8,33	B2	ME3b
MANUEL GARCÍA C/	8,49	B2	ME3b
DIVISIÓN AZUL C/	8,79	B2	ME3b
ALAMEDA C/	9,09	B2	ME3b
VICTORIA C/ (LA)	9,11	B2	ME3b
URBANO PINEDA C/	9,18	B2	ME3b
PEDRO GONZALEZ DOMINGUEZ C/	9,60	B2	ME3b
LANZAROTE C/	9,69	B2	ME3b
MAESTRO SERRANO C/	10,32	B2	ME3b
MARÍA MORENO C/	11,00	B2	ME3b
MATIAS GARCÍA C/	11,17	B2	ME3b

Tabla IV-8: Tipo B2 clase ME3b. Fuente: Elaboración propia

CALLE	ANCHO (m)	TIPO DE VÍA	CLASE DE ALUMBRADO
SANTA MARÍA C/	2,12	D3	S2
PSAJE MÁLAGA C/	3,60	D3	S2
ALBAICIN C/	3,60	D3	S2
TUCUMAN C/	3,62	D3	S2
TEJA C/ (DE LA)	3,68	D3	S2
GALLARDO C/	3,75	D3	S2
MORALES C/	4,00	D3	S2
ANGELES C/ (LOS)	4,10	D3	S2
CARCEL C/	4,23	D3	S2
SAN ROMAN C/	4,31	D3	S2
MALARA C/	4,34	D3	S2
CAÑUELO C/	4,35	D3	S2
CONONIGO ORDOÑEZ C/	4,40	D3	S2
GASCONES C/	4,42	D3	S2
TENERIFE C/	4,50	D3	S2

CALLE	ANCHO (m)	TIPO DE VÍA	CLASE DE ALUMBRADO
SAN JUAN C/	4,61	D3	S2
SAN ANTONIO DE PADUA C/	4,63	D3	S2
VIRGEN DEL CARMEN C/	4,67	D3	S2
MADROÑO C/	4,67	D3	S2
LOPE DE VEGA C/	4,72	D3	S2
JOSE RODRIGUEZ GIRON C/	4,76	D3	S2
CALDERÓN DE LA BARCA C/	4,77	D3	S2
OLIVOS C/ (LOS)	4,79	D3	S2
POETA SALVADOR RUEDA C/	4,80	D3	S2
JOSE DOMINGUEZ MORENO C/	4,82	D3	S2
PADRE DAMIAN C/	4,82	D3	S2
FRAY MARTIN DE PORRES C/	4,84	D3	S2
PALMERAS C/ (LAS)	4,85	D3	S2
PARRAS C/	4,85	D3	S2
PAJARERA C/	4,86	D3	S2
SAN CRISTOBAL C/	4,87	D3	S2
MENENDEZ PELAYO C/	4,90	D3	S2
SAN PABLO C/	5,00	D3	S2
SAN MIGUEL C/	5,00	D3	S2
SANTA TERESA C/	5,03	D3	S2
SAN BLAS C/	5,05	D3	S2
TIRO AL PLATO C/	5,09	D3	S2
DOCTOR FLEMING C/	5,17	D3	S2
ESPIRITU SANTO C/	5,20	D3	S2
RAMON Y CAJAL C/	5,28	D3	S2
BUENAVISTA C/	5,30	D3	S2
HERMANOS MACHADO C/	5,31	D3	S2
SAN PEDRO C/	5,32	D3	S2
NORIA C/ (LA)	5,34	D3	S2
ECHEGARAY C/	5,42	D3	S2
GRAN CANARIA C/	5,50	D3	S2
COMPOSITOR GRANADOS C/	5,50	D3	S2
HNOS ALVAREZ QUINTERO C/	5,50	D3	S2
RODRIGO DE TRIANA C/	5,51	D3	S2
CRISTOBAL COLON C/	5,52	D3	S2
JACINTO MENDEZ C/	5,53	D3	S2
POZO SOLIS C/	5,58	D3	S2
SEBASTIAN RODRIGUEZ C/	5,60	D3	S2
FRAY LUIS DE GRANADA C/	5,62	D3	S2
PEREILA C/	5,63	D3	S2

CALLE	ANCHO (m)	TIPO DE VÍA	CLASE DE ALUMBRADO
CAMPIÑUELA C/ (LA)	5,67	D3	S2
COMPOSITOR ALBENIZ C/	5,69	D3	S2
CARRANQUE C/	5,71	D3	S2
GONZALEZ MARIN C/	5,74	D3	S2
JACINTO BENAVENTE C/	5,74	D3	S2
PALMA C/ (LA)	5,80	D3	S2
MIGUEL DE CERVANTES C/	5,81	D3	S2
RODEO BELLAVISTA URB.	5,94	D3	S2
MORETA C/	6,00	D3	S2
MAR DE PLATA C/	6,00	D3	S2
VICENTE ALEXADRE C/	6,00	D3	S2
FRANCISCO GUERRERO C/	6,00	D3	S2
CERRITOS C/	6,21	D3	S2
CRUZ C/ (LA)	6,25	D3	S2
POLIDEPORTIVO C/	6,41	D3	S2
PAZ C/ (DE LA)	6,44	D3	S2
SAN BOI C/	6,64	D3	S2
SARMIENTOS C/	6,72	D3	S2
FONSECA C/	6,88	D3	S2
CORRIENTES C/	7,15	D3	S2
MATADERO C/	7,20	D3	S2
FLORIDA C/	7,27	D3	S2
ANTEQUERA C/	7,30	D3	S2
DOCTOR GOMEZ LUCENA C/	7,57	D3	S2
GENERAL RINCON C/	7,65	D3	S2
TOLEDILLO C/	7,68	D3	S2
AURORA C/	7,75	D3	S2
MENENDEZ PIDAL C/	8,00	D3	S2
TIRSO DE MOLINA C/	8,14	D3	S2
CANTARRANAS C/	8,20	D3	S2
LATERAL REINA SOFÍA C/	8,30	D3	S2
ALMIRANTE CARRERO BLANCO C/	8,42	D3	S2
AZAHAR C/	8,47	D3	S2
VALLE C/	8,55	D3	S2
PRINCIPE DE ASTURIAS C/	8,70	D3	S2
CHARCA CMNO. (DE LA)	8,90	D3	S2
FLORES AVDA. (DE LAS)	9,00	D3	S2
ANTEQUERA C/	9,60	D3	S2
MÁLAGA C/	10,00	D3	S2
BARTOLOME ABELENDIA C/	10,26	D3	S2

CALLE	ANCHO (m)	TIPO DE VÍA	CLASE DE ALUMBRADO
JIMENA C/ (LA)	10,32	D3	S2
REYES CATOLICOS C/	10,52	D3	S2
DOCE DE OCTUBRE C/	10,65	D3	S2
SAN FERNADO C/	10,90	D3	S2

Tabla IV-9: Tipo D3 clase S2. Fuente: Elaboración propia

CALLE	ANCHO (m)	TIPO DE VÍA	CLASE DE ALUMBRADO
CERCANIAS DE SAN ANDRES C/	2,6	E1	S3
FLOR C/ (LA)	2,75	E1	S3
SAN FRANCISCO C/	2,82	E1	S3
CANUTO C/	2,9	E1	S3
SAN ANDRÉS C/	3,12	E1	S3
SANTO CRISTO C/	3,17	E1	S3
AMAPOLA C/	3,18	E1	S3
PESCADERIAS C/	3,2	E1	S3
JAZMIN C/	3,25	E1	S3
CERCANIAS DE SANTA MARÍA C/	3,28	E1	S3
DUENDE C/	3,39	E1	S3
CLAVEL C/	3,4	E1	S3
LIRIO C/	3,44	E1	S3
MOLINOS C/ (LOS)	3,48	E1	S3
FINADO C/	3,55	E1	S3
PELIGROS C/	3,69	E1	S3
CACHITOS C/	3,84	E1	S3
MARGARITA C/	3,87	E1	S3
MORENO MALDONADO C/	4,2	E1	S3
MENDOZA C/	4,35	E1	S3
ALAMOS C/	4,36	E1	S3
HORTENSIA C/	5,68	E1	S3
SAN JOSE C/	6,56	E1	S3

Tabla IV-10: Tipo E1 clase S3. Fuente: Elaboración propia

CALLE	ANCHO (m)	TIPO DE VÍA	CLASE DE ALUMBRADO
TENIENTE CORONEL DE LA RUBIA C/	5,63	D4	S4

Tabla IV-11: Tipo D4 clase S4. Fuente: Elaboración propia

4. PIZARRA.

4.1. CLASIFICACIÓN DE LAS CALLES EN FUNCIÓN DEL ANCHO DE VÍA, TIPO DE VÍA Y CLASE DE ALUMBRADO.

CALLE	ANCHO (m)	TIPO DE VÍA	CLASE DE ALUMBRADO
REYES CATOLICOS C/	4,55	B2	ME3b
MALAGA C/	8,26	B2	ME3b
ESTACION CMNO (DE LA)	9,18	B2	ME3b
ALORA C/	10,26	B2	ME3b
CONSTITUCION AVDA/	10,7	B2	ME3b
RODRIGUEZ ACOSTA C/	10,8	B2	ME3b
FUENSANTA AVDA/	17,25	B2	ME3b

Tabla IV-12: Tipo B2 clase ME3b. Fuente: Elaboración propia

CALLE	ANCHO (m)	TIPO DE VÍA	CLASE DE ALUMBRADO
MALAGA C/	8,26	D3	S1

Tabla IV-13: Tipo D3 clase S1. Fuente: Elaboración propia

CALLE	ANCHO (m)	TIPO DE VÍA	CLASE DE ALUMBRADO
BARRIO ALTO C/	3,35	D3	S2
COOPERATIVA C/	4,33	D3	S2
CAÑADA C/	4,6	D3	S2
MANZANILLA C/	4,68	D3	S2
LEALTAD C/	4,75	D3	S2
LIBERTAD C/	4,75	D3	S2
JOSE RODRIGUEZ GIRON C/	4,76	D3	S2
FRANCIA C/	5	D3	S2
SANTA TERESA C/	5,03	D3	S2
SOR ANGELA DE LA CRUZ C/	5,13	D3	S2
JARA C/ (LA)	5,3	D3	S2
HERMANOS MACHADO C/	5,31	D3	S2
ALMOGIA C/	5,53	D3	S2
PUERTECILLO C/	5,62	D3	S2
CASARABONELA C/	5,63	D3	S2
ANDALUCIA C/	5,68	D3	S2
DEHESA C/	5,7	D3	S2
CARRETAS C/	5,77	D3	S2
ESTRECHO CMNO/	5,83	D3	S2
JESUS Y MARIA C/	5,9	D3	S2
AUTONOMIAS C/	5,93	D3	S2

CALLE	ANCHO (m)	TIPO DE VÍA	CLASE DE ALUMBRADO
HUERTOS C/ (DE LOS)	5,97	D3	S2
DOCTOR FLEMING C/	6,06	D3	S2
CINCO DE NOVIEMBRE C/	6,11	D3	S2
BELEN C/	6,2	D3	S2
CERRILLO C/	6,22	D3	S2
ALOZAINA C/	6,22	D3	S2
DOCTOR MARAÑÓN C/	6,3	D3	S2
MIGUEL DE CERVANTES C/	6,33	D3	S2
FRANCISCO BRAVO C/	6,56	D3	S2
MUÑOZ SECA C/	6,9	D3	S2
NUEVA C/	7	D3	S2
DAMASO ALONSO C/	7,05	D3	S2
BLAS INFANTE C/	7,42	D3	S2
INDEPENDENCIA C/	7,53	D3	S2
DESENGAÑO C/	7,61	D3	S2
RAMON Y CAJAL C/	7,62	D3	S2
CORONADOS C/	7,76	D3	S2
TIERNO GALVAN C/	7,9	D3	S2
PEÑA C/	8,06	D3	S2
CLAVELES C/	8,06	D3	S2
FELIX RODRIGUEZ DE LA FUENTE C/	8,12	D3	S2
ANTONIO MACHADO C/	8,24	D3	S2
VICENTE ALEXANDRE C/	8,32	D3	S2
VIEJA DE MALAGA CTRA/	8,35	D3	S2
GARCIA LORCA C/	8,4	D3	S2
PROGRESO C/	8,43	D3	S2
RAFAEL ALBERTI C/	8,47	D3	S2
GERANEOS C/	8,53	D3	S2
ALTA C/	8,7	D3	S2
JUAN RAMON JIMENEZ C/	9,16	D3	S2
DERECHOS HUMANOS C/	9,7	D3	S2
JEREZ PSAJE/	9,9	D3	S2
MIGUEL HERNANDEZ C/	10,2	D3	S2
TOLOX C/	10,41	D3	S2
ARROYO DEL BUHO	10,81	D3	S2
LIMONAR C/	10,9	D3	S2
PUERTA DE LA GUARDIA C/	12,48	D3	S2
SAN PEDRO C/	12,5	D3	S2
REAL C/	15	D3	S2

Tabla IV-14: Tipo D3 clase S2. Fuente: Elaboración propia

CALLE	ANCHO (m)	TIPO DE VÍA	CLASE DE ALUMBRADO
CARTAMA C/	3,87	D3	S3
VELAZQUEZ C/	3,61	D3	S3

Tabla IV-15: Tipo D3 clase S3. Fuente: Elaboración propia

CALLE	ANCHO (m)	TIPO DE VÍA	CLASE DE ALUMBRADO
ERMITA C/	3,05	D3	S4

Tabla IV-16: Tipo D3 clase S4. Fuente: Elaboración propia