



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA  
SUPERIOR INGENIEROS  
INDUSTRIALES VALENCIA

**TRABAJO FIN DE GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES**

# **PROYECTO DE REMODELACIÓN DEL ALUMBRADO PÚBLICO DEL BARRIO DEL GRAN ALACANT (SANTA POLA)**

AUTOR: LORENTE PEIRO, JORGE

TUTOR: RIERA GUASP, MARTIN VICTOR

**Curso Académico: 2016-17**

## **Agradecimientos**

A mis padres y a mi familia,  
Por hacer esta realidad posible;

A mi tutor,  
Por contar con su apoyo;

A todos los que me han acompañado en estos cuatro años,  
Por haber estado siempre ahí.

## **RESUMEN**

El trabajo, enfocado desde una perspectiva práctica, parte de los datos actuales del alumbrado del barrio Gran Alacant, perteneciente al municipio de Santa Pola; en primer lugar se efectúa un análisis luminotécnico y energético de las instalaciones actualmente existentes. A partir de los resultados de este análisis se estudian medidas para realizar una remodelación del mismo de forma que se cumpla el Reglamento de eficiencia energética en instalaciones de alumbrado exterior y se mejore la eficiencia energética de las instalaciones. Tras este estudio se proponen dos alternativas de remodelación, que se analizan en profundidad, eligiéndose la mejor de ambas opciones a partir de criterios económicos y energéticos. Finalmente se desarrolla el proyecto de remodelación basado en la alternativa seleccionada.

**PALABRAS CLAVE:** Alumbrado, Iluminación, Remodelación, Eficiencia energética

## **ABSTRACT**

This project, focused from a practical perspective, begins from the actual streetlight installation placed in the neighborhood of Gran Alacant, belonging to the municipality of Santa Pola; first of all a light and energetic analysis is performed in the existing system of lighting. From the results of that analysis we study measures to make a remodel of that one that complies with the Energy efficiency regulation in outdoor lighting installations and increasing the energetic efficiency. Before that study two alternatives are proposed to make the remodel, both are analyzed in depth, being chosen the best of both options following economic and energy criteria. Finally we develop the project of remodeling this neighborhood with the best alternative.

**KEYWORDS:** Lighting, Illumination, Remodeling, Energy efficiency.

## **RESUM**

Aquest projecte, enfocat des d' una perspectiva pràctica, partix de les dades actuals de l' enllumenat del barri Gran Alacant, pertanyent al municipi de Santa Pola; en primer lloc s' efectua un anàlisi luminotècnic y energètic de les instalacions actualment existents. A partir dels resultats d' aquest anàlisi s' estudien mesures per a realitzar una remodelació del mateix de forma que es cumpla el Reglament d' eficiència energètica en instalacions d' enllumenat exterior i es millore l' eficiència energètica de les instalacions. Tras aquest estudi es proposen dos alternatives de remodelació, que s' analitzen en profunditat, elegintse la millor d' ambes opcions a partir de criteris econòmics y energètics. Finalment es desenvolupa el projecte de remodelació basat en l' implantació de l' alternativa seleccionada.

**PALABRAS CLAVE:** Enllumenat, Il·luminació, Remodelació, Eficiència energètica

## ÍNDICE

### DOCUMENTOS CONTENIDOS EN EL TFG

- Documento nº1: Memoria
- Documento nº2: Presupuesto
- Documento nº3: Anexos
- Documento nº4: Planos

## ÍNDICE DE LA MEMORIA

|            |   |           |
|------------|---|-----------|
| <b>1.1</b> | <b>Introducción .....</b>   | <b>1</b>  |
| 1.1.1      | Justificación.....  | 1         |
| 1.1.2      | Objetivo .....  | 1         |
| 1.1.3      | Alcance .....   | 2         |
| 1.1.4      | Estructura del documento.....   | 2         |
| 1.1.5      | Emplazamiento del proyecto.....   | 2         |
| 1.1.6      | Normativa aplicable .....   | 3         |
| <b>1.2</b> | <b>Análisis lumínico .....</b>  | <b>3</b>  |
| 1.2.1      | Datos de partida.....   | 3         |
| 1.2.2      | Tecnología disponible .....   | 4         |
| 1.2.3      | Determinación de la clase de alumbrado.....                                     | 5         |
| 1.2.4      | Modelización de los datos.....  | 7         |
| 1.2.5      | Procedimiento de cálculo con utilización de Software.....                       | 9         |
| 1.2.6      | Análisis de la situación actual.....  | 12        |
| 1.2.7      | Análisis de la alternativa 1: Renovación a LEDS.....                            | 19        |
| 1.2.8      | Análisis de la alternativa 2: Renovación a LEDS, redistribución luminarias..... | 23        |
| <b>1.3</b> | <b>Análisis económico .....</b>   | <b>29</b> |
| 1.3.1      | Costes de instalación alternativa 1 .....                                       | 29        |
| 1.3.2      | Costes de instalación alternativa 2 .....                                       | 30        |
| 1.3.3      | Estimación tiempo de funcionamiento .....                                       | 31        |
| 1.3.4      | Selección de tarifa .....   | 32        |
| 1.3.5      | Costes de explotación modelo actual .....                                       | 34        |

## Proyecto de remodelación del alumbrado público del barrio del Gran Alacant (Santa Pola)

|        |   |    |
|--------|---|----|
| 1.3.6  | Costes de explotación alternativa 1.....  | 36 |
| 1.3.7  | Costes explotación alternativa 2 .....  | 38 |
| 1.3.8  | Estimación de la vida útil .....  | 39 |
| 1.3.9  | Comparación económica.....  | 40 |
| 1.3.10 | Análisis económico .....  | 41 |
| 1.3.11 | Análisis de sensibilidad .....  | 43 |
| 1.3.12 | Análisis de escenario alternativo.....  | 45 |
| 1.4    | Análisis de eficiencia económica .....  | 46 |
| 1.5    | Dimensionado eléctrico .....  | 49 |
| 1.5.1  | Criterio térmico de dimensionado .....  | 50 |
| 1.5.2  | Criterio de caída de tensión de dimensionado .....  | 51 |
| 1.6    | Protección de la instalación .....  | 52 |
| 1.6.1  | Protección contra sobrecargas .....   | 52 |
| 1.6.2  | Protección frente a cortocircuitos .....  | 52 |
| 1.6.3  | Protección frente a contactos directos e indirectos.....  | 53 |
| 1.6.4  | Puesta a tierra .....   | 53 |
| 1.7    | Cumplimiento del Reglamento de Eficiencia Energética en instalaciones de alumbrado exterior ..... | 54 |
| 1.7.1  | ITC-EA-01 Eficiencia energética .....   | 54 |
| 1.7.2  | ITC-EA-02 Niveles de iluminación .....  | 54 |
| 1.7.3  | ITC-EA-03 Resplandor Luminoso Nocturno y Luz Intrusa o Molesta .....                              | 54 |
| 1.7.4  | ITC-EA-04 Comprobación de las instalaciones .....   | 53 |
| 1.7.5  | ITC-EA-05 Documentación Técnica, Verificaciones e inspecciones .....                              | 55 |
| 1.7.6  | ITC-EA-06 Mantenimiento de la Eficiencia Energética de las instalaciones .....                    | 55 |
| 1.7.7  | ITC-EA-07 Mediciones en las instalaciones.....  | 55 |
| 1.8    | Análisis completo de una calle .....  | 56 |
| 1.9    | Conclusión.....   | 56 |
| 1.10   | Bibliografía.....   | 58 |

### ÍNDICE DEL PRESUPUESTO

|     |                            |    |
|-----|----------------------------|----|
| 1.1 | CUADRO DE PRECIOS Nº1..... | 1  |
| 1.2 | CUADRO DE PRECIOS Nº2..... | 3  |
| 1.3 | CUADRO DE PRECIOS Nº3..... | 11 |
| 1.4 | CUADRO DE PRECIOS Nº4..... | 13 |

### ÍNDICE DE LOS ANEXOS

|     |   |   |
|-----|---|---|
| 3.1 | Anexo 1: Modelización de los datos.....                       | 1 |
| 3.2 | Anexo 2: Validación modelos con diferencia en las aceras..... | 3 |
| 3.3 | Anexo 3: Validación modelos con diferencia en las aceras..... | 5 |
| 3.4 | Anexo 4: Tarifa 3.0.....                                      | 7 |
| 3.4 | Anexo 5: Información completa de las calles del modelo 2..... | 8 |

### ÍNDICE DE LOS PLANOS

|     |                |   |
|-----|----------------|---|
| 4.1 | Plano 1: ..... | 1 |
| 4.1 | Plano 2: ..... | 2 |

### ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

|   |    |
|---|----|
| Ilustración 1-Calle de Gran Alacant.....                      | 2  |
| Ilustración 2-Unilateral .....                                | 4  |
| Ilustración 3-Bilateral .....                                 | 4  |
| Ilustración 4-Tresbolillo .....                               | 4  |
| Ilustración 5- Logotipo de DIALUX. ....                       | 9  |
| Ilustración 6- Definición de calle.....                       | 10 |
| Ilustración 7- Cálculo de Iluminancia en una calzada. ....    | 12 |
| Ilustración 8- CDL ONYX 2 .....                               | 12 |
| Ilustración 9- CDL FALCO 2. ....                              | 13 |
| Ilustración 10- CDL Iridium LED2 GRN .....                    | 19 |
| Ilustración 11- CDL Iridium LED2 ECO.....                     | 20 |
| Ilustración 12- Tramos de la tarifa eléctrica .....           | 33 |
| Ilustración 13- Logotipo de RETScreen. ....                   | 41 |
| Ilustración 14- Gráfico incremento precio-beneficio.....      | 44 |
| Ilustración 15- Evolución del precio de la electricidad. .... | 45 |
| Ilustración 16- Etiqueta Eficiencia Energética.....           | 48 |
| Ilustración 17- Ubicación de los centros de mando .....       | 49 |

### ÍNDICE DE TABLAS

|  |    |
|--|----|
| Tabla 1- Datos iniciales.....  | 3  |
| Tabla 2- Clasificación de las vías .....                                     | 5  |
| Tabla 3- Clasificación en Clases de alumbrado según B .....                  | 6  |
| Tabla 4- Clasificación en Clases de alumbrado según D.....                   | 7  |
| Tabla 5- Resumen modelos .....   | 8  |
| Tabla 6- Asignación de luminarias a cada modelo.....                         | 21 |
| Tabla 7- Resumen resultados modelos ME4b Alternativa 1.....                  | 22 |
| Tabla 8- Resumen resultados modelos S3 Alternativa 1.....                    | 22 |
| Tabla 9- Resumen modelos alternativa 2 .....                                 | 25 |
| Tabla 10- Resumen resultados modelos ME4b Alternativa 2 .....                | 26 |
| Tabla 11- Resumen resultados modelos S3 Alternativa 2.....                   | 27 |
| Tabla 12- Número de luminarias por modelo .....                              | 28 |
| Tabla 13- Coste instalación alternativa 1.....                               | 29 |
| Tabla 14- Coste instalación alternativa 2.....                               | 30 |
| Tabla 15- Estimación de las horas de funcionamiento .....                    | 32 |
| Tabla 16- Asignación de horas a cada periodo.....                            | 34 |
| Tabla 17- Resultados del coste anual de la instalación actual .....          | 36 |
| Tabla 18- Resultados del coste anual de la alternativa 1.....                | 37 |
| Tabla 19- Resultados del coste anual de la alternativa 2.....                | 38 |
| Tabla 20- Base para la obtención de las horas de funcionamiento al año ..... | 39 |
| Tabla 21- Análisis de sensibilidad .....                                     | 47 |
| Tabla 22- Calificación Energética según el RD 1890-2008 .....                | 47 |
| Tabla 23- Cálculos para la Calificación Energética .....                     | 48 |

### ÍNDICE DE CAPTURAS

|  |    |
|--|----|
| Captura 1- Recuadro de evaluación modelo 1 .....                     | 13 |
| Captura 2- Recuadro de evaluación modelo 2 .....                     | 14 |
| Captura 3- Recuadro de evaluación modelo 3 .....                     | 14 |
| Captura 4- Recuadro de evaluación modelo 4 .....                     | 15 |
| Captura 5- Recuadro de evaluación modelo 5 .....                     | 15 |
| Captura 6- Recuadro de evaluación modelo 6 .....                     | 16 |
| Captura 7- Recuadro de evaluación modelo 7 .....                     | 16 |
| Captura 8- Recuadro de evaluación modelo 8 .....                     | 17 |
| Captura 9- Recuadro de evaluación modelo 9 .....                     | 17 |
| Captura 10- Recuadro de evaluación modelo 10 .....                   | 18 |
| Captura 11- Recuadro de evaluación modelo 11 .....                   | 18 |
| Captura 12- Recuadro selección de parámetros variables.....          | 24 |
| Captura 13- Muestra de todas las posibles combinaciones.....         | 24 |
| Captura 14- Flujo efectivo acumulado durante la vida útil.....       | 42 |
| Captura 15- Flujo de caja anual detallado durante la vida útil. .... | 43 |

## **1-MEMORIA**

# Proyecto de remodelación del alumbrado público del barrio del Gran Alacant (Santa Pola)

## **1.1 INTRODUCCIÓN**

### **1.1.1 Justificación**

Actualmente nos encontramos en una sociedad en donde las infraestructuras instaladas en el pasado comienzan a quedarse obsoletas, debido al gran avance de la tecnología en las últimas décadas, o incluso llegan al final de su vida útil. Por lo tanto ante esta tesitura, especialmente los ingenieros, nos encontramos ante proyectos de remodelación de instalaciones con el objetivo de obtener un servicio incluso superior al que han llegado a ofrecer las mismas, que ya necesitan una renovación.

En esta posición se encuentra Gran Alacant, barrio del municipio de Santa Pola, en donde las luminarias han cumplido prácticamente con su vida útil y, a su vez, la renovación de éstas puede enfocarse con una tecnología con mejores prestaciones globales respecto a la aplicada en la instalación actual.

El enfoque de este estudio se basa en lo que podría ser perfectamente parte de un proyecto de una ingeniería que se presenta a un concurso público en el que, a partir de analizar la situación inicial, se plantean varias alternativas y se elige la óptima tras ponderar varios factores, como puede ser la inversión inicial del coste de instalación, los costes de explotación durante la vida útil o un análisis de eficiencia energética.

Asimismo, además de nuestro interés por este campo de la eficiencia energética aplicada en el alumbrado público, podemos realizar este trabajo gracias a la colaboración de una empresa, que prefiere mantener el anonimato para no revelar a qué posibles concursos públicos se ha planteado presentarse, debido a que nos cedieron los parámetros de la instalación que hay actualmente en Gran Alacant obtenidos tras un estudio de campo fechado a finales de 2015.

Finalmente recalcamos lo útil que es este tipo de análisis del alumbrado exterior ya que en la propia Santa Pola hace unos meses se realizó la sustitución de las luminarias a tecnología LED, de una forma similar a la que se analiza en este trabajo, que analiza una zona en donde por el momento aún no se ha realizado la inversión.

### **1.1.2 Objetivo**

El objetivo primordial de este trabajo es realizar un análisis de una posible renovación de la instalación del alumbrado público exterior de Gran Alacant para conseguir un servicio con la máxima eficiencia energética a la par que se propone un proyecto económicamente viable, seleccionado tras analizar 2 alternativas.

## Proyecto de remodelación del alumbrado público del barrio del Gran Alacant (Santa Pola)

### 1.1.3 Alcance

El proyecto consiste en primer lugar en el análisis de los datos actuales de la instalación de alumbrado exterior de Gran Alacant, tras los cuales se estudian con detalle dos alternativas: renovación de las luminarias a tecnología LED manteniendo la distribución e infraestructura existente o renovación de las luminarias a tecnología LED reubicando la infraestructura de la instalación en busca de una óptima. Tras realizar el análisis lumínico de ambas, nos apoyaremos en un análisis económico de la ejecución y en un análisis energético de la explotación de la vida útil de cada propuesta para elegir la solución óptima que sea de acorde a la normativa aplicada. Además se analizarán distintos escenarios que puedan afectar al beneficio del proyecto durante su vida útil.

### 1.1.4 Estructura del documento

El proyecto se compone de los siguientes documentos:

- Memoria: documento en donde se desarrolla el proyecto, comenzando por el análisis de la situación actual del sistema de alumbrado público en Gran Alacant para posteriormente escoger una solución óptima justificadamente desde el punto de vista económico, lumínico, energético y eléctrico.
- Presupuesto: documento en donde se detalla el coste de la elaboración del proyecto, desglosado en unidades de obra.
- Anexos: documentos que complementan y justifican diversas partes de la memoria.
- Planos: documentos en donde se ubica el proyecto y se muestra una calle estándar para la ejecución del mismo.

### 1.1.5 Emplazamiento del proyecto

Como se ha visto anteriormente, el proyecto se ubicará en *Gran Alacant*<sup>1</sup>, ubicada en la provincia de Alicante, que es una zona residencial de urbanizaciones que se encuentra a 4 Km de Santa Pola y a 18 Km de Alicante. Gran Alacant comenzó siendo una ubicación vacacional, pero en la última década ha aumentado su población a más de 11.000 residentes censados, aunque se estima que hay más de 20.000 personas que residen allí durante todo el año.



Ilustración 1-Calle de Gran Alacant. FUENTE: GOOGLE IMAGENES

## Proyecto de remodelación del alumbrado público del barrio del Gran Alacant (Santa Pola)

Como se puede apreciar en la ilustración 1, aunque se haya reconvertido de una zona vacacional a una pequeña población, sigue siendo un lugar con poca densidad de tráfico y demográfica, hecho fundamental para la normativa que aplicaremos posteriormente. Además cabe mencionar que es un barrio prácticamente exento de árboles, hecho que, como se explicará posteriormente, facilita los cálculos lumínicos.

### 1.1.6 Normativa aplicable

Para la realización de este proyecto nos hemos basado en la aplicación de las siguientes normativas:

- Real Decreto 1890/2008, de 14 de noviembre, por el que se aprueba el Reglamento de eficiencia energética en instalaciones de alumbrado exterior y sus Instrucciones técnicas complementarias EA-01 a EA-07.
- UNE-EN 13201 “Iluminación de carreteras”.
- Normativa del ayuntamiento de Santa Pola.
- Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (REBT), Real Decreto 842/2002 de 2 de agosto de 2002.
- Norma UNE 20460 y relacionadas con el REBT.

## 1.2 ANÁLISIS LUMÍNICO

### 1.2.1 Datos de partida

Como se ha introducido anteriormente, gracias a los datos suministrados por la empresa, resumidos en una hoja de cálculo, se dispone de los parámetros de la instalación del alumbrado público actual de Gran Alacant, obtenida tras realizar un estudio de campo, con instrumentos de medida adecuados para obtener los valores de los datos requeridos con exactitud. Dicho estudio consiste en recorrer la zona a estudiar con el instrumento de medida durante una semana y sacar los valores medios lumínicos más importantes a la par que se realiza un recuento de las luminarias y se miden las distancias y alturas.

Dicha hoja de cálculo consta de un volumen muy grande de datos referidos a tramos homogéneos de las calles que forman Gran Alacant ordenados según el centro de mando al que está conectado cada bloque de luminarias. El número de tramos a analizar es de unos 80, estando cada uno definido, tras el análisis de campo que realizó la empresa, en 13 características fundamentales para el estudio lumínico actual como se puede observar en la tabla 1:

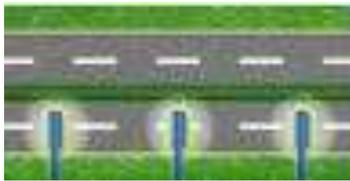
**Tabla 1-Datos iniciales**

| CM   | Calle           | Ancho acera 1 (m) | Ancho calzada 1 (m) | Mediana (m) | Ancho acera 2 (m) | Ancho calzada 2 (m) | Altura (m) | Interdistancia (m) | Disposición | Nº PTOS LUZ | Nº LUMINARIAS APAGADAS | Tipo Luminaria | Tipo Lámpara actual | Potencia Lámpara actual (W) |
|------|-----------------|-------------------|---------------------|-------------|-------------------|---------------------|------------|--------------------|-------------|-------------|------------------------|----------------|---------------------|-----------------------------|
| CMG2 | AV ESCANDINAVIA | 2                 | 9                   | 0           | 1                 | 0                   | 10         | 20                 | UNILATERAL  | 3           | 2                      | Tipo 001       | VSAP                | 250                         |
| CMG2 | AV ESCANDINAVIA | 2                 | 9                   | 0           | 1                 | 0                   | 10         | 20                 | UNILATERAL  | 3           | 0                      | Tipo 003       | VM                  | 250                         |
| CMG3 | AV MONTE DE STP | 1                 | 9                   | 0           | 1                 | 0                   | 10         | 40                 | TRESBOLILLO | 16          | 2                      | Tipo 001       | VSAP                | 150                         |
| CMG3 | AV ESCANDINAVIA | 1                 | 9                   | 0           | 1                 | 0                   | 10         | 20                 | UNILATERAL  | 12          | 7                      | Tipo 001       | VSAP                | 250                         |

## Proyecto de remodelación del alumbrado público del barrio del Gran Alacant (Santa Pola)

Se puede apreciar que los datos iniciales de la tabla 1 constan de cuatro categorías de datos:

- Configuración de la calle: En donde se tienen los parámetros que detallan la tipología de la calle. Estos son el ancho de las aceras que hay a cada lado y la calzada. Asimismo se incluiría la mediana, pero como se puede comprobar en el Anexo 1 en ninguna calle de esta población hay medianas.
- Configuración de distribución de las luminarias, formada por tres datos que son: la altura a la que está ubicado el foco de luz, la interdistancia, que es la separación que hay entre dos luminarias consecutivas ubicadas en la misma acera, y la disposición de las luminarias que muestra que tipo de distribución hay. Dicha distribución puede ser unilateral, bilateral o tresbolillo principalmente como se aprecia en las siguientes ilustraciones.



**Ilustración 2- unilateral**



**Ilustración 3- Bilateral**



**Ilustración 4- Tresbolillo**

**FUENTE: SOFTWARE DIALUX**

- Información de cantidad y funcionamiento: muestra cuantos puntos de luz hay en funcionamiento y cuantos se han estropeado a lo largo del tiempo, mirando los datos completos del Anexo 1 se aprecia que hay bastantes unidades que no están en funcionamiento, hecho que puede afectar perjudicialmente tanto al ciudadano como al propio ayuntamiento, ya que podría ser demandado en caso de accidente en zonas en donde la visibilidad se vea disminuida significativamente.
- Información de la luminaria: Indica qué tipo de luminaria está equipada, con una codificación interna de la empresa que se entrará en más en detalle posteriormente, qué tecnología tiene dicha luminaria y por último cuál es la potencia instalada de cada luminaria.

Para concluir con los datos iniciales, cabe destacar que dicho barrio se encuentra prácticamente sin árboles que puedan influir en el análisis lumínico, provocando que los cálculos dependan directamente de la interdistancia entre farolas. Así mismo, no se tienen los datos relativos a rotondas o a parques, puesto que se cedieron solo los datos de los tramos de las calles, aunque el análisis habría sido muy similar en caso de tener esos sectores.

### **1.2.2 Tecnología disponible**

Como se ha mencionado en el apartado anterior, hay distintos tipos de tecnologías que se pueden utilizar para el alumbrado público. Entre los distintos tipos de lámparas que existen actualmente, en este TFG se mencionan las tres *principales tecnologías*<sup>2</sup> que se suelen utilizar para el alumbrado público:

## Proyecto de remodelación del alumbrado público del barrio del Gran Alacant (Santa Pola)

- Vapor de mercurio: Se trata de una de las tecnologías de iluminación más antiguas y debido a que se utiliza mercurio, que emite una gran componente de radiación ultravioleta, necesita un polvo fluorescente que la convierta en radiación visible. El rendimiento de color es del orden del 40% y la eficiencia luminosa se sitúa en torno a los 50 lm/W. Así mismo la temperatura de color ronda los 4000º Kelvin y la vida útil es elevada.
- Vapor de Sodio Alta Presión: Se trata de una tecnología con una eficiencia muy grande, en torno 80-150 lm/W y rendimientos cromáticos del 27%. Además su temperatura de color es de 2200 Kelvin mientras que su vida útil es del orden de 15.000 horas.
- Tecnología LED: Formada por distintas capas de material semiconductor dopado, se han comenzado a utilizar para el alumbrado debido a los grandes avances que se han conseguido en este campo. Tienen un rendimiento de color superior al 80% en algunos colores, una vida útil muy larga, ya que en algunos colores puede llegar a 100.000 horas y tiene una eficiencia luminosa bastante buena, entre 100-130 lm/W.

En este proyecto, por la relación entre potencia y flujo luminoso de la tecnología LED, la cual puede ofrecer el mismo flujo luminoso que la tecnología de Vapor de Sodio Alta Presión con un consumo mucho menor, se selecciona la tecnología LED. Además la vida útil de dicha tecnología es mucho mayor, hecho que aumenta los beneficios drásticamente, y su regulación electrónica se realiza con gran facilidad. Por lo tanto se elige definitivamente la tecnología LED para abordar la renovación del alumbrado público.

### 1.2.3 Determinación de la clase de alumbrado

Las especificaciones que debe cumplir un sistema de alumbrado dependen de muchos factores, que en el ámbito del alumbrado público son, entre otros, la velocidad y densidad del tráfico, la densidad de transeúntes, la separación entre carriles o el trazado que tiene la vía.

Por lo tanto este punto es fundamental para determinar las especificaciones mínimas que hay que cumplir, en función de cuál es la iluminación necesaria, a partir del Reglamento de eficiencia energética en instalaciones de alumbrado exterior.

En dicho reglamento se comienza la clasificación de las vías en función de la velocidad mediante la siguiente tabla:

**Tabla 2- Clasificación de las vías**

| 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       | $v \leq 5$                          |

## Proyecto de remodelación del alumbrado público del barrio del Gran Alacant (Santa Pola)

En dicha tabla se aprecia que los datos aportados corresponden principalmente con vías del tipo B y D, puesto que se realiza la instalación en un pueblo y la velocidad está limitada a como máximo 50 Km/h. Por lo que se tiene para las avenidas principales la tipología B y para las calles residenciales más bien tipología D. Así mismo, por los datos proporcionados por la empresa no hay calles peatonales, por la propia configuración del pueblo, y por el momento tampoco se han realizado carriles bici por la zona urbana. Además se advierte de la inexistencia de árboles que influyan en el cálculo lumínico puesto que al ser urbanizaciones, cada una tiene su propio jardín.

Una vez clasificadas las vías en función de la velocidad de tráfico se subdividen siguiendo otros de los factores más influyentes de los anteriormente comentados, el tipo de vía y la intensidad media de tráfico diario (IMD):

- La tipología de vía B se puede catalogar en este caso como vías distribuidoras locales y accesos a zonas residenciales y fincas, en las que no hay excesivo tráfico, lo que supone un  $IMD < 7000$  vehículos/día, por lo tanto de la tabla siguiente se catalogan esas vías como ME4b, puesto que es el caso más restrictivo de las tres opciones del RD 1890-2008:

**Tabla 3- Clasificación en Clases de alumbrado según B**

| Situaciones de proyecto | Tipos de vías  | Clase de Alumbrado(*)          |
|-------------------------|--|--------------------------------|
| B1                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Vías urbanas secundarias de conexión a urbanas de tráfico importante.</b></li> <li>• <b>Vías distribuidoras locales y accesos a zonas residenciales y fincas.</b></li> </ul> | ME2 / ME3c<br>ME4b / ME5 / ME6 |
|                         | Intensidad de tráfico<br>$IMD \geq 7.000$ .....<br>$IMD < 7.000$ .....   |                                |
| B2                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Carreteras locales en áreas rurales.</b></li> </ul>  | ME2 / ME3b<br>ME4b / ME5       |
|                         | Intensidad de tráfico y complejidad del trazado de la carretera.<br>$IMD \geq 7.000$ .....<br>$IMD < 7.000$ .....  |                                |

- La tipología de vía D en este caso se aprecia que claramente corresponde al tipo de calles residenciales suburbanas con aceras para peatones a lo largo de la calzada con zonas residenciales de velocidad muy limitada y con poco tráfico en las mismas, por lo tanto se designa a este tipo la clase de alumbrado S3 puesto que es la más restrictiva, como se aprecia en tabla 4, obtenida también del RD 1890-2008:

**Tabla 4-Clasificación en Clases de alumbrado según D**

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

Por lo tanto, ahora sí que está definido el último parámetro que es necesario para la realización de los cálculos en un software especializado, que se explicará más adelante, que es la clase de alumbrado que tiene cada vía para poder compararla con las especificaciones mínimas requeridas.

En este punto se puede clasificar directamente los datos de las avenidas en Clase de alumbrado ME4b mientras que los de las calles en S3, asimismo para realizar una comprobación de la importancia de estas calles se ha utilizado el GOOGLE MAPS para apreciar cuáles son de mayor magnitud o incluso los propios datos geométricos de las calles.

Entre las avenidas principales de Gran Alacant destacan la Avenida del Mediterráneo, Avenida Escandinavia o la Avenida de Noruega, que encajan perfectamente con la definición de Clase de Alumbrado ME4b. Mientras que ejemplos de calles que tienen Clase de Alumbrado S3 podrían ser las calles Creta o Chipre.

#### **1.2.4 Modelización de los datos**

Una vez se han clasificado las vías en función de la clase de alumbrado que tienen, se plantea uno de los retos más complicados del trabajo, que es dar con una solución que abarque todos los datos sin necesidad de analizar cada uno individualmente, ya que eso supondría una inversión excesiva de horas.

Por lo tanto se ha decidido sacar unos modelos que abarquen bloques de datos similares con la función de analizar exclusivamente dichos modelos y así conseguir un resultado muy aproximado de cada calle sin necesidad de estudiar los 80 tramos de calles con sus respectivos 13 parámetros.

## Proyecto de remodelación del alumbrado público del barrio del Gran Alacant (Santa Pola)

Con ello se realiza el estudio exclusivamente de 11 modelos a partir de los cuales se pueden desarrollar todos los análisis y obtener todas las conclusiones pertinentes, sin necesidad de analizar los datos individualmente.

En el anexo 1 se adjunta cómo está constituido cada modelo y en la siguiente tabla resumen se muestran los principales parámetros de cada modelo.

**Tabla 5- Resumen modelos**

|           | Acera 1 (m) | Calzada (m) | Acera 2 (m) | Altura (m) | Interdistancia (m) | Disposición |
|-----------|-------------|-------------|-------------|------------|--------------------|-------------|
| Modelo 1  | 2           | 8.5         | 1.5         | 10         | 30                 | Tresbolillo |
| Modelo 2  | 1.5         | 9           | 1.5         | 10         | 30                 | Tresbolillo |
| Modelo 3  | 1.5         | 9           | 2           | 10         | 40                 | Tresbolillo |
| Modelo 4  | 1           | 8           | 1           | 8          | 30                 | Tresbolillo |
| Modelo 5  | 1           | 15          | 1           | 8          | 40                 | Tresbolillo |
| Modelo 6  | 2           | 9           | 1           | 10         | 20                 | Unilateral  |
| Modelo 7  | 1           | 7           | 1           | 8          | 20                 | Unilateral  |
| Modelo 8  | 0           | 5           | 0           | 10         | 20                 | Unilateral  |
| Modelo 9  | 3           | 10          | 0           | 10         | 20                 | Unilateral  |
| Modelo 10 | 1.5         | 9           | 1.5         | 10         | 15                 | Unilateral  |
| Modelo 11 | 2           | 8.5         | 1           | 10         | 30                 | Unilateral  |

Dicha tabla coincide estrictamente con la altura y la interdistancia de cada tramo de calle que forma dicho modelo pero se aprecia que en los datos referentes a la geometría de la calle hay algunos desajustes. Por lo tanto se tienen que validar dichos modelos para ver que verdaderamente se puede hacer esta clasificación sin alterar el resultado.

Se comienza validando el modelo formado por tramos de calles en los que no todos coincidan en el término de la acera, para ello se realiza un estudio de una calle estándar, con altura de luminarias a 8 metros e interdistancia de 30 metros con una distribución a tresbolillo de la misma luminaria, difiriendo en el ancho de un lado de la calle para apreciar si hay cambios significativos.

## Proyecto de remodelación del alumbrado público del barrio del Gran Alacant (Santa Pola)

Como se aprecia en el anexo 2, la modificación afecta solo al recuadro de evaluación del Camino peatonal, es decir, la acera, siendo que los parámetros restrictivos para la norma los marca principalmente el recuadro de evaluación de la calzada, por lo tanto la simplificación respecto al ancho de las aceras es validable e incluso la modificación puede ser favorable si se tiene una acera menor en alguna calle que la que está definida en el modelo. Asimismo se ignora que cumpla la norma en este supuesto, pues aquí lo que se está realizando es la verificación de que se analicen los datos en modelos y que no se desvíe excesivamente.

A continuación se procede a analizar cómo afecta la modificación del tamaño de la calzada. Para ello se utiliza un procedimiento exactamente igual que el anterior, pero esta vez se modifica únicamente el ancho de la calzada en 1 metro, ya que es la diferencia máxima que aparece en la agrupación de tramos en cada modelo.

Se observa en el anexo 3 que la verificación de calzada se puede dar por buena, ya que la modificación del caso más desfavorable no llega a modificar un 0,1 del resultado final a la Luminancia media, afecta muy poco a las uniformidades y en la relación con el entorno, SR, concepto que se explicará a continuación, sí que hay cambios más grandes pero es un factor que se suele cumplir holgadamente.

Por lo tanto es posible agrupar las ochenta calles en un reducido número de modelos, en concreto en 11 modelos distintos, para analizar este barrio de una manera más eficaz, con el ahorro económico y temporal que eso supone, como realizaría una oficina de ingenieros de una empresa real, en vez de analizar cada calle tramo a tramo.

### 1.2.5 Procedimiento de cálculo con utilización de Software

Para la resolución de los cálculos lumínicos se emplea el programa Dialux.

Dialux es un Software libre que se utiliza para analizar cualquier escena en donde haya puntos de iluminación con el fin de obtener los principales parámetros de la misma. En dicho programa es posible analizar tres casos tipo: Local, Escena Exterior o Calle estándar.

Este proyecto se centra en la utilización de la escena de la Calle estándar, por la propia tipología del proyecto, para la obtención de los principales requisitos y parámetros del *reglamento de eficiencia energética en instalaciones de alumbrado exterior*<sup>3</sup>.



**Ilustración 5- Logotipo de DIALUX. FUENTE: SOFTWARE DIALUX**

Para ello se comienza definiendo la clase de alumbrado que se analiza, como se ha catalogado cada tramo en el punto 1.2.3, y a continuación se define la calle introduciendo los valores de los principales parámetros que la forman, los anchos de acera y calzada principalmente.



**Ilustración 6- Definición de calle. FUENTE: SOFTWARE DIALUX**

Así mismo se define un factor de mantenimiento que en este caso se hace bastante complicado de obtener, tanto para la instalación que ya está montada, por la complejidad de estimar los datos de mantenimiento a estas alturas de explotación, como para la que se pretende realizar puesto que está basada en la tecnología LED. Esto se debe a que el RD 1890-2008 todavía no contempla esta tecnología como sí contempla las demás para llegar a la determinación de dicho factor mediante la fórmula:

$$fm = FDFL * FSL * FDLU \quad (1)$$

Siendo:

fm= factor de mantenimiento.

FDFL= factor de depreciación del flujo luminoso de la lámpara, que depende del número de horas de vida útil que tiene y de la tecnología utilizada, siendo en este caso la tecnología LED no contemplada en el RD 1890-2008 Por lo tanto utilizando la información del fabricante, ya que es el valor a partir del cual alcanzan más del 90% de las luminarias el valor que da el fabricante de vida útil, se toma como dato 0,8

FSL=factor de supervivencia de la lámpara, factor al que le ocurre exactamente el mismo problema que al FDFL, aunque se puede tomar como 1 si ante un problema se puede reponer en menos de 72 horas.

FDLU=factor de depreciación de la luminaria, puesto que tiene una total hermeticidad se cataloga con la categoría IP6X del RD 1890-2008 y al encontrarse en un ambiente con contaminación media y con limpieza cada 3 años para ahorrar gastos, se determina un valor de 0,87 según la norma.

Por lo tanto se obtiene un factor de mantenimiento de 0.7, que suele ser un valor bastante común en el sector lumínico para estas instalaciones.

$$fm = 0,8 * 1 * 0,87 = 0,7$$

A partir de ese punto solo falta seleccionar la luminaria correspondiente a cada situación que se analiza, ubicarla en la disposición que se requiere y que el programa calcule los parámetros del sistema de alumbrado, especificados por el reglamento de eficiencia energética en instalaciones de alumbrado exterior. Los principales parámetros son:

## Proyecto de remodelación del alumbrado público del barrio del Gran Alacant (Santa Pola)

- Luminancia media de una superficie: Valor medio de la intensidad luminosa por unidad de superficie reflejada por la misma superficie en dirección del ojo del observador. Su símbolo es  $L_m$ , se expresa en  $cd/m^2$  y su fórmula depende de la intensidad luminosa que incide, la altura de montaje de la luminaria y de las características de reflexión:

$$L = \frac{I(c,\gamma)*r(\beta,tg\gamma)}{h^2} \quad (2)$$

- Iluminancia media horizontal: Valor medio del cociente entre el flujo luminoso incidente en un objeto y el área de dicho elemento. El símbolo es  $E_m$ , sus unidades los luxes y su fórmula viene en función de la intensidad luminosa y de la altura de montaje:

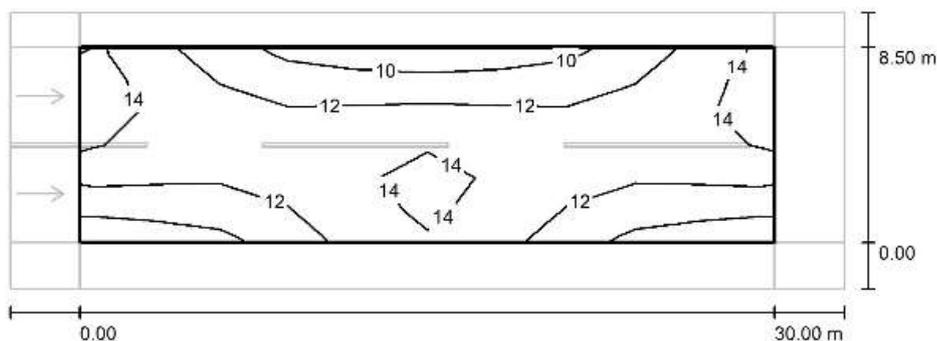
$$E = \frac{I(c,\gamma)*\cos^3\gamma}{h^2} \quad (3)$$

- Uniformidad global de luminancia: Relación entre luminancia mínima y media de la superficie. Su símbolo es  $U_0$  y carece de unidades.
- Uniformidad longitudinal de luminancias: Término similar al anterior pero relacionando solo los valores del mismo eje longitudinal de los carriles de la calzada y utilizando el mínimo de todos los posibles ejes. Su símbolo es  $U_l$  y carece de unidades.
- Deslumbramiento Perturbador: Aquel que perturba a la visión sin generar una sensación desagradable. La pérdida de visibilidad se mide mediante el incremento de umbral de contraste, siendo su símbolo  $TI$ , sin unidades y cuya fórmula depende de la luminancia de velo y de la luminancia media:

$$TI = 95 * \frac{L_V}{L_m^{0.8}} \quad (\text{en } \%) \quad (4)$$

- Relación Entorno: Relación entre la iluminancia media de la zona exterior a la calzada y la iluminancia media de la zona adyacente situada sobre la calzada, siendo la menor de ambos bordes.

Así pues para determinar si se cumple con el RD 1890-2008 se realizan dichos cálculos, que no son complejos de realizar a mano, pero debido a la infinidad de puntos que se pueden tomar, es necesario un programa como el DIALUX que realiza el cálculo a lo largo de toda la calzada obteniendo resultados como la de la ilustración 7, en un gran número de puntos para obtener la media al final del proceso.



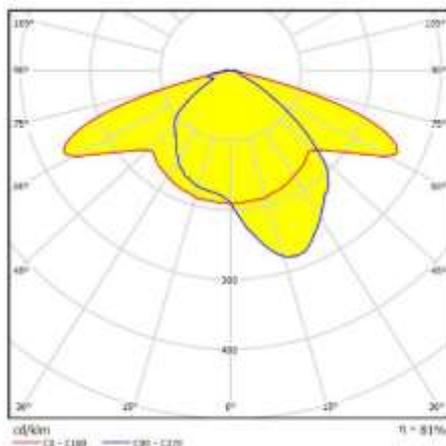
**Ilustración 7- Cálculo de Iluminancia en una calzada. FUENTE: SOFTWARE DIALUX**

### 1.2.6 Análisis de la situación actual

Por lo tanto, una vez expuesta la metodología de cálculo, se procede a evaluar tanto la situación actual como dos nuevas propuestas.

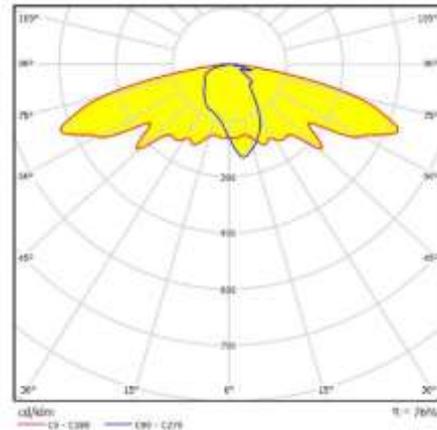
Se parte de los datos cedidos por la empresa para analizar los 11 modelos explicados anteriormente, teniendo en cuenta que actualmente hay dos tipos de luminarias instaladas:

- Luminaria Schreder ONYX 2, instalada en la mayoría de calles del barrio de Gran Alacant y cuya curva de distribución lumínica es la de la siguiente ilustración. Así mismo la potencia de dichas luminarias es de 150 o 250 Vatios, en función de la calle en la que están, como se puede notar en el Anexo 1.



**Ilustración 8- CDL ONYX 2 FUENTE: SOFTWARE DIALUX**

- Luminaria Schreder FALCO 2, esta luminaria se encuentra solo en las calles del modelo 5, ya que debió sufrir alguna modificación. Su curva de luminosidad es similar a la anterior pero con matices con forma de irregularidades, debido a su menor calidad, como se observa en la ilustración 9.



**Ilustración 9- CDL FALCO 2. FUENTE: SOFTWARE DIALUX**

Así pues, se introducen todos los datos necesarios explicados con anterioridad en el punto 1.2.5 para que DIALUX ejecute los cálculos relativos a la normativa y así sacar conclusiones de la situación actual. Dichas conclusiones serán explicadas a continuación para cada modelo directamente a partir del cumplimiento de los requisitos establecidos por la normativa en función de la clase de alumbrado. En función de la clase de iluminación del modelo tendremos unos requisitos relativos a la luminancia y uniformidad, para la clase ME4b de las grandes vías puesto que lo importante es distinguir las formas, o relativos a la iluminancia, para la clase S3 de vías secundarias en donde es más importante los detalles concretos.

### MODELO 1

#### Lista del recuadro de evaluación

|   |  |   |        |        |        |        |
|---|--|---|--------|--------|--------|--------|
| 1 | Recuadro de evaluación Calzada 1<br>Longitud: 30.000 m, Anchura: 8.500 m<br>Trama: 10 x 6 Puntos<br>Elemento de la vía pública respectivo: Calzada 1.<br>Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070<br>Clase de iluminación seleccionada: ME4b | (Se cumplen todos los requerimientos fotométricos.) |        |        |        |        |
|   | Valores reales según cálculo:  | $L_m$ [cd/m <sup>2</sup> ]                          | U0     | UI     | TI [%] | SR     |
|   | Valores de consigna según clase:   | 2.42  | 0.86   | 0.83   | 6      | 0.54   |
|   | Cumplido/No cumplido:  | ≥ 0.75  | ≥ 0.40 | ≥ 0.50 | ≤ 15   | ≥ 0.50 |
|   |  | ✓   | ✓      | ✓      | ✓      | ✓      |

#### Captura 1- Recuadro de evaluación modelo 1

En dicho modelo hay una altura de luminarias de 10 metros, una interdistancia de 30 metros y una potencia instalada de 150 vatios de vapor de sodio a alta presión. Se aprecia una sobreiluminación del 322% unido a que se cumplen todos los requisitos de una forma muy holgada. Por lo tanto a partir de este primer modelo ya se plantea la idea de que se podría aplicar una iluminación mucho más eficiente que cumpliera con las especificaciones de la norma y con un gasto de potencia menor gracias a la utilización de tecnología LED.

## MODELO 2

### Lista del recuadro de evaluación

|   |  |                       |                |
|---|--|-----------------------|----------------|
| 1 | Recuadro de evaluación Camino peatonal 1 & Calzada 1 & Camino peatonal 2<br>Longitud: 30.000 m, Anchura: 12.000 m<br>Trama: 10 x 8 Puntos<br>Elemento de la vía pública respectivo: Camino peatonal 1, Calzada 1, Camino peatonal 2.<br>Clase de iluminación seleccionada: S3 (No se cumplen todos los requerimientos fotométricos.) | $E_m$ [lx]            | $E_{min}$ [lx] |
|   | Valores reales según cálculo:  | 61.25                 | 31.76          |
|   | Valores de consigna según clase:   | $\geq 7.50$           | $\geq 1.50$    |
|   | Cumplido/No cumplido:  | <b>X</b> <sub>1</sub> | <b>✓</b>       |

### Captura 2- Recuadro de evaluación modelo 2

En este modelo se tiene una altura de luminaria de 10 metros, una interdistancia de 30 metros y una potencia instalada de 250 vatios de vapor de sodio a alta presión. En este recuadro se vuelve a apreciar una sobreiluminación enorme, en concreto del 816%, hecho que no asegura uniformidad ya que la iluminancia media horizontal no puede superar el 150% del valor mínimo previsto para cada clase.

## MODELO 3

### Lista del recuadro de evaluación

|   |  |                            |             |             |           |             |
|---|--|----------------------------|-------------|-------------|-----------|-------------|
| 1 | Recuadro de evaluación Calzada 1<br>Longitud: 40.000 m, Anchura: 9.000 m<br>Trama: 14 x 6 Puntos<br>Elemento de la vía pública respectivo: Calzada 1.<br>Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070<br>Clase de iluminación seleccionada: ME4b (Se cumplen todos los requerimientos fotométricos.) | $L_m$ [cd/m <sup>2</sup> ] | U0          | UI          | TI [%]    | SR          |
|   | Valores reales según cálculo:  | 3.05                       | 0.72        | 0.67        | 7         | 0.50        |
|   | Valores de consigna según clase:   | $\geq 0.75$                | $\geq 0.40$ | $\geq 0.50$ | $\leq 15$ | $\geq 0.50$ |
|   | Cumplido/No cumplido:  | <b>✓</b>                   | <b>✓</b>    | <b>✓</b>    | <b>✓</b>  | <b>✓</b>    |

### Captura 3- Recuadro de evaluación modelo 3

En este modelo hay una altura de luminarias de 10 metros, una interdistancia de 40 metros y una potencia instalada de 250 vatios de vapor de sodio a alta presión. Así mismo, se vuelve a apreciar un exceso de iluminación del 406% con otra vez un cumplimiento holgado de los demás parámetros, ya que aunque el SR esté en el límite, es un valor que no suele ser conflictivo.

### MODELO 4

#### Lista del recuadro de evaluación

|   |  |                |                |
|---|--|----------------|----------------|
| 1 | Recuadro de evaluación Camino peatonal 1 & Calzada 1 & Camino peatonal 2<br>Longitud: 30.000 m, Anchura: 10.000 m<br>Trama: 10 x 7 Puntos<br>Elemento de la vía pública respectivo: Camino peatonal 1, Calzada 1, Camino peatonal 2.<br>Clase de iluminación seleccionada: S3 (No se cumplen todos los requerimientos fotométricos.) |                |                |
|   | Valores reales según cálculo:  | $E_m$ [lx]     | $E_{min}$ [lx] |
|   | Valores de consigna según clase:   | 38.57          | 22.37          |
|   | Cumplido/No cumplido:  | $\geq 7.50$    | $\geq 1.50$    |
|   |  | X <sup>1</sup> | ✓              |

#### Captura 4- Recuadro de evaluación modelo 4

En este modelo se tiene una altura de 8 metros, una interdistancia de 30 metros y una potencia de 150 vatios de vapor de sodio a alta presión. Se obtiene otra vez unos resultados que muestran exceso de iluminación, del 514% lo que hace no garantizar la uniformidad, como ocurre con el modelo 2.

### MODELO 5

#### Lista del recuadro de evaluación

|   |  |                            |             |             |           |             |
|---|--|----------------------------|-------------|-------------|-----------|-------------|
| 1 | Recuadro de evaluación Calzada 1<br>Longitud: 40.000 m, Anchura: 15.000 m<br>Trama: 14 x 6 Puntos<br>Elemento de la vía pública respectivo: Calzada 1.<br>Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070<br>Clase de iluminación seleccionada: ME4b (No se cumplen todos los requerimientos fotométricos.) |                            |             |             |           |             |
|   | Valores reales según cálculo:  | $L_m$ [cd/m <sup>2</sup> ] | U0          | UI          | TI [%]    | SR          |
|   | Valores de consigna según clase:   | 1.85                       | 0.32        | 0.56        | 15        | 0.73        |
|   | Cumplido/No cumplido:  | $\geq 0.75$                | $\geq 0.40$ | $\geq 0.50$ | $\leq 15$ | $\geq 0.50$ |
|   |  | ✓                          | X           | ✓           | ✓         | ✓           |

#### Captura 5- Recuadro de evaluación modelo 5

En este modelo se tiene una altura de luminaria de 8 metros, una interdistancia de 30 metros y una potencia de 210 vatios de vapor de sodio a alta presión. Además se consideran 2 hechos preocupantes. El primero es otra vez la sobreiluminación que hay, del 247%, y el segundo es que no se cumple adecuadamente con el parámetro de uniformidad exigido por la norma, lo que puede causar problemas al ayuntamiento en caso de que ocurra algún accidente.

### MODELO 6

#### Lista del recuadro de evaluación

|   |  |  |        |        |        |        |
|---|--|--|--------|--------|--------|--------|
| 1 | Recuadro de evaluación Calzada 1<br>Longitud: 20.000 m, Anchura: 9.000 m<br>Trama: 10 x 6 Puntos<br>Elemento de la vía pública respectivo: Calzada 1.<br>Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070<br>Clase de iluminación seleccionada: ME4b | (No se cumplen todos los requerimientos fotométricos.) |        |        |        |        |
|   |  | $L_m$ [cd/m <sup>2</sup> ]                             | U0     | UI     | TI [%] | SR     |
|   | Valores reales según cálculo:  | 2.90   | 0.38   | 0.72   | 7      | 0.50   |
|   | Valores de consigna según clase:   | ≥ 0.75   | ≥ 0.40 | ≥ 0.50 | ≤ 15   | ≥ 0.50 |
|   | Cumplido/No cumplido:  | ✓  | ✗      | ✓      | ✓      | ✓      |

#### Captura 6- Recuadro de evaluación modelo 6

En este modelo se tiene una altura de 8 metros, una interdistancia de 20 metros y una potencia instalada de 250 vatios de vapor de sodio a alta presión. También se observan los 2 problemas anteriores, por un lado se tiene sobre iluminación del 387% y por otro se vuelve a no cumplir con la normativa en vigor en el aspecto de la uniformidad, con lo que ello supone.

### MODELO 7

#### Lista del recuadro de evaluación

|   |  |  |                |
|---|--|--|----------------|
| 1 | Recuadro de evaluación Camino peatonal 1 & Calzada 1 & Camino peatonal 2<br>Longitud: 20.000 m, Anchura: 9.000 m<br>Trama: 10 x 6 Puntos<br>Elemento de la vía pública respectivo: Camino peatonal 1, Calzada 1, Camino peatonal 2.<br>Clase de iluminación seleccionada: S3 | (No se cumplen todos los requerimientos fotométricos.) |                |
|   |  | $E_m$ [lx]   | $E_{min}$ [lx] |
|   | Valores reales según cálculo:  | 30.61  | 4.99           |
|   | Valores de consigna según clase:   | ≥ 7.50   | ≥ 1.50         |
|   | Cumplido/No cumplido:  | ✗ 1  | ✓              |

#### Captura 7- Recuadro de evaluación modelo 7

En este modelo hay una altura de 8 metros, una interdistancia de 20 metros y una potencia de 150 vatios de vapor de sodio a alta presión. Otra vez se vuelve a no cumplir la Uniformidad, además de que con un valor muy por debajo al mínimo exigido, y a tener un exceso de iluminación bastante grande como es el 408% que no garantiza la uniformidad, como ocurre en los demás modelos de clase de alumbrado S3.

### MODELO 8

#### Lista del recuadro de evaluación

|   |  |   |        |        |        |        |
|---|--|---|--------|--------|--------|--------|
| 1 | Recuadro de evaluación Calzada 1<br>Longitud: 20.000 m, Anchura: 5.000 m<br>Trama: 10 x 6 Puntos<br>Elemento de la vía pública respectivo: Calzada 1.<br>Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070<br>Clase de iluminación seleccionada: ME4b | (Se cumplen todos los requerimientos fotométricos.) |        |        |        |        |
|   |  | $L_m$ [cd/m <sup>2</sup> ]                          | U0     | UI     | TI [%] | SR     |
|   | Valores reales según cálculo:  | 2.03  | 0.42   | 0.71   | 3      | 0.74   |
|   | Valores de consigna según clase:   | ≥ 0.75  | ≥ 0.40 | ≥ 0.50 | ≤ 15   | ≥ 0.50 |
|   | Cumplido/No cumplido:  | ✓   | ✓      | ✓      | ✓      | ✓      |

#### Captura 8- Recuadro de evaluación modelo 8

Aquí hay instalado luminarias a una altura de 10 metros con una interdistancia de 20 metros y una potencia de 150 vatios de vapor de sodio a alta presión. En este caso sí que se cumple con la normativa pero se vuelve a apreciar una iluminación bastante mayor que la mínima exigida por la norma, con un exceso del 270%.

### MODELO 9

#### Lista del recuadro de evaluación

|   |   |  |        |        |        |        |
|---|---|--|--------|--------|--------|--------|
| 1 | Recuadro de evaluación Calzada 1<br>Longitud: 20.000 m, Anchura: 10.000 m<br>Trama: 10 x 6 Puntos<br>Elemento de la vía pública respectivo: Calzada 1.<br>Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070<br>Clase de iluminación seleccionada: ME4b | (No se cumplen todos los requerimientos fotométricos.) |        |        |        |        |
|   |   | $L_m$ [cd/m <sup>2</sup> ]                             | U0     | UI     | TI [%] | SR     |
|   | Valores reales según cálculo:   | 2.73   | 0.31   | 0.72   | 7      | 0.48   |
|   | Valores de consigna según clase:  | ≥ 0.75   | ≥ 0.40 | ≥ 0.50 | ≤ 15   | ≥ 0.50 |
|   | Cumplido/No cumplido:   | ✓  | ✗      | ✓      | ✓      | ✗      |

#### Captura 9- Recuadro de evaluación modelo 9

En este modelo se vuelve a tener una altura de iluminaria de 10 metros con una interdistancia de 20 metros pero con una potencia de 250 vatios de vapor de sodio a alta presión. Otra vez no se cumple la normativa en lo referente a la uniformidad y se aprecia de nuevo un exceso de iluminación del 364%.

### MODELO 10

#### Lista del recuadro de evaluación

1 Recuadro de evaluación Calzada 1

Longitud: 15.000 m, Anchura: 9.000 m

Trama: 10 x 6 Puntos

Elemento de la vía pública respectivo: Calzada 1.

Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070

Clase de iluminación seleccionada: ME4b

(No se cumplen todos los requerimientos fotométricos.)

Elemento de la vía pública respectivo: Calzada 1

Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070

Clase de iluminación seleccionada: ME4b

Valores reales según cálculo:

Valores de consigna según clase:

Cumplido/No cumplido:

Valores reales según cálculo:

Valores de consigna según clase:

| $L_m$ [cd/m <sup>2</sup> ] | U0     | UI     | TI [%] | SR     |
|----------------------------|--------|--------|--------|--------|
| 3.86                       | 0.39   | 0.81   | 6      | 0.50   |
| ≥ 0.75                     | ≥ 0.40 | ≥ 0.50 | ≤ 15   | ≥ 0.50 |
| ✓                          | ✗      | ✓      | ✓      | ✓      |
| 2.73                       | 0.31   | 0.72   | 7      | 0.48   |
| ≥ 0.75                     | ≥ 0.40 | ≥ 0.50 | ≤ 15   | ≥ 0.50 |

Captura 10- Recuadro de evaluación modelo 10

En este modelo la altura de las luminarias es de 10 metros, la interdistancia de 15 metros y la potencia instalada de 250 vatios de vapor de sodio a alta presión. Se vuelve a apreciar un exceso de iluminación importante, del 515%, y no se cumple la normativa por poco en lo relativo al término de uniformidad.

### MODELO 11

Recuadro de evaluación Calzada 1

Longitud: 35.000 m, Anchura: 8.500 m

Trama: 12 x 12 Puntos

Elemento de la vía pública respectivo: Calzada 1.

Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070

Clase de iluminación seleccionada: ME4b

(No se cumplen todos los requerimientos fotométricos.)

Valores reales según cálculo:

Valores de consigna según clase:

Cumplido/No cumplido:

| $L_m$ [cd/m <sup>2</sup> ] | U0     | UI     | TI [%] | SR     |
|----------------------------|--------|--------|--------|--------|
| 1.66                       | 0.32   | 0.54   | 10     | 0.52   |
| ≥ 0.75                     | ≥ 0.40 | ≥ 0.50 | ≤ 15   | ≥ 0.50 |
| ✓                          | ✗      | ✓      | ✓      | ✓      |

Captura 11- Recuadro de evaluación modelo 11

En este último modelo se tiene una altura de luminaria de 10 metros, una interdistancia de 35 metros y una potencia instalada de 250 vatios de vapor de sodio a alta presión. Así mismo, se vuelve a tener un exceso de iluminación, en este caso no tan superior como los anteriores pero también grande del 221%, y se vuelve a apreciar que no se cumple con la uniformidad exigida por el RD 1890-2008.

Por ello se observa que el barrio Gran Alacant está sobreiluminado, que junto con el hecho de utilizar una tecnología que requiere una potencia elevada supone un gran gasto de explotación, y

## Proyecto de remodelación del alumbrado público del barrio del Gran Alacant (Santa Pola)

que en diversos tramos hay problemas de uniformidad, lo que puede llegar a generar situaciones visuales difusas.

Por lo tanto, a la vista de los resultados comentados anteriormente, se proponen diversas alternativas para mejorar la eficiencia energética, ya que en absolutamente todos los modelos se tiene un exceso de iluminación importante, e incluso en varios de estos es necesario para cumplir con el apartado de uniformidad de la normativa vigente.

Para ello se presentan 2 alternativas que serán explicadas en los siguientes puntos: La primera con una sustitución de las luminarias que hay actualmente por unas de tecnología tipo LED y la segunda mediante una sustitución a LED acompañada por una modificación de la distribución de las luminarias.

Para finalizar con el análisis de la situación actual cabe mencionar que sumando todos los datos referentes números de puntos de luz y luminarias apagadas se disponen un total de 1018 luminarias para alumbrar Gran Alacant actualmente.

### 1.2.7 Análisis de la alternativa 1: Renovación a LEDS

Para comenzar con esta alternativa se selecciona la luminaria que se desea emplear. En este caso se opta por un fabricante de fama mundial, como es Philips Lighting, debido a que sus productos son de máxima calidad y fiabilidad a un precio razonable.

En concreto se opta por la luminaria *Iridium LED2*<sup>4</sup> ya que es un modelo diseñado para obtener el máximo rendimiento y sostenibilidad ambiental, con una integración del sistema electrónico sencilla para el fácil control de las luminarias. Se podría haber elegido la *IridiumLED3*<sup>5</sup>, que es un modelo más actual, pero tras analizar prestaciones y precios, se llega a la conclusión de que el incremento de precio por luminaria es excesivo para las pocas mejoras técnicas que tiene el modelo, mejorado principalmente en aspectos estéticos.

Así mismo, cabe mencionar que hay dos posibles tipos de luminaria de esa gama, la Green Line (GRN) y la EconomyLine (ECO). Siendo más barata y con mayor vida útil la primera, pero necesitando en ciertos casos la segunda debido a que proporciona una curva de distribución luminosa distinta, que se adapta mejor a las condiciones impuestas por la vía en algunos puntos.

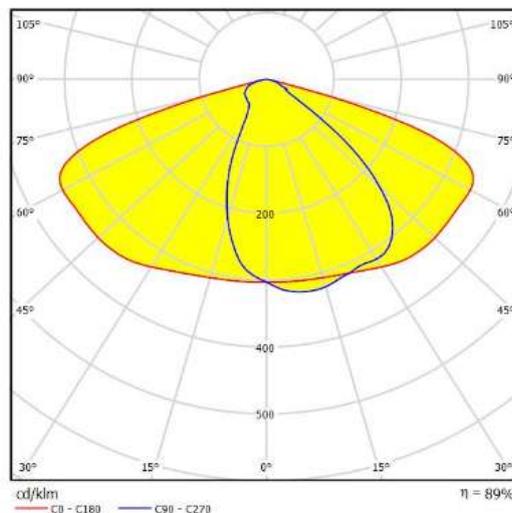
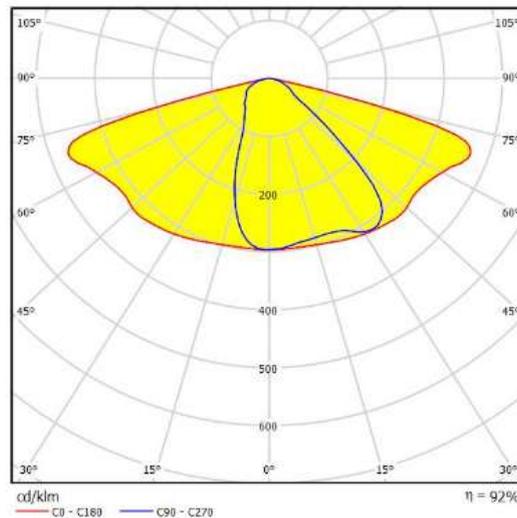


Ilustración 10- CDL *Iridium LED2* GRN

## Proyecto de remodelación del alumbrado público del barrio del Gran Alacant (Santa Pola)

Una vez seleccionada la luminaria, se procede con los cálculos pertinentes a la obtención de una potencia que cumpla con los requisitos de la norma de una forma ajustada. En cuanto a términos de Luminancia es sencillo, ya que es directamente proporcional a la potencia, en caso de no cumplir con la uniformidad por la distribución de las luminarias, se opta por el modelo *Iridium LED<sup>2</sup> ECO*, ya que su distribución lumínica resulta más efectiva y homogénea como se ha explicado anteriormente.



**Ilustración 11- CDL *Iridium LED<sup>2</sup>ECO***

Para obtener la potencia mínima requerida se puede aproximar mediante la siguiente fórmula:

$$P = \frac{E_m * S}{FU * FM * n * \eta} \quad (5)$$

Siendo:

P= Potencia mínima requerida

$E_m$  = Iluminancia mínima requerida por la normativa según la clase de alumbrado

S= Superficie determinada por el rectángulo que forman el ancho de la calle y la interdistancia entre farolas. Cabe resaltar que al ser una zona de urbanizaciones las calles están prácticamente exentas de árboles, incluso se puede comprobar con GOOGLE MAPS, y por lo tanto no es necesario tenerlos en cuenta.

FU= Factor de utilización, que al ser un factor muy complejo de determinar se utiliza un valor habitual de 0,25.

FM= Factor de mantenimiento, que como se ha explicado anteriormente se obtiene de valor 0,7.

n= Número de luminarias que depende de la distribución de la calle siendo 1 para la distribución unilateral y siendo 2 para la bilateral.

$\eta$ = Eficacia de la luminaria, que depende de la luminaria y en este caso según el fabricante es superior a 110 lm/W, por lo que se utiliza dicho valor.

## Proyecto de remodelación del alumbrado público del barrio del Gran Alacant (Santa Pola)

Una vez se obtiene una primera estimación de la potencia se puede aplicar un método iterativo muy sencillo mediante el manejo del programa, que consiste en verificar si la potencia estimada cumple y si no se da el caso pasar a una luminaria que tenga una potencia mayor hasta conseguir que sí que cumpla. Dichas potencias están normalizadas por los fabricantes que ofrecen luminarias cada 5 Vatios aproximadamente, por lo que finalmente se obtiene la siguiente tabla de potencias y luminarias requeridas.

**Tabla 6- Asignación de luminarias a cada modelo**

| ALTERNATIVA1 | LUMINARIA                                     | POTENCIA (W) |
|--------------|---|--------------|
| modelo1      | <b>PHILIPS BGP352 T15 1xGRN40-3S/830 DN /</b> | 40           |
| modelo2      | <b>PHILIPS BGP352 T15 1xGRN40-3S/830 DN</b>   | 40           |
| modelo3      | <b>PHILIPS BGP352 T15 1xGRN64-3S/830 DC</b>   | 60           |
| modelo4      | <b>PHILIPS BGP352 T15 1xGRN48-3S/830 DC</b>   | 47           |
| modelo5      | <b>PHILIPS BGP352 T15 1xECO81-3S/830</b>      | 80           |
| modelo6      | <b>PHILIPS BGP352 T15 1xGRN72-3S/830 DC</b>   | 67           |
| modelo7      | <b>PHILIPS BGP352 T15 1xGRN40-3S/830DM</b>    | 36           |
| modelo8      | <b>PHILIPS BGP352 T15 1xGRN40-3S/830</b>      | 40           |
| modelo9      | <b>PHILIPS BGP352 T15 1xECO71-3S/830 DM</b>   | 70           |
| modelo10     | <b>PHILIPS BGP352 T15 1xGRN56-3S/830</b>      | 50           |
| modelo11     | <b>PHILIPS BGP352 T15 1xECO113-3S/830</b>     | 95           |

Se aprecia que el nombre sigue la siguiente codificación: BGP352 T15 hace referencia a la codificación interna de Philips; GRN o ECO, al modelo de luminaria seleccionado; el número que lo acompaña a la potencia asociada mayorada por un factor interno de codificación y el último número hace referencia a el rendimiento de color (el 8 implica un 80% de rendimiento de color) y el 30 a la temperatura de color (30 implica 3000 K). Además adjuntamos la columna de potencia real que consume cada luminaria.

Por lo tanto una vez se asignan las luminarias a cada modelo, se desarrolla la comprobación de que se cumple con la normativa vigente de una forma ajustada a los mínimos que exige la normativa.

## Proyecto de remodelación del alumbrado público del barrio del Gran Alacant (Santa Pola)

Como la normativa viene en función de la clase de alumbrado, se pueden sacar 2 tablas resumen de los distintos modelos para apreciar si cumplen con la normativa de forma óptima según sea clase ME4b o S3 tras hacer el análisis lumínico que se ha explicado anteriormente mediante DIALUX.

**Tabla 7- Resumen resultados modelos ME4b Alternativa 1**

| <b>MODELO</b> | <b>Lm</b><br>≥0.75<br>(cd/m <sup>2</sup> ) | <b>Uo</b><br>≥0.4 | <b>UI</b><br>≥0.5 | <b>TI</b><br>≤15<br>(%) | <b>SR</b><br>≥0.5 |
|---------------|--|-------------------|-------------------|-------------------------|-------------------|
| Modelo 1      | 0.85                                       | 0.91              | 0.9               | 6                       | 0.53              |
| Modelo 3      | 0.77                                       | 0.83              | 0.84              | 5                       | 0.58              |
| Modelo 5      | 0.77                                       | 0.77              | 0.92              | 9                       | 0.67              |
| Modelo 6      | 0.9  | 0.47              | 0.94              | 5                       | 0.58              |
| Modelo 8      | 0.75                                       | 0.65              | 0.88              | 6                       | 0.81              |
| Modelo 9      | 0.84                                       | 0.44              | 0.93              | 7                       | 0.53              |
| Modelo 10     | 0.96                                       | 0.52              | 0.95              | 6                       | 0.6               |
| Modelo 11     | 0.82                                       | 0.55              | 0.87              | 9                       | 0.78              |

Como se puede observar en la tabla se ha conseguido adecuar mucho los parámetros que se indican en la normativa a los mínimos relativos a la clase de alumbrado ME4b, obteniendo de esta forma un sistema de alumbrado público mucho más eficaz, en el cual el consumo de electricidad es menor ya que las luminarias requieren menor potencia.

**Tabla 8- Resumen resultados modelos S3 Alternativa 1**

| <b>MODELO</b> | <b>Em</b><br>≥7.5<br>(lx) | <b>Emin</b><br>≥1.5<br>(lx) |
|---------------|---------------------------|-----------------------------|
| Modelo 2      | 11.05                     | 5.97                        |
| Modelo 4      | 11.18                     | 4.27                        |
| Modelo 7      | 10.44                     | 6.44                        |

## Proyecto de remodelación del alumbrado público del barrio del Gran Alacant (Santa Pola)

Lo mismo ocurre con el alumbrado seleccionado para los modelos que se rigen por la clase S3, se obtienen unos valores mucho más ajustados a la normativa.

Por lo tanto se puede concluir que esta alternativa es una mejora respecto a la situación actual, ya que se ajusta mucho más a lo que exige el RD 1890-2008, e incluso en algún caso la hace cumplir, no como en el modelo actual, además del gran incremento en eficiencia energética que el cambio de tecnología conlleva. Así mismo se prevé un gran ahorro en la explotación del sistema de alumbrado, ya que con esta alternativa se pasa de utilizar luminarias de 150 o 250 W de tecnología de Vapor de Sodio a Alta presión a usar Tecnología LED de unos 40 a 80 W, teniendo un ahorro en el peor de los casos de la mitad del consumo, pudiéndose ir hasta reducirlo a una octava parte.

Por ello se realizará un análisis económico de esta alternativa posteriormente para ver hasta qué punto es viable, teniendo en cuenta los costes de instalación y de explotación, como veremos en el punto 1.4.

Para finalizar cabe mencionar que en esta alternativa, puesto que es simplemente la sustitución de luminarias a otra tecnología manteniendo la misma distribución y por tanto el mismo número de puntos de luz, se tienen un total de 1018 luminarias.

### **1.2.8 Análisis de la alternativa 2: Renovación a LEDS y redistribución de las luminarias**

En esta alternativa, además de sustituir la tecnología de las luminarias se realiza una redistribución de las mismas, para analizar si es posible ahorrar un número significativo de las mismas ajustándose a los mínimos exigidos por la normativa. Además se propone una solución con la utilización de la misma luminaria en todas las calles para tener un resultado más elegante.

Para comenzar, cabe destacar que este procedimiento es distinto al anterior, puesto que aquí no se tienen todos los parámetros definidos como sí se tenían en los análisis anteriores, en este apartado se busca una combinación óptima de altura de la luminaria y la interdistancia para, con una luminaria en concreto, obtener los valores que cumplan la norma.

Por lo tanto la utilización del Dialux es diferente en esta ocasión, puesto que se busca una solución óptima con un par de parámetros indeterminados, y para eso se utiliza el apartado de optimización con asistentes del programa en el cual se definen los parámetros geométricos de la calle, la normativa aplicable para el análisis, las posibles luminarias que se pueden utilizar y por último los parámetros que se pueden variar para la optimización, que en este caso son, como ya se ha mencionado anteriormente, la altura y la interdistancia. Se muestra en las capturas 12 y 13 como se plantea la optimización mediante el programa Dialux.

Parámetros que pueden variar para la optimización:

| Parámetros   | Mínimo | Máximo | Amplitud de paso | Unidad |
|--|--------|--------|------------------|--------|
| <input checked="" type="checkbox"/> Distancia entre mástiles | 10.000 | 50.000 | 1.000            | m      |
| <input checked="" type="checkbox"/> Altura del punto de luz  | 6.000  | 10.000 | 0.500            | m      |
| <input type="checkbox"/> Saliente del punto de luz           |        |        |                  | m      |
| <input type="checkbox"/> Inclinación                         |        |        |                  | °      |

Número de combinaciones a controlar: 738

Parámetro fijo para la optimización

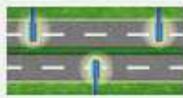
Distancia entre mástiles:  m

Altura del punto de luz:  m

Saliente del punto de luz:  m

Inclinación:  °

Tipo de disposición:



**Captura 12- Recuadro selección de parámetros variables**

Una vez definido todo lo necesario se pulsa el botón de optimizar y el programa genera otra pantalla en donde salen todas las combinaciones posibles de las luminarias seleccionadas, el rango de alturas y el rango de interdistancias. Tras eso, se puede generar un Excel con dichos resultados y a partir de ahí analizar qué combinación cumple la normativa de forma ajustada obteniendo la mayor interdistancia posible y una altura razonable. Finalmente se realiza el procedimiento que se ha explicado en el punto 1.2.5 para asegurarse de que efectivamente la solución seleccionada cumple y poder obtener todos los datos lumínicos al completo.

Distribución de las variantes de disposición:  
Adecuado: 305, aprox. adecuado: 0, insuficiente: 433

| Separación [m] | Altura [m] | Saliente sobre la calzada [m] | Inclinación [°] | Tipo | Lm [cd/m <sup>2</sup> ] | U0   | UI   | TI [%] | SR   |
|----------------|------------|-------------------------------|-----------------|------|-------------------------|------|------|--------|------|
| 50.000         | 7.500      | 0.000                         | 0               | (2)  | 0.80                    | 0.59 | 0.61 | 11     | 0.55 |
| 50.000         | 8.000      | 0.000                         | 0               | (2)  | 0.77                    | 0.62 | 0.63 | 9      | 0.61 |
| 49.000         | 7.500      | 0.000                         | 0               | (2)  | 0.82                    | 0.60 | 0.62 | 11     | 0.55 |
| 49.000         | 8.000      | 0.000                         | 0               | (2)  | 0.78                    | 0.63 | 0.64 | 9      | 0.61 |
| 49.000         | 8.500      | 0.000                         | 0               | (2)  | 0.75                    | 0.65 | 0.67 | 8      | 0.66 |
| 48.000         | 7.000      | 0.000                         | 0               | (2)  | 0.87                    | 0.56 | 0.60 | 12     | 0.50 |
| valores...     |            |                               |                 |      | 0.75                    | 0.40 | 0.60 | 15     | 0.50 |

**Captura 13- Muestra de todas las posibles combinaciones**

Por ello lo primero es seleccionar la distribución de las luminarias que se utilizan. En este caso la distribución en tresbolillo es la más efectiva para cumplir con los parámetros de la normativa relacionados con la uniformidad.

Además, tras realizar la optimización de todos modelos se aprecia que con alturas de 8 metros y con la luminaria BGP352 T15 1xECO57-3S, se consiguen las interdistancias más grandes, lo que

## Proyecto de remodelación del alumbrado público del barrio del Gran Alacant (Santa Pola)

reduce el número de luminarias y por tanto el coste, tanto de instalación como de explotación. La luminaria BGP352 T15 1xECO57-3S se acopla muy bien a todas las calles, ya que aunque tiene una vida útil menor y un precio ligeramente superior, aporta una curva de distribución más abierta que genera mejores uniformidades para el cumplimiento de la normativa.

A continuación se detalla una tabla resumen de cómo queda cada modelo definido en función de la luminaria, la altura y la interdistancia de las mismas.

**Tabla 9- Resumen modelos alternativa 2**

| <b>MODELO</b> | <b>LUMINARIA</b>                 | <b>POTENCIA<br/>(W)</b> | <b>ALTURA<br/>(m)</b> | <b>INTERDISTANCIA<br/>(m)</b> |
|---------------|----------------------------------|-------------------------|-----------------------|-------------------------------|
| modelo1       | PHILIPS BGP352 T15<br>1xECO57-3S | 50                      | 8                     | 45                            |
| modelo2       | PHILIPS BGP352 T15<br>1xECO57-3S | 50                      | 8                     | 44                            |
| modelo3       | PHILIPS BGP352 T15<br>1xECO57-3S | 50                      | 8                     | 44                            |
| modelo4       | PHILIPS BGP352 T15<br>1xECO57-3S | 50                      | 8                     | 45                            |
| modelo5       | PHILIPS BGP352 T15<br>1xECO57-3S | 50                      | 8                     | 30                            |
| modelo6       | PHILIPS BGP352 T15<br>1xECO57-3S | 50                      | 8                     | 44                            |
| modelo7       | PHILIPS BGP352 T15<br>1xECO57-3S | 50                      | 8                     | 50                            |
| modelo8       | PHILIPS BGP352 T15<br>1xECO57-3S | 50                      | 8                     | 50                            |
| modelo9       | PHILIPS BGP352 T15<br>1xECO57-3S | 50                      | 8                     | 30                            |
| modelo10      | PHILIPS BGP352 T15<br>1xECO57-3S | 50                      | 8                     | 44                            |
| modelo11      | PHILIPS BGP352 T15<br>1xECO57-3S | 50                      | 8                     | 46                            |

## Proyecto de remodelación del alumbrado público del barrio del Gran Alacant (Santa Pola)

Por lo tanto una vez se tiene definido cada modelo se ejecuta la comprobación, como se ha explicado con anterioridad, en la que se diferencia entre dos tablas en función de la clase de alumbrado.

**Tabla 10- Resumen resultados modelos ME4b Alternativa 2**

| <b>MODELO</b> | <b>Lm</b><br>≥0.75<br>(cd/m <sup>2</sup> ) | <b>Uo</b><br>≥0.4 | <b>UI</b><br>≥0.5 | <b>TI</b><br>≤15<br>(%) | <b>SR</b><br>≥0.5 |
|---------------|--|-------------------|-------------------|-------------------------|-------------------|
| Modelo 1      | 0.77                                       | 0.63              | 0.68              | 11                      | 0.52              |
| Modelo 3      | 0.76                                       | 0.61              | 0.68              | 11                      | 0.5               |
| Modelo 5      | 0.76                                       | 0.67              | 0.87              | 10                      | 0.66              |
| Modelo 6      | 0.76                                       | 0.61              | 0.68              | 11                      | 0.5               |
| Modelo 8      | 0.85                                       | 0.68              | 0.69              | 10                      | 0.85              |
| Modelo 9      | 1.05                                       | 0.8               | 0.84              | 11                      | 0.5               |
| Modelo 10     | 0.76                                       | 0.61              | 0.68              | 11                      | 0.5               |
| Modelo 11     | 0.75                                       | 0.6               | 0.66              | 11                      | 15                |

Se observa que se ajusta mucho a la normativa, incluso de forma peligrosa para la validación de los modelos que se realizó anteriormente en la que no se llegaba a modificar 0,1 la Iluminancia al tener en cuenta las dimensiones reales de las calles. Pero en este caso una reducción de 0,03 cd/m<sup>2</sup> puede provocar el incumplimiento de la norma. En este momento, se obvia dicho posible problema puesto que como se verá en el análisis económico esta alternativa no es la óptima y por lo tanto no es necesario generar una posible solución o comprobación.

**Tabla 11- Resumen resultados modelos S3 Alternativa 2**

| <b>MODELO</b> | <b>Em</b><br>≥7.5<br>(lx) | <b>Emin</b><br>≥1.5<br>(lx) |
|---------------|---------------------------|-----------------------------|
| Modelo 2      | 8.43                      | 2.46                        |
| Modelo 4      | 9.48                      | 3.72                        |
| Modelo 7      | 9.75                      | 4.92                        |

En este caso también se aprecia que se ajusta bastante a los mínimos que se exige en la normativa.

Por lo tanto se comprueba que con esta solución se han aumentado las interdistancias entre luminarias, con la reducción de luminarias que se explicará a continuación que eso conlleva, y se reduce la potencia de las mismas a 50 W en todas las calles, provocando un gran ahorro, ya que habían instaladas luminarias de 150 y 250 W y además se ha propuesto una solución muy elegante, puesto que es homogénea tanto en las luminarias como en la altura de las mismas.

Así mismo se ha de realizar el recuento del número de luminarias totales que se obtienen con esta distribución, puesto que al modificar la interdistancia y aumentarla, se ha reducido el número de luminarias. Para ello se calcula la longitud de cada tramo de calle, teniendo en cuenta que existen dos casos distintos actualmente:

- El caso de la distribución en tresbolillo, en donde por la distribución de las luminarias queda la siguiente expresión empírica, que es independiente de que se tenga un número par o impar de luminarias, como se puede comprobar con cualquier número:

$$L = \left(\frac{n}{2} - 0.5\right) * d \quad (6)$$

Siendo:

L=Longitud del tramo de la calle

n= Número de luminarias

d= Interdistancia de las luminarias

- El caso de la distribución unilateral, que es mucho más sencilla ya que es la multiplicación directa entre el número de luminarias y la interdistancia, como se puede apreciar en la siguiente expresión:

$$L = n * d \quad (7)$$

Una vez se tiene la longitud, puesto que la disposición que se ha elegido es la de tresbolillo, el número de luminarias requeridas sale de la división de la longitud entre la interdistancia y entre 2, puesto que en esta distribución en cada tramo de interdistancia hay 2 luminarias como ya se explicó en la ilustración 4. Agrupándolo en modelos se obtiene un total de 878 luminarias, número inferior al de la situación actual y al de la primera alternativa propuesta, como se puede ver en la tabla 12:

**Tabla 12- Número de luminarias por modelo**

| <b>Modelo</b> | <b>Número</b> |
|---------------|---------------|
| Modelo 1      | 78            |
| Modelo 2      | 50            |
| Modelo 3      | 118           |
| Modelo 4      | 66            |
| Modelo 5      | 56            |
| Modelo 6      | 252           |
| Modelo 7      | 68            |
| Modelo 8      | 26            |
| Modelo 9      | 100           |
| Modelo 10     | 56            |
| Modelo 11     | 8             |

Para concluir con el análisis de esta solución cabe recalcar que es una mejora a lo que hay actualmente, por lo que se ha explicado en el párrafo anterior, y que hay que tener en cuenta en el análisis económico y energético para poder decidir si es más o menos conveniente que la alternativa 1. Por ello a continuación se realizará un análisis económico y energético de ambas alternativas, que a priori son mejoras respecto a la situación actual, para determinar si se puede realizar la remodelación con alguna de las mismas y en su caso determinar hasta qué punto es rentable cada opción.

### 1.3 ANÁLISIS ECONÓMICO

Se comienza el análisis económico con el estudio del coste de instalación de cada alternativa, para posteriormente estimar el coste de explotación durante la vida útil de cada una y así ser capaces de evaluar objetivamente qué solución es la más adecuada. Asimismo se realiza un análisis de sensibilidad y del valor neto actualizado de la solución adoptada. Cabe matizar que los cálculos de los costes de instalación de la alternativa óptima aparecen desglosados en el presupuesto detallado en unidades de obra, precios unitarios y descompuestos, pero en este análisis son simplificados con un error inferior al 5% respecto al presupuesto final.

#### 1.3.1 Costes de instalación alternativa 1

Para estudiar el coste de la instalación se utilizan los precios normalizados de la base de datos del *Instituto Valenciano de la edificación*<sup>6</sup>, en donde se estipulan las unidades de obra y precios de distintas actividades de construcción, en concreto se utilizan de los datos referentes a instalaciones de alumbrado público exterior en la provincia de Alicante. Además se usan los precios de las luminarias del proveedor oficial de Philips *Promel*<sup>7</sup>. El resultado aproximado se muestra en la tabla siguiente:

**Tabla 13- Coste instalación alternativa 1**

| ALTERNATIVA1 | POTENCIA (W) | PRECIO   | INSTALACION | NUMERO | TOTAL        |
|--------------|--------------|----------|-------------|--------|--------------|
| modelo1      | 40           | 703,00 € | 12,00 €     | 122    | 87.230,00 €  |
| modelo2      | 40           | 703,00 € | 12,00 €     | 79     | 56.485,00 €  |
| modelo3      | 60           | 812,00 € | 12,00 €     | 134    | 110.416,00 € |
| modelo4      | 47           | 786,00 € | 12,00 €     | 101    | 80.598,00 €  |
| modelo5      | 80           | 878,00 € | 12,00 €     | 46     | 40.940,00 €  |
| modelo6      | 67           | 824,00 € | 12,00 €     | 277    | 231.572,00 € |
| modelo7      | 36           | 703,00 € | 12,00 €     | 85     | 60.775,00 €  |
| modelo8      | 40           | 703,00 € | 12,00 €     | 33     | 23.595,00 €  |
| modelo9      | 70           | 824,00 € | 12,00 €     | 74     | 61.864,00 €  |
| modelo10     | 50           | 786,00 € | 12,00 €     | 61     | 48.678,00 €  |
| modelo11     | 95           | 931,00 € | 12,00 €     | 6      | 5.658,00 €   |
|              |              |          |             | 1018   | 807.811,00 € |

## Proyecto de remodelación del alumbrado público del barrio del Gran Alacant (Santa Pola)

Como se ha explicado anteriormente, los 12 euros de instalación son debido al gasto que supone, aproximadamente, el servicio de un oficial de electricidad (6 euros), un peón de electricidad (5 euro) y un camión grúa de 10 metros (1 euro), que aunque está relacionado con el intercambio de columnas, en este caso que solo se cambia la luminaria se cree que es razonable el uso de dicho camión, puesto que el cambio se realiza a 10 metros de altura.

Por lo tanto para la obtención del precio total es simplemente aplicar la siguiente fórmula:

$$C = \sum_1^{11} (P + I) * n \quad (8)$$

Siendo:

C=Coste total de la instalación

P= Precio unitario de la luminaria

I= Precio de la instalación unitaria

n= Número de luminarias a instalar

Finalmente se obtiene un total aproximado de 807.811,00 €. Aún no es posible sacar ninguna conclusión pero una vez obtenido el precio de explotación de esta alternativa y estimada su vida útil se evaluará definitivamente si es aceptable desde un punto de vista económico o no.

Además como se aprecia en el presupuesto final, se incluye el dinero del salario proporcional al ingeniero que ha hecho el análisis y el coste de la subcontratación para obtener los datos, pero por ahora se utiliza dicha simplificación ya que afecta por igual a la alternativa 2. Pero para un primer cálculo aproximado es más que suficiente, puesto que sólo se ha redondeado el precio final de la unidad de obra.

### 1.3.2 Costes de instalación alternativa 2

Este análisis se obtiene de una forma análoga al explicado anteriormente, pero con una diferencia que afecta gravemente al coste. Dicha diferencia es debida a la propia definición de esta alternativa, ya que al hacer un cambio de la distribución de las luminarias se realiza una demolición de las actuales y además, ya que se modifica la ubicación se renuevan también las columnas, cosa que en la alternativa 1 no es necesaria. Así mismo la implantación de esta alternativa también supone una modificación de la instalación eléctrica que suministra a las luminarias, ya que las luminarias cambian de ubicación.

Por lo tanto en esta alternativa el coste de la instalación viene impuesto tanto por la luminaria que hemos seleccionado, como por el precio unitario de la instalación, que como el de la alternativa anterior (12 euros) pero sumándole el precio de la columna de 8 metros (381 euros) y el coste del proceso de desmontaje (60 euros) de la instalación actual.

A continuación se muestra una tabla con el coste de instalación aproximado de esta alternativa:

**Tabla 14- Coste instalación alternativa 1**

| ALTERNATIVA2 | POTENCIA | PRECIO   | INSTALACION | NUMERO | TOTAL          |
|--------------|----------|----------|-------------|--------|----------------|
| modelo1      | 50       | 786,00 € | 452,00 €    | 78     | 96.564,00 €    |
| modelo2      | 50       | 786,00 € | 452,00 €    | 50     | 61.900,00 €    |
| modelo3      | 50       | 786,00 € | 452,00 €    | 118    | 146.084,00 €   |
| modelo4      | 50       | 786,00 € | 452,00 €    | 66     | 81.708,00 €    |
| modelo5      | 50       | 786,00 € | 452,00 €    | 56     | 69.328,00 €    |
| modelo6      | 50       | 786,00 € | 452,00 €    | 252    | 311.976,00 €   |
| modelo7      | 50       | 786,00 € | 452,00 €    | 68     | 84.184,00 €    |
| modelo8      | 50       | 786,00 € | 452,00 €    | 26     | 32.188,00 €    |
| modelo9      | 50       | 786,00 € | 452,00 €    | 100    | 123.800,00 €   |
| modelo10     | 50       | 786,00 € | 452,00 €    | 56     | 69.328,00 €    |
| modelo11     | 50       | 786,00 € | 452,00 €    | 8      | 9.904,00 €     |
|              |          |          |             | 878    | 1.086.964,00 € |

Como se ha realizado anteriormente, se aplica la expresión (8) y se obtiene como resultado un coste de instalación de 1.086.964,00 €. Por lo tanto esta alternativa es más cara pero al haber reducido el número de luminarias, prácticamente se han ahorrado 150, puede ser la solución óptima tras el análisis de los gastos de explotación, ya que consume menos energía y por tanto la factura de la luz es menor y el ahorro mayor.

### 1.3.3 Estimación tiempo de funcionamiento

A partir de Septiembre, momento en el que comenzó a plantearse este proyecto, se realizó un recuento de las horas en las que el sol no estaba presente, es decir, era de noche. Gracias a la aplicación de Apple "Tiempo" en donde aparecen las horas de salida y puesta del sol se ha podido generar una tabla estimativa de las horas de funcionamiento al día de las luminarias, tomando las horas en las que no está el sol el día quince de cada mes. Se ha estimado las horas de los meses de Junio, Julio y Agosto por motivos de entrega, pero se puede afirmar que es una estimación bastante acertada.

**Tabla 15- Estimación de las horas de funcionamiento**

| <b>MES</b> | <b>HORAS<br/>FMTO</b> |
|------------|-----------------------|
| ENERO      | 15                    |
| FEBRERO    | 14                    |
| MARZO      | 13                    |
| ABRIL      | 13                    |
| MAYO       | 12                    |
| JUNIO      | 10                    |
| JULIO      | 9                     |
| AGOSTO     | 10                    |
| SEPTIEMBRE | 12                    |
| OCTUBRE    | 14                    |
| NOVIEMBRE  | 15                    |
| DICIEMBRE  | 15                    |

#### **1.3.4 Selección de tarifa**

Una vez obtenido el número de horas de funcionamiento al día de cada luminaria se necesita saber qué tarifa se selecciona para calcular aproximadamente los costes de explotación. Para ello se definen 2 factores fundamentales:

El primero es la empresa que suministra la electricidad, entre las que destacan por su calidad e historia Iberdrola, Gas natural Fenosa o Endesa, o por sus planes innovadores EDP, SOM energía o PepeEnergy. En este proyecto se opta por la empresa que se considera más fiable y que mejor preparada está para la gestión de una gran red eléctrica como es la de este proyecto. Siendo Iberdrola la considerada como tal.

Por lo tanto, una vez fijada la empresa suministradora de electricidad, se evalúa el segundo factor fundamental, que es la tarifa eléctrica que se quiere contratar. Las tarifas son muy variadas, ofreciéndose planes con precios constantes durante las 24 horas del día, diferenciados en 2 periodos en función de las características de tu plan eléctrico o incluso en 3 periodos en donde a cada uno se le asigna un precio distinto siendo valle, llano o punta. Así mismo la oferta también se modifica en función de la potencia contratada.

## Proyecto de remodelación del alumbrado público del barrio del Gran Alacant (Santa Pola)

En este proyecto la potencia contratada la seleccionamos como la suma de todas las potencias multiplicada por el número de luminarias que tiene dicha potencia:

$$PC = \sum P * n \quad (9)$$

Siendo:

PC= Potencia contratada

P=Potencia

n=Número de luminarias

Así pues la potencia contratada requerida asciende hasta los 56 kilovatios en la primera alternativa y siendo de 43,9 kilovatios para la segunda. Por lo tanto es necesario contratar una tarifa que sea acorde a la tarifa de acceso 3.0A, que dentro de las tarifas catalogadas de baja tensión es la única que acepta una potencia contratada superior a 15 kilovatios.

La tarifa más acorde con lo explicado anteriormente que ofrece Iberdrola es la tarifa 3.0, cuyo contrato se puede ver en el anexo 4, en donde se contrata una tarifa segmentada en 3 periodos:

- Periodo valle: El más barato de las 3 franjas horarias, comprende las 8 horas de 0:00 a 8:00 y su precio es 0,065842 €/kWh.
- Periodo llano: Comprende 12 horas, que varían su posición en función de si es época de verano o de invierno, con un precio de 0,092887 €/kWh.
- Periodo Punta: Es la franja más cara, solo se aplica en invierno, puesto que en verano las horas coinciden con el mediodía, por lo tanto las luminarias están apagadas y no influye. Su precio es de 0,110571 €/kWh.

A continuación se muestra un recuadro en donde aparece la asignación a cada hora de un día de cada mes el tramo de la tarifa que hay que aplicarle.



**Ilustración 12- Tramos de la tarifa eléctrica**

Así mismo cabe recordar que las tarifas eléctricas están formados por 2 componentes: el término de potencia y el término de energía. Todo lo referente a los precios de la tarifa que se han visto hasta ahora se refiere al término de energía, por lo que falta determinar el valor del término de potencia.

## Proyecto de remodelación del alumbrado público del barrio del Gran Alacant (Santa Pola)

Dicho término de potencia, como se puede apreciar en el anexo 4, está expresado en €/kWAÑO, es decir, que es un precio fijo que se paga por la cantidad de energía que se contrata y también depende del periodo horario.

El precio de potencia del periodo punta es de 42,203054€/kWAÑO, mientras que el del periodo llano es de 25,60131€/kWAÑO y finalmente el del periodo valle es de 18,211416 €/kWh. Apreciándose aquí también las ventajas que reporta el utilizar la tarifa en el tramo valle con respecto a los demás, que debido a la tipología de este proyecto, en el que la explotación de las luminarias por su propia definición es por la noche, se puede aprovechar de dichas ventajas.

### 1.3.5 Costes de explotación modelo actual

Para analizar si es rentable la aplicación de alguna de las alternativas con respecto al modelo actual es necesario realizar el cálculo de los costes de explotación de cada uno de los 3 casos y a partir de ahí analizar si es viable la inversión inicial de cada alternativa con respecto al ahorro durante toda la vida útil de dicha solución.

Para analizar estos costes de explotación se requiere fijar en cada periodo las horas que está funcionando las luminarias, para ello, basándose en la ilustración 13 y en la estimación de las horas de funcionamiento, se puede obtener la tabla 12 en donde se observa cuántas horas al día de cada mes se aplica a cada tramo.

**Tabla 16- Asignación de horas a cada periodo**

| MES        | HORAS FMTO | VALLE | LLANO | PUNTA | días |
|------------|------------|-------|-------|-------|------|
| ENERO      | 15         | 8     | 3     | 4     | 31   |
| FEBRERO    | 14         | 8     | 2     | 4     | 28   |
| MARZO      | 13         | 8     | 2     | 3     | 31   |
| ABRIL      | 13         | 8     | 5     | 0     | 30   |
| MAYO       | 12         | 8     | 4     | 0     | 31   |
| JUNIO      | 10         | 8     | 2     | 0     | 30   |
| JULIO      | 9          | 8     | 1     | 0     | 31   |
| AGOSTO     | 10         | 8     | 2     | 0     | 31   |
| SEPTIEMBRE | 12         | 8     | 4     | 0     | 30   |
| OCTUBRE    | 14         | 8     | 6     | 0     | 31   |
| NOVIEMBRE  | 15         | 8     | 3     | 4     | 30   |
| DICIEMBRE  | 15         | 8     | 3     | 4     | 31   |

## Proyecto de remodelación del alumbrado público del barrio del Gran Alacant (Santa Pola)

Por lo tanto una vez se tienen asignadas las horas de funcionamiento a cada tramo horario se calculan los dos factores importantes para evaluar el coste anual de explotación del sistema de alumbrado público, el coste del consumo y el coste fijo de potencia.

El coste fijo de potencia se calcula como porcentaje de utilización de la potencia en cada tramo, ya que en cada uno hay un precio distinto y se necesita saber cuántas horas al año se utiliza en dicho tramo. Por lo tanto la fórmula se obtiene de la siguiente expresión:

$$PF = \sum P * n * hp \quad (10)$$

Haciendo el sumatorio de los 3 periodos horarios y siendo:

PF= Coste fijo de la potencia

P= Potencia unitaria de la luminaria en kW

N= número de luminarias

hp= Porcentaje de horas utilizadas en ese periodo con respecto al total, es decir, el número de horas durante el año que funciona en ese tramo la instalación en relación al total. En concreto, como se aprecia en la ilustración 12 se tiene 1/3, 1/2 y 1/6 para los periodos de valle, llano y punta, respectivamente.

Así mismo, para obtener el precio de consumo, referido al término de energía, se aplica otra expresión que viene en función de las horas totales utilizadas en cada tramo multiplicado por otros factores como son la potencia de la luminaria o el número de estas, teniendo en cuenta el pertinente cambio de unidades, quedando la siguiente expresión:

$$PC = \sum P * n * e \quad (11)$$

Siendo:

PC=Precio de consumo

P=Potencia unitaria de la luminaria en kW

n=Número de luminarias

e= Precio de las horas utilizadas al año en ese tramo, se obtiene de sumar todos los meses el resultado de la multiplicación del precio por el número de horas funcionando al mes, se puede entender mejor definiéndolo con la siguiente expresión:

$$e = \sum (P_{valle} * h_{valle} + P_{llano} * h_{llano} + P_{punta} * h_{punta}) * d \quad (12)$$

Con el sumatorio de los 12 meses y siendo:

P=Precio de la tarifa horaria

h=Número de horas al día en ese tramo

d= número de días en un mes

Se aprecia que la expresión es una relación empírica de unidades, en donde finalmente se obtiene el precio final anual después de multiplicar el precio del kilovatio por las horas en funcionamiento que hay en un año.

## Proyecto de remodelación del alumbrado público del barrio del Gran Alacant (Santa Pola)

Finalmente se obtiene a un coste anual de 76.080,84€ debido al término de energía y de 4.858,63 € debido al término de potencia, dando una suma total de 80.939,46 €, como se puede observar en la tabla 17.

**Tabla 17- Resultados del coste anual de la instalación actual**

| <b>MOD.ACTUAL</b> | <b>POTENCIA<br/>(W)</b> | <b>Numero</b> | <b>Coste por potencia<br/>contratada</b> | <b>Coste por potencia<br/>contratada</b> |
|-------------------|-------------------------|---------------|--|--|
| 1                 | 150                     | 122           | 6.593,48 €                               | 421,07 €                                 |
| 2                 | 250                     | 79            | 7.115,91 €                               | 454,43 €                                 |
| 3                 | 250                     | 134           | 12.070,03 €                              | 770,81 €                                 |
| 4                 | 150                     | 101           | 5.458,54 €                               | 348,59 €                                 |
| 5                 | 210                     | 46            | 3.480,49 €                               | 222,27 €                                 |
| 6                 | 250                     | 277           | 24.950,74 €                              | 1.593,39 €                               |
| 7                 | 150                     | 85            | 4.593,82 €                               | 293,37 €                                 |
| 8                 | 150                     | 33            | 1.783,48 €                               | 113,90 €                                 |
| 9                 | 150                     | 74            | 3.999,32 €                               | 255,40 €                                 |
| 10                | 250                     | 61            | 5.494,57 €                               | 350,89 €                                 |
| 11                | 250                     | 6             | 540,45 €                                 | 34,51 €                                  |
|                   |                         |               | <b>76.080,84 €</b>                       | <b>4.858,63 €</b>                        |

### **1.3.6 Costes de explotación alternativa 1**

Una vez explicado el procedimiento por el cual se obtiene el coste de explotación para la situación actual, el de la alternativa 1 es exactamente idéntico, pero se obtiene un resultado bastante menor puesto que con dicha alternativa se reduce notablemente la potencia instalada en cada luminaria. Salvo el valor de dicha potencia, que difiere, todos los demás parámetros son idénticos puesto que es independiente de la instalación de alumbrado público que haya la forma de explotar la iluminación de una zona.

Por lo tanto, tras realizar el mismo procedimiento se obtiene la siguiente tabla:

**Tabla 18- Resultados del coste anual de la alternativa 1**

| <b>ALTERNATIVA1</b> | <b>POTENCIA(W)</b> | <b>Numero</b> | <b>CONSUMO</b>     | <b>CONTRATADA</b> |
|---------------------|--------------------|---------------|--------------------|-------------------|
| 1                   | 40                 | 122           | 1.758,26 €         | 112,29 €          |
| 2                   | 40                 | 79            | 1.138,55 €         | 72,71 €           |
| 3                   | 60                 | 134           | 2.896,81 €         | 184,99 €          |
| 4                   | 50                 | 101           | 1.819,51 €         | 116,20 €          |
| 5                   | 80                 | 46            | 1.325,90 €         | 84,67 €           |
| 6                   | 67                 | 277           | 6.686,80 €         | 427,03 €          |
| 7                   | 36                 | 85            | 1.102,52 €         | 70,41 €           |
| 8                   | 40                 | 33            | 475,60 €           | 30,37 €           |
| 9                   | 70                 | 74            | 1.866,35 €         | 119,19 €          |
| 10                  | 50                 | 61            | 1.098,91 €         | 70,18 €           |
| 11                  | 95                 | 6             | 205,37 €           | 13,12 €           |
|                     |                    |               | <b>20.374,57 €</b> | <b>1.301,15 €</b> |

Por lo tanto se aprecia una gran rebaja al sustituir las luminarias actuales de tecnología de Vapor de Sodio Alta Presión por tecnología LED, debido a la gran reducción de potencia que se consigue. Obteniendo con esta propuesta un coste anual en el término de energía de 20.374,57 € y en el término de potencia de 1.301,15 €, generando un coste total de 21.675,72 €.

Además como se comprobará, dicho ahorro, si aumenta el precio de la electricidad, puede aumentar de manera considerable, ya que con esta alternativa se reduce mucho la potencia consumida por la instalación de alumbrado exterior.

### 1.3.7 Costes explotación alternativa 2

Sucede de forma análoga con la alternativa 2, en donde el gasto de explotación se ve reducido debido a 2 ventajas fundamentales que aporta dicha alternativa como son la reducción de la potencia necesaria para alumbrar lo requerido y la disminución del número de luminarias debido a una reestructuración de la instalación para conseguir un diseño óptimo del sistema de alumbrado para cada modelo.

Por ello, tras aplicar el mismo procedimiento en donde se modifican tanto el parámetro de la potencia de la luminaria como el número de estas, se obtiene la siguiente tabla:

**Tabla 19- Resultados del coste anual de la alternativa 2**

| ALTERNATIVA2 | POTENCIA(W) | Numero | CONSUMO     | CONTRATADA |
|--------------|-------------|--------|-------------|------------|
| 1            | 50          | 78     | 1.405,17 €  | 89,74 €    |
| 2            | 50          | 50     | 900,75 €    | 57,52 €    |
| 3            | 50          | 118    | 2.125,77 €  | 135,75 €   |
| 4            | 50          | 66     | 1.188,99 €  | 75,93 €    |
| 5            | 50          | 56     | 1.008,84 €  | 64,43 €    |
| 6            | 50          | 252    | 4.539,77 €  | 289,92 €   |
| 7            | 50          | 68     | 1.225,02 €  | 78,23 €    |
| 8            | 50          | 26     | 468,39 €    | 29,91 €    |
| 9            | 50          | 100    | 1.801,50 €  | 115,05 €   |
| 10           | 50          | 56     | 1.008,84 €  | 64,43 €    |
| 11           | 50          | 8      | 144,12 €    | 9,20 €     |
|              |             |        | 15.817,15 € | 1.010,11 € |

Se vuelve a apreciar un gran ahorro debido a los 2 factores explicados anteriormente, dando como resultado final un coste anual en el término de energía de 15.817,15 € y en el término de potencia de 1.010,11 €, generando un coste total de 16.827,26 €.

### 1.3.8 Estimación de la vida útil

Finalmente es necesario para la comparación entre los 3 casos calcular la vida útil de las diferentes alternativas para analizar si económicamente es viable, puesto que se tiene un ahorro anual considerable pero a la vez también es bastante inferior a la inversión inicial debido a la instalación de la alternativa.

Para ello se consulta al fabricante, que en este proyecto es Philips Lighting como se ha explicado anteriormente, cuantas horas de funcionamiento medio tiene cada luminaria. En este caso se tiene que la alternativa 1 dispone de prácticamente todas las luminarias de tipo GRN, mientras que la alternativa 2 tiene todas las luminarias de tipo ECO.

Como se puede ver en la bibliografía, en la página web del modelo de la luminaria elegida del fabricante, las luminarias GRN tienen una vida útil de 100.000 horas, mientras que las ECO pueden llegar hasta las 70.000 horas.

Cabe recordar que dicho valor es estimativo, puesto que el fabricante lo aporta definiéndolo como el número de horas a las que llega el 90% de las luminarias sin tener un deterioro tal que haga obligatoria su sustitución.

Por lo tanto para obtener la vida útil de las luminarias se calculan cuantas horas funciona al año y se divide el número de horas que aporta el fabricante por dicho número. Multiplicando los valores de las filas de tabla 20 y sumando todas las filas nos da una utilización de 4620 horas al año.

**Tabla 20- Base para la obtención de las horas de funcionamiento al año**

| HORAS | días |
|-------|------|
| 15    | 31   |
| 14    | 28   |
| 13    | 31   |
| 13    | 30   |
| 12    | 31   |
| 10    | 30   |
| 9     | 31   |
| 10    | 31   |
| 12    | 30   |
| 14    | 31   |
| 15    | 30   |
| 15    | 31   |

Por lo tanto las 100.000 horas de vida útil del modelo GRN y las 70.000 horas de vida útil del modelo ECO en relación con las 4620 horas al año nos da una vida útil de 21,64 y 15,15 años respectivamente.

### 1.3.9 Comparación económica

Finalmente se puede hacer la comparación entre las distintas situaciones, para ello se comparan las diversas opciones a pares:

En primer lugar se realiza la comparación de la situación actual con la situación planteada en la alternativa 1. Una vez se ha calculado anteriormente que el coste de explotación de la situación actual es de 80.939,46 €, el coste de la instalación de la alternativa 1 es de 807.811,00 € aproximadamente, el coste de explotación de la alternativa 1 es de 21.675,72 € y que la vida útil es de 21.64 años, se aplica la siguiente expresión:

$$B = (C_{ACTUAL} - C_{ALTERNATIVA1}) * A - I \quad (13)$$

Siendo:

B= Beneficio

$C_{ACTUAL}$ = Coste explotación actual

$C_{ALTERNATIVA1}$ = Coste explotación alternativa 1

A= Número de años de vida útil

I= Inversión inicial de la instalación

Teniendo finalmente un beneficio de 474.656,33 € después de la vida útil de la instalación, por lo tanto es rentable la inversión de la alternativa 1 con respecto a la situación actual, teniendo en cuenta que se supone que cada año se ahorra la misma cantidad de dinero.

En segundo lugar, de una forma análoga, se analiza si es rentable la aplicación de la alternativa 2, para ello se tiene que el coste de la explotación de la situación actual es de 80.939,46 €, el coste de la instalación de la alternativa 2 es de 1.086.964,00 € aproximadamente, el coste de explotación de la alternativa 2 es de 16.827,25 € y que la vida útil es de 15.15años, se puede aplicar la expresión (13) explicada anteriormente.

Tras realizar el cálculo se obtienen una pérdidas de 115.664,02€, por lo que la alternativa 2 queda descartada e incluso no es necesaria su comparación con la alternativa 1.

Por lo tanto se opta por materializar la remodelación del barrio de Gran Alacant aplicando la alternativa 1, en la cual se sustituyen las luminarias actuales a tecnología LED, de forma que se reducen los costes de explotación del sistema de alumbrado con beneficios de casi medio millón de euros tras los 21 años de vida útil de la misma. Todo ello si se supone que los precios y la inflación se mantienen constantes, por ello se realizará un análisis económico teniendo en cuenta posibles modificaciones en dichos parámetros en el futuro.

Así pues se realiza el presupuesto de la alternativa 1, en el que se incluye además de los costes materiales de instalación realizados anteriormente el gasto de pruebas de control y verificación tanto del sistema eléctrico como del lumínico. Dicho presupuesto está desglosado en unidades de obra y con sus respectivos precios descompuestos, como se aprecia en el apartado de presupuesto. A continuación se analizará brevemente aspectos económicos de la alternativa 1, aspectos de eficiencia energética, comprobación de componentes eléctricos y algún detalle para llevar a cabo dicho proyecto.

### 1.3.10 Análisis económico

Actualmente la solución propuesta, actualizar las luminarias a tecnología LED supone un proyecto viable, pero dado que es una solución que reporta beneficios a largo plazo, puesto que se va a rentabilizar durante los próximos veinte años, resulta interesante realizar un análisis económico contemplando una subida generalizada de los precios, es decir, aplicando una situación en donde se considere una posible inflación en España.

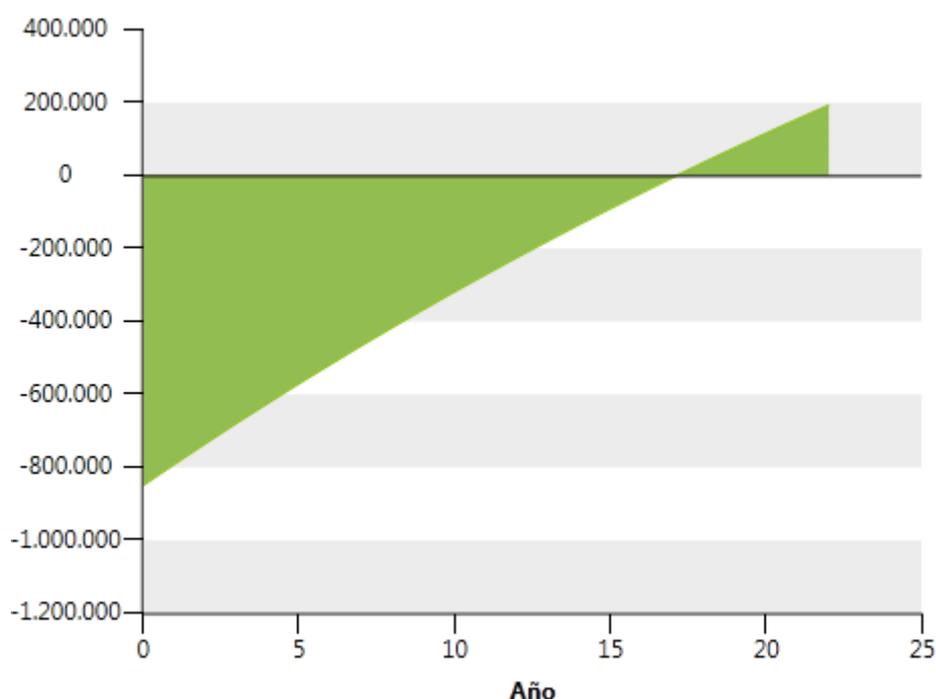
Según los datos del *Instituto Nacional de Estadística*<sup>8</sup>, se tiene un crecimiento prolongado desde hace unos años de la tasa de inflación, dando actualmente un valor del incremento del 2,6% en el último mes. Si bien es cierto que especular sobre cómo va a evolucionar la tasa de inflación durante los siguientes veinte años es algo que se le escapa hasta los más expertos en dicha materia, en este proyecto se opta por seleccionar una tasa de inflación muy desfavorable, considerando que anualmente se incrementa un 2% durante toda la vida útil del proyecto, lo que supone una depreciación del beneficio. Así mismo se omite del análisis la posibilidad de realizar el proyecto mediante préstamos con un cierto tipo de interés, es decir, no se incluye en dicho análisis el caso de que se realice el proyecto sin venir la totalidad del presupuesto del propio inversor.

Para la realización de este análisis económico en donde se incluye un cierto tipo de análisis de sensibilidad, se ha utilizado la herramienta de Software de RETScreen que es de origen canadiense y de utilización libre.



Ilustración 13- Logotipo de RETScreen. FUENTE: RETScreen

Mediante dicho Software, se pueden obtener indicadores económicos esenciales como son el VAN o el TIR de una forma sencilla y sin procedimientos largos. Para ello se ha introducido en el programa el precio que supone la instalación de la alternativa 1, el ahorro anual que supone dicha alternativa debido a los costes de explotación, la vida útil de la instalación y el valor de la tasa de inflación, que como se ha explicado anteriormente, se toma como un incremento del 2%.



**Captura 14- Flujo efectivo acumulado durante la vida útil. FUENTE: RETScreen**

Una vez introducidos dichos parámetros se obtiene la evolución del flujo de caja efectivo acumulado, en donde se ve la evolución de la inversión a lo largo de los años en los que se va a explotar la instalación, es decir, la diferencia entre los pagos y los cobros a lo largo de la vida útil de la instalación. Se observa que se comienza con el pago indicado en el presupuesto y cada año se ahorra en torno a unos 50.000 € para dejar finalmente unos beneficios de 193.260€, teniendo en cuenta las consideraciones que se han realizado sobre la inflación. Dicha gráfica muestra el Valor Actual Neto del proyecto, en donde se muestra el valor en el presente de un determinado número de flujos de caja futuros originados por la inversión.

Así mismo se observa que a los 17,1 años se consigue el repago del capital, dejando un TIR, parámetro que está relacionado con el punto en el que se anula el VAN, que llega hasta el 2%, en un escenario muy desfavorable, porcentaje que en función de los criterios de la empresa inversora pueden ser adecuados o insuficientes. Además se obtiene una relación de beneficio-coste de 1,2, lo que implica que se gana un 20% de la inversión inicial de dinero.

Por lo tanto con este proyecto se obtiene de beneficio al año 8.785€ al año, aunque es cierto que hasta que no se llegue a los 17,1 años de explotación el balance es negativo, hecho que puede preocupar al inversor pero que se relativiza con los casi 22 años de vida útil.

## Proyecto de remodelación del alumbrado público del barrio del Gran Alacant (Santa Pola)

A continuación se adjunta una captura del programa en donde se detalla anualmente el flujo de caja del proyecto.

| Flujos de caja anuales |                 |           |
|------------------------|-----------------|-----------|
| Año                    | Antes-impuestos | Acumulado |
| #                      | \$              | \$        |
| 0                      | -848.752        | -848.752  |
| 1                      | 58.078          | -790.674  |
| 2                      | 56.917          | -733.757  |
| 3                      | 55.779          | -677.978  |
| 4                      | 54.663          | -623.315  |
| 5                      | 53.570          | -569.746  |
| 6                      | 52.498          | -517.247  |
| 7                      | 51.448          | -465.799  |
| 8                      | 50.419          | -415.380  |
| 9                      | 49.411          | -365.969  |
| 10                     | 48.423          | -317.546  |
| 11                     | 47.454          | -270.092  |
| 12                     | 46.505          | -223.586  |
| 13                     | 45.575          | -178.011  |
| 14                     | 44.664          | -133.347  |
| 15                     | 43.770          | -89.577   |
| 16                     | 42.895          | -46.682   |
| 17                     | 42.037          | -4.645    |
| 18                     | 41.196          | 36.551    |
| 19                     | 40.372          | 76.924    |
| 20                     | 39.565          | 116.489   |
| 21                     | 38.774          | 155.262   |
| 22                     | 37.998          | 193.260   |

**Captura 15- Flujo de caja anual detallado durante la vida útil. FUENTE: RETScreen**

Por lo tanto se aprecia que es una inversión rentable incluso en unas condiciones desfavorables como las que se han supuesto en donde la variación de la inflación es ascendente, e incluso se obtiene una parte bastante grande de beneficios en proporción con la inversión realizada.

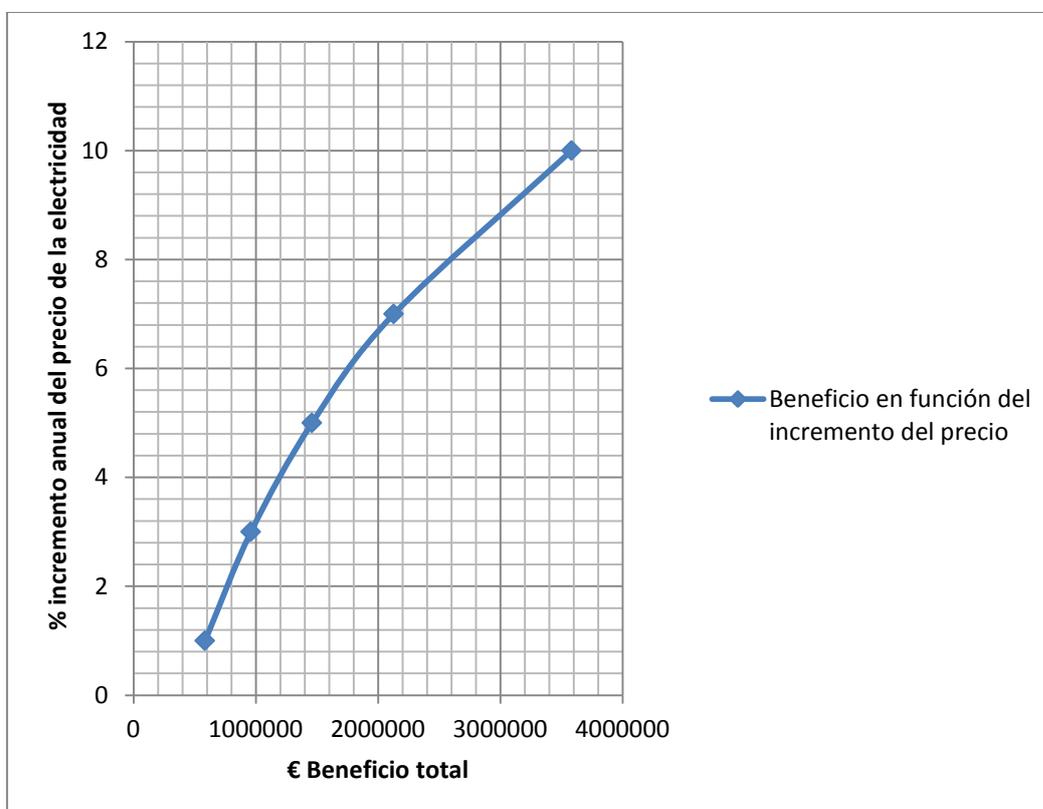
### 1.3.11 Análisis de sensibilidad

En este apartado se estima como afecta el incremento del precio de la electricidad a la rentabilidad del proyecto. Para ello se simulan diferentes hipótesis en donde se incrementa el precio de la electricidad anualmente el mismo porcentaje, en concreto incrementándose un 1%,3%,5%,7% y 10 %. Para ello se utiliza la misma fórmula que para la obtención del beneficio, ecuación 13, pero se multiplica cada año el precio de la electricidad por el incremento analizado, obteniéndose la tabla 21, en donde aparecen los costes de explotación a lo largo de la vida útil del proyecto tanto de la situación actual como de la solución propuesta, el ahorro final que supone la solución respecto a la situación actual y el beneficio final que se obtiene:

**Tabla 21- Análisis de sensibilidad**

|   | incremento anual<br>1% | incremento<br>anual 3% | incremento<br>anual 5% | incremento<br>anual 7% | incremento<br>anual 10% |
|---|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|-------------------------|
| <b>coste<br/>actual vida<br/>útil</b>   | 1.956.515,19 €         | 2.469.039,30 €         | 3.152.061,07 €         | 4.065.460,97 €         | 6.051.691,90 €          |
| <b>coste<br/>solución<br/>vida útil</b> | 523.958,03 €           | 661.212,84 €           | 844.127,21 €           | 1.088.737,2 €          | 1.620.653,18 €          |
| <b>ahorro<br/>total vida<br/>útil</b>   | 1.432.557,16 €         | 1.807.826,46 €         | 2.307.933,86 €         | 2.976.723,74 €         | 4.431.038,72 €          |
| <b>beneficio<br/>vida útil</b>          | 583.804,46 €           | 959.073,76 €           | 1.459.181,16 €         | 2.127.971,04 €         | 3.582.286,02 €          |

Como se puede apreciar, el beneficio a lo largo de la vida útil se incrementa gradualmente a medida que aumenta el precio de la electricidad, así mismo en la ilustración 14 se muestra en una gráfica la relación entre porcentaje de incremento del precio y el beneficio:



**Ilustración 14- Gráfico incremento precio- beneficio FUENTE: elaboración propia**

Por ello en el siguiente apartado se realiza un análisis de un escenario en donde se incluye el factor del incremento del precio de la electricidad, ya que como se ha visto, afecta de una forma considerablemente positiva a la rentabilidad del proyecto.

### 1.3.12 Análisis de escenario alternativo

A continuación se ejecuta un análisis de un posible escenario en donde el precio de la electricidad no se mantiene constante sino que se incrementa, puesto que se ha analizado que la inversión es rentable desde un punto de vista muy conservador, ya que si se ha considerado una inflación de un 2% anual durante los próximos 20 años el país se encontraría sumergido en una terrible crisis económica. Dicho escenario tiene un fundamento favorable para la inversión, puesto que en él se estima un incremento del precio de la electricidad, debido a la propia tendencia de la economía en donde los precios se incrementan y como se puede apreciar en la ilustración 14, en donde se observa un incremento enorme del precio de la electricidad entre 2004 y 2009 y una ligera estabilización en los siguientes años, e incluso este año diversos medios ya han anunciado del incremento del precio de la electricidad que se ha sufrido este invierno. Dicho incremento del precio de la electricidad supone un ahorro mayor con respecto a la situación actual, por lo que es favorable para este proyecto, como se ha analizado en el punto 1.3.11. En la ilustración 14 se observa que la línea azul es el precio de la electricidad en España, mientras que la verde es el precio medio de la electricidad en Europa

Por ello se estima que la electricidad puede incrementarse hasta un valor estimado del 50% al actual como media durante los próximos veinte años, debido a la tendencia alcista coherente debido a la reactivación económica, es decir que en vez utilizar como en el apartado 1.3.10 un precio de 0,065842€/ kW en el periodo valle durante los siguientes 20 años, se estima un precio de 0,098763 €/kW para dicho periodo durante la vida útil, por ejemplo.

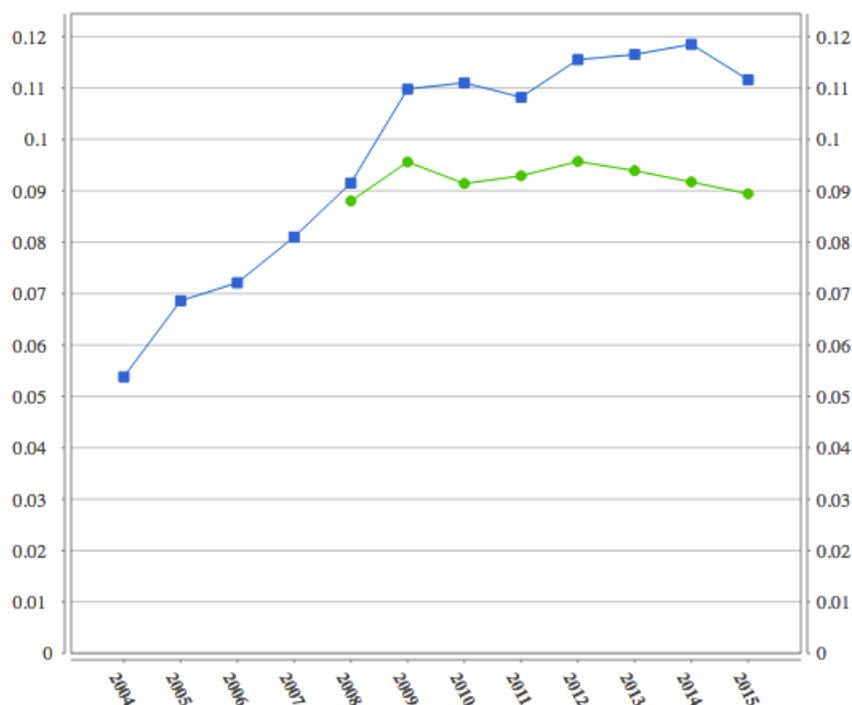


Ilustración 15- Evolución del precio de la electricidad. FUENTE: *EUROSTAT*<sup>10</sup>

## Proyecto de remodelación del alumbrado público del barrio del Gran Alacant (Santa Pola)

Por ello se vuelve a utilizar otra vez el procedimiento de los apartados de costes de explotación de la instalación actual y de la alternativa 1 pero modificándoles la tarifa. Ya que es algo muy complejo saber cómo va a variar el precio de la electricidad los próximos veinte años, en este apartado se analiza un escenario en el que se produce un incremento del precio de la electricidad constante cada año, que conduce a un precio superior en un 50% al actual de media en cada año, a lo largo de la vida útil de la instalación, como media de dichos años. Debido a eso, se modifica el precio de la tarifa (tanto para la hora punta como hora valle y hora pico) incrementándolo dicha cantidad y se obtiene el precio de explotación de cada opción.

Tras realizar los cálculos con el mismo procedimiento que el explicado en los apartados 1.3.5 y 1.3.6, se obtiene un gasto de explotación con la situación actual de 118.979,88 € mientras que con la instalación de la alternativa 1 se tiene un gasto de explotación de 31.863,03€, lo que proporciona un ahorro de 87.116,87€ anuales durante los 21,6 años de vida útil. Con este análisis de sensibilidad se aprecia que en realidad el análisis económico anterior era muy conservador y se podrían tener beneficios de hasta 1.032.972,39 €, teniendo esta hipótesis sobre el precio de la electricidad, aumentado un 50% respecto al actual, bastantes más opciones de ser real que la hipótesis del incremento de la inflación de un 2% cada año durante toda la vida útil de la instalación.

Con este análisis se corrobora que las ganancias pueden ser mayores con el incremento del precio de la electricidad, puesto que con esta medida lo que se consigue es un ahorro sustancial en la explotación del sistema de alumbrado.

### 1.4 Análisis de Eficiencia Energética

Una vez se ha obtenido la solución que se va a implantar se procede a realizar un estudio de la eficiencia energética de la misma. La eficiencia energética de una instalación de alumbrado exterior se define como la relación entre el producto de la superficie iluminada por la iluminancia media en servicio de la instalación entre la potencia activa total instalada. En este punto se continúa utilizando los modelos explicados anteriormente, por lo que son analizados los 11 modelos.

$$\varepsilon = \frac{S \cdot E_m}{P} \quad (14)$$

Siendo:

$\varepsilon$  = Eficiencia energética de la instalación de alumbrado exterior  $\left(\frac{\text{m}^2 \cdot \text{lux}}{\text{W}}\right)$

P= Potencia activa total instalada

S= Superficie iluminada

$E_m$ = Iluminancia media en servicio de la instalación

## Proyecto de remodelación del alumbrado público del barrio del Gran Alacant (Santa Pola)

Una vez se obtiene la eficiencia entran en juego diversos parámetros que normalizan dicha eficiencia en función de la iluminancia media y que dan como resultado la conocida etiqueta de eficiencia energética, que se verá a continuación.

El primer parámetro que se determina es la eficiencia energética de referencia  $\varepsilon_R$ , cuyo valor viene estipulado en el RD-1890-2008, en el cual está basado principalmente este proyecto, donde aparecen una serie de valores de eficiencia energética de referencia asociados a valores de iluminancia media en servicio, siendo una relación lineal. Por lo tanto para obtener dicho parámetro se realiza una simple interpolación lineal y así poder calcular el Índice de eficiencia energética,  $I_\varepsilon$ , puesto que está definido con la siguiente expresión:

$$I_\varepsilon = \frac{\varepsilon}{\varepsilon_R} \quad (15)$$

Siendo los términos los explicados anteriormente.

A continuación con el Índice de eficiencia energética se puede obtener el ICE, es decir, el Índice de consumo energético, puesto que la relación es directa:

$$ICE = \frac{1}{I_\varepsilon} \quad (16)$$

Finalmente con el ICE se consigue determinar totalmente cual es la Calificación Energética en función de la siguiente tabla:

**Tabla 22- Calificación Energética según el RD 1890-2008**

| Calificación Energética | Índice de consumo energético | Índice de Eficiencia Energética  |
|-------------------------|------------------------------|----------------------------------|
| 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 $\geq 5,00$              | $I_\varepsilon \leq 0,20$        |

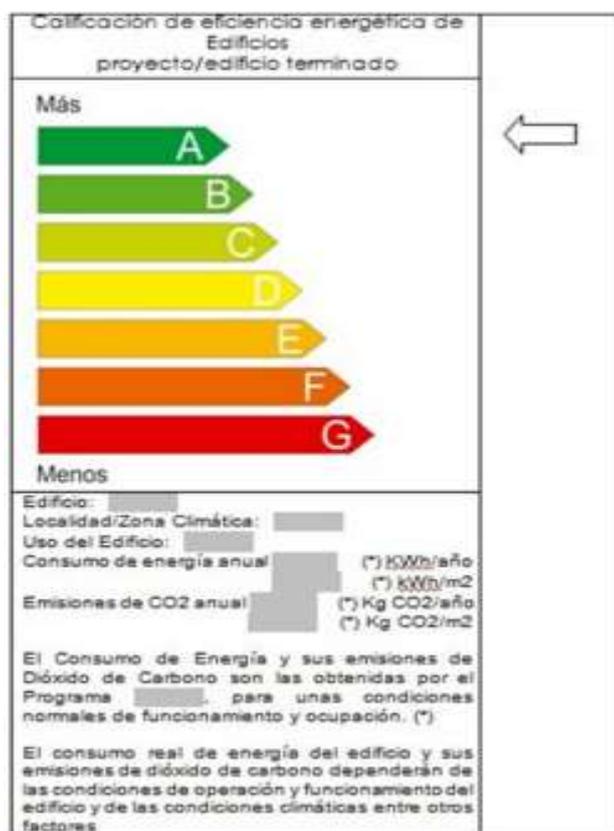
Una vez explicado el procedimiento, se adjunta la tabla de cálculos en la cual aparecen todos los parámetros definidos en este punto.

**Tabla 23- Cálculos para la Calificación Energética**

|          | AREA | LUXES | POTENCIA | EFICIENCIA | Er | le   | ICE  | Categoría |
|----------|------|-------|----------|------------|----|------|------|-----------|
| modelo1  | 180  | 12    | 40       | 54,00      | 20 | 2,70 | 0,37 | A         |
| modelo2  | 180  | 11    | 40       | 49,50      | 19 | 2,61 | 0,38 | A         |
| modelo3  | 250  | 13    | 60       | 54,17      | 21 | 2,58 | 0,39 | A         |
| modelo4  | 150  | 13    | 52       | 37,50      | 21 | 1,79 | 0,56 | A         |
| modelo5  | 340  | 11    | 80       | 46,75      | 19 | 2,46 | 0,41 | A         |
| modelo6  | 240  | 15    | 67       | 53,73      | 23 | 2,34 | 0,43 | A         |
| modelo7  | 180  | 10    | 36       | 50,00      | 18 | 2,78 | 0,36 | A         |
| modelo8  | 200  | 11    | 39       | 56,41      | 19 | 2,97 | 0,34 | A         |
| modelo9  | 260  | 14    | 70       | 52,00      | 22 | 2,36 | 0,42 | A         |
| modelo10 | 180  | 16    | 50       | 57,60      | 21 | 2,79 | 0,36 | A         |
| modelo11 | 345  | 13    | 95       | 47,21      | 21 | 2,25 | 0,44 | A         |

Por lo tanto con dicha solución se obtiene la máxima calificación energética, la etiqueta A, según la cual se ratifica que el proyecto se realiza de forma rigurosa y teniendo en cuenta y mejorando la sostenibilidad del medio ambiente, puesto que con un consumo menor de recursos se obtiene lo necesario para cumplir con los requisitos mínimos establecidos. Así mismo se puede utilizar la etiqueta para dotar de mayor prestigio al proyecto, puesto que con la obtención de la categoría de eficiencia energética A se muestra un grado de optimización mucho mayor al habitual.

En la siguiente ilustración se muestra dicha etiqueta:



**Ilustración 16- Etiqueta Eficiencia Energética**

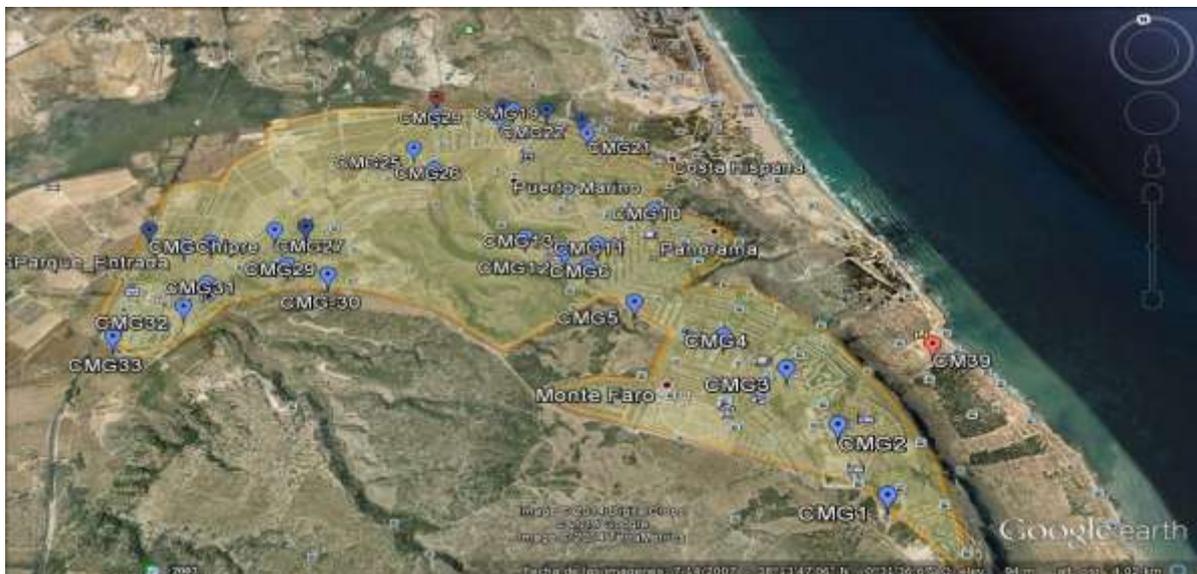
## Proyecto de remodelación del alumbrado público del barrio del Gran Alacant (Santa Pola)

Así mismo en el apartado de eficiencia energética se incluye el hecho de que las pérdidas en el cableado son disminuidas debido a la existencia de una intensidad nominal de funcionamiento menor, como se va a demostrar en los siguientes apartados, lo que supone un consumo más eficaz de la potencia, ya que en estas instalaciones suelen haber pérdidas del orden del 3% que se ven reducidas de una forma proporcional al cuadrado de la nueva intensidad de funcionamiento, que como se comprobará, pueden llegar a ser hasta siete veces menores que en la instalación original.

### 1.5 Dimensionado eléctrico

Con la selección de la alternativa 1 no es necesaria la remodelación del circuito eléctrico que alimenta a las luminarias, puesto que se basa únicamente en la sustitución de las luminarias a unas cuya potencia nominal es mucho inferior, lo que conlleva a una intensidad nominal de funcionamiento inferior, y por lo tanto la instalación eléctrica podrá seguir en funcionamiento con mayor facilidad, puesto que actualmente funciona correctamente con intensidades superiores y un alivio de estas supone un funcionamiento en condiciones nominales menos exigente. Dicha justificación se detallará a continuación, en donde serán analizadas las modificaciones que implica la utilización de dos intensidades diferentes, como se explica en el *Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (REBT), Real Decreto 842/2002 de 2 de agosto de 2002.9*

Así mismo, al no modificar la distribución de la instalación de alumbrado, los centros de mando actuales, que están asignados en las calles según se ve en los datos de partida, se consideran situados en el lugar adecuado, siendo este el que se aprecia en la siguiente figura.



**Ilustración 17- Ubicación de los centros de mando**

Por lo tanto se procede a justificar con más detalle el mantenimiento de la instalación eléctrica. Dicha instalación está formada por cables de una cierta sección, según la cual la norma estima una cierta intensidad admisible, así mismo por el propio tipo de instalación circula una intensidad que ha de ser inferior a la admisible. Para ello hay dos criterios aplicables: el dimensionamiento de conductores por criterio térmico y el dimensionamiento de conductores por caída de tensión. Se

comienza analizando en el tramo de la avenida Escandinavia de 61 luminarias del modelo 1 el criterio térmico, puesto que suele ser el más restrictivo y a continuación se verificará si cumple según el criterio de caída de tensión.

### 1.5.1 Criterio térmico de dimensionado

Este criterio sirve para evitar el deterioro de los cables debido al funcionamiento en condiciones de temperatura demasiado exigentes, por lo tanto se analiza por un lado la intensidad nominal que hay en la instalación mediante la siguiente expresión:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} * V * \cos\varphi} \quad (17)$$

Siendo:

I= Intensidad nominal de funcionamiento

P=Potencia consumida

V= Voltaje de baja tensión

$\cos\varphi$  =Factor de potencia

Se aprecia que se tiene una red trifásica, lo que justifica el  $\sqrt{3}$ , por lo tanto, aplicando la potencia del total de las luminarias de una calle alimentada por el mismo centro de mando, que en este caso se utiliza la calle más grande, siendo esta la avenida Escandinavia que estará formada por 61 luminarias de 40 Vatios de potencia. Por lo tanto se tiene una potencia total de 2440 W, el voltaje es el de baja tensión 220 V y el factor de potencia que el fabricante asegura que es superior a 0,9, como se puede ver en los catálogos de esa familia de luminarias, se obtiene una intensidad nominal de 7,11 A en la instalación de la alternativa 1. Así mismo, de forma análoga en la instalación actual en dicha calle hay una potencia total de 15250 W, un voltaje de baja tensión de 220 V y un factor de potencia también de 0,9 se obtiene una intensidad de 44.46 A.

Por lo tanto, se aprecia una disminución muy grande de la intensidad, a continuación se calcula la intensidad admisible de la instalación actual y se verifica que los cables cumplen holgadamente las condiciones requeridas.

Para ello se calcula la intensidad admisible normalizada por la ITC-BT-06 utilizando la categoría D, pues que son cables enterrados, en donde una vez obtenida la intensidad nominal se le aplican una serie de correcciones que son:

- Factor de corrección para una temperatura distinta a 25º. Dicho valor se obtiene de la tabla normalizada de la instrucción mencionada anteriormente, en este caso se escoge la temperatura máxima registrada 41,4ºC en *Alicante*<sup>11</sup> que es de la fecha de 1994, por ello se estima que el terreno está a una temperatura de 35ºC en las condiciones más desfavorables y se obtiene un factor de corrección de 0,89.
- Factor de corrección para la resistividad térmica del terreno distinta de 1 Km/W. En este caso dado que se encuentra en la provincia de Alicante, la cual debido a formar parte de la costa mediterránea tiene tierra caliza que tiene una resistividad entre 2 y 3 Km/W. Por lo tanto se utiliza una resistividad de 2,675 Km/W, que proporciona un factor de 0.986.

## Proyecto de remodelación del alumbrado público del barrio del Gran Alacant (Santa Pola)

- Factor de corrección para profundidades de instalación distintas a 0,7 metros, que en este caso suponiendo que la instalación fue ejecutada de forma correcta coincide con los 0,7 metros, dando un factor de 1.
- Factor de corrección para agrupaciones de cables trifásicos, que en este caso se da por hecho que del centro de mando, que alimenta únicamente a esta calle, sale un único cable con destino a las luminarias, dando un valor unitario, 1, para dicho factor.

Por lo tanto se divide la intensidad de la instalación actual, 44,46 A entre la multiplicación de los factores, dando una intensidad admisible de 50,6 A. Con la cual, además de que en la instalación hay cables tipo XLPE trifásicos para asegurar la alimentación de las luminarias en caso de fallo, se obtiene una sección de cable de  $10 \text{ mm}^2$ . Así mismo, utilizando el mismo procedimiento para la solución propuesta se obtiene una intensidad admisible de 8 A que según la norma requiere una sección de  $1,5 \text{ mm}^2$ , que si se realiza la instalación hay que aumentar hasta  $6 \text{ mm}^2$  para asegurar la resistencia mecánica.

Por ello se demuestra que siguiendo el criterio térmico, la instalación puede soportar la solución adoptada sin necesidad de reformas.

### 1.5.2 Criterio de caída de tensión de dimensionado

En este caso la ITC-BT-09, se limita a un 3% la caída de tensión entre el origen y cualquier punto de la instalación. Para ello se calcula si cumple la sección adoptada por el criterio térmico este requisito mediante la expresión:

$$\Delta U = \frac{L}{U_n} * (R_u * P + X_u * Q) \quad (18)$$

Siendo:

$\Delta U$  = Caída de tensión máxima admisible, que en esta tipología de proyectos no puede superar el 3%.

$L$  = Longitud entre el punto inicial del centro de mando hasta la última luminaria.

$U_n$  = Tensión nominal

$R_u$  = Resistencia por unidad de longitud

$P$  = Potencia activa, que es directamente proporcional a la Intensidad demanda

$X_u$  = Reactancia por unidad de longitud

$Q$  = Potencia reactiva, que es directamente proporcional a la Intensidad demandada

Así pues, en este caso se aprecia que si actualmente cumple dicha condición, al instalar la solución adoptada los términos de potencia activa y reactiva disminuirán, haciendo mucho menor la caída de tensión, que ya era menor al 3%.

Por lo tanto se razona que cuanto mayor es la intensidad, mayor es la caída de tensión. Así pues queda demostrado que no es necesario una remodelación del cableado eléctrico en este proyecto, puesto que actualmente los cables están funcionando bajo unas condiciones más

desfavorables y actualmente no presentan signos de deterioro, es decir, están en las suficientes buenas condiciones como para aguantar la vida útil de esta remodelación. Además el funcionamiento en dichas condiciones tan favorables asegura el funcionamiento del cableado para toda la vida útil de la instalación.

### 1.6 Protección de la instalación

Para la protección de la solución seleccionada se ha de cumplir tres puntos que se analizan a continuación, así mismo se aprecia que el hecho de que la intensidad nominal de funcionamiento disminuya favorece al cumplimiento de la protección exigida.

#### 1.6.1 Protección contra sobrecargas

La norma UNE EN 60364 establece un criterio muy sencillo para verificar la protección de sobrecargas, considerando que un dispositivo de protección protege de modo efectivo a un conductor si se verifican las dos siguientes condiciones:

$$I_B \leq I_n \leq I_Z \quad (19)$$

Siendo:

$I_B$ : Intensidad de diseño, la que se estima en el proceso de dimensionamiento de la línea.

$I_n$ : Intensidad de ajuste del relé o disparador térmico del dispositivo de protección

$I_Z$ : Intensidad admisible del conductor, la cual determina la temperatura máxima a la que puede funcionar dicho conductor sin deteriorarse.

$$I_2 = 1,45 I_Z \quad (20)$$

Siendo:

$I_2$ : La corriente que garantiza el correcto funcionamiento efectivo del dispositivo de protección.

$I_Z$ : Intensidad admisible del conductor, la cual determina la temperatura máxima a la que puede funcionar dicho conductor sin deteriorarse.

Por ello, siguiendo con la misma lógica que el punto 1.5, al disminuir la intensidad nominal de funcionamiento, es decir, el término  $I_B$ , se obtiene incluso una protección frente a sobrecargas más segura que la actual, que no ha causado ningún inconveniente.

#### 1.6.2 Protección frente a cortocircuitos

Actualmente la instalación cuenta con Interruptores Automáticos tetrapolares que funcionan correctamente, asimismo ya se ha analizado que no es necesaria la renovación del sistema de cableado, por lo que se mantienen las mismas secciones de los mismos.

Para la protección frente a cortocircuito con interruptor automático es necesario calcular las corrientes previstas en el origen de la línea y en su extremo, además de las condiciones que ha de cumplir el interruptor automático, siguiendo las siguientes tres expresiones:

$$\text{Poder de corte del Interruptor Automático} > I_{cc,max} \quad (21)$$

Siendo:

## Proyecto de remodelación del alumbrado público del barrio del Gran Alacant (Santa Pola)

Poder de corte del Interruptor Automático= Máxima corriente de cortocircuito que el fabricante garantiza que puede cortar con una tensión de restablecimiento un 10% mayor que la tensión de empleo asignada.

$I_{cc,max}$ = Intensidad de cortocircuito máxima, en el origen de la línea.

$$I_{cc,min} > I_a \quad (22)$$

Siendo:

$I_{cc,min}$ = Intensidad de cortocircuito mínima, en el extremo de la línea.

$I_a$ = Intensidad de actuación del disparador electromagnético.

$$I_{cc,max} > I_b \quad (23)$$

Siendo:

$I_{cc,max}$ = Intensidad de cortocircuito máxima, en el origen de la línea.

$I_b$ = Intensidad que corresponde al  $I^2t$  del conductor determinada sobre la característica de  $I^2t$  del interruptor automático.

Por lo tanto si actualmente está funcionando correctamente, como no se modifica nada de la instalación salvo las cargas conectadas, continua en unas condiciones de seguridad correctas.

### 1.6.3 Protección frente a contactos directos e indirectos

Los contactos directos son los referidos al contacto directo entre una persona o animal con una parte activa de la instalación, mientras que los contactos indirectos son los debidos al contacto de las personas o animales con partes no activas en condiciones normales pero que debido a un fallo de aislamiento sí que están bajo tensión. En la ITC-BT-09 se exige unas luminarias de clase II, hecho que se cumple en este proyecto ya que este modelo de luminarias es de dicha clase. Además la instalación actualmente se encuentra bien protegida frente a dichos contactos, por lo tanto, tras modificarla a la instalación de una alternativa con menos potencia, sigue cumpliendo igualmente.

### 1.6.4 Puesta a tierra

La puesta a tierra de una instalación consiste en la unión eléctrica de una parte del circuito eléctrico con un electrodo o varios enterrados en el suelo para que no aparezcan diferencias de potencial peligrosas y también permitir el paso a tierra de corrientes de defecto de origen atmosférico.

Así mismo la misma ITC-BT-09 restringe a la resistencia de puesta a tierra máxima de forma que el voltaje máximo de contacto sea inferior a 24 V. Además se ha de instalar un electrodo de puesta a tierra cada cinco luminarias, teniendo la primera y la última una puesta de tierra. Como la remodelación no incluye modificación de la distribución de las luminarias, esta parte se cumple debido a la instalación que hay actualmente que está realizada según dichas normas.

### **1.7 Cumplimiento Reglamento de Eficiencia Energética en instalaciones de alumbrado exterior**

Puesto que la remodelación implica la modificación de un valor mayor al 50% de la potencia de las luminarias afectadas, las diferentes Instrucciones Técnicas Complementarias que tiene el Reglamento de Eficiencia Energética en instalaciones de alumbrado exterior son de obligado cumplimiento. Muchas de ellas ya han sido analizadas, por lo que se realiza una breve verificación de cada una de ellas, mientras que en las que no se han analizado todavía se realizan las comprobaciones pertinentes para el cumplimiento de las mismas.

#### **1.7.1 ITC-EA-01 Eficiencia Energética**

Esta instrucción concierne a la Eficiencia Energética de la instalación que se ha realizado en el punto 1.4. Dicho análisis concluye con la obtención de la máxima eficiencia energética, por lo tanto se cumple holgadamente esta Instrucción Técnica.

#### **1.7.2 ITC-EA-02 Niveles de Iluminación**

Esta es la Instrucción de mayor peso del Real Decreto, puesto que en él se limitan los niveles de iluminación mínimos, es decir, los requisitos que hemos utilizado a lo largo de todo el apartado 1.3 de análisis lumínico, por lo tanto se cumple también con las responsabilidades del autor del proyecto impuestas por el Estado.

Así mismo, a ciertas horas de la noche se pueden aplicar niveles de iluminación reducidos, pasando a ser los requisitos inferiores al catalogar las calles con una clase de alumbrado menos restrictiva. En este proyecto dicha regulación es posible, puesto que las luminarias seleccionadas tienen integrado el sistema de control electrónico DALI mediante el cual se puede ahorrar hasta un 10% del gasto anual con medidas como configurar el encendido 15 minutos después del ocaso o el apagado 20 minutos antes de la salida del sol, la reducción paulatina del flujo luminoso un porcentaje cada 2 o 3 horas o similares, en los que no se entra en detalle puesto que eso forma parte de la ingeniería de detalle de la explotación de las instalación y este proyecto tiene una extensión limitada.

#### **1.7.3 ITC-EA-03 Resplandor Luminoso Nocturno y Luz Intrusa o Molesta**

El resplandor luminoso nocturno o contaminación lumínica es la luminosidad producida en el cielo nocturno por la difusión y reflexión de la luz en los gases, aerosoles y partículas en suspensión en la atmósfera, procedente, entre otros orígenes, de las instalaciones de alumbrado exterior, bien por emisión directa hacia el cielo o reflejada por las superficies iluminadas.

Dicho resplandor resulta molesto y por ello se limita, en función de la clase de la zona en donde se encuentre, en este proyecto nos encontramos en la zona E3 de la tabla de esta ITC, ya que en esta zona están comprendidas las zonas urbanas residenciales. Una vez establecida la clase se limita el

## Proyecto de remodelación del alumbrado público del barrio del Gran Alacant (Santa Pola)

flujo hemisférico superior instalado  $FHS_{INS}$  que en este caso, como se aprecia en el catálogo del fabricante en la referencia, es nulo por lo que se cumple esta instrucción técnica complementaria.

### **1.7.4 ITC-EA-04 Componentes de las instalaciones**

En esta instrucción se definen unos requisitos mínimos que han de cumplir los componentes para que se pueda realizar el proyecto. Principalmente hay dos requisitos que son que la eficiencia de la luminaria sea mayor que 65 lum/W, siendo que en este proyecto se utilizan luminarias con una eficiencia que ronda los 110 lum/W, y el rendimiento de la luminaria, que ha de ser superior al 65%, factor que se supera holgadamente según los datos del fabricante. Así mismo se exige que cumpla con las normas UNE pertinentes a equipos auxiliares y balastos, hecho que Philips demuestra con sus certificados de calidad.

### **1.7.5 ITC-EA-05 Documentación Técnica, Verificaciones e Inspecciones**

En dicha instrucción se exige la Documentación Técnica necesaria en todo proyecto, según la cual es obligatorio definir claramente en la memoria: Titular y Emplazamiento de la instalación; uso al que se le destina; información de las luminarias y equipos auxiliares detallada, siendo el factor de mantenimiento, el rendimiento o la eficiencia de los más relevantes; régimen de funcionamiento previsto y gestión del mismo y mejoras para mejorar la eficiencia energética, su cálculo y la etiquetación, estando toda ella aportada en esta memoria.

Además, para controlar que el proyecto es ejecutado correctamente se realizan verificaciones y estudios de control previos a la puesta en marcha de la instalación, debido a que la potencia contratada es superior a 5 kW. Esto último se ha incluido en el presupuesto con el concepto de prueba final e inspección.

### **1.7.6 ITC-EA-06 Mantenimiento de la Eficiencia Energética de las Instalaciones**

En esta instrucción se explica el cuidado de las instalaciones mediante el factor de mantenimiento explicado en el punto 1.2.5, por lo tanto ya ha sido detallada, especificada y utilizada.

### **1.7.7 ITC-EA-07 Mediciones Luminotécnicas en las Instalaciones**

Finalmente, tras instalar todo el proyecto siguiendo todos los pasos de la memoria, aplicando las interdistancias, alturas, luminarias y potencias establecidas en ella, se realiza una medición lumínica para verificar que todo está correcto, hecho que también está incluido en el presupuesto.

### **1.8 Análisis completo de una calle**

Para poder presentar el proyecto, hay que adjuntar la solución de cada calle con los parámetros utilizados y las conclusiones obtenidas. En este proyecto se tienen 11 modelos, en donde hay diferentes calles dentro de cada modelo, por lo que habría que presentarlos todos para cumplir con la normativa. Debido a la propia definición de este trabajo de final de grado, se adjunta en el Anexo 5 toda la información relativa a un único modelo para no excederse en el tamaño del mismo. Además se incluye en el plano 2 la definición concreta de la instalación de la calle de Ventura para mostrar la configuración del sistema de alumbrado público con la solución escogida.

Se aprecia que en él se detalla totalmente la luminaria a utilizar, con su curva CDL como muestra DIALUX, y se muestra también datos de planificación referidos al propio montaje de la luminaria. Dicho montaje está detallado mediante parámetros relativos tanto a la posición geográfica de la luminaria como para describir en detalle dicha instalación, que en nuestro caso es la habitual, ya que por ejemplo, aunque la altura de montaje sea de diez metros, el punto de luz se encuentra unos veinte centímetros más abajo.

Además se incluyen el rendering a color, es decir, la distribución de la iluminación que tiene dicho modelo representado mediante un mapa de colores y también se adjuntan distintas formas de expresar la iluminancia y otros valores como los máximos y mínimos u otras relaciones mediante isolíneas o gráficos de valores.

### **1.9 Conclusión**

Por lo tanto el proyecto de remodelación del barrio de Gran Alacant, ubicado en Santa Pola (Alicante), sería realizado basándose en la sustitución a tecnología LED de las luminarias actuales, dejando inalterada la distribución de las mismas.

Dicha remodelación implica un coste de 848.752,37 €, según se justifica en el presupuesto detallado, y dicha inversión supone un ahorro aproximado de unos 55.000 € anuales, tras tener en cuenta la posible devaluación de los beneficios, en la explotación debido a la disminución de potencia de las luminarias. Dicho ahorro durante los 21,6 años de vida útil de la instalación supondría finalmente unos beneficios de 193.260€, por lo tanto la inversión es rentable y como se ha visto en el análisis lumínico también es eficaz y eficiente en ese apartado. Así mismo los beneficios obtenidos anteriormente pueden ser mucho mayores, puesto que como se comprueba en el análisis de sensibilidad, ante el incremento del precio de la electricidad se obtienen beneficios mucho mayores debido al ahorro que supone la explotación con la alternativa escogida, con un incremento que tiende a ser exponencial. Incluso si se mantienen constantes los parámetros relacionados con la inflación o el precio de la electricidad, se obtiene un beneficio de 474.656,33 € que alcanza prácticamente el 50% de la inversión.

Así mismo, cabe remarcar que se ha completado totalmente el papel de una oficina de ingeniería que parte de unos datos iniciales obtenidos por una subcontrata y que posteriormente realiza el proyecto o con otra subcontrata o con la colaboración de otra parte de la empresa, por lo tanto se tiene en cuenta que en este proyecto falta realizar la ejecución de la obra teniendo en cuenta los datos geográficos obtenidos del análisis de campo y las directrices estipuladas en el punto 1.8.

## Proyecto de remodelación del alumbrado público del barrio del Gran Alacant (Santa Pola)

Además la sustitución a dichas luminarias no supone problema alguno para la protección frente a diversos posibles fallos eléctricos puesto que se pasa a tener una intensidad nominal de funcionamiento mucho menor, y por lo tanto los aparatos actuales cumplen con todas las preinscripciones del reglamento de baja tensión tras la renovación.

Finalmente se ha comprobado que se cumple correctamente con todas las Instrucciones Técnicas Complementarias y además se puede ejecutar dicho proyecto, si no se dispusiera del capital necesario para realizar la inversión inicial, como les ocurre a muchos ayuntamientos actualmente, en diversas fases, lo que supondría una instalación paulatina de las nuevas luminarias a medida que se pudiera realizar la inversión.

### 1.10 Bibliografía

- 1- Información de Gran Alacant: [https://es.wikipedia.org/wiki/Gran\\_Alacant](https://es.wikipedia.org/wiki/Gran_Alacant)
- 2- Información de tecnologías de alumbrado actuales: libro de “Tecnología Eléctrica”
- 3- Reglamento de eficiencia energética en instalaciones de alumbrado exterior: <https://www.boe.es/boe/dias/2008/11/19/pdfs/A45988-46057.pdf>
- 4- Información referente a la luminaria Iridium2: <http://www.lighting.philips.com/main/prof/outdoor-luminaires/road-and-urban-lighting/road-and-urban-luminaires/iridium2-led/iridium2-led-medium>
- 5- Información referente a la luminaria Iridium3: <http://www.lighting.philips.com/main/prof/outdoor-luminaires/road-and-urban-lighting/road-and-urban-luminaires/iridium-gen3-led/iridium-gen3-led-medium>
- 6- Información de la base de datos de la comunidad Valenciana referente a la construcción <http://www.five.es/basedatos/Visualizador/Base16/index.htm>
- 7- Información del proveedor de luminarias PROMEL, ejemplo luminaria 39 W: [http://promel-tienda.com/5586-bgp352-grn39-2s-740-ii-dm-fg-al-gr-t35-philips-iberica-87908300.html?search\\_query=BGP352&results=8](http://promel-tienda.com/5586-bgp352-grn39-2s-740-ii-dm-fg-al-gr-t35-philips-iberica-87908300.html?search_query=BGP352&results=8)
- 8- Información suministrada por el INE: <http://www.ine.es/welcome.shtml>
- 9- Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (REBT), Real Decreto 842/2002 de 2 de agosto de 2002: [https://www.boe.es/diario\\_boe/txt.php?id=BOE-A-2002-18099](https://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2002-18099)
- 10- Base de datos de la comisión europea: <http://ec.europa.eu/eurostat>
- 11- Información referente a la temperatura máxima en Alicante: [http://www.aemet.es/es/serviciosclimaticos/datosclimatologicos/efemerides\\_extremos?\\*w=0&k=val&l=8025&datos=det&x=8025&m=8&v=TMX](http://www.aemet.es/es/serviciosclimaticos/datosclimatologicos/efemerides_extremos?*w=0&k=val&l=8025&datos=det&x=8025&m=8&v=TMX)

## **2- PRESUPUESTO**

|  |   |                |
|--|---|----------------|
|  | Instalación Lumínica  | Pág.: 1        |
|  | CUADRO DE PRECIOS Nº 1  | Ref.: procdp1a |
|  | Proyecto de remodelación del alumbrado público del barrio del Gran Alacant (Santa Pola) | Fec.:          |

| Código | Descripción de las unidades de obra  | Precio         |
|--------|--|----------------|
| MOD1   | Instalación de luminarias correspondientes al modelo 1<br>SEISCIENTOS CUATRO EUROS CON NOVENTA Y NUEVE CÉNTIMOS          | <b>604,99€</b> |
| MOD2   | Instalación de luminarias correspondientes al modelo 2<br>SEISCIENTOS CUATRO EUROS CON NOVENTA Y NUEVE CÉNTIMOS          | <b>604,99€</b> |
| MOD3   | Instalación de luminarias correspondientes al modelo 3<br>SEISCIENTOS NOVENTA Y SEIS EUROS CON OCHENTA Y SIETE CÉNTIMOS  | <b>696,87€</b> |
| MOD4   | Instalación de luminarias correspondientes al modelo 4<br>SEISCIENTOS SETENTA Y CUATRO EUROS CON NOVENTA Y SEIS CÉNTIMOS | <b>674,96€</b> |
| MOD5   | Instalación de luminarias correspondientes al modelo 5<br>SETECIENTOS CINCUENTA Y DOS EUROS CON CINCUENTA Y DOS CÉNTIMOS | <b>752,52€</b> |

|  |   |                |
|--|---|----------------|
|  | Instalación Lumínica  | Pág.: 1        |
|  | CUADRO DE PRECIOS Nº 1  | Ref.: procdp1a |
|  | Proyecto de remodelación del alumbrado público del barrio del Gran Alacant (Santa Pola) | Fec.:          |

| Código | Descripción de las unidades de obra | Precio |
|--------|-------------------------------------|--------|
|--------|-------------------------------------|--------|

|      |   |                |
|------|---|----------------|
| MOD6 | Instalación de luminarias correspondientes al modelo 6<br>SETECIENTOS SEIS EUROS CON NOVENTA Y NUEVE CÉNTIMOS | <b>706,99€</b> |
|------|---|----------------|

|      |   |                |
|------|---|----------------|
| MOD7 | Instalación de luminarias correspondientes al modelo 7<br>SEISCIENTOS CUATRO EUROS CON NOVENTA Y NUEVE CÉNTIMOS | <b>604,99€</b> |
|------|---|----------------|

|      |   |                |
|------|---|----------------|
| MOD8 | Instalación de luminarias correspondientes al modelo 8<br>SEISCIENTOS CUATRO EUROS CON NOVENTA Y NUEVE CÉNTIMOS | <b>604,99€</b> |
|------|---|----------------|

|      |  |                |
|------|--|----------------|
| MOD9 | Instalación de luminarias correspondientes al modelo 9<br>SEISCIENTOS SETENTA Y CUATRO EUROS CON NOVENTA Y SEIS CÉNTIMOS | <b>674,96€</b> |
|------|--|----------------|

|        |   |                |
|--------|---|----------------|
| MODE10 | Instalación de luminarias correspondientes al modelo 10<br>SEISCIENTOS SETENTA Y CUATRO EUROS CON NOVENTA Y SEIS CÉNTIMOS | <b>674,96€</b> |
|--------|---|----------------|

|        |  |                |
|--------|--|----------------|
| MODE11 | Instalación de luminarias correspondientes al modelo 11<br>SETECIENTOS NOVENTA Y SIETE EUROS CON DIECINUEVE CÉNTIMOS | <b>797,19€</b> |
|--------|--|----------------|

|  |   |                |
|--|---|----------------|
|  | Instalación Lumínica  | Pág.: 1        |
|  | CUADRO DE PRECIOS Nº 1  | Ref.: procdp1a |
|  | Proyecto de remodelación del alumbrado público del barrio del Gran Alacant (Santa Pola) | Fec.:          |

| Código | Descripción de las unidades de obra | Precio |
|--------|-------------------------------------|--------|
|--------|-------------------------------------|--------|

|      |   |               |
|------|---|---------------|
| PRB1 | Prueba final e inspección de la instalación del alumbrado | <b>1.350€</b> |
|------|---|---------------|

MIL TRESCIENTOS CINCUENTA EUROS

|      |   |               |
|------|---|---------------|
| PRB2 | Prueba final e inspección de la instalación de la instalación eléctrica | <b>2.400€</b> |
|------|---|---------------|

DOS MIL CUATROCIENTOS EUROS

|     |                 |               |
|-----|-----------------|---------------|
| ING | Oficina Técnica | <b>50,00€</b> |
|-----|-----------------|---------------|

CINCUENTA EUROS

|        |                                |                 |
|--------|--------------------------------|-----------------|
| SUBING | Subcontratación a otra empresa | <b>1800,00€</b> |
|--------|--------------------------------|-----------------|

MIL OCHOCIENTOS EUROS

|  |   |  |
|--|---|--|
|  | Instalación Lumínica  |  |
|  | CUADRO DE PRECIOS Nº 2  |  |
|  | Proyecto de remodelación del alumbrado público del barrio del Gran Alacant (Santa Pola) |  |

| Nº Orden | Nº Actividad   | Código | Descripción de las unidades de obra                           | Rendimiento | Precio | Importe |
|----------|----------------|--------|---|-------------|--------|---------|
| 1        | (ud) MOD1      |        | <b>Instalación de luminarias correspondientes al modelo 1</b> |             |        |         |
|          | (h) MOOE.8a    |        | Oficial 1º electricidad                                       | 0,350       | 17,61  | 6,16    |
|          | (h) MOOE11a    |        | Especialista electricidad                                     | 0,350       | 15,05  | 5,27    |
|          | (ud) BGP352-40 |        | Luminaria alumbrado vial PHILLIPS GRN40-3S/830                | 1,000       | 580,99 | 580,99  |
|          | (ud) MMMG14a   |        | Camión grúa cesta 10 m  | 0,020       | 35,69  | 0,71    |
|          | %              |        | Costes Directos Complementarios                               | 0,020       | 593,13 | 11,86   |
|          |                |        | Clase: Mano de Obra   |             |        | 11,43   |
|          |                |        | Clase: Maquinaria   |             |        | 0,71    |
|          |                |        | Clase: Material   |             |        | 580,99  |
|          |                |        | Clase: Medio auxiliar   |             |        | 11,86   |
|          |                |        | Coste Total   |             |        | 604,99  |
| 2        | (ud) MOD2      |        | <b>Instalación de luminarias correspondientes al modelo 2</b> |             |        |         |
|          | (h) MOOE.8a    |        | Oficial 1º electricidad                                       | 0,350       | 17,61  | 6,16    |
|          | (h) MOOE11a    |        | Especialista electricidad                                     | 0,350       | 15,05  | 5,27    |
|          | (ud) BGP352-40 |        | Luminaria alumbrado vial PHILLIPS GRN40-3S/830                | 1,000       | 580,99 | 580,99  |
|          | (ud) MMMG14a   |        | Camión grúa cesta 10 m  | 0,020       | 35,69  | 0,71    |
|          | %              |        | Costes Directos Complementarios                               | 0,020       | 593,13 | 11,86   |
|          |                |        | Clase: Mano de Obra   |             |        | 11,43   |
|          |                |        | Clase: Maquinaria   |             |        | 0,71    |
|          |                |        | Clase: Material   |             |        | 580,99  |
|          |                |        | Clase: Medio auxiliar   |             |        | 11,86   |
|          |                |        | Coste Total   |             |        | 604,99  |

|  |   |  |
|--|---|--|
|  | Instalación Lumínica  |  |
|  | CUADRO DE PRECIOS Nº 2  |  |
|  | Proyecto de remodelación del alumbrado público del barrio del Gran Alacant (Santa Pola) |  |

| Nº Orden | Nº Actividad   | Código | Descripción de las unidades de obra                           | Rendimiento | Precio | Importe |
|----------|----------------|--------|---|-------------|--------|---------|
| 3        | (ud) MOD3      |        | <b>Instalación de luminarias correspondientes al modelo 3</b> |             |        |         |
|          | (h) MOOE.8a    |        | Oficial 1º electricidad                                       | 0,350       | 17,61  | 6,16    |
|          | (h) MOOE11a    |        | Especialista electricidad                                     | 0,350       | 15,05  | 5,27    |
|          | (ud) BGP352-64 |        | Luminaria alumbrado vial PHILLIPS GRN64-3S/831                | 1,000       | 671,07 | 671,07  |
|          | (ud) MMMG14a   |        | Camión grúa cesta 10 m  | 0,020       | 35,69  | 0,71    |
|          | %              |        | Costes Directos Complementarios                               | 0,020       | 683,21 | 13,66   |
|          |                |        | Clase: Mano de Obra   |             |        | 11,43   |
|          |                |        | Clase: Maquinaria   |             |        | 0,71    |
|          |                |        | Clase: Material   |             |        | 671,07  |
|          |                |        | Clase: Medio auxiliar   |             |        | 13,66   |
|          |                |        | Coste Total   |             |        | 696,87  |
| 4        | (ud) MOD4      |        | <b>Instalación de luminarias correspondientes al modelo 4</b> |             |        |         |
|          | (h) MOOE.8a    |        | Oficial 1º electricidad                                       | 0,350       | 17,61  | 6,16    |
|          | (h) MOOE11a    |        | Especialista electricidad                                     | 0,350       | 15,05  | 5,27    |
|          | (ud) BGP352-56 |        | Luminaria alumbrado vial PHILLIPS GRN56-3S/831                | 1,000       | 649,59 | 649,59  |
|          | (ud) MMMG14a   |        | Camión grúa cesta 10 m  | 0,020       | 35,69  | 0,71    |
|          | %              |        | Costes Directos Complementarios                               | 0,020       | 661,73 | 13,23   |
|          |                |        | Clase: Mano de Obra   |             |        | 11,43   |
|          |                |        | Clase: Maquinaria   |             |        | 0,71    |
|          |                |        | Clase: Material   |             |        | 649,59  |
|          |                |        | Clase: Medio auxiliar   |             |        | 13,23   |
|          |                |        | Coste Total   |             |        | 674,96  |

|  |   |  |
|--|---|--|
|  | Instalación Lumínica  |  |
|  | CUADRO DE PRECIOS Nº 2  |  |
|  | Proyecto de remodelación del alumbrado público del barrio del Gran Alacant (Santa Pola) |  |

| Nº Orden | Nº Actividad     | Código | Descripción de las unidades de obra                           | Rendimiento | Precio | Importe |
|----------|------------------|--------|---|-------------|--------|---------|
| 5        | (ud) <b>MOD5</b> |        | <b>Instalación de luminarias correspondientes al modelo 5</b> |             |        |         |
|          | (h) MOOE.8a      |        | Oficial 1º electricidad                                       | 0,350       | 17,61  | 6,16    |
|          | (h) MOOE11a      |        | Especialista electricidad                                     | 0,350       | 15,05  | 5,27    |
|          | (ud) BGP352-81   |        | Luminaria alumbrado vial PHILLIPS ECO81-3S/831                | 1,000       | 725,62 | 725,62  |
|          | (ud) MMMG14a     |        | Camión grúa cesta 10 m  | 0,020       | 35,69  | 0,71    |
|          | %                |        | Costes Directos Complementarios                               | 0,020       | 737,76 | 14,76   |
|          |                  |        | Clase: Mano de Obra   |             |        | 11,43   |
|          |                  |        | Clase: Maquinaria   |             |        | 0,71    |
|          |                  |        | Clase: Material   |             |        | 725,62  |
|          |                  |        | Clase: Medio auxiliar   |             |        | 14,76   |
|          |                  |        | Coste Total   |             |        | 752,52  |
| 6        | (ud) <b>MOD6</b> |        | <b>Instalación de luminarias correspondientes al modelo 6</b> |             |        |         |
|          | (h) MOOE.8a      |        | Oficial 1º electricidad                                       | 0,350       | 17,61  | 6,16    |
|          | (h) MOOE11a      |        | Especialista electricidad                                     | 0,350       | 15,05  | 5,27    |
|          | (ud) BGP352-72   |        | Luminaria alumbrado vial PHILLIPS GRN72-3S/831                | 1,000       | 680,99 | 680,99  |
|          | (ud) MMMG14a     |        | Camión grúa cesta 10 m  | 0,020       | 35,69  | 0,71    |
|          | %                |        | Costes Directos Complementarios                               | 0,020       | 693,13 | 13,86   |
|          |                  |        | Clase: Mano de Obra   |             |        | 11,43   |
|          |                  |        | Clase: Maquinaria   |             |        | 0,71    |
|          |                  |        | Clase: Material   |             |        | 680,99  |
|          |                  |        | Clase: Medio auxiliar   |             |        | 13,86   |
|          |                  |        | Coste Total   |             |        | 706,99  |

|  |   |  |
|--|---|--|
|  | Instalación Lumínica  |  |
|  | CUADRO DE PRECIOS Nº 2  |  |
|  | Proyecto de remodelación del alumbrado público del barrio del Gran Alacant (Santa Pola) |  |

| Nº Orden | Nº Actividad     | Código | Descripción de las unidades de obra                           | Rendimiento | Precio | Importe |
|----------|------------------|--------|---|-------------|--------|---------|
| 7        | (ud) <b>MOD7</b> |        | <b>Instalación de luminarias correspondientes al modelo 7</b> |             |        |         |
|          | (h) MOOE.8a      |        | Oficial 1º electricidad                                       | 0,350       | 17,61  | 6,16    |
|          | (h) MOOE11a      |        | Especialista electricidad                                     | 0,350       | 15,05  | 5,27    |
|          | (ud) BGP352-40   |        | Luminaria alumbrado vial PHILLIPS GRN40-3S/830                | 1,000       | 580,99 | 580,99  |
|          | (ud) MMMG14a     |        | Camión grúa cesta 10 m  | 0,020       | 35,69  | 0,71    |
|          | %                |        | Costes Directos Complementarios                               | 0,020       | 593,13 | 11,86   |
|          |                  |        | Clase: Mano de Obra   |             |        | 11,43   |
|          |                  |        | Clase: Maquinaria   |             |        | 0,71    |
|          |                  |        | Clase: Material   |             |        | 580,99  |
|          |                  |        | Clase: Medio auxiliar   |             |        | 11,86   |
|          |                  |        | Coste Total   |             |        | 604,99  |
| 8        | (ud) <b>MOD8</b> |        | <b>Instalación de luminarias correspondientes al modelo 8</b> |             |        |         |
|          | (h) MOOE.8a      |        | Oficial 1º electricidad                                       | 0,350       | 17,61  | 6,16    |
|          | (h) MOOE11a      |        | Especialista electricidad                                     | 0,350       | 15,05  | 5,27    |
|          | (ud) BGP352-40   |        | Luminaria alumbrado vial PHILLIPS GRN40-3S/830                | 1,000       | 580,99 | 580,99  |
|          | (ud) MMMG14a     |        | Camión grúa cesta 10 m  | 0,020       | 35,69  | 0,71    |
|          | %                |        | Costes Directos Complementarios                               | 0,020       | 593,13 | 11,86   |
|          |                  |        | Clase: Mano de Obra   |             |        | 11,43   |
|          |                  |        | Clase: Maquinaria   |             |        | 0,71    |
|          |                  |        | Clase: Material   |             |        | 580,99  |
|          |                  |        | Clase: Medio auxiliar   |             |        | 11,86   |
|          |                  |        | Coste Total   |             |        | 604,99  |

|  |   |  |
|--|---|--|
|  | Instalación Lumínica  |  |
|  | CUADRO DE PRECIOS Nº 2  |  |
|  | Proyecto de remodelación del alumbrado público del barrio del Gran Alacant (Santa Pola) |  |

| Nº Orden | Nº Actividad       | Código | Descripción de las unidades de obra                            | Rendimiento | Precio | Importe |
|----------|--------------------|--------|--|-------------|--------|---------|
| 9        | (ud) <b>MOD9</b>   |        | <b>Instalación de luminarias correspondientes al modelo 9</b>  |             |        |         |
|          | (h) MOOE.8a        |        | Oficial 1º electricidad  | 0,350       | 17,61  | 6,16    |
|          | (h) MOOE11a        |        | Especialista electricidad                                      | 0,350       | 15,05  | 5,27    |
|          | (ud) BGP352-71     |        | Luminaria alumbrado vial PHILLIPS ECO71-3S/831                 | 1,000       | 649,59 | 649,59  |
|          | (ud) MMMG14a       |        | Camión grúa cesta 10 m   | 0,020       | 35,69  | 0,71    |
|          | %                  |        | Costes Directos Complementarios                                | 0,020       | 661,73 | 13,23   |
|          |                    |        | Clase: Mano de Obra  |             |        | 11,43   |
|          |                    |        | Clase: Maquinaria  |             |        | 0,71    |
|          |                    |        | Clase: Material  |             |        | 649,59  |
|          |                    |        | Clase: Medio auxiliar  |             |        | 13,23   |
|          |                    |        | Coste Total  |             |        | 674,96  |
| 10       | (ud) <b>MODE10</b> |        | <b>Instalación de luminarias correspondientes al modelo 10</b> |             |        |         |
|          | (h) MOOE.8a        |        | Oficial 1º electricidad  | 0,350       | 17,61  | 6,16    |
|          | (h) MOOE11a        |        | Especialista electricidad                                      | 0,350       | 15,05  | 5,27    |
|          | (ud) BGP352-56     |        | Luminaria alumbrado vial PHILLIPS GRN56-3S/831                 | 1,000       | 649,59 | 649,59  |
|          | (ud) MMMG14a       |        | Camión grúa cesta 10 m   | 0,020       | 35,69  | 0,71    |
|          | %                  |        | Costes Directos Complementarios                                | 0,020       | 661,73 | 13,23   |
|          |                    |        | Clase: Mano de Obra  |             |        | 11,43   |
|          |                    |        | Clase: Maquinaria  |             |        | 0,71    |
|          |                    |        | Clase: Material  |             |        | 649,59  |
|          |                    |        | Clase: Medio auxiliar  |             |        | 13,23   |
|          |                    |        | Coste Total  |             |        | 674,96  |

|  |   |  |
|--|---|--|
|  | Instalación Lumínica  |  |
|  | CUADRO DE PRECIOS Nº 2  |  |
|  | Proyecto de remodelación del alumbrado público del barrio del Gran Alacant (Santa Pola) |  |

| Nº Orden | Nº Actividad       | Código | Descripción de las unidades de obra  | Rendimiento | Precio | Importe  |
|----------|--------------------|--------|--|-------------|--------|----------|
| 11       | (ud) <b>MODE11</b> |        | <b>Instalación de luminarias correspondientes al modelo 12</b>   |             |        |          |
|          | (h) MOOE.8a        |        | Oficial 1º electricidad  | 0,350       | 17,61  | 6,16     |
|          | (h) MOOE11a        |        | Especialista electricidad  | 0,350       | 15,05  | 5,27     |
|          | (ud) BGP352-113    |        | Luminaria alumbrado vial PHILLIPS ECO113-3S/831  | 1,000       | 769,42 | 769,42   |
|          | (ud) MMMG14a       |        | Camión grúa cesta 10 m   | 0,020       | 35,69  | 0,71     |
|          | %                  |        | Costes Directos Complementarios  | 0,020       | 781,56 | 15,63    |
|          |                    |        | Clase: Mano de Obra  |             |        | 11,43    |
|          |                    |        | Clase: Maquinaria  |             |        | 0,71     |
|          |                    |        | Clase: Material  |             |        | 769,42   |
|          |                    |        | Clase: Medio auxiliar  |             |        | 15,63    |
|          |                    |        | Coste Total  |             |        | 797,19   |
| 12       | (ud) <b>PRB1</b>   |        | <b>Prueba final e inspección de la instalación del alumbrado</b>   |             |        |          |
|          | (ud) JHV18101      |        | Jornada para inspección durante la ejecución de la instalación de alumbrado, según exigencias del Proyecto y del REBT              | 1,000       | 600,00 | 600,00   |
|          | (ud) JHV19101      |        | Jornada para ejecución de las pruebas finales de servicio de la instalación de alumbrado, según exigencias del Proyecto y del REBT | 1,000       | 750,00 | 750,00   |
|          |                    |        | Coste Total  |             |        | 1.350,00 |

|  |   |  |
|--|---|--|
|  | Instalación Lumínica  |  |
|  | CUADRO DE PRECIOS Nº 2  |  |
|  | Proyecto de remodelación del alumbrado público del barrio del Gran Alacant (Santa Pola) |  |

| Nº Orden | Nº Actividad       | Código | Descripción de las unidades de obra   | Rendimiento | Precio  | Importe  |
|----------|--------------------|--------|---|-------------|---------|----------|
| 13       | (ud) <b>PRB2</b>   |        | <b>Prueba final e inspección de la instalación de la instalación eléctrica</b>  |             |         |          |
|          | (ud) JGV18101      |        | Jornada para inspección durante la ejecución de la instalación eléctrica de baja tensión, según exigencias del Proyecto y del REBT              | 1,000       | 600,00  | 600,00   |
|          | (ud) JGV19101      |        | Jornada para ejecución de las pruebas finales de servicio de la instalación eléctrica de baja tensión, según exigencias del Proyecto y del REBT | 1,000       | 600,00  | 600,00   |
|          | (ud) JGVD8D01      |        | Jornada para inspección durante la ejecución de la instalación de conexión a tierra, según exigencias del Proyecto y del REBT                   | 1,000       | 600,00  | 600,00   |
|          | (ud) JGVD9D01      |        | Jornada para ejecución de las pruebas finales de servicio de la instalación de conexión a tierra, según exigencias del Proyecto y del REBT      | 1,000       | 600,00  | 600,00   |
|          |                    |        | Coste Total   |             |         | 2.400,00 |
| 14       | (h) <b>ING</b>     |        | <b>Oficina técnica</b>  |             |         |          |
|          | (h)PAPGAING        |        | Ingeniero que forma parte de la plantilla de la empresa   | 1,000       | 50,00   | 50,00    |
| 15       | (ud) <b>SUBING</b> |        | <b>Subcontratación a otra empresa</b>   |             |         |          |
|          | (ud) PAPGASUB      |        | Subcontratación para obtención de los datos pertinentes para el análisis de la situación actual   | 1,000       | 1800,00 | 1800,00  |

|  |   |  |
|--|---|--|
|  | Instalación Luminica  |  |
|  | CUADRO DE PRECIOS Nº 3  |  |
|  | Proyecto de remodelación del alumbrado público del barrio del Gran Alacant (Santa Pola) |  |

| Código | Descripción de las unidades de obra                    | Medición<br>(Unidades) |
|--------|--|------------------------|
| MOD1   | Instalación de luminarias correspondientes al modelo 1 | <b>122</b>             |
| MOD2   | Instalación de luminarias correspondientes al modelo 2 | <b>79</b>              |
| MOD3   | Instalación de luminarias correspondientes al modelo 3 | <b>134</b>             |
| MOD4   | Instalación de luminarias correspondientes al modelo 4 | <b>101</b>             |
| MOD5   | Instalación de luminarias correspondientes al modelo 5 | <b>46</b>              |
| MOD6   | Instalación de luminarias correspondientes al modelo 6 | <b>277</b>             |
| MOD7   | Instalación de luminarias correspondientes al modelo 7 | <b>85</b>              |

|  |   |  |
|--|---|--|
|  | Instalación Lumínica  |  |
|  | CUADRO DE PRECIOS Nº 3  |  |
|  | Proyecto de remodelación del alumbrado público del barrio del Gran Alacant (Santa Pola) |  |

| Código | Descripción de las unidades de obra                                     | Medición<br>(Unidades) |
|--------|---|------------------------|
| MOD8   | Instalación de luminarias correspondientes al modelo 8                  | <b>33</b>              |
| MOD9   | Instalación de luminarias correspondientes al modelo 9                  | <b>74</b>              |
| MODE10 | Instalación de luminarias correspondientes al modelo 10                 | <b>61</b>              |
| MODE11 | Instalación de luminarias correspondientes al modelo 11                 | <b>6</b>               |
| PRB1   | Prueba final e inspección de la instalación del alumbrado               | <b>2</b>               |
| PRB2   | Prueba final e inspección de la instalación de la instalación eléctrica | <b>2</b>               |
| ING    | Oficina técnica   | <b>300</b>             |
| SUBING | Subcontratación a otra empresa  | <b>1</b>               |

|  |   |  |
|--|---|--|
|  | Instalación Lumínica  |  |
|  | RESUMEN DE CAPÍTULOS  |  |
|  | Proyecto de remodelación del alumbrado público del barrio del Gran Alacant (Santa Pola) |  |

|           |         |
|-----------|---------|
| Apartados | Importe |
|-----------|---------|

|                                      |                     |
|--------------------------------------|---------------------|
| <b>TOTAL EJECUCIÓN MATERIAL.....</b> | <b>701,448.24 €</b> |
| 21 % I.V.A. ....                     | 147.304,13 €        |
| <b>TOTAL PRESUPUESTO C/IVA .....</b> | <b>848.752,37 €</b> |

Asciende el presupuesto proyectado, a la expresada cantidad de:  
OCHOCIENTOS CUARENTA Y OCHO MIL SETECIENTOS CINCUENTA Y DOS EUROS CON  
TREINTA Y SIETE CÉNTIMOS

20 de Abril de 2017

LA PROPIEDAD

LA DIRECCIÓN TÉCNICA

LA CONSTRUCTORA

Fdo.: .....

Fdo.: .....

Fdo.: .....

## **3-ANEXOS**

### 3.1 ANEXO 1- Modelización de los datos

Conjunto de los datos de todas las calles agrupadas en modelos

| CM              | Calle                   | Tipo vía | Clase Alumbrado | Ancho acera 1 (m) | Ancho calzada 1 (m) | Mediana (m) | Ancho acera 2 (m) | Altura (m) | Interdistancia (m) | Disposición | Nº PTOS LUZ | Nº LUMINARIAS APAGADAS | Tipo Lámpara actual | Potencia Lámpara actual (W) |
|-----------------|-------------------------|----------|-----------------|-------------------|---------------------|-------------|-------------------|------------|--------------------|-------------|-------------|------------------------|---------------------|-----------------------------|
| <b>MODELO 1</b> |                         |          |                 |                   |                     |             |                   |            |                    |             |             |                        |                     |                             |
| CMG12           | AV ESCANDINAVIA         | B1       | ME4b            | 2,1               | 9                   | 0           | 1,5               | 10         | 30                 | TRESBOULLLO | 18          | 9                      | VSAP                | 150                         |
| CMG13           | AV ESCANDINAVIA         | B1       | ME4b            | 2,5               | 9                   | 0           | 1,5               | 10         | 30                 | TRESBOULLLO | 40          | 21                     | VSAP                | 250                         |
| CMG31           | AV MEDITERRANEO         | B1       | ME4b            | 1,5               | 8                   | 0           | 1,5               | 10         | 30                 | TRESBOULLLO | 6           | 1                      | VSAP                | 150                         |
| CMG32           | AV FINLANDIA            | B1       | ME4b            | 2                 | 8                   | 0           | 2                 | 10         | 30                 | TRESBOULLLO | 7           | 0                      | VSAP                | 150                         |
| CMG33           | AV FINLANDIA            | B1       | ME4b            | 1,5               | 9                   | 0           | 1,5               | 10         | 30                 | TRESBOULLLO | 15          | 5                      | VSAP                | 150                         |
| <b>MODELO 2</b> |                         |          |                 |                   |                     |             |                   |            |                    |             |             |                        |                     |                             |
| CMG4            | MONTE DE SANTA POLA     | D3-D4    | S3              | 1,5               | 9                   | 0           | 2                 | 10         | 30                 | TRESBOULLLO | 23          | 1                      | VSAP                | 250                         |
| CMG35           | C VENTURA GLEZ          | D3-D4    | S3              | 1,5               | 9                   | 0           | 1,5               | 10         | 30                 | TRESBOULLLO | 7           | 3                      | VSAP                | 250                         |
| CMG35           | C CARIDAD SOLER DURA    | D3-D4    | S3              | 1,5               | 9                   | 0           | 1,5               | 10         | 30                 | TRESBOULLLO | 8           | 2                      | VSAP                | 250                         |
| CMG35           | C ANTONIA GARCIA ANDREU | D3-D4    | S3              | 1,5               | 9                   | 0           | 1                 | 10         | 30                 | TRESBOULLLO | 8           | 5                      | VSAP                | 250                         |
| CMG35           | C JOSEFA BOTELLA SEMPER | D3-D4    | S3              | 1,5               | 9                   | 0           | 1                 | 10         | 30                 | TRESBOULLLO | 14          | 8                      | VSAP                | 250                         |
| <b>MODELO 3</b> |                         |          |                 |                   |                     |             |                   |            |                    |             |             |                        |                     |                             |
| CMG21           | AV POLONIA              | B1       | ME4b            | 1                 | 8,5                 | 0           | 1                 | 10         | 40                 | TRESBOULLLO | 25          | 1                      | VSAP                | 250                         |
| CMG22           | AV POLONIA              | B1       | ME4b            | 1                 | 9,5                 | 0           | 1,6               | 10         | 40                 | TRESBOULLLO | 23          | 0                      | VSAP                | 250                         |
| CMG1            | AV ESCANDINAVIA         | B1       | ME4b            | 2                 | 9                   | 0           | 1                 | 10         | 40                 | TRESBOULLLO | 17          | 8                      | VSAP                | 250                         |
| CMG3            | AV MONTE DE STP         | B1       | ME4b            | 1                 | 9                   | 0           | 1                 | 10         | 40                 | TRESBOULLLO | 16          | 2                      | VSAP                | 250                         |
| CMG10           | AV MEDITERRANEO         | B1       | ME4b            | 1,5               | 9                   | 0           | 4                 | 10         | 40                 | TRESBOULLLO | 41          | 1                      | VSAP                | 250                         |
| <b>MODELO 4</b> |                         |          |                 |                   |                     |             |                   |            |                    |             |             |                        |                     |                             |
| CMG25           | C CHIPRE                | D3-D4    | S3              | 1                 | 7,5                 | 0           | 0,9               | 8          | 30                 | TRESBOULLLO | 20          | 10                     | VSAP                | 150                         |
| CMG25           | AV CARABASI             | D3-D4    | S3              | 1                 | 8,5                 | 0           | 1                 | 8          | 30                 | TRESBOULLLO | 14          | 5                      | VSAP                | 150                         |
| CMG25           | C CRETA                 | D3-D4    | S3              | 1                 | 8,5                 | 0           | 0,9               | 8          | 30                 | TRESBOULLLO | 24          | 11                     | VSAP                | 150                         |
| CMG25           | C MALTA                 | D3-D4    | S3              | 1                 | 7,5                 | 0           | 1                 | 8          | 30                 | TRESBOULLLO | 12          | 5                      | VSAP                | 150                         |
| <b>MODELO 5</b> |                         |          |                 |                   |                     |             |                   |            |                    |             |             |                        |                     |                             |
| CMG10           | AV ASIA                 | B1       | ME4b            | 1                 | 15,5                | 0           | 1                 | 8          | 40                 | TRESBOULLLO | 15          | 1                      | VM                  | 250                         |
| CMG10           | AV AFRICA               | B1       | ME4b            | 1                 | 15                  | 0           | 1                 | 8          | 40                 | TRESBOULLLO | 12          | 2                      | VM                  | 250                         |
| CMG10           | AV PAISA VALENCIANO     | B1       | ME4b            | 1                 | 15                  | 0           | 1                 | 8          | 40                 | TRESBOULLLO | 8           | 0                      | VM                  | 250                         |
| CMG10           | AV AMERICA              | B1       | ME4b            | 1                 | 15                  | 0           | 1                 | 8          | 40                 | TRESBOULLLO | 8           | 0                      | VM                  | 250                         |
| <b>MODELO 6</b> |                         |          |                 |                   |                     |             |                   |            |                    |             |             |                        |                     |                             |
| CMG1            | AV ESCANDINAVIA         | B1       | ME4b            | 2                 | 9                   | 0           | 2                 | 10         | 20                 | UNILATERAL  | 2           | 0                      | VSAP                | 250                         |
| CMG2            | AV ESCANDINAVIA         | B1       | ME4b            | 2                 | 9                   | 0           | 1                 | 10         | 20                 | UNILATERAL  | 23          | 9                      | VSAP                | 250                         |
| CMG2            | AV ESCANDINAVIA         | B1       | ME4b            | 2                 | 9                   | 0           | 1                 | 10         | 20                 | UNILATERAL  | 3           | 2                      | VSAP                | 250                         |
| CMG2            | AV ESCANDINAVIA         | B1       | ME4b            | 2                 | 9                   | 0           | 1                 | 10         | 20                 | UNILATERAL  | 3           | 0                      | VSAP                | 250                         |
| CMG3            | AV ESCANDINAVIA         | B1       | ME4b            | 1                 | 9                   | 0           | 1                 | 10         | 20                 | UNILATERAL  | 12          | 7                      | VSAP                | 250                         |
| CMG4            | AV ESCANDINAVIA         | B1       | ME4b            | 2                 | 9                   | 0           | 1                 | 10         | 20                 | UNILATERAL  | 7           | 3                      | VSAP                | 250                         |
| CMG19           | AV CARABASI             | B1       | ME4b            | 1,5               | 9                   | 0           | 1,5               | 10         | 20                 | UNILATERAL  | 5           | 2                      | VSAP                | 250                         |
| CMG20           | AV POLONIA              | B1       | ME4b            | 1                 | 10                  | 0           | 0,6               | 10         | 20                 | UNILATERAL  | 1           | 0                      | VSAP                | 250                         |
| CMG26           | AV NORUEGA              | B1       | ME4b            | 3,5               | 9                   | 0           | 1                 | 10         | 20                 | UNILATERAL  | 24          | 9                      | VSAP                | 250                         |
| CMG26           | AV NORUEGA              | B1       | ME4b            | 1                 | 9                   | 0           | 1                 | 10         | 20                 | UNILATERAL  | 4           | 1                      | VSAP                | 250                         |
| CMG27           | AV NORUEGA              | B1       | ME4b            | 4,5               | 10                  | 0           | 1                 | 10         | 20                 | UNILATERAL  | 28          | 13                     | VSAP                | 250                         |
| CMG5            | AV ESCANDINAVIA         | B1       | ME4b            | 2,5               | 9                   | 0           | 1,5               | 10         | 20                 | UNILATERAL  | 14          | 6                      | VSAP                | 250                         |
| CMG5            | AV MEDITERRANEO         | B1       | ME4b            | 3                 | 9                   | 0           | 0                 | 10         | 20                 | UNILATERAL  | 30          | 12                     | VSAP                | 250                         |
| CMG10           | AV MEDITERRANEO         | B1       | ME4b            | 1,5               | 8                   | 0           | 0                 | 10         | 20                 | UNILATERAL  | 1           | 0                      | VSAP                | 250                         |
| CMG10           | AV MEDITERRANEO         | B1       | S3              | 1,5               | 8                   | 0           | 0                 | 10         | 20                 | UNILATERAL  | 1           | 0                      | VSAP                | 150                         |
| CMG11           | AV CANARIAS             | B1       | ME4b            | 1,4               | 10                  | 0           | 1                 | 10         | 20                 | UNILATERAL  | 11          | 5                      | VSAP                | 250                         |
| CMG17           | AV CARABASI             | B1       | ME4b            | 1,5               | 9                   | 0           | 1,5               | 10         | 20                 | UNILATERAL  | 26          | 13                     | VM                  | 250                         |

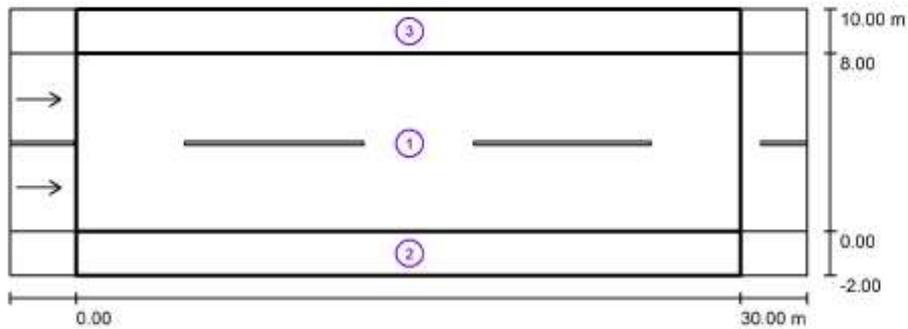
| <b>MODELO 7</b>  |                        |       |      |     |      |   |     |    |    |            |    |    |      |     |
|------------------|------------------------|-------|------|-----|------|---|-----|----|----|------------|----|----|------|-----|
| CMG28            | C BELGICA              | D3-D4 | S3   | 1   | 6,5  | 0 | 0,8 | 8  | 20 | UNILATERAL | 33 | 0  | VSAP | 150 |
| CMG29            | C HOLANDA              | D3-D4 | S3   | 0,8 | 7    | 0 | 1   | 8  | 20 | UNILATERAL | 27 | 1  | VSAP | 150 |
| CMG29            | C LUXEMBURGO           | D3-D4 | S3   | 0,8 | 6,5  | 0 | 1   | 8  | 20 | UNILATERAL | 19 | 1  | VSAP | 150 |
| CMG25            | AV CARABASI            | D3-D4 | S3   | 1   | 7,5  | 0 | 1   | 8  | 20 | UNILATERAL | 4  | 0  | VSAP | 250 |
| <b>MODELO 8</b>  |                        |       |      |     |      |   |     |    |    |            |    |    |      |     |
| CMG31            | CALLE 1                | D3-D4 | S3   | 0   | 5    | 0 | 0   | 10 | 20 | UNILATERAL | 6  | 0  | VSAP | 150 |
| CMG31            | CALLE 2                | D3-D4 | S3   | 0   | 5    | 0 | 0   | 10 | 20 | UNILATERAL | 6  | 0  | VSAP | 150 |
| CMG31            | CALLE 3                | D3-D4 | S3   | 0   | 5    | 0 | 0   | 10 | 20 | UNILATERAL | 7  | 1  | VSAP | 150 |
| CMG31            | CALLE 4                | D3-D4 | S3   | 0   | 5    | 0 | 0   | 10 | 20 | UNILATERAL | 10 | 1  | VSAP | 150 |
| CMG31            | CARRETERA N 332        | D3-D4 | S3   | 0   | 5    | 0 | 0   | 10 | 20 | UNILATERAL | 2  | 0  | VSAP | 150 |
| <b>MODELO 9</b>  |                        |       |      |     |      |   |     |    |    |            |    |    |      |     |
| CMG30            | AV MEDITERRANEO        | B1    | ME4b | 3   | 10,5 | 0 | 0   | 10 | 20 | UNILATERAL | 47 | 24 | VSAP | 250 |
| CMG4             | PARQUE MUNICIPAL       | B1    | ME4b | 0   | 10   | 0 | 0   | 10 | 25 | UNILATERAL | 3  | 0  | VSAP | 250 |
| <b>MODELO 10</b> |                        |       |      |     |      |   |     |    |    |            |    |    |      |     |
| CMG18            | AV CARABASI            | B1    | ME4b | 1,5 | 9    | 0 | 1,5 | 10 | 15 | UNILATERAL | 10 | 0  | VSAP | 150 |
| CMG18            | AV NORUEGA             | B1    | ME4b | 2   | 9    | 0 | 2   | 10 | 15 | UNILATERAL | 5  | 0  | VSAP | 250 |
| CMG19            | AV CARABASI            | B1    | ME4b | 1,2 | 9    | 0 | 1,2 | 10 | 15 | UNILATERAL | 9  | 4  | VSAP | 250 |
| CMG20            | AV CARABASI            | B1    | ME4b | 1,5 | 9    | 0 | 1,5 | 10 | 15 | UNILATERAL | 11 | 6  | VSAP | 250 |
| CMG20            | AV CARABASI            | B1    | ME4b | 1,5 | 9    | 0 | 1,5 | 10 | 15 | UNILATERAL | 6  | 4  | VSAP | 250 |
| CMG22            | AV NORUEGA             | B1    | ME4b | 2   | 9    | 0 | 2   | 10 | 15 | UNILATERAL | 6  | 0  | VSAP | 250 |
| <b>MODELO 11</b> |                        |       |      |     |      |   |     |    |    |            |    |    |      |     |
| CMG12            | OTONDA AV ESCANDINAVIA | B1    | ME4b | 2,1 | 9    | 0 | 0   | 10 | 30 | UNILATERAL | 2  | 0  | VSAP | 250 |
| CMG30            | AV MEDITERRANEO        | B1    | ME4b | 1,5 | 8    | 0 | 0   | 10 | 30 | UNILATERAL | 4  | 0  | VSAP | 250 |

### 3.2 Anexo 2 - Validación modelos con diferencia en las aceras

Validación de los modelos asegurando que aunque haya diferencia en las aceras, el modelo se puede utilizar.



#### Calle 1 / Resultados luminotécnicos



Factor mantenimiento: 0.70

Escala 1:258

#### Lista del recuadro de evaluación

- 1 Recuadro de evaluación Calzada 1  
 Longitud: 30.000 m, Anchura: 8.000 m  
 Trama: 10 x 8 Puntos  
 Elemento de la vía pública respectivo: Calzada 1.  
 Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070  
 Clase de iluminación seleccionada: ME4a

(Se cumplen todos los requerimientos fotométricos.)

|                                  | $L_m$ [cd/m <sup>2</sup> ] | U0     | UI     | TI [%] | SR     |
|----------------------------------|----------------------------|--------|--------|--------|--------|
| Valores reales según cálculo:    | 1.20                       | 0.89   | 0.91   | 8      | 0.54   |
| Valores de consigna según clase: | ≥ 0.75                     | ≥ 0.40 | ≥ 0.80 | ≤ 15   | ≥ 0.50 |
| Cumplido/No cumplido:            | ✓                          | ✓      | ✓      | ✓      | ✓      |

#### Calle 1 / Resultados luminotécnicos

#### Lista del recuadro de evaluación

- 2 Recuadro de evaluación Camino peatonal 1  
 Longitud: 30.000 m, Anchura: 2.000 m  
 Trama: 10 x 3 Puntos  
 Elemento de la vía pública respectivo: Camino peatonal 1.  
 Clase de iluminación seleccionada: CE5

(Se cumplen todos los requerimientos fotométricos.)

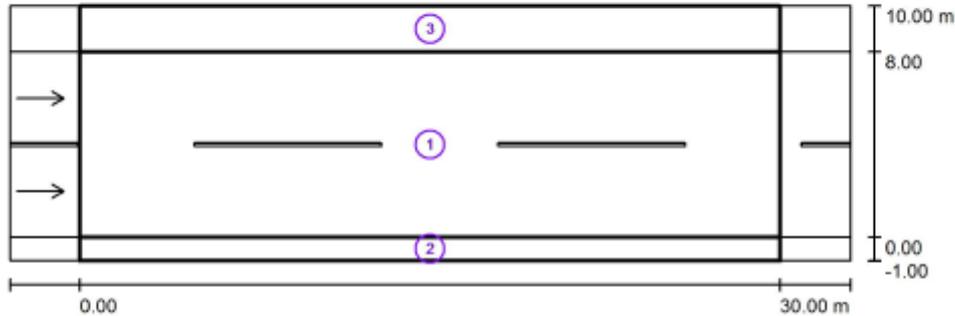
|                                  | $E_m$ [lx] | U0     |
|----------------------------------|------------|--------|
| Valores reales según cálculo:    | 13.07      | 0.41   |
| Valores de consigna según clase: | ≥ 7.50     | ≥ 0.40 |
| Cumplido/No cumplido:            | ✓          | ✓      |

- 3 Recuadro de evaluación Camino peatonal 2  
 Longitud: 30.000 m, Anchura: 2.000 m  
 Trama: 10 x 3 Puntos  
 Elemento de la vía pública respectivo: Camino peatonal 2.  
 Clase de iluminación seleccionada: CE5

(Se cumplen todos los requerimientos fotométricos.)

|                                  | $E_m$ [lx] | U0     |
|----------------------------------|------------|--------|
| Valores reales según cálculo:    | 13.07      | 0.41   |
| Valores de consigna según clase: | ≥ 7.50     | ≥ 0.40 |
| Cumplido/No cumplido:            | ✓          | ✓      |

### Calle 1 / Resultados luminotécnicos



Factor mantenimiento: 0.70

Escala 1:258

#### Lista del recuadro de evaluación

1 Recuadro de evaluación Calzada 1

Longitud: 30.000 m, Anchura: 8.000 m

Trama: 10 x 6 Puntos

Elemento de la vía pública respectivo: Calzada 1.

Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070

Clase de iluminación seleccionada:

ME4a

(Se cumplen todos los requerimientos fotométricos.)

Valores reales según cálculo:

Valores de consigna según clase:

Cumplido/No cumplido:

| $L_m$ [cd/m <sup>2</sup> ] | U0     | UI     | TI [%] | SR     |
|----------------------------|--------|--------|--------|--------|
| 1.20                       | 0.89   | 0.91   | 8      | 0.54   |
| ≥ 0.75                     | ≥ 0.40 | ≥ 0.60 | ≤ 15   | ≥ 0.50 |
| ✓                          | ✓      | ✓      | ✓      | ✓      |

### Calle 1 / Resultados luminotécnicos

#### Lista del recuadro de evaluación

2 Recuadro de evaluación Camino peatonal 1

Longitud: 30.000 m, Anchura: 1.000 m

Trama: 10 x 3 Puntos

Elemento de la vía pública respectivo: Camino peatonal 1.

Clase de iluminación seleccionada:

CE5

(Se cumplen todos los requerimientos fotométricos.)

Valores reales según cálculo:

Valores de consigna según clase:

Cumplido/No cumplido:

| $E_m$ [lx] | U0     |
|------------|--------|
| 14.27      | 0.50   |
| ≥ 7.50     | ≥ 0.40 |
| ✓          | ✓      |

3 Recuadro de evaluación Camino peatonal 2

Longitud: 30.000 m, Anchura: 2.000 m

Trama: 10 x 3 Puntos

Elemento de la vía pública respectivo: Camino peatonal 2.

Clase de iluminación seleccionada:

CE5

(Se cumplen todos los requerimientos fotométricos.)

Valores reales según cálculo:

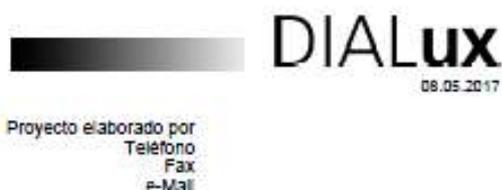
Valores de consigna según clase:

Cumplido/No cumplido:

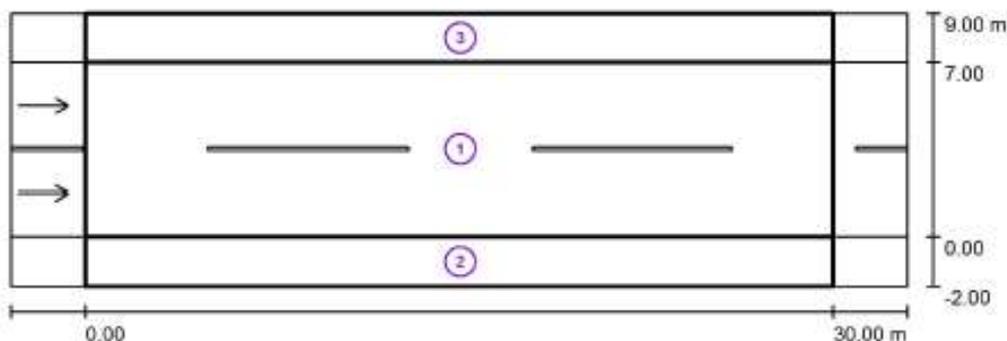
| $E_m$ [lx] | U0     |
|------------|--------|
| 13.07      | 0.41   |
| ≥ 7.50     | ≥ 0.40 |
| ✓          | ✓      |

### 3.3 Anexo 3 - Validación modelos con diferencia en las calzadas

- Validación de los modelos asegurando que aunque haya diferencia en las calzadas, el modelo se puede utilizar.



#### Calle 1 / Resultados luminotécnicos



Factor mantenimiento: 0.70

Escala 1:258

#### Lista del recuadro de evaluación

- Recuadro de evaluación Calzada 1

Longitud: 30.000 m, Anchura: 7.000 m

Trama: 10 x 6 Puntos

Elemento de la vía pública respectivo: Calzada 1.

Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070

Clase de iluminación seleccionada:

ME4a

(Se cumplen todos los requerimientos fotométricos.)

|                                  | $L_m$ [cd/m <sup>2</sup> ] | U0          | UI          | TI [%]    | SR          |
|----------------------------------|----------------------------|-------------|-------------|-----------|-------------|
| Valores reales según cálculo:    | 1.28                       | 0.90        | 0.93        | 8         | 0.62        |
| Valores de consigna según clase: | $\geq 0.75$                | $\geq 0.40$ | $\geq 0.80$ | $\leq 15$ | $\geq 0.50$ |
| Cumplido/No cumplido:            | ✓                          | ✓           | ✓           | ✓         | ✓           |

#### Calle 1 / Resultados luminotécnicos

#### Lista del recuadro de evaluación

- Recuadro de evaluación Camino peatonal 1

Longitud: 30.000 m, Anchura: 2.000 m

Trama: 10 x 3 Puntos

Elemento de la vía pública respectivo: Camino peatonal 1.

Clase de iluminación seleccionada:

CE5

(Se cumplen todos los requerimientos fotométricos.)

|                                  | $E_m$ [lx]  | U0          |
|----------------------------------|-------------|-------------|
| Valores reales según cálculo:    | 14.80       | 0.45        |
| Valores de consigna según clase: | $\geq 7.50$ | $\geq 0.40$ |
| Cumplido/No cumplido:            | ✓           | ✓           |

- Recuadro de evaluación Camino peatonal 2

Longitud: 30.000 m, Anchura: 2.000 m

Trama: 10 x 3 Puntos

Elemento de la vía pública respectivo: Camino peatonal 2.

Clase de iluminación seleccionada:

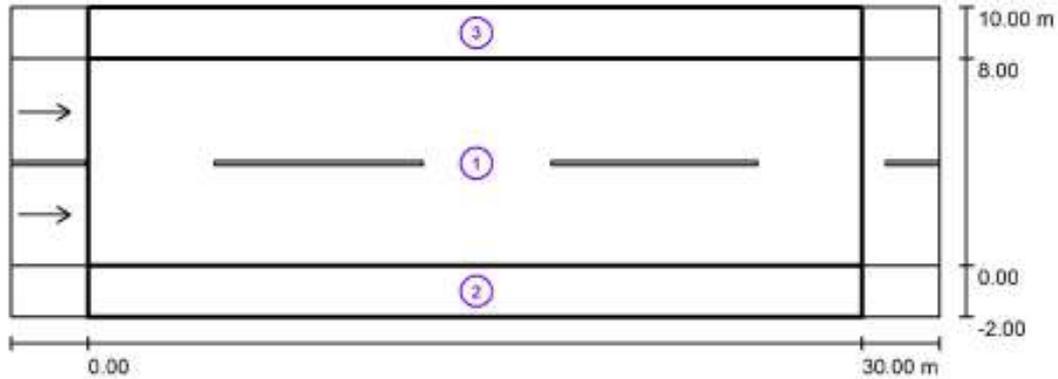
CE5

(Se cumplen todos los requerimientos fotométricos.)

|                                  | $E_m$ [lx]  | U0          |
|----------------------------------|-------------|-------------|
| Valores reales según cálculo:    | 14.80       | 0.45        |
| Valores de consigna según clase: | $\geq 7.50$ | $\geq 0.40$ |
| Cumplido/No cumplido:            | ✓           | ✓           |

Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

### Calle 1 / Resultados luminotécnicos



Factor mantenimiento: 0.70

Escala 1:258

#### Lista del recuadro de evaluación

|   |  |   |        |        |        |        |
|---|--|---|--------|--------|--------|--------|
| 1 | Recuadro de evaluación Calzada 1<br>Longitud: 30.000 m, Anchura: 8.000 m<br>Trama: 10 x 6 Puntos<br>Elemento de la vía pública respectivo: Calzada 1.<br>Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070<br>Clase de iluminación seleccionada: ME4a | (Se cumplen todos los requerimientos fotométricos.) |        |        |        |        |
|   | Valores reales según cálculo:  | $L_m$ [cd/m <sup>2</sup> ]                          | U0     | UI     | TI [%] | SR     |
|   | Valores de consigna según clase:   | 1.20  | 0.89   | 0.91   | 8      | 0.54   |
|   | Cumplido/No cumplido:  | ≥ 0.75  | ≥ 0.40 | ≥ 0.60 | ≤ 15   | ≥ 0.50 |
|   |  | ✓   | ✓      | ✓      | ✓      | ✓      |

### Calle 1 / Resultados luminotécnicos

#### Lista del recuadro de evaluación

|   |   |   |        |
|---|---|---|--------|
| 2 | Recuadro de evaluación Camino peatonal 1<br>Longitud: 30.000 m, Anchura: 2.000 m<br>Trama: 10 x 3 Puntos<br>Elemento de la vía pública respectivo: Camino peatonal 1.<br>Clase de iluminación seleccionada: CE5 | (Se cumplen todos los requerimientos fotométricos.) |        |
|   | Valores reales según cálculo:   | $E_m$ [lx]  | U0     |
|   | Valores de consigna según clase:  | 13.07   | 0.41   |
|   | Cumplido/No cumplido:   | ≥ 7.50  | ≥ 0.40 |
|   |   | ✓   | ✓      |

|   |   |   |        |
|---|---|---|--------|
| 3 | Recuadro de evaluación Camino peatonal 2<br>Longitud: 30.000 m, Anchura: 2.000 m<br>Trama: 10 x 3 Puntos<br>Elemento de la vía pública respectivo: Camino peatonal 2.<br>Clase de iluminación seleccionada: CE5 | (Se cumplen todos los requerimientos fotométricos.) |        |
|   | Valores reales según cálculo:   | $E_m$ [lx]  | U0     |
|   | Valores de consigna según clase:  | 13.07   | 0.41   |
|   | Cumplido/No cumplido:   | ≥ 7.50  | ≥ 0.40 |
|   |   | ✓   | ✓      |



### 3.3 Anexo 4 – Tarifa 3.0

## IBERDROLA

Contrato de la tarifa 3.0 contratada con Iberdrola  
para la explotación del sistema de alumbrado

## CONDICIONES PARTICULARES PLAN 3.0

### CONDICIONES ECONÓMICAS

**PRECIO DEL SUMINISTRO DE ELECTRICIDAD**  
hasta el 15 de Julio de 2017.

Oferta válida

| POTENCIA CONTRATADA (kW)       | PERÍODO PUNTA | PERÍODO LLANO | PERÍODO VALLE |
|--------------------------------|---------------|---------------|---------------|
| TÉRMINO DE POTENCIA (€/kW AÑO) | 42,203054     | 25,60131      | 18,211416     |
| TÉRMINO DE ENERGÍA (€/kWh)     | 0,110571      | 0,092887      | 0,065842      |

A estos precios les será añadido el I.V.A.\*, el Impuesto Eléctrico (5,11269632%), la energía reactiva y resto de conceptos de facturación que se indican.

Los periodos referidos en la tabla serán los establecidos en las Tarifas Generales de Acceso (3.0 A en su modalidad de 3 periodos), aplicables en cada momento. (Orden ITC 2794/2007 y normativa que la sustituya).

El precio del término de potencia y del término de energía activa se mantendrán fijos durante 12 meses, sin perjuicio de su actualización según la variación correspondiente al IPC(1) el 1 de enero de cada año en que el contrato esté vigente.

- (1) IPC: Valor acumulado real, del periodo de noviembre a noviembre anterior a la aplicación de la variación, del Índice de Precios al Consumo, general, publicado por el Instituto Nacional de Estadística.

Se repercutirán en cada momento las variaciones a la baja o al alza en las tarifas y peajes de acceso, cánones y en los valores regulados que puedan ser aprobadas por la Administración para su aplicación durante la duración del Contrato, tomando como base el RD 1164/2001 y la Orden ETU/1976/2016.

La contratación del Plan 3.0 está disponible solo para la tarifa de acceso 3.0A.

La energía se facturará como el producto del precio de cada periodo por el consumo efectuado en el periodo correspondiente.

La potencia se facturará como producto de los términos de potencia diarios por la potencia contratada en cada periodo y multiplicando el resultado por el número de días del periodo de facturación. Los términos de potencia diarios resultarán de dividir el término de potencia anual por el número de días del año. Si la potencia demandada sobrepasa en cualquier periodo horario el 105% de la potencia contratada en el mismo, la potencia a facturar en ese periodo será la registrada más el doble de la diferencia entre el valor registrado y el valor correspondiente al 105% de la potencia contratada.

La facturación de energía reactiva y el resto de conceptos de facturación, si corresponde, se realizará según la normativa vigente aprobada por la Administración.

#### PRECIO DE ALQUILER DEL CONTADOR

El precio mensual del alquiler del contador de electricidad será el fijado en cada momento por el Ministerio de Energía, Turismo y Agenda Digital para la tarifa de acceso correspondiente y que cobre la Empresa Distribuidora, al que se le incorporará el I.V.A.(\*) y será indicado en las facturas que se emitan al Cliente. El Cliente podrá consultar en todo momento los precios vigentes en [www.iberdrola.es](http://www.iberdrola.es).

#### DURACIÓN DEL CONTRATO

La duración del presente contrato es de 12 meses desde la fecha de inicio del suministro.

La fecha de inicio del suministro será posterior a la de aceptación de este contrato y quedará condicionada a la existencia de un contrato de acceso con la Empresa Distribuidora, a la disponibilidad de la energía y a la actuación sobre las instalaciones cuando esto fuera necesario, y se corresponderá con la fecha del primer día del periodo de lectura establecido que se indique en la primera factura.

El Contrato se podrá prorrogar por anualidades sucesivas de acuerdo con las Condiciones Generales.

(\*)El tipo impositivo, que se especificará y desglosará en factura, será el que resulte aplicable en cada momento. El IVA no es aplicable en Canarias, Ceuta y Melilla, donde por su régimen fiscal especial se aplican, respectivamente, el IGIC (Impuesto General Indirecto Canario) y el IPSI (Impuesto sobre la producción, los servicios y la importación).

Proyecto elaborado por

Teléfono

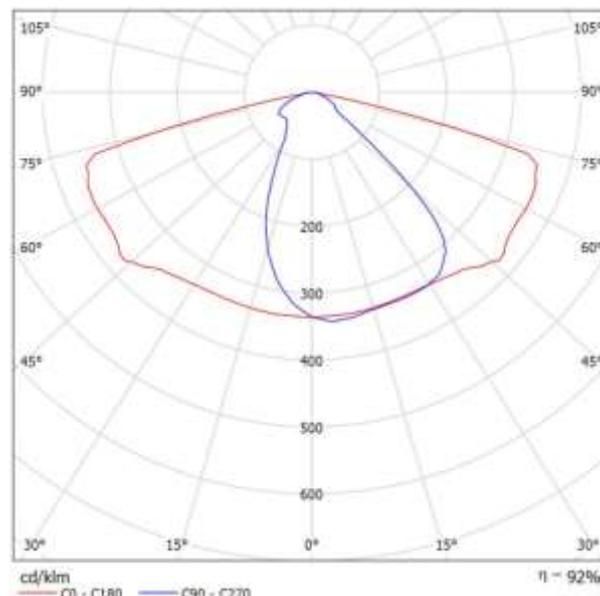
### 3.4 Anexo 5- Información completa de la calles del modelo 2

Muestra de la documentación necesaria para cada calle.



**PHILIPS BGP352 T15 1xGRN40-3S/830 DN / Hoja de datos de luminarias**

Clasificación luminarias según CIE: 100  
Código CIE Flux: 47 80 98 100 92



Para esta luminaria no puede presentarse ninguna tabla UGR porque carece de atributos de simetría.

Iridium<sup>2</sup> LEDGINE: alumbrado viario Iridium<sup>2</sup> es una gama de luminarias de alumbrado viario diseñada para el rendimiento y la sostenibilidad.

Dependiendo de la aplicación y el presupuesto, los clientes pueden

comenzar con LED, HID electrónico o una combinación de las dos tecnologías en la misma luminaria. Sea cual sea la elección inicial, la modularidad de Iridium<sup>2</sup> permite a los clientes actualizar sus instalaciones (de LED a LED o de e-HID a LED) siempre que lo deseen, basta con cambiar el sistema de luz.

La integración de LEDGINE, una óptica HID completamente nueva, equipo electrónico y controles es una respuesta a la demanda creciente de ahorro

energético. La nueva óptica HID Iridium<sup>2</sup> se ha diseñado para ofrecer el mejor rendimiento de iluminación de su categoría sumado a una enorme flexibilidad de aplicación. Todas estas características, combinadas con la facilidad de la instalación y el mantenimiento de Iridium<sup>2</sup>, garantizan un bajo coste de propiedad para los clientes.

## MODELOALTERNATIVA2 / Datos de planificación

### Perfil de la vía pública

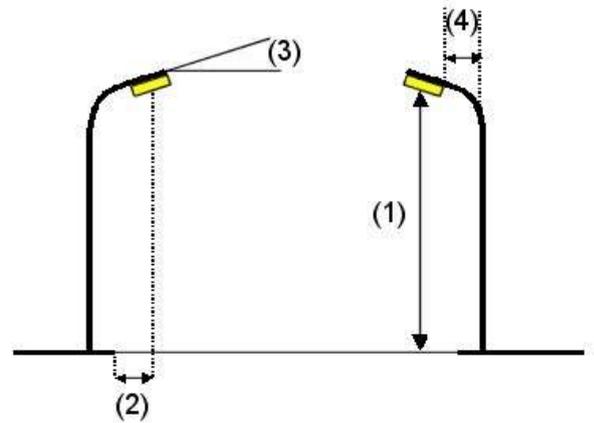
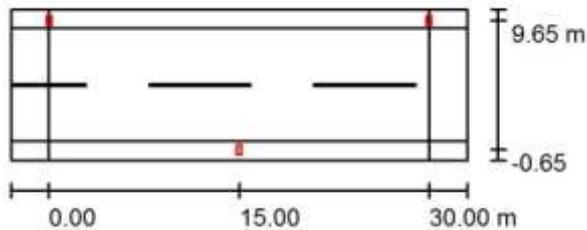
Camino peatonal 2 (Anchura: 1.500 m)

Calzada 1 (Anchura: 9.000 m, Cantidad de carriles de tránsito: 2, Revestimiento de la calzada: R3,  $q_0$ : 0.070)

Camino peatonal 1 (Anchura: 1.500 m)

Factor mantenimiento: 0.70

### Disposiciones de las luminarias



Luminaria: PHILIPS BGP352 T15 1xGRN40-3S/830 DN

Flujo luminoso (Luminaria): 3956 lm

Flujo luminoso (Lámparas): 4300

Im Potencia de las luminarias:

39.0 W

Organización:  
desplazado

bilateral

Distancia entre mástiles: 30.000

m Altura de montaje (1): 10.000

m

Altura del punto de luz: 9.817 m

Saliente sobre la calzada (2): -0.650

m Inclinación del brazo (3): 0.0 °

Longitud del brazo (4): 0.000 m

Valores máximos de la intensidad lumínica

con 70°: 709 cd/klm

con 80°: 42 cd/klm

con 90°: 0.00 cd/klm

Respectivamente en todas las direcciones que forman los ángulos especificados con las verticales inferiores (con luminarias instaladas aptas para el funcionamiento).

Ninguna intensidad lumínica por encima de 90°.

La disposición cumple con la clase de intensidad lumínica G3.

La disposición cumple con la clase del índice de deslumbramiento D.6.

## MODELOALTERNATIVA2 / Lista de luminarias

PHILIPS BGP352 T15 1xGRN40-3S/830 DN

Nº de artículo:

Flujo luminoso  
(Luminaria): 3956 lm

Flujo luminoso  
(Lámparas): 4300 lm

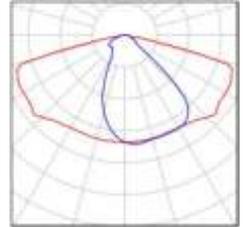
Potencia de las  
luminarias: 39.0 W

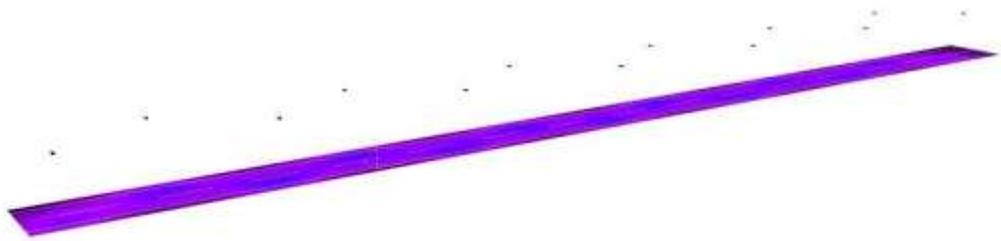
Clasificación luminarias  
según CIE: 100 Código

CIE Flux: 47 80 98 100

92 Lámpara: 1 x

GRN40-3S/830 (Factor  
de corrección 1.000).

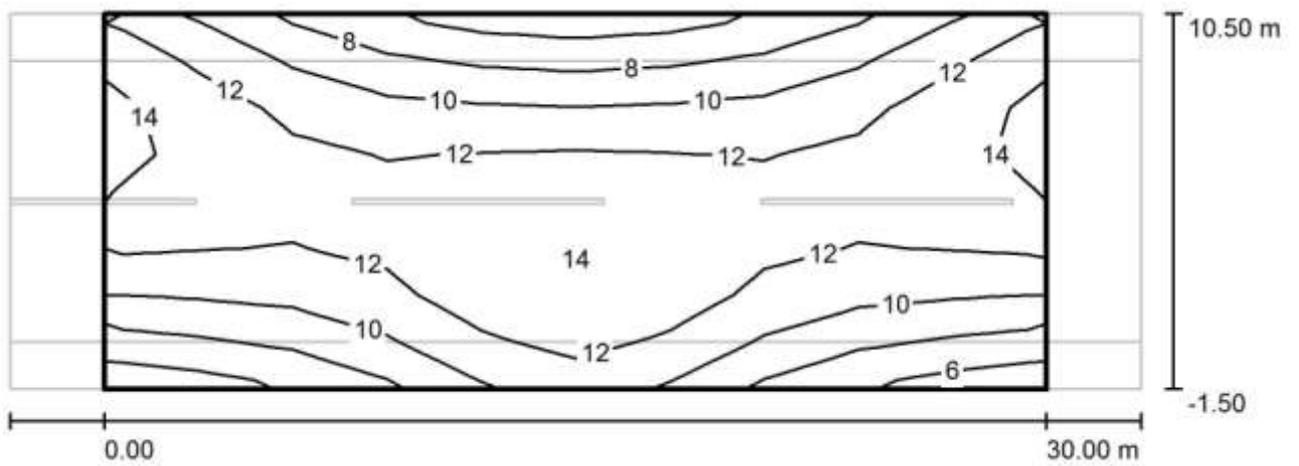




lx

**MODELOALTERNATIVA2 / Rendering (procesado) de colores falsos**

MODELOALTERNATIVA2 / Recuadro de evaluación Camino peatonal 1 & Calzada 1 &  
**Camino peatonal 2 / Isolíneas (E)**

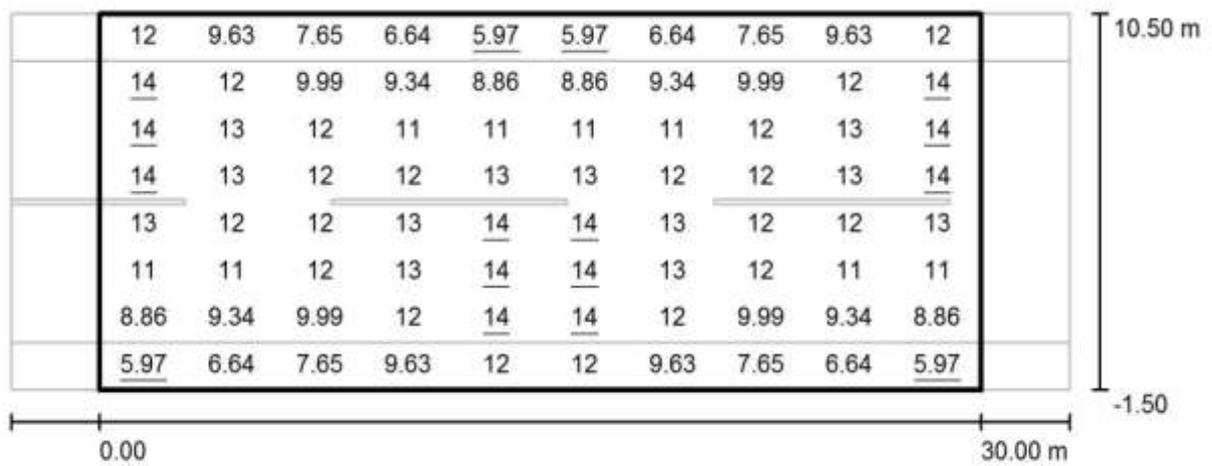


Valores en Lux, Escala 1 : 258

Trama: 10 x 8 Puntos

| $E_m$ [lx] | $E_{min}$ [lx] | $E_{max}$ [lx] | $E_{min} / E_m$ | $E_{min}/E_{max}$ |
|------------|----------------|----------------|-----------------|-------------------|
| 11         | 5.97           | 14             | 0.540           | 0.423             |

MODELOALTERNATIVA2 / Recuadro de evaluación Camino peatonal 1 & Calzada 1 &  
**Camino peatonal 2 / Gráfico de valores (E)**



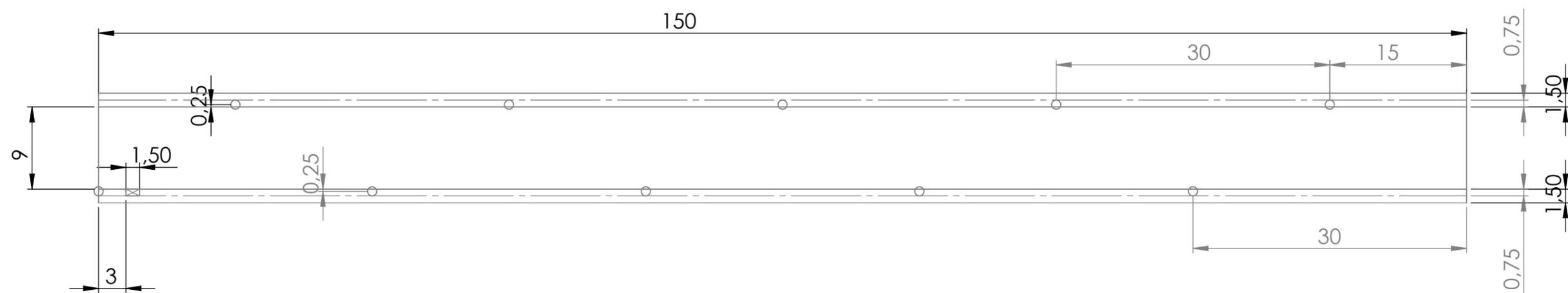
Valores en Lux, Escala 1 : 258

Trama: 10 x 8 Puntos

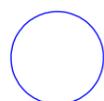
| $E_m$ [lx] | $E_{min}$ [lx] | $E_{max}$ [lx] | $E_{min} / E$ | $E_{min} / E_{max}$ |
|------------|----------------|----------------|---------------|---------------------|
| 11         | 5.97           | 14             | 0.540         | 0.423               |

## **4-PLANOS**





CENTRO DE MANDO



LUMINARIA