

**Convenio entre el Gobierno de Navarra y el IDAE para el fomento del
ahorro y la eficiencia energética
PLAN DE ACCIÓN 2006 DE LA E-4**

Ahorro y eficiencia energética en entidades locales 2007

**INFORME TÉCNICO ASESORIA ENERGÉTICA
ALUMBRADO PÚBLICO DEL MUNICIPIO DE ZIZUR MAYOR**

MAYO 2007

Centro de Recursos Ambientales de Navarra
Nafarroako Ingurumen Arloko Baliabide Zentroa
C/ Padre Adoain 217, bajo. 31015 Iruña-Pamplona
Centro de Recursos Ambientales de Navarra
tel 948 140818 fax 948 123235

crana@crana.org
www.crana.org



EIN Navarra S.L.
C/ Aranaz y Vides nº 11 1º A
31.500 TUDELA (NAVARRA)
Tel.: 948- 82 52 62
Fax.: 948-41 17 10

www.einsl.com
einsl@einsl.com



ÍNDICE

1.-INTRODUCCIÓN	1
2.-OBJETO DEL INFORME.....	2
3.-DESCRIPCIÓN GENERAL DEL SISTEMA	3
3.1.- Distribución	3
3.2.- Análisis del contrato de mantenimiento	4
3.3.- Luminarias.....	4
3.4.- Lámparas	7
3.5.- Reducción de flujo.....	8
3.6.- Gestión y mantenimiento	9
4.-BALANCE ENERGÉTICO.....	10
4.1.- Energía reactiva	10
4.2.- Contaminación lumínica.....	12
4.3.- Consumos y emisiones de CO ₂ asociadas	12
4.4.- Gráfico de evolución de consumos	13
4.5.- Ratios de consumos de kWh/habitante.....	14
5.-CONCLUSIONES	15
6.-PROPUESTA DE MEDIDAS DE MEJORA.....	16
6.1.- Sustitución de luminarias, lámparas y equipos	16
6.2.- Control de consumo	21
6.3.- Mantenimiento preventivo	21

6.3.1.- VIDA ÚTIL DE LAS LÁMPARAS	21
6.3.2.- ESTADO DE LAS LUMINARIAS Y OTROS SISTEMAS	22
6.3.3.- CONTROL DE HORARIOS DE ENCENDIDO	22
6.3.4.- PROPUESTA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO.....	22
6.4.- Resumen de las propuestas de mejora.....	23
7.- ANEXO	25
7.1.- Alumbrado para vías de tráfico rodado de alta velocidad	25
7.2.- Alumbrado para vías de tráfico rodado de moderada velocidad	26
7.3.- Alumbrado para vías de tráfico rodado de baja, muy baja velocidad y carriles bici	27
7.4.- Alumbrado para vías peatonales.....	28

1.- INTRODUCCIÓN

El exceso de consumo energético ha influido e influye muy negativamente en nuestro medioambiente y en consecuencia, el Centro de Recursos Ambientales de Navarra, en el marco del convenio firmado entre el Gobierno de Navarra y el IDAE para el fomento del ahorro y la eficiencia energética, y por encargo de la Dirección General de Industria y Comercio, impulsa el programa de “AHORRO Y EFICIENCIA ENERGÉTICA EN ENTIDADES LOCALES 2007”, en el que se incluye el Plan Energético del Alumbrado Público de Zizur Mayor.

El plan energético se compone de dos fases:

- Diagnóstico energético
- Diagnóstico metodológico en el ámbito de lo educativo

Este documento representa el diagnóstico energético que servirá de base para realizar el diagnóstico metodológico.

En este documento se analizarán las principales características de las instalaciones, su uso y consumos energéticos para posteriormente proponer soluciones que supongan un ahorro energético.

2.- OBJETO DEL INFORME

El objeto del presente documento es realizar un balance de las características del alumbrado público del municipio de Zizur Mayor, para facilitar y conseguir una buena gestión energética del mismo.

Este balance dará indicaciones para la toma de medidas correctoras inmediatas, a medio y a largo plazo, así como recomendaciones aplicables al uso y mantenimiento de la instalación.

Las recomendaciones señaladas servirán, tanto para el Ayuntamiento, como para los servicios de mantenimiento, dado que, tan importante es el buen uso como el mantenimiento de las instalaciones.

3.- DESCRIPCIÓN GENERAL DEL SISTEMA

El estado del alumbrado público de Zizur Mayor es fruto del crecimiento urbanístico de la localidad. Actualmente, el ayuntamiento gestiona un alumbrado realizado en su mayoría por diversas empresas constructoras y que posteriormente ha sido cedido a éste.

Por ello, existe una amplia diversidad de instalaciones, tanto en luminarias y resto de sistemas auxiliares como en la red de distribución que es tanto trifásica como monofásica.

3.1.- DISTRIBUCIÓN

La población de Zizur Mayor cuenta con un sistema de alumbrado público sectorizado en 39 distritos con sus respectivos cuadros:

- Avda Lizarra 18	- C Erreniega 35 b4 *
- C Santa Cruz de Ardoy 5 b4	- Rnda San Cristóbal 18 b3
- Rnda San Cristóbal 194 b1	- Avda Belascoáin 4 b2
- C San Andrés b1	- Rnda San Cristóbal 158 b3
- Rnda San Cristóbal B1	- C Erreniega 51 b1 *
- C Santa Cruz de Ardoy 5 b5 *	- C Erreniega 67 b4 *
- C Santa Cruz de Ardoy 15 b3	- C Zariquiegui 1 b4
- C Santa Cruz de Ardoy 31 b6	- C Undiano 2 1 b1
- C Santa Cruz de Ardoy 49 b4 *	- C Erreniega 52 b2 * (**)
- C Lurbeltzeta 22 b2	- C Erreniega 68 b4 * (**)
- C Euntze Meharra 1 b1	- C Astrain 30 *
- C Erreniega 11 b1	- Rnda San Cristóbal 181
- C Aranegi 56 b2	- Pque de los Olmos 10 *
- Avda Belascoáin 1 b4	- C Paternain 28 *
- C Etxegibela b1	- Rnda San Cristóbal 318
- C Erreniega 11 b3 *	- Cno Pozo Putzu 13-1
- C Erreniega 12 b4 *	- Cno Pozo Putzu 33-1
- C Erreniega 20 b3 *	- C Bidegaina
- C Erreniega 34 b4 *	- C Mendikoa 26-1
- C Eriete 1-1 bajo	

Los nombres con asterisco son aquellos cuya tensión es 2x220. El resto son trifásicos. Existen dos cuadros, marcados con asterisco doble, que no cuentan con discriminación horaria.

Con el actual modelo de alumbrado, existe una manifiesta descompensación de los centros de maniobra, especialmente si tenemos en cuenta que desde el mismo centro se gobiernan zonas con distintas necesidades lumínicas. Esto, aunque no tiene especial significado desde el punto de vista energético sí que dificulta la gestión del alumbrado.

Algunos de los cuadros, principalmente aquellos que comandan alumbrados situados en patios interiores, se encuentran situados en los portales de los edificios. Se recomienda, recolocar estos cuadros y hacer que estos alumbrados se controlen desde cuadros de mando exteriores a la finca.

3.2.- ANÁLISIS DEL CONTRATO DE MANTENIMIENTO

Hasta ahora no se ha realizado mantenimiento preventivo adecuado, limitándose éste a la sustitución de elementos una vez que dejaban de ser útiles y la limpieza de las luminarias cuando se realizaba algún otro trabajo en ella.

En la actualidad, se está realizando un pliego de condiciones más completo para futuros contratos de mantenimiento y que sin duda debería incluir un apartado de mantenimiento preventivo.

3.3.- LUMINARIAS

Como ya se ha comentado, existe una gran variedad de luminarias de diversa calidad y estado de conservación.

Los diferentes modelos de luminarias utilizados en Zizur Mayor se pueden agrupar en tres tipos.

- **Luminarias de proyección vertical para iluminación de vías:** En general, son luminarias antiguas que en algunos casos no se encuentran en buen estado de conservación. Especial consideración merecen las luminarias situadas en la ronda de San Cristóbal; se encuentran situadas a gran altura y distancia entre ellas y, a pesar de utilizar lámparas de 400 W no cumplen adecuadamente con su función. En muchos casos, estas luminarias no

permiten la correcta reflexión de la luz por tener el reflector deteriorado además de no contar con cierre estanco.

El resto de luminarias de vial están en general en buenas condiciones aunque algunos de los cierres se encuentran deteriorados.



- **Luminarias decorativas:** Para algunas zonas del casco urbano se ha optado por luminarias tipo villa. Este tipo de luminaria decorativa no es la óptima por no permitir un cierre hermético de la lámpara, con el consecuente aceleramiento del deterioro de ésta. Además, el cierre, al no ser totalmente transparente no permite el correcto paso de la luz.

Existen otros tipos de luminarias decorativas: los proyectores de suelo, cuya única función es decorativa e implican una alta contaminación lumínica.





- **Luminarias esféricas tipo globo:** Son luminarias decorativas muy poco eficientes energéticamente puesto que pierden hasta un 50% de energía lumínica por su parte superior. Esto se puede paliar por medio de un tratamiento de la parte superior que permita la reflexión de la luz o, en menor medida por medio de elementos como los reflectores laminados.

En Zizur Mayor, abundan las luminarias esféricas sin ningún tipo de reflector, las cuales provocan una alta contaminación lumínica.



3.4.- Lámparas

La tendencia general de los últimos años en el ámbito municipal, es la sustitución de las lámparas de mercurio por las de vapor de sodio a alta presión en las instalaciones de alumbrado público.

La luz emitida por las lámparas de mercurio es de color azul verdoso que no contiene radiaciones rojas. Para resolver este problema se acostumbra a añadir sustancias fluorescentes que emitan en esta zona del espectro. De esta manera se mejoran las características cromáticas de la lámpara. La temperatura de color se mueve entre 3500 y 4500 K con índices de rendimiento en color de 40 a 45 normalmente. La eficacia oscila entre 40 y 60 lm/W y aumenta con la potencia, aunque para una misma potencia es posible incrementar la eficacia añadiendo un recubrimiento de polvos fosforescentes que conviertan la luz ultravioleta en visible.

Las lámparas de vapor de sodio a alta presión (V.S.A.P.) tienen una distribución espectral que abarca casi todo el espectro visible. Tienen un rendimiento en color aceptable ($T=2100K$) y una alta eficiencia energética (120 lm/W).

Como hemos visto, por su eficiencia energética, las lámparas de vapor de sodio a alta presión son mejores que las de vapor de mercurio, por lo que se recomienda el uso de las primeras frente a las segundas para el alumbrado público general. En el caso de que se quiera utilizar luz de mayor calidad, se recomienda el uso de lámparas de halogenuros metálicos con las que se consigue mejorar considerablemente la capacidad de reproducir el color de la lámpara de vapor de mercurio con una temperatura de color de 3000 a 6000 K dependiendo de los yoduros añadidos y un rendimiento del color de entre 65 y 85. La eficiencia de estas lámparas ronda entre los 60 y 96 lm/W.

Las lámparas del alumbrado de Zizur Mayor son mayoritariamente de V.S.A.P., representando un 91% del total de las lámparas. Existen también algunas lámparas de V.M. situadas en patios y porches de edificios, además de bombillas incandescentes y de bajo consumo. La gama de potencias de las lámparas es muy variada llegando a los 400 W en V.S.A.P. en la Ronda de San Cristóbal.

En la siguiente tabla encontramos todos los tipos de lámparas en uso actualmente en Zizur Mayor:

Tipo de lámpara	Potencia	Número	Potencia total
VSAP	70 W	8	560 W
	100 W	288	28.800 W
	150 W	1071	160.650 W
	250 W	187	46.750 W
	400 W	116	46.400 W
			283.160 W
VM	80 W	94	7.520 W
Incandescentes	60 W	4	240 W
Bajo consumo	18 W	65	1.170 W
	36 W	4	144 W
			1.314 W
Total			292.234 W

Fuente: Ayto Zizur Mayor

3.5.- REDUCCIÓN DE FLUJO

El alumbrado del municipio de Zizur Mayor cuenta con sistemas de ahorro energético deficientes y que impiden que el alumbrado cumpla correctamente su función.

Existen seis cuadros de mando en los que funciona la reducción de flujo (2, 6, 7, 30, 31 y 32). En el cuadro número 1, existen equipos y línea pero tras las modificaciones realizadas en la construcción de la autovía Logroño-Pamplona, parte de los circuitos y el reductor de flujo han sido inutilizados. En el resto de cuadros de mando, se utilizan sistemas de apagado selectivo, poco recomendables por razones de seguridad y que en el caso de la Ronda de San Cristóbal (cuadros 8, 9, 10, 12,18) conllevan una iluminación deficiente.

El encendido y apagado del alumbrado se realiza por medio de reguladores astronómicos.

3.6.- GESTIÓN Y MANTENIMIENTO

La gestión del alumbrado público se limita a los trámites correctivos. No existe un control comparativo de consumos y no existe mantenimiento preventivo del alumbrado.

Sería recomendable que el nuevo pliego de condiciones incluyese, como mínimo, las indicaciones dadas sobre el mantenimiento preventivo en el apartado de propuesta de medidas de mejora.

4.- BALANCE ENERGÉTICO

Por la situación geográfica de Zizur Mayor, se estima que el alumbrado público funciona unas 4.320 horas anuales.

De este modo, siguiendo un horario de reducción de flujo de 23:00 a 6:00 entre semana y de 24:00 a 7:00 los fines de semana, el número de horas de funcionamiento del sistema de reducción de flujo sería de 2.571 horas anuales, es decir el 60%.

Así, con una potencia de lámparas de 293,234 kW y teniendo en cuenta las caídas de tensión aceptadas por la ITC-BT-09, el consumo sería de 965.210 kWh que, como veremos, es inferior al consumo actual del alumbrado.

4.1.- ENERGÍA REACTIVA

La energía reactiva está asociada a los campos magnéticos internos de motores, transformadores (receptores) y otros elementos. Estos absorben energía de la red durante la creación de los campos magnéticos necesarios para su funcionamiento, entregándola durante la destrucción de los mismos.

Existen algunos efectos negativos que se derivan del consumo de este tipo de energía:

- Costes económicos para el consumidor.
- Caídas de tensión.
- Pérdida de potencia.
- Sobrecargas en las redes de distribución.

El factor de potencia de una instalación se medirá a partir de la fórmula siguiente:

$$\cos \phi = \frac{w_a}{\sqrt{w_a^2 + w_r^2}}$$

Siendo:

- w_a = Cantidad registrada por el contador de energía activa, expresada en kWh.
- w_r = Cantidad registrada por el contador de energía reactiva, expresada en kVArh.

En el caso de Zizur Mayor, existen numerosos cuadros que no tienen contador de energía reactiva.

Tras el análisis de los datos proporcionados por la empresa distribuidora, podemos ver que existen numerosos cuadros con un factor de potencia bajo:

Localización	Contrato	Factor de potencia	Potencia
C Santa Cruz de Ardoy 31 b6	38921194	Ok	9,9 kW
C Lurbeltzeta 22 b2	45437671	Ok	13,2 kW
Avda Belascoáin 1 b4	47299034	Ok	13,2 kW
Avda Belascoain 4 b2	55868927	Ok	3,3 kW
Avda Lizarra 18	14332401	Ok	5,2 kW
C Erreniega 11 b1	46628230	Ok	13,2 kW
C Zariquiegui 1 b4	56096124	Ok	9,9 kW
Rnda San Cristóbal 318	205505181	Ok	13,2 kW
C Santa Cruz de Ardoy 5 b4	31227314	Ok	19,8 kW
Rnda San Cristóbal 194 b1	31227338	Ok	16,5 kW
C Undiano 2 1 b1	56096136	Ok	9,9 kW
Rnda San Cristobal 181	201204782	<0,95	13,2 kW
Con Pozo Putzu 13 1	205807525	<0,95	13,2 kW
C Etxegibela b1	51350439	<0,95	6,6 kW
C Santa Cruz de Ardoy 15 b3	38921182	<0,95	9,9 kW
Rnda San Cristóbal 158 b3	55892188	<0,9	9,9 kW
Rnda San Cristóbal 18 b3	53026275	<0,9	13,2 kW
Cno Pozp Putzu 33 1	205807896	<0,9	13,2 kW
C Mendikoa 26 1	210787302	<0,9	13,2 kW
C Euntze Meherra 1 b1	45473201	<0,9	9,9 kW
C Aranegi 56 b2	46854861	<0,9	13,2 kW
C Eriete 1 1 bajo	213241936	<0,8	3,3 kW
C San Andrés b1	37707218	<0,8	13,2 kW
Rnda San Cristóbal b1	38331690	<0,8	19,8 kW
C Bidegaina	210786528	<0,8	13,2 kW

En la actualidad, la facturación para los antiguos contratos B.0. seguirá el siguiente esquema¹:

- 2.0.1: Potencia mayor de 1 kW y no superior a 2,5 kW.
- 2.0.2: Potencia mayor de 2,5 kW y no superior a 5 kW.
- 2.0.3: Potencia mayor de 5 kW y no superior a 10 kW.
- 3.0.1: Potencia mayor de 10 kW y no superior a 15 kW.
- 3.0.2 ó 4.0: Potencia superior a 15 kW.

En los cuatro primeros casos, al igual que en la 2.0 N, sólo les es de aplicación el complemento por energía reactiva si se midiera un $\cos \phi$ inferior a 0,8.

Desde el punto de vista técnico, es imperativo reducir el consumo de reactiva en todos aquellos cuadros en los que el factor de potencia sea bajo. El valor mínimo del factor de potencia debería ser superior a 0,95 independientemente de las penalizaciones económicas.

4.2.- CONTAMINACIÓN LUMÍNICA

La contaminación lumínica del municipio de Zizur Mayor está relacionada, con la dispersión lumínica y por las pérdidas lumínicas que producen algunas lámparas tipo globo y los focos ornamentales enfocados hacia el cielo. La primera situación es más difícil de controlar puesto que se debe a que la luz interactúa con las partículas del aire, desviándose en todas direcciones. La segunda sin embargo se solucionaría evitando el uso de este tipo de lámparas.

4.3.- CONSUMOS Y EMISIONES DE CO₂ ASOCIADAS

El sector energético es una de las principales fuentes de producción de gases de efecto invernadero. Existen diferencias significativas entre las distintas fuentes de energía: el carbón es la sustancia más perjudicial, ya que produce las mayores cantidades de dióxido de carbono, NO₂ y SO₂, así como partículas sólidas; el petróleo y el gas natural son

¹ REAL DECRETO 1634/2006, de 29 de diciembre.

responsables de buena parte de las emisiones, aunque esta última es una tecnología sensiblemente más limpia que las anteriores; y por último, el resto de formas de producción, desde la energía nuclear a las renovables, cuyas emisiones descienden a niveles muy inferiores, siendo sus efectos ambientales completamente distintos.

En relación con el efecto global de las emisiones, es importante estimar la contribución del alumbrado público al efecto invernadero. Para ello, se realiza una aproximación a los gases de efecto invernadero basándose en las emisiones de CO₂ derivadas del consumo de energía eléctrica del alumbrado público. Para estimar los gases de efecto invernadero derivados del consumo de energía eléctrica, se tiene en cuenta la energía primaria utilizada para su generación según la estructura de la Comunidad Foral de Navarra. Este es el procedimiento que se utiliza normalmente para estimar la contribución del municipio al calentamiento global del planeta, ya que el CO₂ es el gas que más favorece el efecto invernadero, su contribución real está en torno al 80%.

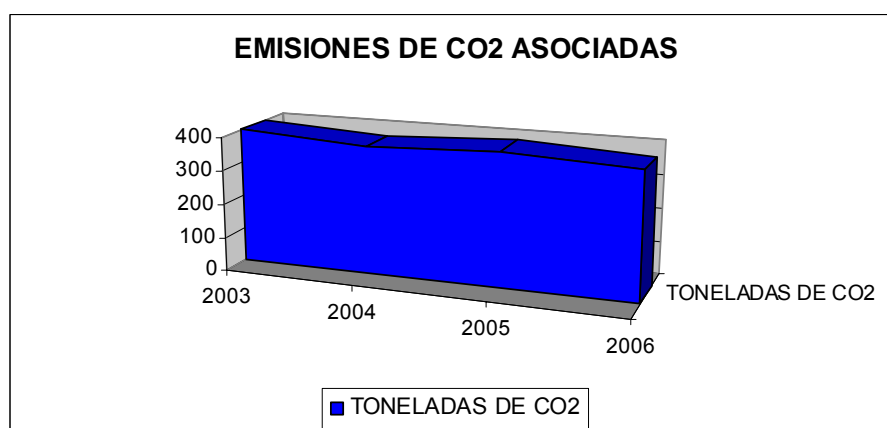
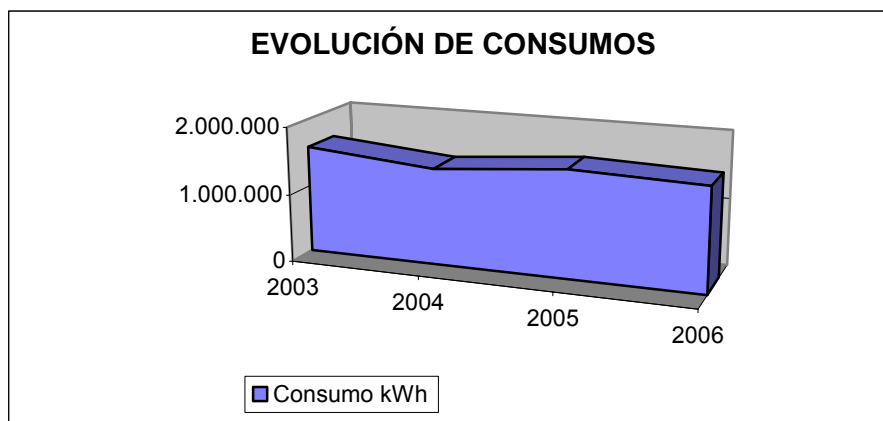
El consumo del alumbrado público del municipio de Zizur Mayor y las emisiones anuales de CO₂ asociadas a dicho consumo son los siguientes:

Año	2003	2004	2005	2006
Consumo kWh	1.589.257	1.422.436	1.584.207	1.522.785
Emisiones de CO ₂ (Tm)	400	378	394	378

Fuente: Elaboración propia

4.4.- GRÁFICO DE EVOLUCIÓN DE CONSUMOS

A continuación, se muestran gráficamente los datos contenidos en la tabla anterior.



Podemos comprobar que el consumo energético no sigue una tendencia definida y que tiene unas variaciones muy pequeñas.

4.5.- RATIOS DE CONSUMOS DE KWH/HABITANTE

En la siguiente tabla se muestran los datos referentes al consumo anual de electricidad y al consumo eléctrico por habitante del alumbrado público de Zizur Mayor.

Año	2003	2004	2005	2006
Consumo kWh	1.589.257	1.422.436	1.584.207	1.522.785
Consumo por habitante (kWh/hab. año)*	127,41	110,84	121,38	115,39

** Elaborado a partir de los datos del INE*

5.- CONCLUSIONES

En conclusión, debemos decir que el alumbrado de Zizur Mayor no se encuentra en unas malas condiciones, sin embargo, sería recomendable plantear una renovación parcial de algunos elementos del alumbrado como pueden ser las luminarias deterioradas y las de tipo globo convencionales, la implantación generalizada de sistemas de reducción de flujo evitando, tanto el consumo excesivo como los problemas que conlleva el apagado selectivo actualmente utilizado, eliminación de lámparas incandescentes y de V.M. y la adecuación de algunos centros de mando.

Como conclusión al apartado de consumos podemos decir que el consumo per cápita del alumbrado público en Zizur Mayor es similar al de la media de Navarra que es a su vez muy superior al de la media española.

Si se optase por la mejora del alumbrado público con medidas como la utilización de reductores de flujo y otros tipos de luminarias, podría reducirse el consumo energético entre un 20% y un 30%.

6.- PROPUESTA DE MEDIDAS DE MEJORA

El alumbrado actual de Zizur Mayor se debería mejorar en diversos sentidos:

6.1.- SUSTITUCIÓN DE LUMINARIAS, LÁMPARAS Y EQUIPOS

Sería recomendable sustituir las luminarias que, bien por su diseño, bien por su estado actual impidan el correcto funcionamiento del alumbrado, además de aquellas que no pueden albergar lámparas de V.S.A.P con sus correspondientes equipos. Puntualmente, es posible la utilización de lámparas de halogenuros metálicos de tubo cerámico para la iluminación de zonas de relevancia estética.

En especial, es recomendable sustituir las luminarias que incumplen la Ley Foral 10/2005, de 9 de noviembre que prohíbe, entre otras cosas, las luminarias con un flujo de hemisferio superior que supere el 20% del emitido. De este modo, quedarían excluidas aquellas lámparas de globo sin superficie reflectora superior.

▪ Sustitución de luminarias y lámparas de vapor mercurio

Es necesario utilizar luminarias equipadas con sistemas de doble nivel, corrección del factor de potencia y con lámparas de V.S.A.P.

A continuación veremos una estimación del coste de la instalación de estos equipos, sustituyendo los actuales de VM:

Sustitución de VM		Coste ud	nº estimado	Total
Luminaria	Luminaria residencial de aluminio, con lámpara VSAP y equipo en AF de 50 a 100 W de potencia, difusores de policarbonato, incluso lámpara, equipo y accesorios, medida la unidad completamente instalada, colocada, probada y puesta en servicio. Incluido soporte.	150 €	80	12.000,00 €
G.G.				1.200,00 €
B.I.				720,00 €
I.V.A.				2.112,00 €
Total				16.032,00 €

Ahorro				
Potencia VM	Potencia VSAP	Ahorro energético unitario anual (kWh)	Ahorro €/ud	Amortización (años)
80 W	70 W	115,19	6,8	29,30
80 W	50 W	181,02	10,6	18,80

El ahorro energético viene dado por un lado, por la menor potencia necesaria en el caso de usar VSAP debido a su mejor ratio lm/W y por otro, por la posibilidad de utilizar sistemas de reducción de flujo, más adecuados para este tipo de lámpara.

Los periodos de amortización que aparecen en la tabla son muy altos, porque se refieren al caso de sustituir una luminaria con lámpara de VM en buenas condiciones por una de V.S.A.P. En el caso de que la sustitución sea por el deterioro de la luminaria, la diferencia de coste entre V.S.A.P. y V.M. hace que el periodo de amortización sea inmediato. En el caso de Zizur Mayor, debido a la antigüedad de estas luminarias, se considera que se corresponde a este segundo caso y que por ello, la amortización es inmediata.

- **Sustitución de lámparas incandescentes por fluorescentes compactas electrónicas.**

La sustitución de lámparas incandescentes por fluorescentes compactas electrónicas (bajo consumo electrónicas), que ofrezcan el mismo nivel luminoso, consigue reducciones de tres cuartas partes del consumo de energía y a pesar de su mayor precio inicial, también supone un importante ahorro económico.

Equivalencia entre fluorescentes compactas e incandescentes

Lámpara fluorescente compacta	Lámpara incandescente	Ahorro energético (%)
3 W	15 W	80
5 W	25 W	80
7 W	40 W	82
11 W	60 W	82
15 W	75 W	80
20 W	100 W	80
23 W	150 W	84

Cálculo de rentabilidad económica:

	LÁMPARA INCANDESCENTE REFLECTORA DE 60 W	LÁMPARA COMPACTA DE 11 W
Potencia consumida	60 W	11 W
Duración	1.000 horas	8.000 horas
Precio de la energía eléctrica (1)	0,094297 €/kWh	
Precio de compra estimado (2)	2,85 €	17 €
Costes funcionamiento (8000 horas)	68,06 €	25.3 €
AHORRO ECONÓMICO	63 %	
PLAZO DE AMORTIZACIÓN	2.000 horas de funcionamiento	

Fuente: Elaboración propia

- (1) Tarifa 2.0 N punta a 1 de enero de 2007
 (2) Tarifa de lámparas y equipos de philips

Además de los ahorros energéticos y económicos, al sustituir una bombilla de 60W incandescente, por otra de bajo consumo se evita a largo de la vida útil de la lámpara, la emisión a la atmósfera de CO₂, si la electricidad empleada se ha producido en una central térmica, o la producción de los correspondientes residuos radiactivos si se ha generado en una central nuclear.

▪ **Sustitución de luminarias tipo globo**

Como ya hemos comentado, este tipo de luminarias tienen una baja eficiencia y producen una gran contaminación lumínica.

A continuación se muestra una estimación de costes de esta medida.

Luminarias esféricas		Coste ud	nº estimado	Total
Luminaria	Luminaria ornamental de chapa de aluminio, con lámpara VSAP y equipo en AF de 100 W. de potencia, difusores de policarbonato, incluso lámpara, equipo y accesorios, medida la unidad completamente instalada, colocada, probada y puesta en servicio.	150 €	100	15.000,00 €
Columna	Columna ornamental de fundición de aluminio de 3,20 m. de altura total, apta para soportar farol ornamental, incluso anclajes, elementos de sujeción y auxiliares, completamente instalada.	318 €	100	31.800,00 €
Otros	Cimentaciones, albañilería, conductores, elementos auxiliares, protecciones, señalizaciones, seguridad y salud.			1.500,00 €
G.G.				4.830,00 €
B.I.				2.898,00 €
I.V.A.				8.500,80 €
Total				64.528,80 €

En el caso de utilizar las mismas columnas existentes, para la sustitución de las luminarias esféricas sin reflector superior, los costes se pueden reducir sustancialmente, hasta los 22.000 €, siempre y cuando, el diámetro de acoplamiento sea el mismo.

▪ **Sustitución de alumbrado de baja eficiencia**

Como ya hemos comentado, en el caso de la Ronda San Cristóbal, la instalación no es suficientemente eficiente. A continuación, se muestra una estimación de costes de la sustitución del alumbrado por uno con una mejor distribución y eficiencia lumínica:

Sustitución de alumbrado publico				
Rda San Cristóbal		Coste ud	nº aprox	Total
Luminaria	Luminaria con lámpara VSAP y equipo en AF de 250 W. de potencia, armadura de fundición inyectada de aluminio con acabado en pintura poliéster, reflector de una pieza de aluminio facetado, grado de protección óptica IP-66, incluso lámpara, equipo y accesorios, medida la unidad completamente instalada, colocada, probada y puesta en servicio.	312 €	200	62.400,00 €
Columna	Columna doble de chapa de acero galvanizada, homologada, de 10 mts. de altura, con caja de derivacion de poliester, placa de anclaje y pernos, dado de cimentacion a base de hormigon HM-25 N/mm2 de las dimensiones necesarias, arqueta de derivacion de 40x40 cm. con tapa de hierro fundido reforzada, canalizaciones de derivacion mediante tuberias de PVC corrugado de 50 mm. de diametro, puesta a tierra con pica y conductor, incluso accesorios y complementos, medida la unidad completamente instalada y puesta en servicio.	390 €	100	39.000,00 €
Otros	Movimiento de tierras, cimentaciones, albañilería, canalizaciones, conductores, elementos auxiliares, protecciones, señalizaciones, seguridad y salud.			6.000,00 €
G.G.				10.740,00 €
B.I.				6.444,00 €
I.V.A.				19.933,44 €
Total				144.517,44 €

Con estas medidas, se podría aumentar la calidad y cantidad de la iluminación sin aumentar el consumo energético.

▪ **Instalación y puesta en funcionamiento de sistemas de reducción de flujo**

Es importante la instalación de equipos y cableado para la reducción de flujo, sustituyendo los actuales sistemas de apagado selectivo e implantándose en

zonas en las que no existe, especialmente en la Ronda San Cristóbal o la autovía, debido a su alto consumo.

La regulación del nivel luminoso se puede realizar por medio de alguno de los siguientes sistemas: balastos serie de tipo inductivo para doble nivel de potencia, reguladores-estabilizadores en cabecera de línea o balastos electrónicos para doble nivel de potencia.

Los costes anteriores se refieren a elementos tipo, por lo tanto, pueden variar sustancialmente dependiendo de los equipos utilizados en función de la estética.

Se recomienda reducir al mínimo el uso de proyectores verticales que lanzan su haz hacia el cielo, incrementando así la contaminación lumínica.

Para las futuras remodelaciones del alumbrado público, se recomienda que se sigan las siguientes pautas:

Para el alumbrado adicional de los pasos de peatones que se proyectan en Zizur Mayor, se recomienda una iluminancia mínima en el plano vertical de 40 lux, y una limitación en el deslumbramiento o en el control del resplandor luminoso nocturno G2 en la dirección de circulación de vehículos y G3 en la dirección opuesta, correspondientes a las clases de intensidad serie G de la tabla 4 del anexo.

Para el resto de proyectos, se recomienda que el alumbrado cumpla los parámetros expuestos en las tablas del anexo y las siguientes recomendaciones técnicas:

- Se recomienda utilizar las lámparas de mayor eficacia energética para cumplir las necesidades cromáticas de la iluminación. En general se deberían utilizar lámparas de V.S.A.P.
- Cuando la tensión de alimentación no fluctúe más del $\pm 5\%$ será adecuada la instalación del balasto serie de tipo inductivo. Si se prevén oscilaciones permanentes en la tensión de la red, se recomienda la instalación de balastos

serie de tipo inductivo con dos tomas de tensión. En caso de que las oscilaciones de tensión sean variables, se utilizarán balastos autorreguladores, electrónicos o el correspondiente sistema de estabilización de tensión en cabecera de línea.

- Los arrancadores a instalar deben ser adecuados al tipo de lámpara, y las pérdidas en el equipo auxiliar, balasto electromagnético, arrancador y condensador, deberán ser inferiores al 20% (recomendable entre un 5 y un 15%), a su vez, en el caso de balastos electrónicos las pérdidas no deben superar el 5%.

6.2.- CONTROL DE CONSUMO

Para el control del consumo es necesaria la revisión de las facturas, tanto los datos energéticos como económicos.

Los aspectos a tener en cuenta son:

- Consumo en kWh
- Factor de potencia (depende del tipo de contrato)
- Coste económico

El seguimiento de los consumos energéticos de la instalación permite detectar posibles fallos que se reflejen en el consumo tales como averías en los sistemas de encendido y reducción de flujo o condensadores.

6.3.- MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Para el mantenimiento preventivo del alumbrado se deben tener en cuenta las indicaciones que se exponen en los siguientes puntos.

6.3.1.- VIDA ÚTIL DE LAS LÁMPARAS

Es recomendable sustituir las lámparas en el periodo recomendado por el fabricante:

- Entre 28.000 y 32.000 horas para las lámparas de V.S.A.P. según el modelo. (20.000 horas con 90 % flujo luminoso).
- Cada 14.000 horas para las lámparas de halogenuros metálicos con tubo de descarga cerámico. (12.000 horas con 80 % flujo luminoso).

6.3.2.- ESTADO DE LAS LUMINARIAS Y OTROS SISTEMAS

La frecuencia de la revisión de las luminarias y resto de equipos del sistema es el representado en la siguiente tabla:

REVISIONES DE LA INSTALACIÓN	
Actuaciones	Periodicidad
Verificación de sistemas de regulación del nivel luminoso (reguladores en cabecera de línea y balastos de doble nivel)	Cada 6 ó 12 meses
Limpieza del sistema óptico y cierre (reflector, difusor)	Cada 2 años
Control de las conexiones y de la oxidación	Cada cambio de lámpara
Control de los sistemas mecánicos de fijación	Cada cambio de lámpara
Control del sistema de encendido y apagado de la instalación	Cada 6 ó 12 meses
Revisión del armario, verificación de las protecciones, comprobación de la puesta a tierra y cableados	Anual

Fuente: IDAE. CIE. Elaboración propia

6.3.3.- CONTROL DE HORARIOS DE ENCENDIDO

El encendido se realizará a la hora del ocaso solar, de forma automática, y con una tolerancia de 10 minutos.

Se recomienda que la reducción de flujo funcione de 23:00 a 6:00 entre semana y de 24:00 a 7:00 los fines de semana.

El apagado total se realizará a la hora del orto solar, de forma igualmente automática, siendo asimismo la tolerancia del horario de apagado de 10 minutos.

6.3.4.- PROPUESTA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

A continuación se muestra una tabla resumen del mantenimiento del alumbrado público de Zizur Mayor.

MEDIDAS DE MEJORA							
Sustitución							
Lámpara	Unidades	Precio udad*	Precio total	Vida útil h	Vida útil años	Mant. Lumínico	Coste anual**
VSAP=<100W	390	46 €	18.096 €	20.000	4,5	90%	4.021,33 €
VSAP 100-150W	1.071	50 €	53.421 €	20.000	4,5	90%	11.871,44 €
B.C.	73	81 €	5.928 €	12.000	2,5	80%	2.371,04 €
VSAP<=250W	303	52 €	15.817 €	20.000	4,5	90%	3.514,80 €
Total	1.837		93.262 €				21.778,61 €
Limpieza y revisión							
Luminaria	Unidades	Precio udad		Coste anual			
Decorativa	660	10 €		3.300,00 €			
Vial	1140	12 €		6.840,00 €			
Total				10.140,00 €			
Otros conceptos							
Total				5.000,00 €			
COSTE TOTAL							36.918,61 €

*Incluso montaje

**Datos del fabricante

Dentro de los apartados de sustitución y limpieza se incluye el control de las conexiones, de oxidación y de los sistemas mecánicos de fijación, siempre referidos a luminarias y lámparas.

En otros conceptos, se incluye la revisión anual de los cuadros de mando, es decir, la verificación de sistemas de regulación del nivel luminoso, control del sistema de encendido y apagado de la instalación, la revisión del armario, verificación de las protecciones, comprobación de la puesta a tierra y cableados además de la revisión y registro de los datos energéticos y económicos de las facturas.

No se incluye en ningún caso la reparación de averías o sustitución de componentes que no sean las propias lámparas.

6.4.- RESUMEN DE LAS PROPUESTAS DE MEJORA

En la siguiente tabla, se muestran los costes de las propuestas de mejora del alumbrado público de Zizur Mayor.

PROPUESTAS DE MEJORA	
Sustitución de luminarias y lámparas de vapor mercurio	16.032,00 €
Sustitución de lámparas incandescentes por fluorescentes compactas electrónicas	70,00 €
Sustitución de luminarias tipo globo	64.528,80 €
Sustitución de alumbrado de baja eficiencia	144.517,44 €
Mantenimiento preventivo	36.918,61 €
Total	262.066,85 €

7.- ANEXO

A continuación se muestran los niveles de iluminación adecuados según el tipo de vía.

7.1.- ALUMBRADO PARA VÍAS DE TRÁFICO RODADO DE ALTA VELOCIDAD

SITUACIONES DE PROYECTO	TIPOS DE VIAS	CLASE DE ALUMBRADO
A1	<ul style="list-style-type: none"> - <i>-Carreteras de calzadas separadas con cruces a distinto nivel y accesos controlados (autopistas y autovías).</i> <p>Intensidad de tráfico y complejidad del trazado de la carretera.</p> <p>Alta (IMD) > 25.000.....</p> <p>Media (IMD) -Entre 15.000 Y 25.000.....</p> <p>Baja (IMD) < 15.000.....</p>	<p>ME 1</p> <p>ME 2</p> <p>ME 3a</p>
	<ul style="list-style-type: none"> - <i>-Carreteras de calzada única de doble sentido de circulación y accesos limitados (vías rápidas).</i> <p>Intensidad de tráfico y complejidad del trazado de la carretera.</p> <p>Alta (IMD) > 15.000.....</p> <p>Media y baja (IMD) <15.000.....</p>	<p>ME 1</p> <p>ME 2</p>
A2	<ul style="list-style-type: none"> - <i>-Carreteras interurbanas sin separación de aceras o carriles bici.</i> - <i>-Carreteras locales en zonas rurales sin vía de servicio</i> - - Intensidad de tráfico y complejidad del trazado de la carretera. - - IMD > 7.000..... - - IMD < 7.000..... 	<p>ME 1</p> <p>ME 2</p> <p>ME 3a</p> <p>ME 4a</p>
A3	<ul style="list-style-type: none"> - <i>-Vías colectoras y rondas de circunvalación.</i> - <i>-Carreteras interurbanas con accesos no restringidos.</i> - <i>-Vías urbanas de tráfico importante, rápidas radiales y de distribución urbana a distritos.</i> - <i>-Vías principales de la ciudad y travesía de poblaciones.</i> <p>Intensidad de tráfico y complejidad del trazado de la carretera.</p> <p>IMD > 25.000.....</p> <p>IMD entre 15.000 y 25.000.....</p> <p>IMD entre 7.000 y 15.000.....</p> <p>IMD < 7.000.....</p>	<p>ME 1</p> <p>ME 2</p> <p>ME 3b</p> <p>ME 4a</p> <p>ME 4b</p>
<p>Para todas las situaciones de proyecto (A1-A2 y A3), cuando las zonas próximas sean claras(fondos claros), todas las vías de tráfico verán incrementadas sus exigencias a las de la clase de alumbrado inmediata superior.</p> <p>Fuente: IDAE, CIE. Elaboración propia</p>		

7.2.- ALUMBRADO PARA VÍAS DE TRÁFICO RODADO DE MODERADA VELOCIDAD

SITUACIONES DE PROYECTO	TIPOS DE VIAS	CLASE DE ALUMBRADO
B1	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Vías urbanas secundarias de conexión a urbanas de tráfico importante.</i> - <i>Vías distribuidoras locales y accesos a zonas residenciales y fincas.</i> <p>Intensidad de tráfico y complejidad del trazado de la carretera.</p> <p>IMD > 7.000.....</p> <p>IMD < 7.000</p> <p>Control del tráfico y separación de los distintos tipos de usuarios</p>	<p>ME 2 ME 3c</p> <p>ME 4b ME 5 ME 6</p>
B2	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Carreteras locales en áreas rurales.</i> <p>Intensidad de tráfico y complejidad del trazado de la carretera.</p> <p>IMD > 7.000.....</p> <p>IMD < 7.000.....</p> <p>Control del tráfico y separación de los distintos tipos de usuarios</p>	<p>ME 2 ME 3b</p> <p>ME 4b ME 5</p>
<p>Para todas las situaciones de proyecto (B1 y B2), cuando las zonas próximas sean claras (fondos claros), todas las vías de tráfico verán incrementadas sus exigencias a las de la clase de alumbrado inmediata superior. Fuente: IDAE, CIE. Elaboración propia</p>		

7.3.- ALUMBRADO PARA VÍAS DE TRÁFICO RODADO DE BAJA, MUY BAJA VELOCIDAD Y CARRILES BICI

SITUACIONES DE PROYECTO	TIPOS DE VIAS	CLASE DE ALUMBRADO
C1	<p>Carriles bici independientes a lo largo de la calzada, entre ciudades en área abierta y de unión en zonas urbanas</p> <p>Parámetros específicos dominantes. Flujo de tráfico de ciclistas</p> <p>Alto.....</p> <p>Normal.....</p> <p>Parámetros específicos complementarios. Niveles de luminosidad ambiental</p>	<p>S 1 S 2</p> <p>S 3 S 4</p>
D 1 - D 2	<p>Áreas de aparcamiento en autopistas y autovías. Aparcamientos en general. Estaciones de autobuses</p> <p>Parámetros específicos dominantes. Flujo de tráfico de peatones.</p> <p>Alto.....</p> <p>Normal.....</p> <p>Parámetros específicos complementarios Niveles de luminosidad ambiental</p>	<p>CE 1a CE 2</p> <p>CE 3 CE 4</p>
D 3- D 4	<p>Calles residenciales suburbanas con aceras para peatones a lo largo de la calzada. Zonas de velocidad muy limitada</p> <p>Parámetros específicos dominantes. Flujo de tráfico de peatones.</p> <p>Alto.....</p> <p>Normal.....</p>	<p>CE 2 S 1 S 2</p> <p>S 3 S 4</p>
<p>Para todas las situaciones de proyecto (C1-D1-D2-D3 y D4), cuando las zonas próximas sean claras(fondos claros), todas las vías de tráfico verán incrementadas sus exigencias a las de la clase de alumbrado inmediata superior. Fuente: IDAE, CIE. Elaboración propia</p>		

7.4.- ALUMBRADO PARA VÍAS PEATONALES

SITUACIONES DE PROYECTO	TIPOS DE VIAS	CLASE DE ALUMBRADO
E 1	-Espacios peatonales de conexión, calles peatonales, y aceras a lo largo de la calzada. -Paradas de autobús con zonas de espera. -Áreas comerciales peatonales.	
	Parámetros específicos dominantes Flujo de tráfico de peatones	CE 1a CE 2 S 1
	Alto.....	
	Normal.....	S 2 S 3 S 4
E 2	Parámetros específicos complementarios Niveles de luminosidad ambiental	
	Zonas comerciales con acceso restringido y uso prioritario de peatones	
	Parámetros específicos dominantes Flujo de tráfico de peatones	CE 1a CE 2 S 1
	Alto.....	
	Normal.....	S 2 S 3 S 4
	Parámetros específicos complementarios Niveles de luminosidad ambiental	
<p>Para todas las situaciones de alumbrado E1 y E2, cuando las zonas próximas sean claras (fondos claros), todas las vías de tráfico verán incrementadas sus exigencias a las de la clase de alumbrado inmediata superior. Fuente: IDAE, CIE. Elaboración propia</p>		

Una vez expuesta la clasificación del alumbrado según el tipo de vía, pasamos a ver los valores recomendados para éstas.

Clase de Alumbrado	Luminancia de la superficie de la calzada en condiciones secas			Deslumbramiento Perturbador	Iluminación Entorno
	Luminancia Media Lm (cd/m ²)	Uniformidad Global U ₀	Uniformidad Longitudinal U ₁	Incremento Umbral TI(%)**	Relación entorno SR***
ME ₁	2,00	0,40	0,70	10	0,50
ME ₂	1,50	0,40	0,70	10	0,50
ME _{3a}	1,00	0,40	0,70	15	0,50
ME _{3b}	1,00	0,40	0,60	15	0,50
ME _{3c}	1,00	0,40	0,50	15	0,50
ME _{4a}	0,75	0,40	0,60	15	0,50
ME _{4b}	0,75	0,40	0,50	15	0,50
ME ₅	0,50	0,35	0,40	15	0,50
ME ₆	0,30	0,35	0,40	15	---

Fuente: IDAE, CEI. Elaboración propia

Tabla 1

Clase de Alumbrado	Iluminancia Horizontal en el Área de la calzada		
	Iluminancia Media Em (lux)	Iluminancia mínima Emin (lux)	Uniformidad Media Um (%)
S ₁	15	5	33
S ₂	10	3	30
S ₃	7,5	1,9	25
S ₄	5	1	20

Fuente: IDAE, CEI. Elaboración propia

Tabla 2

Clase de Alumbrado	Iluminancia Horizontal	
	Iluminancia Media Em (lux)	Uniformidad Media Um
CE ₀	50	0,40
CE ₁	30	0,40
CE _{1A}	25	0,40
CE ₂	20	0,40
CE ₃	15	0,40
CE ₄	10	0,40
CE ₅	7,5	0,40

Fuente: IDAE, CEI. Elaboración propia

Tabla 3

Clase de Intensidad	Intensidad Máxima (cd/klm) **			Otros Requerimientos
	A 70 °	A 80 °	A 90 °	
G 1	-	200	50	Ninguno
G 2	-	150	30	Ninguno
G 3	-	100	20	Ninguno
G 4	500	100	10	Intensidades por encima de 95 deben ser cero 0
G 5	350	100	10	
G 6	350	100	0	Intensidades por encima de 90 deben ser cero 0

Tabla 4