

Ficha del Proyecto

Nombre: Mejora de la eficiencia energética de un sistema de alumbrado público

Categoría: Alumbrado urbano

Fecha Inicio: septiembre 2013

Fecha Fin: prevista para enero 2017

Descripción: Este proyecto está centrado en el análisis de las mejoras obtenidas a nivel de eficiencia energética y de rentabilidad económica gracias a la implantación progresiva de una Auditoría Energética de la instalación de alumbrado público del Municipio de Xilxes elaborada por los servicios técnicos municipales en septiembre de 2013. Tras la auditoría realizada se decidió implantar progresivamente la sustitución de lámparas y luminarias de forma progresiva en diferentes sectores. Con esta renovación, dicho sistema de alumbrado pasará de estar compuesto inicialmente por lámparas de descarga de vapor de sodio de alta presión y algo de vapor de mercurio, a lámparas de halogenuros metálicos y también lámparas con tecnología LED. Para poder evaluar la reducción de consumo energético conseguido se dispone de la medida del gasto de electricidad de uno de los sectores de alumbrado de la localidad, recogido a través de las facturas tanto previas a la sustitución como de las posteriores al proceso de cambio. Se sabe en este sentido que la comparativa entre unas y otras es realista dado que el número de horas en que el alumbrado es utilizado se mantiene constante antes y después del cambio. Dentro de estas facturas, la magnitud utilizada para realizar la comparación es principalmente los kWh que se consumen al mes para alumbrar una de las zonas del poblado interior de Xilxes, manteniendo unos niveles de calidad (iluminancia y uniformidad) que si bien se reducen tras el cambio siguen siendo suficientes para cumplir con la normativa vigente (Real Decreto 1890/2008).

Ubicación: Municipio de Xilxes situado en la costa de la provincia de Castellón (2.750 habitantes).

1. Antecedentes.

El creciente interés suscitado en nuestra sociedad por la eficiencia energética juntamente con el continuo desarrollo de tecnologías de alumbrado cada vez más eficientes, favorecen un clima propenso para que ayuntamientos y organismos públicos, responsables y concienciados, inicien proyectos de mejora en sus respectivos sistemas de alumbrado. Al mismo tiempo, la difícil situación económica que atraviesa nuestro país en estos últimos años, y que se ve claramente agudizada a nivel de las administraciones locales, dificulta sobremanera el llevar a cabo este tipo de iniciativas dado que las posibilidades de endeudamiento de las mismas son prácticamente nulas y su financiación limitada. También es cierto que esta misma situación económica favorece que las administraciones se interesen por proyectos que reduzcan su gasto corriente.

En este contexto, y de la mano de un programa de ayudas de la Diputació Provincial de Castelló, el Ayuntamiento de Xilxes decidió hace ya dos años dar un paso adelante y renovar en este periodo temporal gran parte del alumbrado exterior de la localidad (el correspondiente a 11 de los 16 cuadros de alumbrado que alimentan todo el término municipal, Fig. 1).



Fig. 1. Distribución por sectores de alumbrado del poblado interior del municipio.

Con este proyecto de renovación, se han ido sustituyendo tecnologías más tradicionales como las lámparas de vapor de sodio de alta presión y vapor de mercurio, instaladas a lo largo y ancho del término municipal hasta ese momento, por otra tecnología como es la de halogenuros metálicos. Las nuevas lámparas instaladas, si bien no son más eficientes en sí mismas que las anteriores, introducen una mejor reproducción de colores (presentan mayor IRC) y una tonalidad o color más agradable que sus predecesoras. Además, permiten utilizar nuevas ópticas reaprovechando los modelos existentes de luminaria. De este modo, mediante una buena redistribución del flujo luminoso y la consiguiente reducción de la contaminación lumínica se obtiene un nivel de alumbrado similar con un mejor rendimiento energético del conjunto y la pertinente reducción del consumo eléctrico. Finalmente, señalar que la progresiva disminución del coste de las tecnologías basadas en LED, principal inconveniente de las mismas hasta el momento y que hizo descartarlas como opción en la Auditoría Energética del 2013, ha hecho replantear la posibilidad de utilizar esta opción en alguno de los sectores de alumbrado que quedan por modificar y que van a ser reemplazados a lo largo de 2015 y 2016. El caso que aquí se presenta analiza la viabilidad económica de una mejora en la eficiencia de una instalación de este tipo considerando todos los citados factores: eficiencia energética de las lámparas y uso de ópticas eficientes.

2. Proyecto

2.1. Medidas de eficiencia energética.

El sistema de alumbrado exterior de Xilxes está compuesto aproximadamente por 1800 farolas o puntos de luz distribuidos en 16 sectores con sus correspondientes cuadros de control y protección, y que se alimentan todos ellos en baja tensión a través de su correspondiente contador de compañía. Para mejorar la eficiencia energética del sistema de alumbrado exterior se han implantado distintas medidas de mejora.

La principal de las medidas consiste en la sustitución en los distintos sectores en los que se ha ido actuando hasta el momento (11 de los 16) de las históricamente utilizadas lámparas de vapor de sodio de alta presión por nuevos modelos muy eficientes de lámparas de descarga de halogenuros metálicos.

Cabe señalar que si bien las nuevas lámparas de halogenuros no son más eficientes que sus antecesoras de vapor de sodio, su geometría más compacta posibilita su uso en las mismas luminarias (ahorrando el coste de sustitución de las mismas) al tiempo que permite incorporar en dichas luminarias nuevos sistemas ópticos (reflectores y refractores) con muy bajo coste. Estos sistemas ópticos permiten direccionar de una forma excelente el flujo de luz de las nuevas lámparas optimizando su uso o proyección hacia las superficies de interés y reduciendo la contaminación lumínica del cielo. De este modo, con lámparas de menor potencia (se pasa de los 150 W por punto de luz de las lámparas de vapor de sodio a potencias de entre 60 W y 100 W por punto de luz con los halogenuros, dependiendo de la calle) se consigue un nivel de iluminancia de las calles bien similar al que se tenía antes de la sustitución. Así, con las nuevas lámparas de halogenuros y las ópticas introducidas se reduce el consumo de cada farola al tiempo que se mantienen unos niveles de calidad lumínica (iluminancia y uniformidad) suficientes como para cumplir con la normativa vigente (Real Decreto 1890/2008).

El motivo de instalar lámparas de halogenuros metálicos en lugar de las nuevas lámparas con tecnología LED que están inundando el mercado actualmente fue principalmente la diferencia de coste existente entre unas y otras en 2013, que es cuando se analizaron las distintas opciones en el marco de la Auditoría Energética. En aquel momento se estimó que la sustitución de cada punto de luz introduciendo halogenuros costaría unos 130€ por punto mientras que la alternativa con LED vendría a costar unos 500 € por punto, ya que esta opción requería el cambio de luminaria. De aquí que se descartara en su momento por la limitada capacidad de endeudamiento del Ayuntamiento. No obstante, en los cuadros que quedan por renovar y que se plantean abordar a lo largo de 2015 y 2016 si se está analizando de nuevo utilizar tecnología LED.

Con estas sustituciones, se ha conseguido reducir la potencia instantánea de consumo del sistema completo de alumbrado de la localidad desde los 307 kW iniciales (hace tres años) hasta los 195 kW actuales. Esta reducción será todavía mayor en el futuro cuando se ejecute la intervención en los cuadros de la localidad que todavía no se han renovado y que suman en conjunto unos 80 kW. Por tanto, se estima que se podría llegar a reducir la potencia instantánea aproximadamente hasta los 155 kW lo que supondría una reducción desde la situación inicial del 50%.

Además de la sustitución de lámparas y de la introducción de nuevas ópticas en las luminarias, también se estableció como medida de eficiencia energética la introducción de sistemas de regulación en todos los sectores a renovar. Sistemas que permiten reducir el consumo eléctrico de los sectores de alumbrado durante las horas de madrugada en las que la utilización del servicio de alumbrado municipal es mucho menor. Las tecnologías seleccionadas son el regulador de flujo en cabecera, los balastos electrónicos con doble nivel y balastos electrónicos punto a punto con curva de regulación preestablecida.

De este modo, a lo largo de las renovaciones se han ido incorporando en cada cuadro sistemas que permiten en el nuevo modo de operación del alumbrado reducir durante ciertas horas de la noche el consumo en aproximadamente un 30%.

Señalar finalmente que dado que cada uno de los 16 cuadros de mando y protección del alumbrado de Xilxes ha sufrido o sufrirá unas modificaciones y unas mejoras diferentes, y que además algunos de ellos han experimentado ampliaciones de la instalación durante los años que se están considerando, el estudio de viabilidad que planteamos en este caso de éxito se centra en uno solo de estos sectores, el CAP08 correspondiente al cuadro ubicado en la Plaza Jardín. Este cuadro alimentaba y sigue alimentando 98 farolas que contaban con una lámpara de vapor de sodio de alta presión de 150 W y que ahora presentan una lámpara de halogenuro metálico de 100 W. Además, el cuadro ha sido equipado con un reductor de flujo en cabecera de la marca Salicru y las luminarias con balastos con la tecnología Dynavision de Philips que permite el control del flujo luminoso de forma adecuada.

2.2. Opción del IPMVP seleccionadas y límite de medida.

Como se ha comentado en los apartados anteriores del presente caso de estudio, el análisis de ahorro se realiza con las facturas de energía asociadas al consumo energético de uno de los cuadros más representativos y estables de la localidad, por lo que se trata según el protocolo IPMVP de una opción C.

Hay que aclarar que se considera este cuadro para el análisis porque en algunos de los sectores del pueblo, el contador de compañía registra tanto el consumo del sistema de alumbrado como de algún otro elemento (alumbrado monumental, alumbrado puntual en fiestas...) mientras que en este caso, el contador de compañía realiza únicamente medida del consumo energético asociado al alumbrado público del sector correspondiente. Por tanto, al elegir este cuadro para realizar el análisis se puede afirmar que no existen efectos cruzados fuera del límite de medida.

2.3. Referencia: periodo, energía y condiciones.

a) La identificación del periodo de referencia.

El periodo de referencia utilizado es todo un año completo antes de la sustitución de lámparas. Este periodo está definido en la Auditoría Energética de marzo de 2011 a marzo de 2012. Con ello se tiene en consideración las 4 estaciones con los diferentes niveles de consumo que se puedan registrar a lo largo de los meses debido a periodos vacacionales y diferentes horas solares.

b) Todos los datos de los consumos de referencia.

Como ya se ha comentado, la instalación de alumbrado del cuadro CAP08 de Xilxes estaba formada inicialmente por 98 farolas distribuidas entre las tres fases. De ellas 87 equipadas con lámparas de vapor de sodio a alta presión de 150 W de potencia nominal, 7 equipadas con lámparas de vapor de mercurio de 125 W de potencia nominal y 4 equipadas con lámparas de vapor de sodio a alta presión de 400 W de potencia nominal.

Todas ellas estaban alimentadas desde la red de 230 V a través de los correspondientes balastos electromagnéticos cuyo consumo estimado es de un 14% adicional. Por tanto, se trata de un cuadro con una potencia instalada inicialmente de unos 18 kW.

c) Toda la información de las variables independientes relacionadas con los datos de la energía (por ejemplo, la tasa de producción, la temperatura ambiente).

La principal variable independiente que influye en el consumo de electricidad del sistema de alumbrado son las horas de luz solar diarias que experimenta Xilxes a lo largo del año. No obstante, aunque esta variable influye a lo largo del año, su patrón se repite exactamente igual a cada anualidad por lo permite la comparación de facturas mensuales de años distintos sabiendo que el tiempo de encendido habrá sido aproximadamente el mismo.

Y esto es así porque el sistema de control de esta instalación solo tiene en cuenta la programación del reloj astronómico y no incluye ningún tipo de sistema de medida de la irradiancia que pudiera activar el alumbrado en caso de nubes de consideración.

En este análisis, otros factores como la temperatura o la humedad no se pueden considerar contantes a lo largo del año ya que oscilan de forma significativa de unos meses a otros. No obstante, tal y como estos resultan ser factores clave en los análisis energéticos de otro tipo de sistemas, como pueden ser calefacciones o aires acondicionados, ninguno de los dos influyen de manera significativa ni en el uso ni en el consumo del sistema de alumbrado. Por tanto, su efecto se desprecia en este análisis.

d) Todos los factores estáticos relacionados con la información de la energía:

El cuadro de alumbrado CAP08 es de los pocos que no han sufrido modificaciones en cuanto a número de puntos de luz que alimentan, bien sea por la remodelación de lámparas, bien sea por crecimiento de la localidad que obliga a ampliar el sistema de alumbrado. Ese es uno de los principales motivos por los que se realiza este análisis en dicho cuadro.

2.4. Periodo demostrativo de ahorro.

Como periodo demostrativo del ahorro se cuenta con los 12 meses posteriores a la sustitución de las lámparas (marzo 2014 - marzo 2015). Para cada uno de estos meses, se dispone de la factura correspondiente emitida por la empresa distribuidora.

2.5. Base para el ajuste

No se realizan ajustes.

2.6. Procedimiento de análisis.

Para analizar el ahorro energético experimentado se utilizan las medidas de consumo realizadas por la empresa distribuidora de energía (Iberdrola) tanto durante doce meses anteriores a la sustitución como en los doce meses posteriores. Con esta información, se posibilita realizar un análisis de la evolución del consumo experimentado y obtener conclusiones de la cantidad de energía ahorrada durante los distintos meses del año.

2.7. Precios de la energía.

El precio de la energía actual a considerar es el correspondiente a la tarifa eléctrica de la empresa comercializadora que el Ayuntamiento de Xilxes tiene contratada para el cuadro de alumbrado CAP08. En este caso, el alumbrado de toda la localidad depende de la comercializadora de Iberdrola y, al estar dividido por cuadros de mando y protección, presenta en cada uno de ellos una potencia contratada distinta. El Ayuntamiento de Xilxes está acogido en la actualidad a un contrato marco entre la Diputació Provincial de Castelló e Iberdrola para potencias contratadas superiores a 10 kW. Este es el caso del cuadro que nos ocupa. Del resto de cuadros, los hay también con esta tarifa y los hay, aquellos con potencias inferiores a 10 kW, que están contratados también con Iberdrola pero sujetos a la tarifa de Precio Voluntario al Pequeño Consumidor (PVPC). Esta es a día de hoy la más rentable del mercado para estas potencias.

Así, el cuadro de alumbrado CAP08 en concreto presenta en la actualidad una potencia contratada de 15,001 kW / 15,001 kW / 15,001 kW en cada uno de los tres períodos tarifarios de la tarifa 3.0A que es a la que se encuentra acogido. Por tanto, presenta discriminación horaria en tres franjas: horas pico, horas llano y horas valle. La distribución de estas tres franjas horarias a lo largo del año es la que se muestra en la Fig. 2:

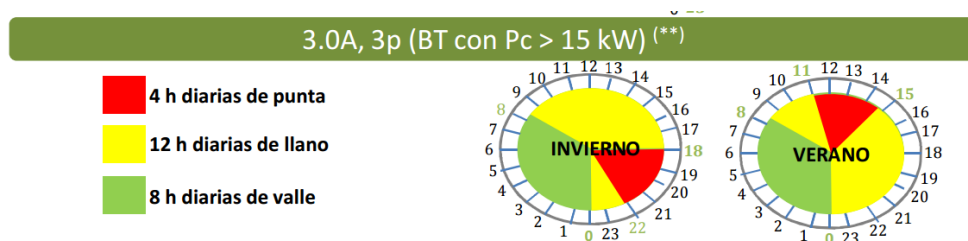


Fig. 2. Franjas horarias anuales de la tarifa 3.0A

Como casi todas las tarifas eléctricas, la 3.0A presenta una composición binómica con un término de potencia (T_p) y un término de energía (T_e). Los precios del contrato marco entre la Diputació de Castelló e Iberdrola son para este año 2015 los siguientes:

- T.Potencia (€/kW día) – PP 0,117291 – PLL 0,070375 – PV 0,046916
- T. Energía (€/kWh) – PP 0,125669 – PLL 0,100887 – PV 0,059995

Sin embargo, en los años 2011 y 2012 que son los que comprenden el periodo de referencia antes de la sustitución de luminarias, la tarifa a las que estaba acogido el cuadro, siendo también la 3.0A del momento, eran bien distintas, tal y como se indica a continuación:

- T. Potencia: (€/kW día) – PP 0,044625 – PLL 0,026775 – PV 0,01785
- T. Energía (€/kWh) – PP 0,199506 – PLL 0,145675 – PV 0,082546

Nótese que estos años previos a la sustitución no existía convenio Iberdrola- Diputació por lo que se aplicaba directamente la tarifa genérica ofrecida por dicha comercializadora a cualquier consumidor en baja con potencia superior a 15 kW.

De acuerdo con estas estructuras de precios, el precio medio anual con todo incluido antes de la sustitución era de 0,14 €/kWh, mientras que el precio medio anual también con todo incluido después de la sustitución es de 0,15 €/kWh consumido por el sistema de alumbrado.

2.8. Especificaciones de la medida.

La medida del consumo eléctrico realizado por la instalación se lleva a cabo por medio del correspondiente contador situado en el módulo de medida junto al cuadro general de mando y protección analizado. Al tratarse de un contador inteligente y automatizado de los que está implantando Iberdrola progresivamente en toda su zona de distribución, las medidas se realizan a distancia por parte de la compañía distribuidora y con una periodicidad aproximada de 30 días.

2.9. Precisión esperada.

Los contadores inteligentes utilizados por Iberdrola en el municipio de Xilxes, tras la campaña de sustitución realizada recientemente para adaptarse a la Directiva Europea de Eficiencia Energética, se caracterizan por incorporar la tecnología de comunicación PRIME. Estos contadores pueden ser de distintos modelos de varios fabricantes, aunque los más utilizados por la distribuidora en la provincia de Castelló son los de la marca [Landis+Gyr](#). Más concretamente, el contador más instalado es el modelo E450 de dicho fabricante, Fig. 3. Este equipo de medida presenta las siguientes características fundamentales por lo que respecta a su precisión:

- Para la medida de Energía Activa: Clase B (MID) según EN 50470-3.
- Para la medida de Energía Reactiva: Clase 2 (IEC) según EN 62052-23.
- Reloj en operación normal: ± 0.2 s / día (a $+23^{\circ}$ C) (EN 62054-21)



Fig. 3. Aspecto modelos contador inteligente (PRIME) Landis Gyr E450.

3. Resultados

En cuanto a los resultados que se obtienen con la introducción de las nuevas lámparas y reguladores hay que destacar dos claros efectos. Por un lado, el hecho de posibilitar una reducción de la potencia contratada desde los 16,5 kW a los 15 kW en cada uno de los tres periodos tarifarias de la 3.0A. Y por otro lado, la importante disminución del consumo eléctrico que se produce mes a mes, tal y como puede deducirse de los datos de energía registrada mes a mes indicados Tabla 1. Los consumos señalados como “antes” corresponden a los especificados en las facturas de Iberdrola entre el 10/03/2011 y el 09/03/2012, mientras que los consumos recogidos en la fila “después” corresponden a los especificados en las facturas de Iberdrola entre el 11/03/2014 y el 11/03/2015. Para mayor claridad o para facilitar el análisis visual de los datos, dichos valores quedan representados de forma gráfica en la Fig. 4.

Consumo total (kWh)	MES 1	MES 2	MES 3	MES 4	MES 5	MES 6	MES 7	MES 8	MES 9	MES 10	MES 11	MES 12
Antes	6120	6144	5026	4195	5303	5303	4935	7488	7677	6859	5450	4856
Después	2632	2621	2025	2092	2355	2205	3031	3578	3145	3626	2945	2650

Tabla 1 - Consumos mensuales del alumbrado en kWh, antes y después de la sustitución

De forma análoga, se pueden recoger de las facturas los montantes económicos que ha representado el consumo de los citados kWh por parte de las 98 farolas del cuadro CAP08. El coste del alumbrado de este cuadro a lo largo del periodo de referencia y del de demostración del ahorro son los mostrados en la Tabla 2.

Coste total (€)	MES 1	MES 2	MES 3	MES 4	MES 5	MES 6	MES 7	MES 8	MES 9	MES 10	MES 11	MES 12
Antes	796	578	629	530	631	631	657	1058	1189	1061	862	763
Después	422	406	313	318	350	322	416	520	469	543	447	408

Tabla 2 – Coste facturado en €, antes y después de la sustitución, para el cuadro CAP08.

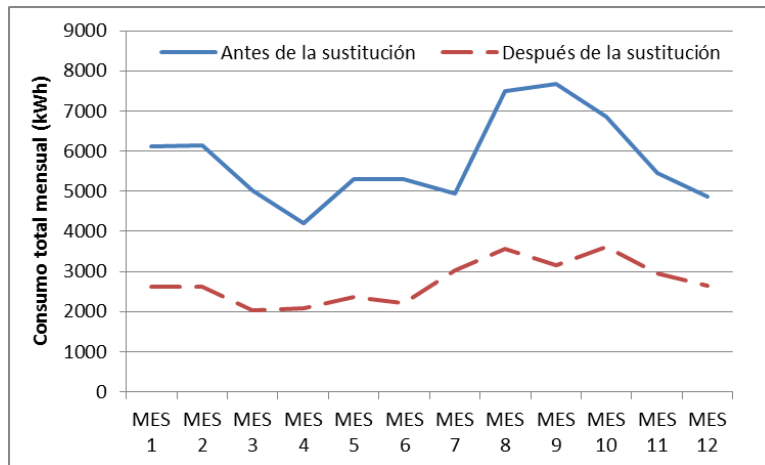


Fig. 4. Consumo eléctrico acumulado mes a mes antes y después de la sustitución.

Por tanto, se puede establecer, a partir de las medidas especificadas en las facturas, que el año siguiente a la sustitución se registra una disminución total del consumo eléctrico de 36.451 kWh. Esto supone un ahorro en energía de aproximadamente el 53 % del consumo inicial.

Si se considera el precio actual de la electricidad para la tarifa 3.0A, esta reducción del consumo supone un ahorro económico de 5.468,25€ en tan solo 12 meses. Por lo tanto, teniendo en cuenta que el coste económico para realizar la sustitución fue de 15.972,46 € (IVA incluido), el periodo de retorno de esta inversión es de menos de 3 años. Sin embargo, teniendo en cuenta que las actuaciones estuvieron subvencionadas en un 55% por la Diputación de Castelló, el desembolso efectuado por el Ayuntamiento de Xilxes fue de 7.187,61€ (IVA incluido), lo que deja el periodo de retorno en 1 años y 4 meses aproximadamente para dicha institución.

4. Conclusiones

Del estudio realizado se puede concluir que la sustitución de lámparas de vapor sodio de alta presión, y también de vapor de mercurio de alta presión, por halogenuros metálicos con nuevas ópticas adaptadas, así como la introducción de sistemas de regulación, ofrecen resultados positivos desde el punto de vista de la eficiencia energética y claros beneficios económicos en un sistema de alumbrado público como el presentado.

