

# Mejora de las instalaciones y de la eficiencia energética en el alumbrado de un aparcamiento público

Fernando Blanco Silva, Alfonso López Díaz y Álvaro Piñeiro Fernández

*Improvement of facilities and energetic efficiency in the lighting of a public car park*

## RESUMEN

Este trabajo describe la reforma de la instalación de alumbrado público del aparcamiento de las facultades de Matemáticas y Biología en el Campus Vida de la Universidad de Santiago de Compostela (USC). Esta propuesta consiste en la retirada de una instalación poco eficiente, con abundante contaminación lumínica debida a las farolas tipo globo, y la instalación de otra más eficiente y con impacto ambiental y consumo de energía menores. También incluye un pequeño resumen de la normativa de las subvenciones y las posibilidades de obtenerlas para actuaciones similares.

Recibido: 8 de octubre de 2010

Aceptado: 24 de enero de 2011

## ABSTRACT

*This assignment describes the improvement of the public lighting installation at the parking of the medical and biology faculty at the Vida Campus of the Santiago de Compostela University (USC). This proposition consists of the removal of a less performing installation, with a lot of light contamination due to the spherical lampposts, and the installation of another one more efficient with less environmental impact and less energy consumption. It also includes a small summary of the grant's rules and the options to get them linked to similar exercises.*

Received: October 8, 2010

Accepted: January 24, 2011

## Palabras clave

Alumbrado, eficiencia energética, contaminación lumínica, potencia eléctrica, Protocolo de Kioto

## Keywords

*Illumination system, energy efficiency, light pollution, electrical power, Protocol of Kyoto*



Foto: Pictelia

Desde la aprobación del Protocolo de Kyoto (1997) las Administraciones públicas de los países miembros de la UE han hecho importantes esfuerzos para limitar el consumo de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). El principal causante de estas emisiones ha sido el consumo de energía y, con el fin de reducirlo se han concentrado los esfuerzos en las siguientes direcciones:

*a)* Disminuir la demanda de energía útil, que es la energía demandada por el consumidor.

*b)* Aumento de la eficiencia energética utilizando nuevas tecnologías, es decir, que para una misma energía útil la energía primaria necesaria sea menor.

*c)* Potenciar las fuentes de energía menos contaminantes (como gas natural y fuentes renovables) que sustituyan a las fuentes convencionales más contaminantes (carbón y derivados petrolíferos).

Estos esfuerzos se han aplicado en muchos sectores de la sociedad como el alumbrado, el transporte, la calefacción y el aire acondicionado, cerramientos de viviendas y producción de agua caliente sanitaria. En alumbrado los esfuerzos han sido muchos, debidos principalmente a la baja eficiencia energética de las lámparas, entre el 8% en las incandescentes y un máximo del 35-40% en vapor de

sodio de alta presión, perdiéndose el resto de la energía en forma de calor. Algunas herramientas aprobadas han sido:

– Eliminación de los sistemas de baja eficiencia energética, en particular las lámparas incandescentes.

– Mejora de las tecnologías existentes en luminarias, lámparas y en equipos auxiliares (p. ej., la sustitución de las tradicionales reactancias electromagnéticas por otras de tipo electrónico).

– Promoción de instrumentos que mejoren el rendimiento energético como relojes astronómicos, fotocélulas, detectores de presencia...

– Asegurar la eficiencia energética de las instalaciones de los nuevos edificios. Esto está recogido en el *Documento Básica Ahorro de Energía del Código Técnico de la Edificación*<sup>1</sup>, en su instrucción HE3: *Ahorro de Energía en iluminación* para edificios de viviendas y administrativos.

Las actuaciones para disminuir el consumo de energía tienen una rentabilidad discutible desde el punto de vista del usuario, por lo que es necesaria la existencia de subvenciones, tanto para las nuevas como para el saneamiento de las existentes. Las subvenciones tienen como fin conseguir los objetivos que marcados en el documento *Estrategia de Ahorro y Eficiencia Energética en España 2004-2012*

y se deben a la colaboración entre organismos estatales (Ministerio de Industria, Turismo y Comercio e Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía [idea]) y los organismos equivalentes de las comunidades autónomas y actualmente las subvenciones son gestionadas por estas últimas. Los fondos provienen de la Unión Europea (Fondos Feder), Ministerio de Industria y de las propias comunidades autónomas. En el caso de Galicia, estas subvenciones se conceden de forma anual, y la convocatoria de 2010 es la resolución de 21 de julio de 2010 por la que se establecen las bases reguladoras para la concesión, en régimen de concurrencia competitiva, de subvenciones a proyectos de ahorro y eficiencia energética correspondiente al ejercicio 2010, cofinanciadas por el Feder en el marco del programa Feder-Galicia 2007-2013 y se procede a su convocatoria (publicado en el *Diario Oficial de Galicia* de 28 de julio de 2010).

Las convocatorias son distintas para cada comunidad autónoma, aunque, en general, incluyen la realización de tareas en el sector de la industria, el transporte, la edificación, el alumbrado público y semáforos, la transformación de energía y la agricultura. Las actividades subvencionables son tanto la elaboración de

documentación (auditorías energéticas, estudios de viabilidad, planes de transporte, etcétera) como las actuaciones en sí (renovación de instalaciones, instalaciones nuevas, sustitución de equipos deteriorados o de bajo rendimiento energético, aplicación de nuevas tecnologías y demás). En esta convocatoria no están recogidas las actividades relacionadas con la investigación y desarrollo. Entre las líneas de actuación de la convocatoria en Galicia se incluye la línea IN417P, correspondiente a la renovación de las instalaciones de iluminación pública exterior y renovación de semáforos dirigido a servicios públicos, dotada con 4.500.000 de euros. Los criterios de valoración para cada subvención son:

- Ahorro y eficiencia energética: 50%.
- Mejora ambiental adicional a la obtenida por motivos energéticos: 15%.
- Existencia de auditoría energética o informes específicos previos elaborados por técnicos competentes y con experiencia en la materia: 15%.
- Relación ahorro/inversión: 20%.

A esta línea pueden acogerse Ayuntamientos, instituciones públicas, empresas públicas o privadas, comunidades de propietarios y otras entidades que sean

titulares o concesionarias de instalaciones de iluminación exterior cuyo flujo luminoso incida sobre una vía pública.

### Material y métodos: descripción de la propuesta

#### Características generales

Nuestra propuesta es la mejora de las instalaciones de alumbrado de un aparcamiento público situado en las facultades de Matemáticas y Biología de la Universidad de Santiago (USC). Dicho aparcamiento tiene una superficie de 2.000 m<sup>2</sup>, se encuentra en la parte posterior de los edificios y sus farolas son de tipo globo. El sistema de alumbrado actual es muy deficiente y está compuesto por 15 luminarias tipo globo, con una lámpara de vapor de sodio de alta presión por luminaria 150 W (la potencia total de la instalación existente son 2,25 kW); la instalación sólo tiene la posibilidad de funcionar con un nivel, es decir, que sólo discrimina entre apagado y encendido, y es regulada por una fotocélula con unas 4.500 horas de funcionamiento equivalente cada año, por lo que el consumo anual es del orden de los 10.125 kWh, con un coste aproximado en torno a 1.100

euros anuales más IVA (a razón de unos 11 céntimos/kWh más IVA). El principal problema de esta instalación no es tanto su consumo excesivo, sino que en las proximidades del aparcamiento se sitúa el observatorio astronómico Aller Ulloa, de la Universidad de Santiago de Compostela. Este observatorio ha mostrado sus quejas debido al impacto de la contaminación lumínica, en particular, debido a las luminarias tipo globo. Otro dato importante de la instalación de alumbrado actual es que las reactancias son de tipo electromagnético.

Para corregir la situación la unidad de energía y sostenibilidad de la USC le ha propuesto al vicerrectorado de Economía el saneamiento de la instalación, consistente en la eliminación de las farolas tipo globo y sustitución por luminarias más eficientes. Además, reduciríamos a 13 el número de puntos de luz y la potencia unitaria de cada lámpara bajaría desde 150 W a unos 100 W; la potencia total disminuirá desde los 2,25 kW hasta 1,3 kW, mejorando los niveles de alumbrado desde 6 lux a 30 lux. La nueva instalación irá dotada de un reloj astronómico y en cada punto de luz se incorpora regulación electrónica, que permitiría el funcionamiento

Foto: Pictelia



con cinco niveles de luminosidad. Con estos cambios el número de horas equivalentes se reduce hasta unas 3.150 horas anuales. El nuevo consumo de energía estará en torno a los 4.000 kWh al año, siendo su coste aproximado (con los valores actuales del precio de la energía) de unos 450 euros al año más IVA. Podemos ver que el ahorro anual es de unos 6.125 kWh, por lo que el primer año el económico actual será de unos 675 euros, que será actualizado en los años posteriores al aumentar el precio de cada kWh. Esta propuesta se redactó en verano de 2010 y se prevé que se realice durante este 2011.

### Requisitos para la obtención de subvenciones

A la hora de estudiar la posible viabilidad de la actuación se calculó el periodo de retorno y se comprobó que este era demasiado largo sin existencia de subvenciones, por lo que consideramos que es imprescindible la percepción de esta, y para eso se deben cumplir las exigencias de la misma:

– Sólo será subvencionable una línea de ayuda cuya subvención total no superará los 100.000 euros.

– Se incluirá la renovación de las instalaciones de iluminación pública existentes basadas en tecnología pasada, por otras actuales y más eficientes, aplicando criterios de ahorro y eficiencia energética según el Real Decreto 1890/2008 de 14 de noviembre que consigan calificación energética A o B, descartándose las clasificaciones C e inferiores.

– Elaboración de una auditoría energética previa según el modelo disponible en la página web del Instituto Energético de Galicia ([www.inega.es](http://www.inega.es)).

– Los conceptos que subvencionar son la reforma de líneas e instalaciones eléctricas existentes o la realización de proyectos de ingeniería. La convocatoria excluye explícitamente la ampliación de los puntos de luz.

– Las instalaciones subvencionables son: iluminación de vías (funcional y ambiental), iluminaciones específicas e iluminaciones ornamentales. No serán subvencionables la iluminación para vigilancia y seguridad nocturna, de señales, anuncios luminosos ni la festiva ni de Navidad.

– El sistema de encendido irá dotado de un reloj astronómico.

– Las lámparas irán dotadas con un rendimiento lumínico mínimo de 65 lm/W.

– Las luminarias nuevas serán cerradas con alojamiento de equipo y tendrán como características mínimas IP 44 en el

Habitantes del ayuntamiento	Cuantía máxima subvencionable
Menos de 5.001	70%
De 5.001 a 10.000	65%
De 10.001 a 20.000	60%
De 20.001 a 50.000	55%
Más de 50.000	50%

Tabla 1. Cuantía máxima subvencionable.

Partida	Subvención máxima
Cuadro de mando, protección y medida	3.640 €
Punto de luz sin apoyo	510 €
Punto de luz en columna, báculo o PH	1.000 €
Punto de luz en brazo	200 €
Partida alzada, máximo el 1% de la ejecución material	700 €

Tabla 2. Subvención máxima prevista para modificación de instalaciones de alumbrado.

equipo, IP 55 en la óptica, IK 08, clase eléctrica II y FHS igual o inferior al 5%.

– Las luminarias tendrán un sistema de doble nivel, independientemente de la potencia instalada.

– Cumplimiento del Decreto 1890/2008, de 14 de noviembre, por el que se aprueba el reglamento de eficiencia energética en instalaciones de alumbrado exterior y sus Instrucciones técnicas complementarias EA-01 a EA-07.

– Cada punto de luz tendrá como máximo dos luminarias.

Para el cálculo de la subvención se deben realizar dos consideraciones. Por un lado se establece una ratio máxima en función del número de habitantes del Ayuntamiento y, por otro, se estipulan precios máximos para algunos componentes de la instalación; de los dos valores obtenidos se subvencionará únicamente el más bajo. El porcentaje que subvencionar se puede ver en la tabla 1.

Con el fin de limitar los costes para los componentes la resolución marca un importe máximo que se subvencionará para cada componente, que podemos ver en la tabla 2.

Esto significa que si deseamos colocar un componente con un precio superior al citado sólo se subvencionará hasta el valor que marca la tabla; por ejemplo, si instalamos una luminaria de 2.000 euros en columna sólo se subvencionará la mitad de su coste.

### Descripción de los componentes elegidos y presupuesto

En cumplimiento de los criterios exigidos para poder acogerse a la línea de subvenciones antes citada se ha proyectado

la nueva instalación, con los elementos siguientes:

– 13 luminarias marca iGuzzini modelo Delphi Óptica Viaria de 100 W HIT/CDO-TT con FHS:0. Esta luminaria tiene rosca E40, flujo luminoso de 8.700 lm, eficacia luminosa de 87 lm/W, temperatura de color de 2.800° K, índice de reproducción cromática (IRC) de 85 Ra y cableado para lámparas de descarga aplicado a placa de acero en vano óptico. La protección es IP 66 (equipo y óptica), el acristalamiento es de clase II y resistente a 960° C. Las dimensiones del foco son 405x405x179 y la intensidad máxima son 555 cd/klm.

– Cada luminaria incluirá una lámpara modelo Master SON-T PIA Plus 100 W/220 E40 ISL de marca Phillips. Son lámparas de vapor de sodio de alta presión con tecnología PIA (Phillips Integrated Antenna), el tubo de descarga es cerámico y el bulbo exterior transparente; se trata de una lámpara libre de plomo. El casquillo es de rosca E40 y el peso de la pieza de 0,128 kg. El arrancador es externo y la vida al 50% de los fallos de 32.000 horas. La tensión de red son 230 V y el voltaje de la lámpara, 100 V. La intensidad es regulable y el IRC, de 25; la temperatura de color son 2.000° K. El flujo de la lámpara son 10.700 lúmenes, y la eficacia es de 107 lm/W. La luminosidad es de 400 cd/cm<sup>2</sup>. La temperatura de funcionamiento del casquillo son 250° C y de la lámpara 450° C.

Cada lámpara llevará regulación electrónica, son balastos de la marca iGuzzini, familia W-Saving, regulador autónomo de flujo para alumbrado público. Este balasto es un dispositivo electrónico

Instalación Descripción	Unidades	Precio por unidad (euros)	Precio de la partida (euros)
Modificación cuadro eléctrico, incluyendo: reloj	1	1.500	1.500
Punto de luz incluyendo luminaria y lámpara	13	1.000	13.000
Canalización en calzada de hormigón (m)	260	28,85	7.500
Base de hormigón para columna 5 m	13	70	910
Arqueta con marco e tapa de fundición	13	88,46	1.150
Conductor RV 0,6/1 kV 4x6 mm <sup>2</sup> (m)	310	3,70	1.150
Ejecución material			25.210
Gastos generales (13%)			3.277,30
Beneficio industrial (6%)			1.512,60
Precio antes de IVA			30.000
IVA (18%)			5.400
Precio final (después de IVA)			35.400

Tabla 3. Presupuesto desglosado de la instalación.

que permite el funcionamiento de la lámpara con cinco niveles de alumbrado en función de la intensidad lumínica exterior, consiguiendo ahorros hasta del 40% del consumo energético. Otras ventajas de la sustitución de las clásicas reactancias electromagnéticas por balastos electrónicos son la mayor durabilidad de las lámparas, mayor fiabilidad de la instalación en su conjunto y que la instalación va a requerir menos mantenimiento. Para las lámparas tipo HST de vapor de sodio de alta presión de 100 W y rosca E40 se utilizan los modelos W-Saving 250 V1, XR-21-27, que tienen temperatura de trabajo entre 20 °C y 45 °C, el grado de protección es IP43 y sus dimensiones son 107x246x40 mm; el peso de cada balasto electrónico es de 1,8 kg y llevan incorporado el marcado CE.

La regulación del encendido se realizará mediante un reloj astronómico de la marca Orbis, modelo Astro Nova City. Este reloj va a regular el funcionamiento del alumbrado a partir del ciclo anual del Sol, de forma que se evita el encendido en momentos de baja radiación solar antes del ocaso. Estos relojes funcionan con corriente monofásica a tensión de 120 o 230 V, y su poder de rotura es de 2x16 A, con un consumo aproximado de 1 W. La autonomía de dicho reloj es de cuatro años (pila de litio), tiene cambio automático para el horario de verano/invierno y un grado de protección de IP20. Las dimensiones del reloj son 35x86x65 mm.

El presupuesto de toda la instalación asciende a 30.000 euros más IVA, tal como se puede ver en la tabla 3.

#### Calificación energética

Se ha realizado la modelización de la instalación actual (por sustituir) y la proyectada, de forma que hemos obtenido que la cualificación energética actual es tipo D y la nueva instalación energética será una tipo A, como se puede ver en la tabla 4.

Debido a que se cumplen todos los requisitos exigidos por el I.N.E.Ga para optar a la subvención, consideramos que se obtendrá el importe máximo. Éste será el valor mínimo de los dos calculados, que serán del 50% del importe con las limitaciones de los precios máximos; este segundo concepto no es limitante, ya que la modificación del cuadro eléctrico, punto de luz (luminaria y lámpara) están por debajo de su valor máximo, mientras que en el resto de componentes (canaliza-

ción, base de hormigón, arqueta y conductor eléctrico) no hay precios máximos, por lo que la cuantía máxima a recibir son 15.000 euros más IVA (el 50% del importe total); la Universidad de Santiago de Compostela desembolsará, por tanto, unos 15.000 euros más IVA.

#### Resultados y discusión: ahorro anual, periodo de retorno y reducción de emisiones de CO<sub>2</sub>

El ahorro anual es de unos 6.125 kWh cada año, durante primer año el precio del kWh es de unos 11 céntimos de euro y suponemos que la evolución anual del precio de la electricidad es de un aumento del 2%; haciendo los correspondientes cálculos obtenemos que el periodo de retorno de la inversión es de unos 17 años, como podemos ver en la tabla 5.

Figura 1. Luminarias marca iGuzzini modelo Delphi Óptica Vialia.



Figura 2. Lámpara modelo Master SON-T PIA Plus 100 W/220 E40 ISL de marca Phillips.



Situación	Actual	Propuesta
Potencia instalada (W)	2,25	1,3
Superficie a iluminar (m <sup>2</sup> )	2.000	
Iluminancia media en servicio de la instalación, con mantenimiento (lux)	6,19	30
Eficiencia energética de referencia (m <sup>2</sup> .lux/W)	14	19
Eficiencia energética de la instalación (m <sup>2</sup> .lux/W)	8,2	26
Índice de eficiencia energética	0,59	1,36
Índice de consumo energético (ICE)	1,70	0,73
CUALIFICACIÓN ENERGÉTICA	D	A

Tabla 4. Cualificación energética de las instalación actual y la propuesta.

Año	Precio (€/kWh)	Ahorro anual (€)	Ahorro acumulado (€)
0	0,110	673,75	673,75
1	0,112	687,23	1.360,98
2	0,114	700,97	2.061,94
3	0,117	714,99	2.776,93
4	0,119	729,29	3.506,22
5	0,121	743,87	4.250,10
6	0,124	758,75	5.008,85
7	0,126	773,93	5.782,78
8	0,129	789,41	6.572,18
9	0,131	805,19	7.377,37
10	0,134	821,30	8.198,67
11	0,137	837,72	9.036,40
12	0,140	854,48	9.890,87
13	0,142	871,57	10.762,44
14	0,145	889,00	11.651,44
15	0,148	906,78	12.558,22
16	0,151	924,91	13.483,13
17	0,154	943,41	14.426,55
18	0,157	962,28	15.388,83

Tabla 5. Cálculo del periodo de retorno de la inversión.

Figura 3. Imagen de las luminarias existentes en la actualidad (globos).



Podemos pensar que este periodo de retorno es demasiado largo, pero debemos considerar que la elección de esta actuación no depende exclusivamente del periodo de retorno, sino que se deben considerar otros aspectos importantes, en particular debemos recordar que se evita la contaminación lumínica en las proximidades del Observatorio Astronómico de la Universidad de Santiago de Compostela. Otros parámetros a favor de la instalación es que evitamos la mala imagen de un aparcamiento universitario con farolas de tipo globo y que se mejora la seguridad en el entorno, al pasar de 6 lux a unos 30 lux.

Para el cálculo de las emisiones reducidas debemos considerar que cada kWh consumido supone la emisión de unos 0,35 kg. Con la actuación prevista se reducirá el consumo de unos 5.000 kWh cada año, por lo que la reducción de emisiones es de unos 1.750 kg de CO<sub>2</sub> cada año.

#### Notas

1. Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación.

#### Bibliografía

- Celma AR, Miranda MT, Fernández JA, Awf Abdul-Rahma A (2000). Consideraciones energéticas en iluminación ornamental. *Montajes e Instalaciones: Revista técnica sobre la construcción e ingeniería de las instalaciones* 345:81-86.
- Menéndez Pérez, E (2005). El compromiso de Kyoto en España: la necesidad de hacer las cuentas. *Ingeniería Química* 424: 146-158.
- Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energía (2008). *Protocolo de auditoría energética de las instalaciones de alumbrado público exterior*. Disponible en: [http://www.idae.es/index.php/mod.documentos/mem.descarga?file=/documentos/\\_Protocolo\\_de\\_Auditoria\\_de\\_Alumbrado\\_Publico\\_023d5bd3.pdf](http://www.idae.es/index.php/mod.documentos/mem.descarga?file=/documentos/_Protocolo_de_Auditoria_de_Alumbrado_Publico_023d5bd3.pdf)

**Fernando Blanco Silva**

oxestin@usc.es

Ingeniero industrial y responsable de Energía y Sostenibilidad de la Universidad de Santiago de Compostela.

**Alfonso López Díaz**

alfonso.lopez@ucavila.es

Responsable de la titulación de ingeniería técnica industrial de la Universidad Católica de Ávila.

**Álvaro Piñeiro Fernández**

conservacion@davina.com

Ingeniero técnico industrial y técnico superior en PRL de la empresa Davina de Santiago de Compostela.