

Auditoría energética del sistema de alumbrado público de la Ciudad Autónoma de Ceuta para el diseño de actuaciones destinadas al incremento de la eficiencia energética

ESTRATEGIA PARA EL INCREMENTO DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA DEL ALUMBRADO PÚBLICO

CIUDAD AUTÓNOMA DE CEUTA

		Person
Redacción	Dª Carmen González Navarro. Sociedad de Desarrollo de la Ciudad Autónoma de Ceuta. PROCESA	Sociedae de Deserfollo de Ceuta (IF: 11906017 Tranta Edi Ceuta Ceuta CEUTA
Coordinación y Aprobación Técnica	D. Manuel Jurado Belmonte. Servicio de Industria y Energía de la Ciudad Autónoma de Ceuta	July left
Aprobación	Consejo de Gobierno de la Ciudad Autónoma de Ceuta	DE MOUSTRIATO

ÍNDICE

	LATEGIA DE INCREMENTO DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA DEL SISTEMA DE ALUMBRADO LICO DE CEUTA	
	INTRODUCCIÓN	
	1.1 Alumbrado Público y consumo energético	
	1.2 La eficiencia energética del alumbrado público	
2.		
	2.1 Normativa para la redacción de la estrategia	
	2.2 Normativa de instalaciones	
3.		
	3.1 PRINCIPALES ASPECTO DEL SISTEMA	
	3.1.1 Luminarias	10
	3.1.2 Tipos de soportes instalados	
	3.1.3 Interruptores horarios	
	3.1.4 Cuadros de Mando	
	3.2 ANÁLISIS DEL CONSUMO DEL SISTEMA ACTUAL	13
4.	LA ESTRATEGIA	16
	4.1 DISEÑO DE LA ESTRATEGIA	16
	4.2 DEFINICIÓN DE ACTUACIONES	17
	4.2.1- Sustitución de luminaria	18
	4.2.2 Empleo de Interruptores horarios astronómicos	19
	4.2.3 Empleo de sistemas de regulación	20
	4.3 RESULTADOS ESPERADOS	20
5.	ANÁLISIS ECONÓMICO	21
	5.1 INVERSIÓN EN LUMINARIAS LED	21
	5.1.1 Plan de barriadas	21
	5.1.2 Programa Operativo FEDER	22
	5.2 OTRAS ACTUACIONES	22
6.	BIBLIOGRAFÍA	22
7.	ANEXOS	22

Anexo 1: Inventario de las instalaciones de alumbrado público y red semafórica	
pertenecientes a la Ciudad Autónoma de Ceuta	23
Anexo2: Cálculos de ahorro energético	24

ESTRATEGIA DE INCREMENTO DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA DEL SISTEMA DE ALUMBRADO PÚBLICO DE CEUTA

1. INTRODUCCIÓN

1.1.- Alumbrado Público y consumo energético

En los últimos años, la evolución del consumo energético, unido al aumento de las tarifas eléctricas, ha producido un elevado aumento del gasto en el alumbrado público. Estudios realizados por investigadores de la Universidad Complutense de Madrid revelaron en 2012, que el consumo en alumbrado público en España se había duplicado en los últimos 5 años. En algunas ciudades se estimaba que el 50% de la energía eléctrica consumida por la administración se correspondía al alumbrado público.

En España, estas instalaciones totalizan unos 7.965.000 puntos de luz que, con una potencia media de 165 W y cerca de 4.100 horas de utilización anual, representa un consumo de electricidad de 5.370 GWh/año para el conjunto de España. Los cálculos llevados a cabo por la Universidad Complutense de Madrid revelaron que se pasó de 450 millones de euros en 2007 a 830 millones en 2012. Se estimó que el consumo por habitante fue de 113 kWh, una cifra que supera en un 50% al objetivo del Plan de Eficiencia Energética 2004-2012 y que establecía un consumo de 75 kWh habitante.

El Ministerio de Industria, Turismo y Comercio elaboró un nuevo Plan de Acción, para el periodo 2008-2012, dentro de la Estrategia de Ahorro y Eficiencia Energética en España 2004-2012. En el año 2008 el IDAE destinó 37 millones de euros a la sustitución de cerca de 100.000 semáforos por otros con tecnología LED. La medida generó un ahorro anual de 90.000 MWh de electricidad.

El número de instalaciones, y su consumo eléctrico, ha crecido en esta última década coligado al desarrollo urbanístico; las instalaciones de alumbrado exterior están experimentando avances tecnológicos y legislativos que marcarán un punto de inflexión en el tendencial de su consumo. Así, la promulgación del Reglamento de eficiencia energética en instalaciones de alumbrado exterior (RD 1890/2008), junto con la irrupción de la tecnología LED y la admisión de la contratación de empresas de servicios energéticos por las administraciones públicas, son hitos surgidos en estos últimos años que posibilitan la reconversión de estas instalaciones.

Con respecto a Europa, España es el país con mayor gasto en alumbrado público. Las farolas españolas tienen la potencia más alta de toda la UE y dos veces la de Holanda. El gasto en España asciende aproximadamente a 116 kW por año y habitante, cifra muy superior a los 91 KW de Alemania y los 43 KW de Francia. Los investigadores recomiendan adaptar la potencia de las farolas españolas a los estándares de potencia europeos y reducir la emisión hacia arriba y en la horizontal de las farolas, que no sólo supone un despilfarro sino que aumenta la contaminación lumínica.

La mayor parte del coste proviene de municipios menores de 200.000 habitantes, los cuales han aumentado su potencia, para igualarse a la de las ciudades más densamente pobladas, donde es mucho más barato iluminar.

1.2.- La eficiencia energética del alumbrado público

La Unión se enfrenta a retos sin precedentes debido a una creciente dependencia de las importaciones de energía y a la escasez de recursos energéticos, así como a la necesidad de limitar el cambio climático y superar la crisis económica.

El consumo energético es necesario para el desarrollo económico y social. Cuanto más desarrollada está una sociedad más energía necesita. Esto conlleva también una serie de problemas. El principal problema medioambiental del consumo energético actual a escala mundial es el efecto invernadero y el económico, es el gasto en el consumo energético. Se precisa de la búsqueda de formas de ahorro energético para la ayuda al medio ambiente así como a la economía del país. Si utilizamos la energía de manera eficaz y responsable obtendremos mayores prestaciones con menor consumo lo que permite:

- Menor dependencia de los suministros en su mayor parte reservas limitadas.
- Menor impacto ambiental tanto en su obtención como en su consumo.

La eficiencia energética es un medio valioso para superar estos retos, y así lo señala la Directiva 2012/27/UE del Parlamento Europeo y del Consejo de 25 de octubre de 2012 relativa a la eficiencia energética. La indicada Directiva, crea un marco común para fomentar la eficiencia energética dentro de la Unión y establecer acciones concretas.

Por otra parte, el Consejo Europeo de 17 de junio de 2010 fijó como objetivo para 2020 ahorrar un 20% de su consumo de energía primaria.

Como consecuencia de estas obligaciones, el Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, en colaboración con el IDAE, elabora el Plan de Acción de Ahorro y Eficiencia Energética 2011-2020, que incluye un anexo con la cuantificación de los ahorros energéticos obtenidos en el año 2010 respecto a los años 2004 y 2007, de acuerdo con las recomendaciones metodológicas sobre medida y verificación de los ahorros de la Comisión.

El indicado Plan detalla medidas destinadas a alcanzar los objetivo planteados, entre las que se distingue el papel ejemplarizante del sector público en materia de eficiencia energética, priorizando entre otras acciones, la mejora del rendimiento energético del alumbrado público, apareciendo entre las propuestas de acción contenidas tanto en la citada Directiva, como en el Plan Nacional de Ahorro y Eficiencia Energética 2011-2020, Plan de Acción aprobado por Acuerdo de Consejo de Ministros de fecha 29 de julio de 2011, que da continuidad a los planes de ahorro y eficiencia energética anteriormente aprobados por el Gobierno español en el marco de la Estrategia de Ahorro y Eficiencia Energética en España 2004-2012 (E4).

2. NORMATIVA

2.1.- Normativa para la redacción de la estrategia

RD 1980/2008

El 14 de noviembre de 2008 se promulga el Real Decreto 1890/2008, 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.

Este reglamento tiene por objeto establecer las condiciones técnicas de diseño, ejecución y mantenimiento que deben reunir las instalaciones de alumbrado exterior, con la finalidad de:

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

Este reglamento se aplica a las instalaciones incluidas en las instrucciones técnicas complementarias ITC-BT del Reglamento electrotécnico para baja tensión, aprobado por Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, siguientes:

- a) Las de alumbrado exterior, a las que se refiere la ITC-BT 09;
- b) Las de fuentes, objeto de la ITC-BT 31;
- c) Las de alumbrados festivo y navideños, contempladas en la ITC-BT 34.

Este reglamento se aplicará a nuevas instalaciones, a sus modificaciones y ampliaciones.

Se excluyen de este reglamento las instalaciones y equipos de uso exclusivo en minas, usos militares, regulación de tráfico, balizas, faros, señales marítimas, aeropuertos y otras instalaciones y equipos que estuvieran sujetos a reglamentación específica.

Con el fin de lograr una eficiencia energética adecuada en las instalaciones de alumbrado exterior, éstas deberán cumplir con los requisitos establecidos en las instrucciones técnicas complementarias EA-01 a EA-09.

Instrucciones técnicas complementarias al Reglamento de eficiencia energética en instalaciones de alumbrado público, ITC-EA-01 a ITC-EA_07.

Instrucción complementaria EA-01. Eficiencia energética

Esta instrucción nos da los requisitos mínimos de eficiencia energética del alumbrado, así como los valores de referencia de eficiencia energética y la clasificación energética de una instalación.

Instrucción complementaria EA-02. Niveles de iluminación.

Esta instrucción nos da las tablas referentes a la clasificación de las vías y la clase de alumbrado para cada tipo de vía.

Instrucción complementaria EA-03. Resplandor nocturno y luz intrusa molesta.

Clasificación de zonas de protección contra la contaminación luminosa y datos de flujo luminoso. Establece que se deberá limitar las emisiones luminosas en caso de zonas de alta contaminación luminosa así como se evitará la luz intrusa molesta para los propios ciudadanos.

Instrucción complementaria EA-04. Componentes de la instalación

Se refieres a las lámparas, luminarias, equipos auxiliares, sistemas de accionamiento y sistemas de regulación del nivel luminoso.

Instrucción complementaria EA-05. Documentación técnica, verificaciones e inspecciones.

Documentación técnica necesaria para el proyecto. Memoria Técnica de Diseño. Verificación e inspección de las instalaciones.

Instrucción complementaria EA-06. Mantenimiento de la eficiencia energética de las instalaciones.

Generalidades. Factor de mantenimiento. Operaciones de mantenimiento.

Instrucción complementaria EA-07. Mediciones luminotécnicas en las instalaciones de alumbrado.

Medidas luminotécnicas correspondientes a las verificaciones e inspecciones de las instalaciones de alumbrado exterior. Medida de luminancia e iluminancia. Estudio del deslumbramiento perturbador.

ITC-BT-09

Es la Instrucción Técnica en Baja Tensión que se encarga de las instalaciones de alumbrado público [20].

PROTOCOLO DE KIOTO

Establece metas vinculantes de reducción de las emisiones para 37 países industrializados y la Unión Europea, reconociendo que son los principales responsables de los elevados niveles de emisiones de GEI que hay actualmente en la atmósfera, y que son el resultado de quemar fósiles combustibles durante más de 150 años. En este sentido el Protocolo tiene un principio central: el de la «responsabilidad común pero diferenciada».

El Protocolo ha movido a los gobiernos a establecer leyes y políticas para cumplir sus compromisos, a las empresas a tener el medio ambiente en cuenta a la hora de tomar decisiones sobre sus inversiones, y además ha propiciado la creación del mercado del carbono.

En general el Protocolo de Kyoto es considerado como primer paso importante hacia un régimen verdaderamente mundial de reducción y estabilización de las emisiones de GEI, y

proporciona la arquitectura esencial para cualquier acuerdo internacional sobre el cambio climático que se firme en el futuro.

COP21

Acuerdo de París que establece el marco global de lucha contra el cambio climático a partir de 2020. Se trata de un acuerdo histórico de lucha contra el cambio climático, que promueve una transición hacia una economía baja en emisiones y resiliente al cambio climático. Es un texto que refleja y tiene en cuenta las diferentes realidades de los países, es justo, ambicioso, duradero, equilibrado y jurídicamente vinculante.

2.2.- Normativa de instalaciones

- Orden de 04/06/1984, CONSTRUCCIÓN. Norma Tecnológica de la Edificación NTE-IER "Instalaciones de Electricidad. Red Exterior". Órgano emisor: Ministerio Obras Públicas y Urbanismo. BOE 19/06/1984
- Real Decreto 2642/1985 de 18/12/1985, INDUSTRIAS EN GENERAL. Especificaciones técnicas de los candelabros metálicos (báculos y columnas de alumbrado exterior y señalización de tráfico) y su homologación Órgano emisor: Ministerio Industria y Energía. BOE 24/01/1986
- Orden de 16/05/1989, INDUSTRIAS EN GENERAL. Modifica el anexo del Real Decreto 2642/1985, de 18-12-1985, sobre especificaciones técnicas de los candelabros metálicos (báculos y columnas de alumbrado exterior y señalización de tráfico) y su homologación Órgano emisor: Ministerio Industria y Energía. BOE 15/07/1989
- Real Decreto 401/1989 de 14/04/1989, SIDEROMETALURGIA. Modifica Real Decreto 2642/1985, de 18-12-1985, sobre sujeción a especificaciones técnicas y homologación de los candelabros metálicos (báculos y columnas de alumbrado exterior y señalización de tráfico). Órgano emisor: Ministerio Industria y Energía. BOE 26/04/1989
- Orden de 12/06/1989, SIDEROMETALURGIA. Establece la certificación de conformidad a normas como alternativa a la homologación de los candelabros metálicos (báculos y columnas de alumbrado exterior y señalización de tráfico). Órgano emisor: Ministerio Industria y Energía. BOE 07/07/1989
- Resolución de 25/10/2005, de la Dirección General de Industria, Energía y Minas, por la que se regula el período transitorio sobre la entrada en vigor de las normas particulares y condiciones técnicas y de seguridad, de Endesa Distribución S.L.U. en el ámbito de esta Comunidad Autónoma Órgano emisor: Conserjería de Innovación, ciencia y empresa. BOJA 22/11/2005
- Real Decreto 842/2002 de 02/08/2002, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión. Órgano emisor: Ministerio de Ciencia y Tecnología. BOE 18/09/2002
- Real Decreto 1955/2000 de 01/12/2000, ELECTRICIDAD. Regula las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica. Órgano emisor: Ministerio Economía. BOE 27/12/2000

3. DIÁGNOSTICO ENERGÉTICO

En este apartado se presenta el diagnóstico energético del sistema de alumbrado público de Ceuta, con el objeto de:

- Describir el sistema y sus condiciones actuales
- Dar a conocer los consumos energéticos actuales, así como descripción e inventario de las principales instalaciones consumidoras de energía.
- Proponer medidas de ahorro de energía, aplicables al sistema y sus posibilidades de implantación.

 Constituir un documento de referencia para la mejora de la eficiencia energética del sistema.
La información de partida para este diagnóstico ha sido el inventario elaborado durante la anualidad 2016 por el Servicio de Industria y Energía de la Ciudad Autónoma de Ceuta ¹ , que consta de:
1 Cuadros eléctricos de mando y control.
-Identificación de los componentes.
-Características mecánicas.
- Características eléctricas.
-Protecciones.
-Líneas de salida.
-Puntos de luz por línea.
-Características de los puntos.
2. Identificación de los puntos de luz en cuanto a su distribución, que pertenecen a cada cuadro de mando y control.
- Puntos de luz. Disposición.
- Ubicación.

- Características.
- Disposición.
- Tipología.

3. Identificación de todas y cada una de las luminarias en cuanto a sus características, que pertenecen a cada cuadro de mando y control.

¹ Anexo 1 de la Estrategia de incremento de la eficiencia energética del sistema de alumbrado público de la Ciudad Autónoma de Ceuta.

- Ubicación.
- Características.
- Disposición.
- Tipología.
4. Identificación de todas y cada una de las lámparas en cuanto a sus características, que pertenecen a cada cuadro de mando y control.
- Tipos de lámparas.
- Características.
- Identificación.
- Potencia.
- Tipología.
5. Identificación de cada uno los sistemas de regulación y control, por lámpara, por línea o general, que pertenecen a cada cuadro de mando y control.
- Sistemas de regulación y control.
- Características.
- Sistema.
- Capacidad del mismo.
6. Identificación de todas y cada una de las protecciones, tanto de entrada como de salida de línea, que pertenecen a cada cuadro de mando y control.
- Protecciones.
- Características.
- Tipología.
A través del desarrollo de este inventario se realiza un análisis de la productividad de las instalaciones en base al cual se desarrolla la presente estrategia de incremento del rendimiento de energético de las instalaciones y la consiguiente reducción de emisiones asociada.
3.1 PRINCIPALES ASPECTO DEL SISTEMA
A continuación se aportan datos generales útiles para identificar al centro consumidor de

- Tipo de luminarias.

energía:

Datos del centro consumidor:

Organismo: Dirección General de Industria y Energía

Instalaciones afectadas: Sistema de alumbrado público exterior

Población: Ceuta

Provincia: Ceuta

Datos de responsable energético:

Nombre: D. Manuel Jurado Belmonte

Cargo: Jefe del Servicio de Industria y Energía

Teléfono de contacto: 956522172

Email: mjurado@ceuta.es

A continuación se aportan datos sobre el uso general del sistema y horas de utilización:

Uso del sistema: Alumbrado público exterior, incluido alumbrado ornamental

Luminarias totales: 11.474

Horas anuales de utilización: 3.650

Horas diarias: 10

Nº de cuadros: 113

Coste kWh: 0.15 €

3.1.1.- Luminarias

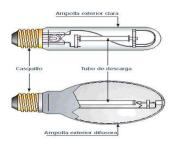
Ceuta cuenta en la actualidad con un total de 11.474 luminarias de alumbrado público, de las cuales el 90% se corresponde con alumbrado público convencional de baja eficiencia energética, con una potencia total instalada de 2.372.618 W. El elevado número de horas de operatividad de este equipamiento, junto a sus características de bajo rendimiento, hacen que el servicio de alumbrado público tenga un elevado coste económico y medioambiental.

POTENCIAS (W)	NÚMERO
≤50	804
51-100	2618
101-250	6804
251-400	1134
401-2000	114
TOTAL	11474

Tabla 1. Resumen de luminarias por grupos de potencia. Elaboración propia. Fuente: Servicio de Industria y Energía de la Ciudad Autónoma de Ceuta.

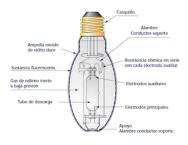
Los tipos de lámparas más utilizados en el sistema son:

Lámparas de vapor de sodio de alta presión: poseen una eficacia luminosa de hasta 90 lm/W y una vida útil de hasta 26.000 horas. Las potencias más comunes son 50, 70, 100, 150, 250 y 400 W. Se utiliza el acrónimo SAP para representarlas.



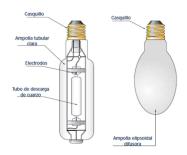
Esquema 1. Lámpara de vapor de sodio de alta presión.

Lámparas de vapor de mercurio a alta presión: su eficacia es baja, hasta 50 lm/W, y su vida útil no supera las 16.000 horas. Las potencias más habituales son 50, 80, 125, 250 y 400 W. Se utiliza el acrónimo de VM o VMCC para representarlas.



Esquema 2. Lámpara de vapor de mercurio de alta presión.

Lámparas de halogenuros metálicos: Son lámparas de vapor de mercurio a alta presión que además contienen otros componentes. Se distinguen dos según el quemador: Halogenuros metálicos cerámicos y halogenuros metálicos de cuarzo.



Esquema 3. Lámpara de halogenuro metálico.

Los primeros presentan una eficacia que puede llegar hasta los 90 lm/w, con una vida útil de hasta 15.000 horas, y son regulables. Los segundos presentan menores prestaciones, y no suelen permitir regulación

Otras: dentro de este grupo se distinguen:

Luz mezcla: Combinan una lámpara de vapor de mercurio con una incandescente, su eficacia y vida útil son bajas, por lo que se encuentran en desuso.

Incandescentes: Se distinguen dos tipos, tubulares (FL) y compactas (BC). Presentan valores de eficacia y vida útil aceptables para alumbrado exterior, aunque menores que otras lámparas de carga.

LED: Son diodos emisores de luz. Presentan una vida útil muy alta, de unas 50.000 horas frente a las 10.000 – 30.000 de las lámparas convencionales y valores de eficacia en aumento.

TIPO DE LUMINARIA	UNIDADES	PORCENTAJE	
Vapor de sodio de alta presión	9529	77.03%	
Vapor de mercurio	80	0.65%	
Halogenuro metálico	1567	12.67%	
LEDS	1194	9.65%	
Otros (Incandescente, FL, BC,	236	1.90%	
etc.)			

Tabla 2. Tabla resumen de luminaria instalada en Ceuta por tipología. Elaboración Propia. Fuente Datos: Inventario Servicio de Industria y Energía de la Ciudad Autónoma de Ceuta.

3.1.2.- Tipos de soportes instalados

Se distinguen dos grupos básicos desde donde se desprende toda la tipología de soportes existentes en la Ciudad:



El inventario anexo detalla cada uno de los soportes instalados con detalle de sus características, permitiendo identificar las necesidades en cuanto a sustitución o instalación.

3.1.3.- Interruptores horarios

Los interruptores horarios conocidos como programadores son una herramienta de programación que permite controlar automáticamente el encendido y apagado de los diferentes tipos de alumbrado (viales, deportivos, ornamentales o festivos) en los días y horas deseadas, aportando ahorro de energía y eficiencia.

Los interruptores horarios permiten mediante un selector apagar o encender de manera automática dichas cargas. En caso de fallo en el suministro eléctrico cuentan con una pila de respaldo que evita la pérdida de la programación.

Existen dos tipos de interruptores horarios:

- Interruptores horarios analógicos
- Interruptores horarios digitales

3.1.4.- Cuadros de Mando

Existen en la ciudad un total de 113 cuadros de mando, el inventario realizado detalla las características de cada uno de ellos y su estado, además posee información cartográfica al respecto.

3.2.- ANÁLISIS DEL CONSUMO DEL SISTEMA ACTUAL

El análisis de situación, nos permite conocer el modo de explotación, funcionamiento y prestaciones de las instalaciones de alumbrado, el estado de sus componentes, sus consumos energéticos y sus correspondientes costes de explotación.

Prácticamente la mitad del consumo energético eléctrico de la Administración Local es generado por el sistema de alumbrado público, el consumo total de estas luminarias en la anualidad 2015 ascendió a 8.251.935 kwh, lo que se traduce en un facturación del consumo de 1.214.009,64 €.

En el siguiente cuadro se puede observar el consumo eléctrico de la Administración Local y el peso que el alumbrado público posee sobre el total:

PESO ESPECÍFICO ALUMBRADO PÚBLICO SOBRE EL CONSUMO CIUDAD				
	C2015	CONSUMO		
MES	ALUMBRADO kWh	ADMINSITRACIÓN kWh		
ENERO	996.148	790.848,00		
FEBRERO	716.176	747.099,00		
MARZO	641.039	703.400,00		
ABRIL	682.992	696.273,00		
MAYO	634.200	691.865,00		
JUNIO	494.293	648.158,00 806.377,00		
JULIO	587.563			
AGOSTO	605.379	817.899,00		
SEPTIEMBRE	598.926	699.589,00		
OCTUBRE	772.238	816.885,00		
NOVIEMBRE	706.712	710.016,00		
DICIEMBRE	816.269	723.651,00		
TOTALES	8.251.935,00	8.852.060,00		
PORCENTAJES 48% 52%				

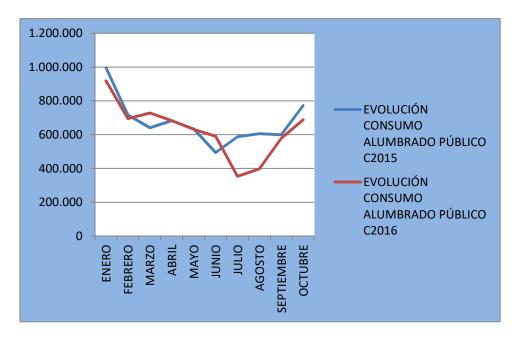
Tabla 3. Consumo por sistema de la Administración Local. Elaboración propia. Fuente Datos: Servicio de Industria y Energía de la Ciudad Autónoma de Ceuta.

Los datos de consumo disponibles, facilitados por el Servicio de Industria y Energía de la Ciudad Autónoma de Ceuta se presentan en la siguiente tabla:

EVOLUCIÓN CONSUMO ALUMBRADO PÚBLICO				
MES	C2015	C2016		
ENERO	996.148	918.315		
FEBRERO	716.176	695.235		
MARZO	641.039	727.608		
ABRIL	682.992	682.404		
MAYO	634.200	631.481		
JUNIO	494.293	590.505		
JULIO	587.563	352.904		
AGOSTO	605.379	397.535		
SEPTIEMBRE	598.926	578.313		
OCTUBRE	772.238	687.991		
TOTAL	6.728.954 6.262.291			
FACTURACIÓN	1.009.343 939.344			
AHORRO	69.999,45			

Tabla 4. Evolución del consumo del sistema de alumbrado público. Fuente: Servicio de Industria y Energía de la Ciudad Autónoma de Ceuta.

En la siguiente gráfica se puede observar la evolución de los consumos en el periodo enerooctubre de 2015 y 2016:



Gráfica 1. Evolución del consumo de energía eléctrica del sistema de alumbrado público. Elaboración propia. Fuente datos:

Servicio de Industria y Energía de la Ciudad Autónoma de Ceuta.

Si comparamos los consumos de 2015 y 2016 observamos que se produce un descenso en la anualidad 2016, fruto de las inversiones realizadas durante la anualidad 2015, con la sustitución de 1.200 luminarias convencionales por luminaria Led. Es importante resaltar que el efecto generando por esta actuación, destinada al incremento de la eficiencia energética del sistema de alumbrado público, se ve amortiguado por el incremento de la potencia total instalada del sistema durante la anualidad 2015. Durante esta anualidad se instalan 116 luminarias de 400W, lo que repercute en una reducción de los datos de ahorros totales del sistema, a pesar de ello el ahorro obtenido se puede apreciar.

La única fuente de energía del sistema de alumbrado eléctrico es la electricidad, esta energía conlleva complementos como son el término de energía de potencia y el consumo de energía reactiva asociada a la luminaria convencional instalada. Los ratios característicos del sistema se muestran a continuación:

Gasto de energía por kWh: 0,15 €/kWh

Este precio es un precio promedio, calculado dividiendo el coste total del suministro energético entre el consumo contabilizado a 2015. Este es el precio que se emplea para el cálculo de ahorros económicos vinculados a ahorros energéticos.

Emisiones de CO₂ por consumo de electricidad: 0,71 KgCO2/kWh

Se aplica el factor de conversión propuesto por el documento, "Factores de emisión de CO_2 de diferentes fuentes de energía final consumidas en el sector de edificios en España", publicado en Resolución conjunta de los Ministerios de Industria, Energía y Turismo, y de Fomento, cuya aplicación entró en vigor el 14 de enero de 2016.

Teniendo en cuenta la amplia tipología de luminarias y variedad de potencias instaladas actualmente, se emplea una potencia media de reducción para el cálculo de los ahorros asociados a la sustitución de luminaria.

Reducción de la potencia: 139.84 W/luminaria sustituida

Empleando los ratios señalados se dibuja un perfil del sistema actual en relación al coste económico y la huella de carbono asociada:

DATOS DE REFERENCIA			
HUELLA DE CARBONO 2015 KgCO _{2eq}	5.858.873,85		
CONSUMO ENERGÉTICO 2015 kWh	8.251.935		
CONSUMO ECONÓMICO €	1.214.009,64		

Tabla 5. Datos de referencia empleados para la elaboración del diagnóstico energético. Elaboración propia. Fuente de datos:

Servicio de Industria y Energía de la Ciudad Autónoma de Ceuta.

4. LA ESTRATEGIA

4.1.- DISEÑO DE LA ESTRATEGIA

Considerando que el estado del sistema condiciona el consumo y nivel de facturación actual se analizan medidas estándar de mejora del rendimiento del sistema de alumbrado público en la búsqueda de las alternativas aplicables al sistema de la ciudad, éstas son:

- Reducir las horas de funcionamiento:

Resulta importante garantizar que las luces están en funcionamiento únicamente cuando es necesario, y que sólo estén en funcionamiento cuando la cantidad de luz diurna sea inferior a un nivel determinado. Esto se puede lograr utilizando y optimizando un sistema de conmutación fotoeléctrica, que deberá encontrarse en buen estado para su correcto funcionamiento.

- Reducir la potencia y/o el número de farolas en funcionamiento:

Para poder calcular el ahorro deberán analizarse las instalaciones en cuestión de manera individual.

- Sustituir las fuentes luminosas ineficientes por otras eficientes:

Sustituyendo la luminaria convencional por luminaria LED, este tipo de luminaria además posee beneficios adicionales:

- Vida útil muy amplia, de entre 30.000 y 40.000 horas
- Flujo luminoso regulable

 Reducción del coste de mantenimiento al tener una vida útil muy superior a las convencionales se reducen costes de mantenimiento al reducir la frecuencia del reemplazo.

4.2.- DEFINICIÓN DE ACTUACIONES

El objetivo de esta estrategia es mejorar la eficiencia y ahorro energético de las instalaciones, adecuando y adaptando éstas a la normativa vigente, implantando las luminarias, lámparas, equipos, sistemas de regulación y control, etc. idóneos que permitan conseguir los criterios de calidad demandados con la mayor eficiencia y ahorro energético.

Del análisis realizado se desprende que existe un importante potencial de ahorro en el sistema de alumbrado público de la Ciudad, basado en las siguientes actuaciones:

- 1. Sustitución de luminaria convencional por luminaria led
- 2. Empleo de interruptores astronómicos
- 3. Empleo de sistemas de regulación por lámpara

La actuación principal es la sustitución de la luminaria por luminaria significativamente más eficiente, basada en la tecnología LED, siendo esta acompañada por otras actuaciones que complementan y optimizan el funcionamiento y rendimiento del sistema.

Para el diseño e implementación de la estrategia el Servicio de Industria y Energía de la Ciudad Autónoma de Ceuta define 12 distritos que abarcan la totalidad del sistema de alumbrado público exterior de Ceuta, a excepción de la iluminación ornamental y de edificios, sobre los que desarrollar las actuaciones destinadas al incremento de la eficiencia energética del sistema, a continuación se muestra un breve resumen de las luminarias a sustituir en cada distrito.

DISTRITO	LUMINARIAS	COLUMNAS
DISTRITO 1	1446	127
DISTRITO 2	84	252
DISTRITO 3	750	124
DISTRITO 4	486	66
DISTRITO 5	264	123
DISTRITO 6	748	191
DISTRITO 7	477	140
DISTRITO 8	589	90
DISTRITO 9	793	227
DISTRITO 10	529	176
DISTRITO 11	626	294
DISTRITO 12	126	87
TOTAL	7.014	1.897

Tabla 6. Actuaciones del Plan por distritos. Fuente: Servicio de Industria y Energía de la Ciudad Autónoma de Ceuta.

Teniendo en cuenta que del total de luminarias del sistema de alumbrado público asciende a 11.474 luminarias y que la experiencia en sustitución de la luminaria convencional a Led ya ha

sido iniciada, con este planteamiento la ciudad alcanzaría prácticamente el 86% de la luminaria de alta eficiencia, apoyada con sistemas auxiliares que garantizarían su máximo rendimiento.

Un planteamiento basado en la experiencia

Hasta la fecha la ciudad ha venido desarrollando un esfuerzo significativo en incrementar la eficiencia energética del alumbrado público exterior, desarrollando actuaciones a pequeña escala, fundamentalmente dirigidas a la sustitución de la luminaria convencional por luminaria LED. Durante la anualidad 2015 el Servicio de Industria y Energía sustituyó 1.200 luminarias, con una reducción de la potencia instalada de 163.203 W y actualmente se encuentra en ejecución de actuaciones destinadas a la sustitución de otras 1.634 luminarias, con una reducción de potencia asociada de unos 222.228 W.

Realizando un análisis de resultados parcial, pues tan solo se disponen de los datos hasta septiembre de 2016, de la efectividad sobre el incremento de la eficiencia energética de las 1.200 luminarias instaladas (10% aproximadamente del sistema), se observa una reducción del 6% sobre el total del consumo del periodo 2015, con un ahorro de 79.315 euros, un 6,5% sobre el montante de facturación del mismo periodo a 2015.

Esta experiencia constata la efectividad de esta tecnología en el incremento de la eficiencia energética de los sistemas de alumbrado público.

4.2.1- Sustitución de luminaria

Los Diodos Emisores de Luz (LED: Lighting Emiting Dlode) están basados en semiconductores que transforman directamente la corriente eléctrica en luz. No poseen filamento, por lo que tienen una elevada vida (hasta 50.000 horas) y son muy resistentes a los golpes. Además, son un 81% más eficientes que las lámparas de mercurio (un 90% si son regulables) y un 65% más eficientes que las de sodio de alta presión (74% regulables).

La luz blanca led tiene la posibilidad de transformar el paisaje urbano nocturno, no sólo desde el punto de vista estético, sino también desde la perspectiva de la seguridad y la eficiencia energética. Usando la luz blanca se puede reducir el coste de explotación — además de las emisiones de CO2, que se sitúan a un nivel inferior al que nunca se habría imaginado- y se obtiene una calidad de iluminación superior.

Con la entrada del nuevo Reglamento de Eficiencia Energética en las Instalaciones de Alumbrado Exterior (REEIAE) los niveles instalados en la mayoría de las ciudades se deben disminuir para garantizar un uso óptimo de la energía. Lo que podía ser un problema de sensación de inseguridad para los ciudadanos, gracias a la luz blanca neutra de los LEDs se transforma en una oportunidad de mejorar la calidad de la luz y su percepción a la par que disminuir las potencias instaladas.

En las siguientes imágenes, podemos observar la diferencia entre la reproducción cromática de las lámparas LED y la de las de VSAP, en la barriada Zurrón, objeto de actuaciones desarrolladas.

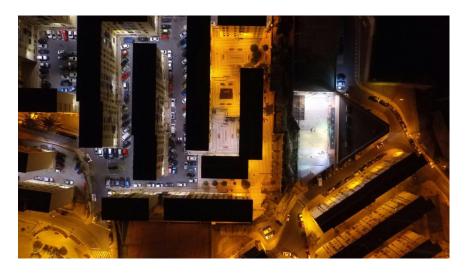


Imagen 1. Imagen aérea de la Barriada Zurrón de Ceuta en la que se observan las diferencias entre iluminación instalada convencional y nueva luminaria LED instalada.

La conservación del ambiente nocturno implica la reducción de la "luz innecesaria" durante la noche, al mismo tiempo que se mantiene un nivel seguro de visibilidad.

Si comparamos un farol clásico de Vapor de Sodio de Alta Presión sin bloque óptico, vemos como menos del 20% de la luz es usada en la calzada, mientras que la lámpara de LED dirige más del triple en esa zona. Además este farol emitirá más del 40% de su flujo al hemisferio superior, mientras que el LED apenas emite un 1%. Esta es la mejor explicación de cómo se consigue el ahorro energético entre una fuente con mayor paquete lumínico frente a otra de menor paquete lumínico pero de mayor eficiencia en su uso.

4.2.2.- Empleo de Interruptores horarios astronómicos

Se pretende que la totalidad del sistema se encuentre controlado con interruptores astronómicos.

Estos interruptores horarios incorporan un programa especial que sigue los horarios de ortos y ocasos de la zona geográfica donde esté instalado. Esta característica tiene la importante ventaja de que no es necesaria la reprogramación manual y periódica de los tiempos de encendido y apagado. Además, tienen la posibilidad de poder retrasar o adelantar de manera uniforme estos tiempos de maniobra, consiguiendo con ello un ahorro adicional. Estos interruptores horarios deben disponer de dos circuitos independientes, uno para el encendido y apagado total del alumbrado y otro para las órdenes de reducción y recuperación de flujo luminoso, durante las horas de menos necesidad de todo el flujo. Existen modelos que permiten incorporar días especiales, en los que las maniobras son distintas debido a festividades, fines de semana, etc. Finalmente, no hay que olvidar que para que el interruptor horario no derive la ejecución de las maniobras a lo largo del tiempo, debe cumplir con una buena base de tiempos y un ajuste adecuado de su precisión de marcha.

Éstos interruptores son empleados en la actualidad en el sistema de alumbrado público, lo que se pretende es generalizar su empleo, eliminando los interruptores analógicos que aún se

encuentran operativos, contribuyendo esta medida a la eficacia del control del sistema, evitando consumos innecesarios.

4.2.3.- Empleo de sistemas de regulación

La ventaja principal de este sistema es que permite regular los niveles de iluminación predefinidos basados en el tiempo de funcionamiento nocturno, siendo posible configurar hasta 5 niveles e intervalos de tiempo.

A modo de resumen, las ventajas de los estabilizadores de tensión y reductores de flujo luminoso en cabecera de línea son:

- Prolonga la vida de las lámparas.
- Disminuye el coste de mantenimiento.
- Mantiene la uniformidad del alumbrado.
- Evita consumos innecesarios.

4.3.- RESULTADOS ESPERADOS

Con la aplicación de esta estrategia en torno al 90% de las luminarias pertenecientes al alumbrado público de la Ciudad Autónoma será de tipo Led, generando importantes ahorros económicos a la vez que se maximiza la sostenibilidad ambiental de la instalación, con una importante reducción de la huella de carbono asociada a su funcionamiento.

El 10% restante corresponde a luminaria no adaptable a este tipo de tecnología actualmente.

Planteando una reducción de la potencia media de 136 w por luminaria, y teniendo en cuenta las actuaciones desarrolladas por la Ciudad Autónoma de Ceuta anteriores al planteamiento de esta estrategia, se estima que la reducción del consumo en torno al 60%, generando una reducción aproximada de emisiones de CO₂ a la atmósfera de 3.568 Tn y un ahorro económico en torno a los 750.000 € anuales.

ACTUACIONES	NÚMERO LUMINARIAS	REDUCCIÓN POTENCIA (w)	AHORRO EN Kw/h	AHORRO ECONÓMICO	AHORRO Kg CO2eq
EJECUTADO	1.200	167.781	612.401	91.860	434.805
EN EJECUCIÓN	1.634	228.462	833.886	125.083	592.059
ACTUACIONES PLAN	7.014	980.685	3.579.502	536.925	2.541.446
TOTALES	9.848	1.376.928	5.025.789	753.868	3.568.310

Tabla 7. Resumen resultados por actuaciones en materia de eficiencia energética sobre el sistema de alumbrado público. Elaboración Propia. Fuente datos: Servicio de Industria y Energía de la Ciudad Autónoma de Ceuta.

Teniendo en cuenta los sistemas auxiliares de control del sistema se estima que el ahorro se incrementará en un 3% adicional, llegando el ahorro energético a rondar los 5.176.562.3 kWh.

Además, se calcula que el ahorro económico sufrirá una incremento adicional de en torno a un 5%, en base a la reducción del término de potencia, posibilitado por el desarrollo de la actuaciones contenidas en el plan, alcanzándose un ahorro cercano al 70% del coste actual del servicio.

RESULTADOS GLOBALES ESTIMADOS										
NÚMERO LUMINARIAS LED	% SUSTITUCIÓN		% AHORRO SOBRE CONSUMO	AHORRO ECONÓMICO	% AHORRO SOBRE COSTE	AHORRO TN CO2eq				
9.848	0,86	5.176.562,3	0,62	815.309	0,64	3.675.359,2				

Tabla 8. Resultados globales estimados. Elaboración propia.

Además esta intervención posibilita:

- Adecuar los requerimientos y características técnicas de las instalaciones a las recomendaciones y normativas vigentes.
- Fomentar el uso racional de la energía sin perjuicio de la seguridad de los usuarios.
- Mantener al máximo posible las condiciones naturales de las horas nocturnas, en beneficio de los ecosistemas en general.
- Ahorro energético, ya que se evita el pago innecesario de energía mal aprovechada.
- Mayor respeto y conservación del medio ambiente, pues se disminuyen considerablemente las emisiones de CO2, lo que contribuye al bienestar general y se contribuye a los objetivos nacionales y europeos en materia de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero.

5. ANÁLISIS ECONÓMICO

5.1.- INVERSIÓN EN LUMINARIAS LED

La inversión total en luminarias para el alcance de los objetivos contemplados en esta estrategia asciende a 4.548.406 €, y se estima generará los resultados indicados en la tabla 9.

PLAN	INVERSIÓN (€)	NÚMERO DE LUMINARIAS	AHORRO ENERGÉTICO (kWh)	AHORRO ECONÓMICO (€/año)	REDUCCIÓN HUELLA Kg CO2eq	PERIODO DE RETORNO (Años)	% AHORRO COSTE ALUMBRADO
FEDER	3.765.680	5.847	2.983.942	447.591	2.118.599	8,41	36,87%
PLAN DE BARRIADAS	782.726	1.167	595.560	89.334	422.847	8,76	7,36%
TOTALES	4.548.406	7.014	3.579.502	536.925	2.541.446	8,47	44,23%

Tabla 9. Inversiones y resultados. Elaboración Propia.

5.1.1.- Plan de barriadas

Este plan contempla la sustitución de alrededor de 1.897 columnas y 1.170 luminarias con una inversión aproximada de 3.800.000 €.

Este plan destina 782.726 euros a la sustitución de luminaria convencional por luminaria LED.

El resto de inversiones hasta alcanzar el total está destinado a la sustitución de cuadros y canalizaciones, en torno a 362.300 €, y el resto a la sustitución de columnas.

5.1.2.- Programa Operativo FEDER

Se planifica que el programa operativo FEDER para Ceuta 2014-2020, contribuya al cumplimiento de este objetivo local, contribuyendo a la ejecución de la presente estratégia para la mejora de la eficiencia energética del servicio de alumbrado público de la Ciudad Autónoma de Ceuta.

Se espera que las inversiones programadas en el marco de este objetivo temático contribuyan a la reducción de al menos 36 % de la energía consumida, a través de la ejecución de inversiones destinadas fundamentalmente a la sustitución de luminaria convencional por luminaria LED.

5.2.- OTRAS ACTUACIONES

Las actuaciones en materia de interruptores astronómicos y de control del sistema, descritas en el punto 4 no se encuentran cuantificadas, ya que han sido consideradas actuaciones complementarias y su implementación queda garantizada con la actuación sobre cada distrito.

6. BIBLIOGRAFÍA

- 1. Inventario de las instalaciones de alumbrado público y red semafórica pertenecientes a la Ciudad Autónoma de Ceuta.
- Segundo Plan de Acción Nacional de Eficiencia Energética de España 2011-2020. Instituto de Diversificación y Ahorro Energético. Acuerdo del Consejo de Ministros de 29 de julio de 2011.
- 3. Estrategia de Eficiencia Energética de Euskadi 2015. Gobierno vasco.
- 4. Eficiencia Energética en el Alumbrado Público. Escuela de Ingeniería y Arquitectura de Zaragoza.
- 5. Factores de emisión de CO₂ y coeficientes de paso de energía primaria de diferentes fuentes de energía final consumidas en el sector de edificios en España. Resolución conjunta de los Ministerios de Industria, Energía y Turismo y Ministerio de Fomento.

7. ANEXOS

Anexo 1: Inventario de las instalaciones de alumbrado público y red semafórica pertenecientes a la Ciudad Autónoma de Ceuta

Anexo2: Cálculos de ahorro energético