

Título del trabajo/ Title of paper

Programa de Luz Rota

Autor/es/ Author/s

Marta Diego Herbosa

Empresa/s Company/s

EnergyTAS, Técnicos en Alumbrado Sostenible

Dirección principal/ Mail address

Bº Zubiaga 11, San Pedro de Galdames, 48191. Bizkaia

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

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

626065152  
mdiego@energytas.com

Tema:

Sistema de ajuste horario en los cuadros de mando

Índice General

<b>CAPÍTULO 1. MEMORIA DEL PROYECTO .....</b>	<b>4</b>
1.1 RESUMEN DE LA MOTIVACIÓN, OBJETIVOS Y ALCANCE DEL PROYECTO .....	4
<b>CAPÍTULO 2. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>4</b>
2.1 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO .....	4
2.2 ESTUDIO DE LA SITUACIÓN ACTUAL .....	5
2.2.1 <i>Datos energéticos de referencia:</i> .....	5
2.3 PLANIFICACIÓN DEL PROYECTO .....	5
2.3.1 <i>Clasificación de las calles:</i> .....	6
<b>CAPÍTULO 3. MEDICIONES .....</b>	<b>8</b>
3.1 INVIERNO .....	8
3.1.1 <i>Zona 1:</i> .....	8
3.1.2 <i>Zona 2:</i> .....	8
3.1.3 <i>Zona 3:</i> .....	9
3.1.4 <i>Zona 4:</i> .....	9
3.1.5 <i>Zona 5:</i> .....	10
3.1.6 <i>Zona 6:</i> .....	10
3.1.7 <i>Zona 7:</i> .....	10
3.2 PRIMAVERA.....	11
3.2.1 <i>Zona 1:</i> .....	11
3.2.2 <i>Zona 2:</i> .....	11
3.2.3 <i>Zona 3:</i> .....	12
3.2.4 <i>Zona 4:</i> .....	12
3.2.5 <i>Zona 5:</i> .....	13
3.2.6 <i>Zona 6:</i> .....	13
3.2.7 <i>Zona 7:</i> .....	13
3.3 VERANO .....	14
3.3.1 <i>Zona 1:</i> .....	14
3.3.2 <i>Zona 2:</i> .....	14
3.3.3 <i>Zona 3:</i> .....	15
3.3.4 <i>Zona 4:</i> .....	15
3.3.5 <i>Zona 5:</i> .....	15
3.3.6 <i>Zona 6:</i> .....	16
3.3.7 <i>Zona 7:</i> .....	16
3.4 OTOÑO .....	17
3.4.1 <i>Zona 1:</i> .....	17
3.4.2 <i>Zona 2:</i> .....	17
3.4.3 <i>Zona 3:</i> .....	18
3.4.4 <i>Zona 4:</i> .....	18
3.4.5 <i>Zona 5:</i> .....	18
3.4.6 <i>Zona 6:</i> .....	19
3.4.7 <i>Zona 7:</i> .....	19
<b>CAPÍTULO 4. ESTUDIO VIABILIDAD ECONÓMICA.....</b>	<b>20</b>
<b>CAPÍTULO 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>21</b>

5.1	CONCLUSIONES .....	21
5.2	RECOMENDACIONES .....	21
<b>CAPÍTULO 6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>		<b>22</b>
6.1	REFERENCIAS EN INTERNET .....	22

Índice de Figuras

---

Figura 1.1.	GIS del municipio.....	6
Figura 1.2.	Zonas de estudio seleccionadas .....	6
Figura 1.3.	Tabla de mediciones.....	7
Figura 1.4.	Ubicación de los nueve puntos según el Método de los 9 puntos .....	8

## Capítulo 1. Memoria del Proyecto

### 1.1 Resumen de la Motivación, Objetivos y Alcance del Proyecto

Los proyectos de reformado de alumbrado público a través de una Empresa de Servicios Energéticos proponen una hora de encendido, durante el Orto, y una hora de apagado, durante el Ocaso, en función de una tabla de horarios pública proporcionada por el Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana y dentro de la zona de crepúsculo civil.

Todas las propuestas de los proyectos de Empresas de Servicios Energéticos que hemos analizado, oscilan en retrasar y/o adelantar o atrasar la hora de encendido entre 10 y 15 minutos respecto a la hora del orto u ocaso respectivamente, sin criterio técnico, salvo la experiencia de cada uno de ellos en sus proyectos.

De esta manera establecen una norma genérica de encendido y apagado en las calles sin tener en cuenta el nivel lumínico de las mismas, y consecuentemente sin adecuarse a un alumbrado público eficiente y sostenible lumínicamente hablando.

El objetivo de este estudio es conseguir la perfección, o en su defecto una aproximación de la misma, de dicho horario anteriormente definido en cuanto a eficiencia energética, sostenibilidad y economía se refiere sin que el usuario final pierda ninguna prestación.

Para ello, durante más de un año se ha llevado a cabo un estudio del horario de encendidos y apagados, del municipio de Castañeda (Cantabria), donde se ha realizado un proyecto de reformado integral mediante la figura de la Empresa de Servicios Energéticos. Demostrando que el momento de todos los encendidos y apagados, son en un horario donde la luz solar todavía incide y sobrepasa los niveles lumínicos que nos aportan las luminarias en todas las calles del municipio.

El alcance del proyecto es proponer una metodología de control del momento del encendido y apagado del alumbrado público adecuándolo a la nueva entrada de los LED en el mercado español. Ese hecho nos ha motivado muchos cambios en el alumbrado público durante los pasados años, tanto en reglamento como en metodología, pero no nos ha motivado lo suficiente en lo referente a los momentos de encendido y apagado, ya que se sigue empleando los métodos tradicionales.

Nuestra empresa viene observando que no hay un claro ajuste del momento de encendido y apagado, llegando en muchos casos a tener encendido el alumbrado público cuando la incidencia de la luz solar es superior a los niveles lumínicos, que nos arrojan las luminarias y que tenemos en las vías.

Es por ello, que se propone observar la luz solar y como incide en nuestras calles, analizando dicho hecho y midiendo sus niveles solares en diferentes áreas de un municipio con el objetivo que el nivel solar que hay en una área medida mediante luxómetro sea siempre la misma ajustando el encendido o apagado al nivel recomendado en cada área y evitando que se encienda o apague el alumbrado cuando la luz solar es superior a los niveles lumínicos del área.

## Capítulo 2. Introducción

### 2.1 Justificación del Proyecto

El alumbrado público representa aproximadamente el 70% de la factura energética de los ayuntamientos. Una medida de ahorro energético, así como en el ahorro de las facturas, es la utilización de dispositivos de control automático adecuados, como son los interruptores crepusculares, ajustándose lo más posible a las necesidades de los usuarios y permitiendo así un notable ahorro en los costes energéticos, evitando consumos y costes innecesarios.

El motivo principal por el que se ha llevado a cabo a desarrollar este proyecto es el alcance de la perfección de selección horaria del encendido y apagado del alumbrado público para lograr la máxima eficiencia y sostenibilidad energética, mediante una metodología económicamente viable y capaz de incorporarse en los programas de mantenimiento de alumbrado público gestionados por una empresa de servicios energéticos.

La eficiencia energética es imprescindible para conseguir reducir el consumo de energía sin que ello conlleve perder prestaciones y confort. Además de conseguir ser más sostenibles al reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> y resto de gases de efecto invernadero a la atmósfera.

Es importante tener en cuenta el Reglamento de Eficiencia Energética, ya que será el que nos marque la luminosidad mínima que una calle debe tener y así no perder de vista las prestaciones y confort que un ciudadano debe de esperar de su municipio en cuanto a alumbrado público se refiere.

Gracias a las nuevas tecnologías y al nuevo desarrollo de un reglamento de alumbrado público podemos saber con exactitud la luminosidad que una calle necesita en función de su tránsito poblacional y de usabilidad. Tal y como se

desarrollará más adelante, el horario de encendido y apagado del alumbrado público está basado en una metodología que cada día más camina hacia la obsolescencia.

Derivado de este estudio se obtendrá una metodología que las Empresas de Servicios Energéticos podrán incorporar a sus correspondientes programas de mantenimiento y así conseguir el máximo ahorro energético, sostenible y económico.

## 2.2 Estudio de la Situación Actual

Como es sabido, antiguamente el horario de encendido y apagado dependía de la activación manual de un cuadro de mando por parte de un operador, conllevando mucho gasto temporal y consecuentemente económico.

Más tarde aparecieron las células fotoeléctricas también llamados interruptores crepusculares, los cuales miden la luminosidad exterior para gestionar en cada caso concreto el encendido y apagado de las luces independiente de la hora crepuscular. La principal ventaja que se deriva de esta tecnología es el ahorro considerable de energía que ello comporta, combinado con la comodidad de una programación diaria innecesaria y regulando eficazmente con la luz solar. Por otro lado, el encendido se basa exclusivamente en la cantidad de luz natural presente y no en la altura del sol, es posible que se produzcan “luces encendidas” no deseadas, por ejemplo en presencia de una nubosidad compacta asociada a una caída notable de la luz ambiente que incide sobre el sensor. No obstante, los interruptores crepusculares presentan una gran desventaja no mencionada anteriormente y es su elevado precio y la costosa instalación y mantenimiento. De no limpiarse pierden su sensibilidad a la luz incrementando las horas de encendido de alumbrado público.

Más adelante el avance de la tecnología nos lleva a utilizar relojes astronómicos los cuales permiten el cálculo del orto y el ocaso mediante algoritmos que tienen en cuenta tanto la estación del año como las coordenadas geográficas en las que se encuentran. Este método o similar estableciendo la hora crepuscular es el utilizado en todas y cada una de las ofertas presentadas por Empresas de Servicios Energéticos en su oferta de reformado de alumbrado público, basadas en horarios proporcionados por el Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana o en su defecto tabla horaria establecida por la propia empresa, de tal manera que el desfase horario lo proponen en función de la elección del cliente a 10/15 min, de retraso en el encendido y en el apagado con respecto al orto y ocaso. Todo ello sin tener en cuenta el Reglamento de Eficiencia Energética que es justamente la normativa que nos manda que Iluminancia o luminancia debe de haber en el área a iluminar.

### 2.2.1 Datos energéticos de referencia:

Como se ha descrito anteriormente, el municipio de Castañeda, inició el camino a la eficiencia energética mediante la figura de la Empresa de Servicios Energéticos, consiguiendo la excelencia en eficacia energética con los siguientes resultados

Numero total de Puntos de Luz 987

Numero total de centros de mando 17

Consumo total de la instalación antes de reformado 564.915 kWh

Valor económico del coste del alumbrado público (solo suministro) 131.514 €

La empresa adjudicataria, realizó un proyecto integral de sustitución de centros de mando, línea y luminarias. Dicha empresa, realizó un ajuste de horario de encendido de 10 minutos con el resultado siguiente:

Número total de Puntos de Luz 987

Número total de centros de mando 17

Consumo total de la instalación antes de reformado 161.158 kWh

Valor económico del coste del alumbrado público solo suministro 42.931 €

En consecuencia, obtuvo un ahorro energético del 71 % y un ahorro económico del 67 %

## 2.3 Planificación del Proyecto

Como hemos descrito anteriormente, el resultado de las mediciones lumínicas de las zonas más representativas geográficamente hablando será lo que determine el desfase horario de cada cuadro con respecto al orto y al ocaso. Dicho desfase se calculará respecto a cada estación del año.

Este estudio se hace en el municipio de Castañeda, cuyo relieve está definido por los valles de los ríos Pas y Pisueña y por las montañas que se elevan entre los valles, su altitud oscila entre los 344 metros al noroeste (Peña Tasugo) y los 48 metros en la desembocadura del río Pisueña en el Pas, además la capital, Pomaluengo, se encuentra a 66 metros sobre el nivel del mar.

A continuación, se muestra el gis de alumbrado público donde se muestra la amplitud del municipio que nos atañe.

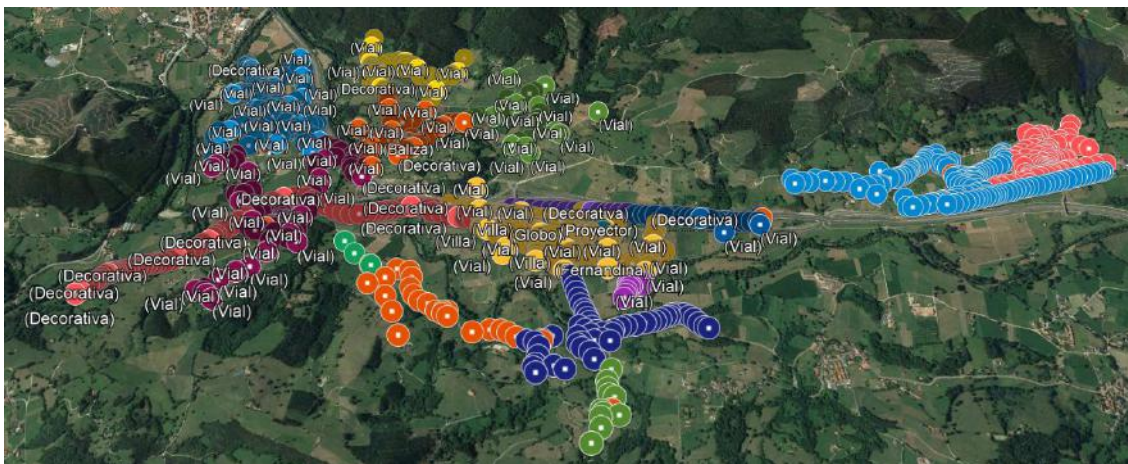


Figura 1.1. GIS del municipio

Se han seleccionado 7 puntos geográficamente representativos para llevar a cabo el estudio. En dichos puntos, se tomarán las medidas mediante luxómetro y siguiendo el método de los nueve puntos como describiremos a continuación, en determinados centros de control.



Figura 1.2. Zonas de estudio seleccionadas

### 2.3.1 Clasificación de las calles

La normativa que nos marca cuántos lúmenes debe de haber en las calles es el Reglamento de Eficiencia Energética, por ello a continuación se expone cada zona anteriormente seleccionada con su correspondiente clasificación y su correspondiente nivel lumínico exigido.

#### ZONA 1

**Lugar:** Ayuntamiento de Castañeda

**Cuadro de mando:** 1

**Clase de vía:** D - De baja velocidad entre 5 km/h y 30 km/h

**Tipo de alumbrado:** S1

**Luxes recomendados:** 15 + 20%

#### ZONA 2

**Lugar:** Socobio Santa Cruz.

**Cuadro de mando:** 3

**Clase de vía:** D - De baja velocidad entre 5 km/h y 30 km/h

**Tipo de alumbrado:** S1

**Luxes recomendados:** 15 + 20%

#### ZONA 3

**Lugar:** Vías Verdes del Pas

**Cuadro de mando:** 14

**Clase de vía:** D - De baja velocidad entre 5 km/h y 30 km/h

**Tipo de alumbrado:** S2  
**Luxes recomendados:** 10 + 20%

#### ZONA 4

**Lugar:** Colegiata de Castañeda  
**Cuadro de mando:** 5  
**Clase de vía:** D - De baja velocidad entre 5 km/h y 30 km/h  
**Tipo de alumbrado:** S2  
**Luxes recomendados:** 10 + 20%

#### ZONA 5

**Lugar:** Pomaluengo crt.  
**Cuadro de mando:** 9  
**Clase de vía:** D - De baja velocidad entre 5 km/h y 30 km/h  
**Tipo de alumbrado:** S2  
**Luxes recomendados:** 10 + 20%

#### ZONA 6

**Lugar:** Colsa  
**Cuadro de mando:** 12  
**Clase de vía:** D - De baja velocidad entre 5 km/h y 30 km/h  
**Tipo de alumbrado:** S2  
**Luxes recomendados:** 10 + 20%

#### ZONA 7

**Lugar:** La Cueva (Barrio Villasante)  
**Cuadro de mando:** 17  
**Clase de vía:** B - Velocidad moderada entre 30 km/h y 60 km/h  
**Tipo de alumbrado:** Me2  
**Luxes recomendados:** 1,5 +20%

Es sabido que debido a la esfericidad de la Tierra y a su situación respecto al Sol la duración del día respecto a la de la noche no es igual durante todo el año, depende de la ubicación y de la fecha. Por ello en los puntos anteriormente seleccionados se van a hacer 4 mediciones del orto y del ocaso correspondientes a cada estación del año. Obteniendo unos resultados de iluminancia promedio que se verán en una tabla similar a la que a continuación se muestra:

Zona/Estación	Invierno		Primavera		Verano		Otoño	
	Orto	Ocaso	Orto	Ocaso	Orto	Ocaso	Orto	Ocaso
1	18:22	18:12	7:08	19:34	6:36	22:00	8:23	19:42
2	18:22	18:12	7:08	19:34	6:36	22:00	8:23	19:42
3	18:22	18:12	7:08	19:34	6:36	22:00	8:23	19:42
4	18:22	18:12	7:08	19:34	6:36	22:00	8:23	19:42
5	18:22	18:12	7:08	19:34	6:36	22:00	8:23	19:42
6	18:22	18:12	7:08	19:34	6:36	22:00	8:23	19:42
7	18:22	18:12	7:08	19:34	6:36	22:00	8:23	19:42

*Figura 1.3. Tabla de mediciones*

Para calcular la iluminancia promedio sobre la vía en cada una de las zonas anteriormente seleccionadas se va a utilizar el Método de los 9 puntos. Para ello será necesario ubicar cada uno de esos puntos de cálculo sobre la porción típica de la vía considerada, de tal modo, el rectángulo queda dividido en cuatro partes, dos longitudinales y dos transversales, y los puntos a considerar serán cada uno de los vértices de los nuevos rectángulos generados, tal y como muestra la siguiente figura

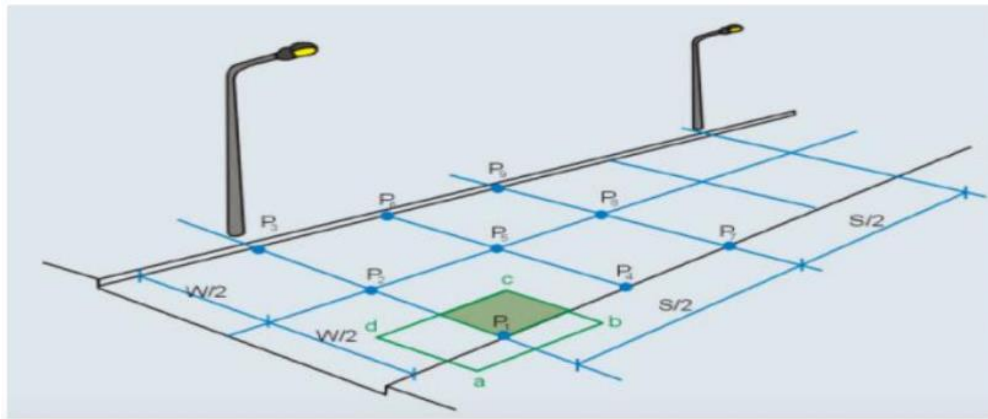


Figura 1.4. Ubicación de los nueve puntos según el Método de los 9 puntos

### Capítulo 3. Mediciones

En este apartado se exponen las mediciones realizadas de cada una de las zonas anteriormente descritas durante las cuatro estaciones del año con el método anteriormente explicado para calcular el desfase horario y así formar el programa de Luz Rota para el municipio de Castañeda

#### 3.1 Invierno

##### 3.1.1 Zona 1

Día: 21/01/2022

Hora ocaso: 18:12 h.

Hora de encendido S: 18:22 h.

	HORA	Iluminancia media	Diferencial
Hora ocaso	18:12	28	
Hora ESE	18: 22	24,12	
Hora Luz Rota	18:26	15	14

Tal y como nos indica el REE anteriormente comentado en esta calle debe de haber 10 luxes  $\pm 20\%$ , a las 18:26 h. había 15 luxes por lo tanto se puede encender el alumbrado 14 min después.

Día: 22/01/2022

Hora orto: 08:41 h.

Hora de apagado: 08:31 h.

	HORA	Iluminancia media	Diferencial
Hora orto	08:41	31	
Hora ESE	08:31	19	
Hora Luz Rota	08: 25	15	16

Tal y como nos indica el REE anteriormente comentado en esta calle debe de haber 10 luxes  $\pm 20\%$ , a las 08:26 h. había 15 luxes por lo tanto se puede apagar el alumbrado 16 min antes.

##### 3.1.2 Zona 2

Día: 03/02/2022

Hora ocaso: 18:30 h.

Hora de encendido: 18:40 h.

	HORA	Iluminancia media	Diferencial
Hora ocaso	18:30	30	
Hora ESE	18: 40	21	
Hora Luz Rota	18:41	15	15

Tal y como nos indica el REE anteriormente comentado en esta calle debe de haber 10 luxes +-20%, a las 18:41 h. había 15 luxes por lo tanto se puede encender el alumbrado 15 min después.

Día 04/02/2022

Hora orto 8:28 h.

Hora de apagado 8:18 h.

	HORA	Iluminancia media	Diferencial
Hora orto	8:28	29	
Hora ESE	8:18	23	
Hora Luz Rota	08:13	15	15

Tal y como nos indica el REE anteriormente comentado en esta calle debe de haber 10 luxes +-20%, a las 08:13 h. había 15 luxes por lo tanto se puede apagar el alumbrado 15 min antes.

### 3.13 Zona 3

Día: 04/03/2022

Hora ocaso: 19:08 h.

Hora de encendido: 19:18 h.

	HORA	Iluminancia media	Diferencial
Hora ocaso	19:08	29	
Hora ESE	19:18	18	
Hora Luz Rota	19:24	10	16

Tal y como nos indica el REE anteriormente comentado en esta calle debe de haber 10 luxes +-20%, a las 19:24 h. había 10 luxes por lo tanto se puede encender el alumbrado 16 min después.

Día 05/03/2022

Hora orto 7:45 h.

Hora de apagado 7:35 h.

	HORA	Iluminancia media	Diferencial
Hora orto	7:45	31	
Hora ESE	7:35	22	
Hora Luz Rota	7:29	10	16

Tal y como nos indica el REE anteriormente comentado en esta calle debe de haber 10 luxes +-20%, a las 7:29 h. había 10 luxes por lo tanto se puede apagar el alumbrado 16 min antes.

### 3.14 Zona 4

Día: 10/01/2022

Hora ocaso: 17:59 h.

Hora de encendido: 18:09 h.

	HORA	Iluminancia media	Diferencial
Hora ocaso	17:59	33	
Hora ESE	18:09	21	
Hora Luz Rota	18:16	10	17

Tal y como nos indica el REE anteriormente comentado en esta calle debe de haber 10 luxes +-20%, a las 18:16 h. había 10 luxes por lo tanto se puede encender el alumbrado 17 min después.

Día 11/01/2022

Hora orto 8:47 h.

Hora de apagado: 8:37 h.

	HORA	Iluminancia media	Diferencial
Hora orto	8:47	28	
Hora ESE	8:37	17	
Hora Luz Rota	8:30	13	17

Tal y como nos indica el REE anteriormente comentado en esta calle debe de haber 10 luxes +-20%, a las 8:30 h. había 13 luxes por lo tanto se puede apagar el alumbrado 17 min antes.

### 3.1.5 Zona 5

**Día:** 3/01/2022

**Hora ocaso:** 17:52 h.

**Hora de encendido:** 18:02

	HORA	Iluminancia media	Diferencial
Hora ocaso	17:52	31	
Hora ESE	18:02	19	
Hora Luz Rota	18:12	10	20

Tal y como nos indica el REE anteriormente comentado en esta calle debe de haber 10 luxes +-20%, a las 18:12 h. había 10 luxes por lo tanto se puede encender el alumbrado 20 min después.

**Día** 4/01/2022

**Hora orto** 8:48 h.

**Hora de apagado:** 8:38 h.

	HORA	Iluminancia media	Diferencial
Hora orto	8:48	30	
Hora ESE	8:38	22	
Hora Luz Rota	8:28	11	20

Tal y como nos indica el REE anteriormente comentado en esta calle debe de haber 10 luxes +-20%, a las 8:28 h. había 11 luxes por lo tanto se puede apagar el alumbrado 20 min antes.

### 3.1.6 Zona 6

**Día:** 19/02/2022

**Hora ocaso:** 18:51 h.

**Hora de encendido:** 19:01 h.

	HORA	Iluminancia media	Diferencial
Hora ocaso	18:51	31	
Hora ESE	19:01	19	
Hora Luz Rota	19:10	11	19

Tal y como nos indica el REE anteriormente comentado en esta calle debe de haber 10 luxes +-20%, a las 19:10 h. había 11 luxes por lo tanto se puede encender el alumbrado 19 min después.

**Día** 20/02/2022

**Hora orto** 8:06 h.

**Hora de apagado:** 7:56 h.

	HORA	Iluminancia media	Diferencial
Hora orto	8:06	30	
Hora ESE	7:56	22	
Hora Luz Rota	7:47	12	19

Tal y como nos indica el REE anteriormente comentado en esta calle debe de haber 10 luxes +-20%, a las 7:47 h. había 12 luxes por lo tanto se puede apagar el alumbrado 19 min antes.

### 3.1.7 Zona 7

**Día:** 15/03/2022

**Hora ocaso:** 19:22 h.

**Hora de encendido:** 19:32 h.

	HORA	Iluminancia media	Diferencial
Hora ocaso	19:22	29	
Hora ESE	19:32	26	

<b>Hora Luz Rota</b>	19:41	24 (1,5cd)	19
----------------------	-------	------------	----

Tal y como nos indica el REE anteriormente comentado en esta calle debe de haber 1,5 cd +20%, a las 19:41 h. había 24 luxes/ 1,5 cd por lo tanto se puede apagar el alumbrado 19 min antes.

Día 16/03/2022

Hora orto 7:25 h.

Hora de apagado: 7:15 h.

	HORA	Iluminancia media	Diferencial
Hora orto	7:25	30	
Hora ESE	7:15	27	
Hora Luz Rota	7:06	24 (1,5cd)	19

Tal y como nos indica el REE anteriormente comentado en esta calle debe de haber 1,5 cd +20%, a las 7:06 h. había 24 luxes/ 1,5 cd por lo tanto se puede apagar el alumbrado 19 min antes.

### 3.2 Primavera

#### 3.2.1 Zona 1

Día: 25/03/2022

Hora ocaso: 19:34 h.

Hora de encendido: 19:44 h.

	HORA	Iluminancia media	Diferencial
Hora ocaso	19:34	31	
Hora ESE	19:44	19	
Hora Luz Rota	19:49	15	15

Tal y como nos indica el REE anteriormente comentado en esta calle debe de haber 10 luxes +20%, a las 19:49 h. había 15 luxes por lo tanto se puede encender el alumbrado 15 min después.

Día 26/03/2022

Hora orto 7:08 h.

Hora de apagado: 6:58 h.

	HORA	Iluminancia media	Diferencial
Hora orto	7:08	31	
Hora ESE	6:58	23	
Hora Luz Rota	6:53	15	15

Tal y como nos indica el REE anteriormente comentado en esta calle debe de haber 10 luxes +20%, a las 6:53 h. había 15 luxes por lo tanto se puede apagar el alumbrado 15 min antes.

#### 3.2.2 Zona 2

Día: 28/03/2022

Hora ocaso: 20:37 h.

Hora de encendido: 20:47

	HORA	Iluminancia media	Diferencial
Hora ocaso	20:37	29	
Hora ESE	20:47	18	
Hora Luz Rota	21:02	15	15

Tal y como nos indica el REE anteriormente comentado en esta calle debe de haber 10 luxes +20%, a las 21:02 h. había 10 luxes por lo tanto se puede encender el alumbrado 15 min después.

Día 29/03/2022

Hora orto 8:02 hs

Hora de apagado: 7:52 hs

	HORA	Iluminancia media	Diferencial
<b>Hora orto</b>	8:02	33	
<b>Hora ESE</b>	7:52	22	
<b>Hora Luz Rota</b>	7:47	15	<b>15</b>

Tal y como nos indica el REE anteriormente comentado en esta calle debe de haber 10 luxes +-20%, a las 7:47 h. había 15 luxes por lo tanto se puede apagar el alumbrado 15 min antes.

### 3.2.3 Zona 3

**Día:** 16/04/2022

**Hora ocaso:** 21:00 h.

**Hora de encendido:** 21:10 h.

	HORA	Iluminancia media	Diferencial
<b>Hora ocaso</b>	21:00	30	
<b>Hora ESE</b>	21:10	19	
<b>Hora Luz Rota</b>	21:17	12	<b>17</b>

Tal y como nos indica el REE anteriormente comentado en esta calle debe de haber 10 luxes +-20%, a las 21:17 h. había 12 luxes por lo tanto se puede encender el alumbrado 17 min después.

**Día** 26/03/2022

**Hora orto** 7:29 h.

**Hora de apagado:** 7:19 h.

	HORA	Iluminancia media	Diferencial
<b>Hora orto</b>	7:29	35	
<b>Hora ESE</b>	7:19	23	
<b>Hora Luz Rota</b>	7:12	11	<b>17</b>

Tal y como nos indica el REE anteriormente comentado en esta calle debe de haber 10 luxes +-20%, a las 7:12 h. había 11 luxes por lo tanto se puede apagar el alumbrado 17 min antes.

### 3.2.4 Zona 4

**Día:** 4/05/2022

**Hora ocaso:** 21:21 h.

**Hora de encendido:** 21:31 h.

	HORA	Iluminancia media	Diferencial
<b>Hora ocaso</b>	21:21	31	
<b>Hora ESE</b>	21:31	20	
<b>Hora Luz Rota</b>	21:39	12	<b>18</b>

Tal y como nos indica el REE anteriormente comentado en esta calle debe de haber 10 luxes +-20%, a las 21:39 h. había 12 luxes por lo tanto se puede encender el alumbrado 18 min después.

**Día** 5/05/2022

**Hora orto** 7:02 h.

**Hora de apagado:** 6:52 h.

	HORA	Iluminancia media	Diferencial
<b>Hora orto</b>	7:02	32	
<b>Hora ESE</b>	6:52	22	
<b>Hora Luz Rota</b>	6:44	10	<b>18</b>

Tal y como nos indica el REE anteriormente comentado en esta calle debe de haber 10 luxes +-20%, a las 6:44 h. había 10 luxes por lo tanto se puede apagar el alumbrado 18 min antes.

## 3.2.5 Zona 5

Día: 8/05/2022

Hora ocaso: 21:54 h.

Hora de encendido: 22:04 h.

	HORA	Iluminancia media	Diferencial
Hora ocaso	21:54	33	
Hora ESE	22:04	21	
Hora Luz Rota	22:12	11	18

Tal y como nos indica el REE anteriormente comentado en esta calle debe de haber 10 luxes +-20%, a las 22:12 h. había 11 luxes por lo tanto se puede encender el alumbrado 18 min después.

Día 9/05/2022

Hora orto 6:34 h.

Hora de apagado: 6:24 h.

	HORA	Iluminancia media	Diferencial
Hora orto	6:34	30	
Hora ESE	6:24	21	
Hora Luz Rota	6:16	10	18

Tal y como nos indica el REE anteriormente comentado en esta calle debe de haber 10 luxes +-20%, a las 6:16 h. había 10 luxes por lo tanto se puede apagar el alumbrado 18 min antes.

## 3.2.6 Zona 6

Día: 14/05/2022

Hora ocaso: 21:57 h.

Hora de encendido: 22:07 h.

	HORA	Iluminancia media	Diferencial
Hora ocaso	21:57	33	
Hora ESE	22:07	21	
Hora Luz Rota	22:17	12	19

Tal y como nos indica el REE anteriormente comentado en esta calle debe de haber 10 luxes +-20%, a las 22:17 h. había 12 luxes por lo tanto se puede encender el alumbrado 19 min después.

Día 15/05/2022

Hora orto 6:34 h.

Hora de apagado: 6:24 h.

	HORA	Iluminancia media	Diferencial
Hora orto	6:34	30	
Hora ESE	6:24	21	
Hora Luz Rota	6:15	10	19

Tal y como nos indica el REE anteriormente comentado en esta calle debe de haber 10 luxes +-20%, a las 6:15 h. había 10 luxes por lo tanto se puede apagar el alumbrado 19 min antes.

## 3.2.7 Zona 7

Día: 27/04/2022

Hora ocaso: 21:13 h.

Hora de encendido: 21:23

	HORA	Iluminancia media	Diferencial
Hora ocaso	21:13	31	
Hora ESE	21:23	28	
Hora Luz Rota	21:32	24 (1,5cd)	19

Tal y como nos indica el REE anteriormente comentado en esta calle debe de haber 1,5 cd +-20%, a las 21:32 h. había 24 luxes cd por lo tanto se puede apagar el alumbrado 13 min antes.

Día 28/04/2022

Hora orto 7:12 h.

Hora de apagado: 7:02 h.

	HORA	Iluminancia media	Diferencial
Hora orto	7:12	30	
Hora ESE	7:02	27	
Hora Luz Rota	6:53	24 (1,5cd)	19

Tal y como nos indica el REE anteriormente comentado en esta calle debe de haber 1,5 cd +20%, a las 6:53 h. había 24 luxes cd por lo tanto se puede apagar el alumbrado 19 min antes.

### 33 Verano

#### 33.1 Zona 1

Día: 26/05/2022

Hora ocaso: 22:00 h.

Hora de encendido: 22:10 h.

	HORA	Iluminancia media	Diferencial
Hora ocaso	22:00	32	
Hora ESE	22:10	23	
Hora Luz Rota	22:15	15	15

Tal y como nos indica el REE anteriormente comentado en esta calle debe de haber 10 luxes +20%, a las 22:15 h. había 15 luxes por lo tanto se puede encender el alumbrado 15 min después.

Día 27/05/2022

Hora orto 6:36 h.

Hora de apagado: 6:26 h.

	HORA	Iluminancia media	Diferencial
Hora orto	6:36	30	
Hora ESE	6:26	21	
Hora Luz Rota	6:21	15	15

Tal y como nos indica el REE anteriormente comentado en esta calle debe de haber 10 luxes +20%, a las 6:21 h. había 15 luxes por lo tanto se puede apagar el alumbrado 15 min antes.

#### 33.2 Zona 2

Día: 6/09/2022

Hora ocaso: 20:41 h.

Hora de encendido: 20:51 h.

	HORA	Iluminancia media	Diferencial
Hora ocaso	20:41	31	
Hora ESE	20:51	22	
Hora Luz Rota	20:57	15	16

Tal y como nos indica el REE anteriormente comentado en esta calle debe de haber 10 luxes +20%, a las 20:57 h. había 15 luxes por lo tanto se puede encender el alumbrado 16 min después.

Día 7/09/2022

Hora orto 7:46 h.

Hora de apagado: 7:36 h.

	HORA	Iluminancia media	Diferencial
Hora orto	7:46	33	
Hora ESE	7:36	22	
Hora Luz Rota	7:30	15	14

Tal y como nos indica el REE anteriormente comentado en esta calle debe de haber 10 luxes +-20%, a las 7:30 h. había 15 luxes por lo tanto se puede apagar el alumbrado 14 min antes.

### 33.3 Zona 3

**Día:** 11/08/2022

**Hora ocaso:** 21:24 h.

**Hora de encendido:** 21:34

	HORA	Iluminancia media	Diferencial
<b>Hora ocaso</b>	21:24	30	
<b>Hora ESE</b>	21:34	22	
<b>Hora Luz Rota</b>	21:29	11	<b>15</b>

Tal y como nos indica el REE anteriormente comentado en esta calle debe de haber 10 luxes +-20%, a las 21:29 h. había 11 luxes por lo tanto se puede encender el alumbrado 15 min después.

**Día** 12/08/2022

**Hora orto** 7:17 h.

**Hora de apagado:** 7:07 h.

	HORA	Iluminancia media	Diferencial
<b>Hora orto</b>	7:17	32	
<b>Hora ESE</b>	7:07	19	
<b>Hora Luz Rota</b>	6:03	11	<b>14</b>

Tal y como nos indica el REE anteriormente comentado en esta calle debe de haber 10 luxes +-20%, a las 6:03 h. había 11 luxes por lo tanto se puede apagar el alumbrado 14 min antes.

### 33.4 Zona 4

**Día:** 18/07/2022

**Hora ocaso:** 21:52 h.

**Hora de encendido:** 22:02 h.

	HORA	Iluminancia media	Diferencial
<b>Hora ocaso</b>	21:52	30	
<b>Hora ESE</b>	22:02	22	
<b>Hora Luz Rota</b>	22:08	10	<b>16</b>

Tal y como nos indica el REE anteriormente comentado en esta calle debe de haber 10 luxes +-20%, a las 22:08 h. había 11 luxes por lo tanto se puede encender el alumbrado 18 min después.

**Día** 19/07/2022

**Hora orto** 6:52 h.

**Hora de apagado:** 6:42 h.

	HORA	Iluminancia media	Diferencial
<b>Hora orto</b>	6:52	32	
<b>Hora ESE</b>	6:42	18	
<b>Hora Luz Rota</b>	6:36	10	<b>16</b>

Tal y como nos indica el REE anteriormente comentado en esta calle debe de haber 10 luxes +-20%, a las 6:36 h. había 11 luxes por lo tanto se puede apagar el alumbrado 16 min antes.

### 33.5 Zona 5

**Día:** 20/09/2022

**Hora ocaso:** 20:16 h.

**Hora de encendido:** 20:26 h.

	HORA	Iluminancia media	Diferencial
Hora ocaso	20:16	33	
Hora ESE	20:26	21	
Hora Luz Rota	20:33	10	17

Tal y como nos indica el REE anteriormente comentado en esta calle debe de haber 10 luxes  $\pm 20\%$ , a las 20:33 h. había 10 luxes por lo tanto se puede encender el alumbrado 17 min después.

Día 21/09/2022

Hora orto 8:01 h.

Hora de apagado: 7:51 h.

	HORA	Iluminancia media	Diferencial
Hora orto	8:01	29	
Hora ESE	7:51	17	
Hora Luz Rota	7:44	9	17

Tal y como nos indica el REE anteriormente comentado en esta calle debe de haber 10 luxes  $\pm 20\%$ , a las 7:44 h. había 9 luxes por lo tanto se puede apagar el alumbrado 17 min antes.

### 33.6 Zona 6

Día: 27/07/2022

Hora ocaso: 21:43 h.

Hora de encendido: 21:53 h.

	HORA	Iluminancia media	Diferencial
Hora ocaso	21:43	33	
Hora ESE	21:53	21	
Hora Luz Rota	22:02	10	19

Tal y como nos indica el REE anteriormente comentado en esta calle debe de haber 10 luxes  $\pm 20\%$ , a las 21:57 h. había 10 luxes por lo tanto se puede encender el alumbrado 19 min después.

Día 28/07/2022

Hora orto 7:01 h.

Hora de apagado: 6:51 h.

	HORA	Iluminancia media	Diferencial
Hora orto	7:01	30	
Hora ESE	6:51	19	
Hora Luz Rota	7:42	11	19

Tal y como nos indica el REE anteriormente comentado en esta calle debe de haber 10 luxes  $\pm 20\%$ , a las 7:42 h. había 11 luxes por lo tanto se puede apagar el alumbrado 19 min antes.

### 33.7 Zona 7

Día: 4/08/2022

Hora ocaso: 21:34 h.

Hora de encendido: 21:44

	HORA	Iluminancia media	Diferencial
Hora ocaso	21:34	31	
Hora ESE	21:44	28	
Hora Luz Rota	21:53	24 (1,5cd)	19

Tal y como nos indica el REE anteriormente comentado en esta calle debe de haber 1,5 cd  $\pm 20\%$ , a las 21:53 h. había 24 luxes cd por lo tanto se puede apagar el alumbrado 19 min antes.

Día 5/08/2022

Hora orto 7:01 h.

Hora de apagado: 6:51 h.

	HORA	Iluminancia media	Diferencial
Hora orto	7:01	30	
Hora ESE	6:51	27	
Hora Luz Rota	6:42	24 (1,5cd)	19

Tal y como nos indica el REE anteriormente comentado en esta calle debe de haber 1,5 cd +20%, a las 6:42 h. había 24 luxes cd por lo tanto se puede apagar el alumbrado 19 min antes.

### 3.4 Otoño

#### 3.4.1 Zona 1

Día: 9/10/2022

Hora ocaso: 19:42 h.

Hora de encendido: 19:52

	HORA	Iluminancia media	Diferencial
Hora ocaso	19:42	34	
Hora ESE	19:52	25	
Hora Luz Rota	19:56	15	14

Tal y como nos indica el REE anteriormente comentado en esta calle debe de haber 10 luxes +20%, a las 19:56 h. había 15 luxes por lo tanto se puede encender el alumbrado 14 min después.

Día 10/10/2022

Hora orto 8:23 h.

Hora de apagado: 8:13 h.

	HORA	Iluminancia media	Diferencial
Hora orto	8:23	29	
Hora ESE	8:13	18	
Hora Luz Rota	8:09	15	14

Tal y como nos indica el REE anteriormente comentado en esta calle debe de haber 10 luxes +20%, a las 8:09 h. había 15 luxes por lo tanto se puede apagar el alumbrado 14 min antes.

#### 3.4.2 Zona 2

Día: 14/11/2022

Hora ocaso: 17:51 h.

Hora de encendido: 18:01 h.

	HORA	Iluminancia media	Diferencial
Hora ocaso	17:51	32	
Hora ESE	18:01	23	
Hora Luz Rota	18:05	15	14

Tal y como nos indica el REE anteriormente comentado en esta calle debe de haber 10 luxes +20%, a las 18:05 h. había 15 luxes por lo tanto se puede encender el alumbrado 14 min después.

Día 15/11/2022

Hora orto 8:09 h.

Hora de apagado: 7:59 h.

	HORA	Iluminancia media	Diferencial
Hora orto	8:09	31	
Hora ESE	7:59	19	
Hora Luz Rota	7:55	15	14

Tal y como nos indica el REE anteriormente comentado en esta calle debe de haber 10 luxes +20%, a las 7: 55 h. había 15 luxes por lo tanto se puede apagar el alumbrado 14 min antes.

## 3.4.3 Zona 3

Día: 4/12/2022

Hora ocaso: 17:39 h.

Hora de encendido: 17:49 h.

	HORA	Iluminancia media	Diferencial
Hora ocaso	17:39	30	
Hora ESE	17:49	22	
Hora Luz Rota	17:54	10	15

Tal y como nos indica el REE anteriormente comentado en esta calle debe de haber 10 luxes +-20%, a las 17:54 h. había 10 luxes por lo tanto se puede encender el alumbrado 15 min después.

Día 5/12/2022

Hora orto 8:32 h.

Hora de apagado: 8:22 h.

	HORA	Iluminancia media	Diferencial
Hora orto	8:32	30	
Hora ESE	8:22	19	
Hora Luz Rota	8:17	10	15

Tal y como nos indica el REE anteriormente comentado en esta calle debe de haber 10 luxes +-20%, a las 8:17 h. había 10 luxes por lo tanto se puede apagar el alumbrado 15 min antes.

## 3.4.4 Zona 4

Día: 18/12/2022

Hora ocaso: 17:41 h.

Hora de encendido: 17:51 h.

	HORA	Iluminancia media	Diferencial
Hora ocaso	17:41	33	
Hora ESE	17:51	21	
Hora Luz Rota	17:57	11	16

Tal y como nos indica el REE anteriormente comentado en esta calle debe de haber 10 luxes +-20%, a las 17:57 h. había 11 luxes por lo tanto se puede encender el alumbrado 16 min después.

Día: 19/12/2022

Hora orto: 8:42 h.

Hora de encendido: 8:32 h.

	HORA	Iluminancia media	Diferencial
Hora orto	8:42	33	
Hora ESE	8:32	22	
Hora Luz Rota	8:26	10	16

Tal y como nos indica el REE anteriormente comentado en esta calle debe de haber 10 luxes +-20%, a las 8:26 h. había 10 luxes por lo tanto se puede apagar el alumbrado 16 min antes.

## 3.4.5 Zona 5

Día: 25/10/2022

Hora ocaso: 19:16 h.

Hora de encendido: 19:26 h.

	HORA	Iluminancia media	Diferencial
Hora ocaso	19:16	32	
Hora ESE	19:26	20	
Hora Luz Rota	19:32	11	16

Tal y como nos indica el REE anteriormente comentado en esta calle debe de haber 10 luxes +-20%, a las 19:32 h. había 11 luxes por lo tanto se puede encender el alumbrado 16 min después.

Día 26/10/2022

Hora orto 8:43 h.

Hora de apagado: 8:33 h.

	HORA	Iluminancia media	Diferencial
Hora orto	8:43	33	
Hora ESE	8:33	22	
Hora Luz Rota	8:27	10	16

Tal y como nos indica el REE anteriormente comentado en esta calle debe de haber 10 luxes +-20%, a las 8:27 h. había 10 luxes por lo tanto se puede apagar el alumbrado 16 min antes.

## 3.4.6 Zona 6

Día: 12/09/2022

Hora ocaso: 20:31 h.

Hora de encendido: 20:41 h.

	HORA	Iluminancia media	Diferencial
Hora ocaso	20:31	32	
Hora ESE	20:41	20	
Hora Luz Rota	20:50	10	19

Tal y como nos indica el REE anteriormente comentado en esta calle debe de haber 10 luxes +-20%, a las 20:50 h. había 11 luxes por lo tanto se puede encender el alumbrado 19 min después.

Día 13/09/2022

Hora orto 7:52 h.

Hora de apagado: 7:42 h.

	HORA	Iluminancia media	Diferencial
Hora orto	7:52	33	
Hora ESE	7:42	22	
Hora Luz Rota	7:33	10	19

Tal y como nos indica el REE anteriormente comentado en esta calle debe de haber 10 luxes +-20%, a las 7:33 h. había 10 luxes por lo tanto se puede apagar el alumbrado 19 min antes.

## 3.4.7 Zona 7

Día: 24/10/2022

Hora ocaso: 19:18 h.

Hora de encendido: 19:28 h.

	HORA	Iluminancia media	Diferencial
Hora ocaso	19:18	32	
Hora ESE	19:28	29	
Hora Luz Rota	19:37	24 (1,5cd)	19

Tal y como nos indica el REE anteriormente comentado en esta calle debe de haber 1,5 cd +-20%, a las 19:37 h. había 24 luxes cd por lo tanto se puede apagar el alumbrado 19 min antes.

Día 25/10/2022

Hora orto 8:42 h.

Hora de apagado: 8:32 h.

	HORA	Iluminancia media	Diferencial
Hora orto	8:42	39	
Hora ESE	8:32	26	
Hora Luz Rota	8:23	24 (1,5cd)	19

Tal y como nos indica el REE anteriormente comentado en esta calle debe de haber 1,5 cd +-20%, a las 8:23 h. había 24 luxes cd por lo tanto se puede apagar el alumbrado 19 min antes.

#### Capítulo 4. Estudio viabilidad económica

Es importante recalcar que obviamente cuantas más zonas del municipio se estudien mas exacto será nuestro desfase y será mas próximo a la perfección en cuanto a eficiencia energética se refiere:

Para este caso el municipio de Castañeda cuenta con 17 centros de mando repartidos en tres zonas urbanas tomado como puntos de control, 7 zonas equivalentes a un control óptimo.

Destacamos que en todos nuestros proyectos ESE, se establece unos mínimos de mantenimiento anuales a cumplir por la ESE, y dentro de esas tareas de mantenimiento, destacamos la luxometría mediante unidad móvil que se debe realizar todos los años, por ello agregar a dicha tarea, el analizar estos puntos y actualizar datos equivale a un coste extra risorio dentro de los propios costos de la empresa.

La instalación del municipio de Castañeda contaba con el siguiente cuadro resumen energético en su totalidad antes de las actuaciones de la empresa de servicios energéticos:

Número total de Puntos de Luz 987  
 Número total de centros de mando 17  
 Consumo total de la instalación antes de reformado 564.915 kWh  
 Valor económico del coste del alumbrado público (solo suministro) 131.514 €

Tras el reformado de toda la instalación y adecuación tanto al reglamento de baja tensión como al reglamento de eficiencia energética, sin un ajuste de encendido, dejando los encendidos según orto y ocaso de la zona en cuestión obtendría el siguiente cuadro de ahorros.

Número total de Puntos de Luz 987  
 Número total de centros de mando 17  
 Consumo total de la instalación después del reformado 167.305 kWh  
 Valor económico del coste del alumbrado público (solo suministro) 44.493 €

**70,38 %**

Según propuesta de la ESE, que actuaba mediante la reducción o ampliación del horario de funcionamiento con 10 minutos de diferencias pasaría a un consumo inferior de:

Consumo total de la instalación después del reformado 161.158 kWh  
 Valor económico del coste del alumbrado público (solo suministro) 42.931 €

**71,47 %**

Empleado el ajuste aquí propuesto de nuestro programa LUZ ROTA, en cada una de las 7 zonas donde se ha tomado el punto de control lumínico, aplicando a cada centro de mando de dicha zona el ajuste de horario, tanto del encendido como del apagado con el resultado siguiente:

Zona 1: Centros de mando: CM 1  
 Zona 2: Centros de mando: CM 4  
 Zona 3: Centros de mando: CM 2, CM 8 y CM 15  
 Zona 4: Centros de mando: CM 5 y CM 3  
 Zona 5: Centros de mando: CM 9, CM 10, CM 6, CM 7 y CM 11  
 Zona 6: Centros de mando: CM 12 y CM 13  
 Zona 7: Centros de mando: CM 16 y CM 17

El resultado será el siguiente:

Consumo total de la instalación después del reformado: 156.854 kWh  
 Valor económico del coste del alumbrado público (solo suministro): 41.847 €

**72,23 %**

En conclusión, un ajuste de horario de encendido mediante nuestro programa de luz rota, equivale a un ahorro energético con respecto al orto y al ocaso de 10.451 kWh año, o lo que es igual a un ahorro económico de 2.646 euros, para un municipio pequeño de 947 luminarias.

## Capítulo 5. Conclusiones y Recomendaciones

### 5.1 Conclusiones

Una vez analizada la iluminancia media en las zonas seleccionadas nos encontramos un ahorro claro en cuanto al ajuste horario.

Dicho ahorro económico se cifra en 2.646 euros, lo que es igual al 5,94 % de ahorro superior a lo que la empresa tendría si no hubiera hecho ningún ajuste horario.

Además del importante coste medioambiental cifrado en un ahorro de 10.451 kWh.

### 5.2 Recomendaciones

Tras todo lo anterior, es crucial, implantar como herramienta de ajuste de horario en el programa de mantenimiento de la empresa de servicios energéticos con un coste mínimo ya que es compatible con las tareas de luxometría móvil

