

# **ESTUDIO DE GESTIÓN ENERGÉTICA Y AHORRO EN INSTALACIONES ELÉCTICAS DE ALUMBRADO PÚBLICO Y DEPENDENCIAS MUNICIPALES DEL AYUNTAMIENTO DE SAN PEDRO DEL PINATAR.**

## **1.- Antecedentes.**

En relación con el desmesurado gasto en energía eléctrica que se está produciendo en las distintas instalaciones del Ayuntamiento, alumbrado público, colegios y edificios municipales, la Alcaldía encarga a los Servicios Industriales del Ayuntamiento la realización de un estudio preliminar que permita reducir el coste de la energía eléctrica sin perjuicio de las actuaciones en las instalaciones que permitan optimizar el consumo y de esta manera ahorrar.

El BOE del pasado 29 de diciembre de 2010 publicaba la Orden que establece la prórroga de un año, hasta el 31 de diciembre de 2011, para que los Ayuntamientos suscriban contratos de suministro eléctrico en el mercado libre. La FEMP había solicitado esta medida, dados los problemas que, en el caso de los consistorios, se estaban produciendo en la aplicación del Real Decreto 485/2009 que regula la puesta en marcha del suministro de último recurso.

La Orden ITC/3353/2010, de 28 de diciembre, por la que se establecen los peajes de acceso a partir de 1 de enero de 2011 y las tarifas y primas de las instalaciones del régimen especial, contiene una Disposición Transitoria Segunda que dice textualmente lo siguiente:

*“Consumidores que sin tener derecho a acogerse a la tarifa de último recurso, transitoriamente carecen de un contrato de suministro en vigor con un comercializador y continúen consumiendo electricidad”.*

1. Los consumidores conectados en alta tensión que a 31 de diciembre de 2010 estén siendo suministrados por un comercializador de último recurso y el 1 de enero de 2011 carezcan de un contrato de suministro en el mercado libre, siempre que no estén incluidos en la excepción establecida en el artículo 3.3 del Real Decreto 485/2009, de 3 de abril, podrán seguir siendo suministrados por dicho comercializador de último recurso hasta el 31 de diciembre del 2011.

El precio que deberán pagar estos clientes por la electricidad consumida al comercializador de último recurso durante este periodo será el correspondiente a la aplicación de la facturación de la tarifa de último recurso, TUR sin aplicación de la modalidad de discriminación horaria, incrementado sus términos un 20 por ciento.

2. Los consumidores conectados en baja tensión sin derecho a tarifa de último recurso que a 30 de septiembre de 2011 estén siendo suministrados por un comercializador de último recurso y el 1 de octubre de 2011 carezcan de un contrato de suministro en el mercado libre, siempre que no estén incluidos en la excepción establecida en el artículo 3.3 del Real Decreto 485/2009, de 3 de abril, podrán seguir siendo suministrados por dicho comercializador de último recurso hasta el 31 de diciembre del 2011.

El precio que deberán pagar estos clientes por la electricidad consumida al comercializador de último recurso durante este periodo será el correspondiente a la aplicación de la facturación de la tarifa de último recurso, TUR sin aplicación de la modalidad de discriminación horaria, incrementado sus términos un 20 por ciento.

3. Si el 1 de enero de 2012 los consumidores a que se refieren los párrafos anteriores no han procedido a contratar su suministro en el mercado libre, se considerará rescindido el contrato entre el consumidor y el comercializador de último recurso siendo de aplicación a estos efectos lo establecido en el artículo 86.2 del Real Decreto 1955/2000, de 1 de diciembre, por el que se regulan las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministros y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica.

Asimismo será de aplicación lo dispuesto en el artículo 21.3 de la Orden ITC/1659/2009, de 22 de junio, por la que se establece el mecanismo de traspaso de clientes del mercado a tarifa al suministro de último recurso de energía eléctrica y el procedimiento de cálculo y estructura de las tarifas de último recurso de energía eléctrica.

El pasado mes de julio entró en vigor este Decreto que obliga a los Ayuntamientos, entre otros clientes con una potencia contratada superior a los 10 kilovatios, a acudir al mercado libre y convocar concursos públicos para renovar sus contratos. Ya se había advertido de la imposibilidad de muchos municipios de contratar suministro eléctrico, en las nuevas condiciones, ante la falta de ofertas de las comercializadoras y, en algunos casos, las imperativas condiciones que éstas exigen para concurrir a las licitaciones.

Por lo que se prevé el análisis de las instalaciones de alumbrado público y dependencias municipales para optimizar el consumo eléctrico y el coste de las mismas:

## **A) Alumbrado Público**

### **Capítulo 1.- Medidas para la eficiencia energética en el alumbrado público.**

#### 1.1.- Introducción

El alumbrado exterior, y en especial el denominado público, ha sufrido variaciones desde sus orígenes, tanto en su alcance como en sus medios y sistemas técnicos empleados.

En la actualidad se suceden, si cabe aún más velozmente, estos cambios promovidos por tendencias que condicionan los sistemas de alumbrado.

Entre los diferentes aspectos que condicionan los procesos de diseño de las instalaciones de alumbrado exterior, se pueden enumerar:

- Condicionantes de eficiencia energética.
- Necesidad de alumbrado.
- Integración del alumbrado. Equilibrio estético con el entorno.
- Condicionante geográfico, social, cultural, turístico, histórico.
- Condicionantes temporales y horarios.
- Condicionantes cualitativos. Condicionantes económicos.



Existen, principalmente, dos tipos de alumbrado en función de los objetivos que se pretenden:

#### Alumbrado funcional

- Ofrece seguridad al tráfico rodado: siendo vital para la prevención de accidentes y pérdidas de vidas (iluminación de carretera, paneles informativos o LEDs).
- Ofrece seguridad al tráfico peatonal: previene atropellos.
- Ofrece confianza en la actividad nocturna.
- Evita actividades delictivas.



Los diodos LED se emplean en todo tipo de indicadores de estado (ON/OFF), en dispositivos de señalización y en paneles informativos.



El uso de lámparas LED en el ámbito de la iluminación (incluyendo la señalización de

tráfico) crece día a día, ya que aunque sus prestaciones son intermedias entre la lámpara incandescente y la lámpara fluorescente, presenta indudables ventajas, particularmente su larga vida útil, su menor fragilidad y la menor disipación de energía.

#### Alumbrado ambiental

- Acompaña a la actividad de ocio nocturna aumentando el horario de disfrute de las áreas lúdicas.
- Aumenta la sensación de comodidad y bienestar, aportando valor a estas áreas.
- Ofrece poder de atracción hacia estas áreas.
- Aporta diseño como valor añadido al entorno nocturno y diurno.

Ante todo esto, que no parecen más que ventajas, todo ello ligado a una mejor calidad de vida, se contraponen el coste de la implantación y explotación del alumbrado público y los perjuicios, siempre a valorar, que podrían reportar. Entendiéndose como tales un excesivo consumo energético, que ha de soportar tanto el Planeta como los bolsillos de los contribuyentes, o las molestias que puede provocar a la población un alumbrado no correctamente diseñado y entre las que destaca la emisión

de luz hacia zonas no deseadas (intrusismo, deslumbramiento y brillo del cielo).



Como consecuencia, parece evidente la necesidad de que un buen alumbrado aporte los beneficios descritos para cada área en concreto y procure un **eficaz consumo energético, mínimo impacto ambiental y una aceptable inversión.** Para conseguir este "buen alumbrado" se deberían analizar, y buscar su equilibrio, entre los diferentes aspectos que influyen en el diseño de las instalaciones de alumbrado.

En el momento de acometer el estudio de la dotación de un alumbrado exterior, se deberá estudiar hasta qué punto la nueva instalación debe armonizar y buscar equilibrio con el entorno, tanto en las horas nocturnas como diurnas, y si éste va a tener un peso específico importante en la urbanización de la zona. Habrá que concretar si se trata de dar luz de la forma más efectiva posible sin establecer un diseño específico del punto de luz o, por lo contrario, se trata de integrar o contrastar el sistema de iluminación en la arquitectura del área del proyecto.

Esta integración o contraste se debe contemplar en cualquier franja horaria, nocturna o diurna, ya que es en ésta última cuando mayor protagonismo toma su diseño exterior y cuando más tiempo la población la

disfruta, o sufre. No hemos de olvidar que en nuestras calles hay edificaciones, arbolados, coches, peatones, semáforos y "farolas", formando éstas parte importante del mobiliario urbano, o cuando no un gran protagonista.

En este aspecto toman especial importancia:

La estética de la luminaria empleada:

- Luminaria técnica de alumbrado público normalmente instalada en soportes de altura mayor de 7 metros.
- Luminaria de tipo ambiental, normalmente instalada en alturas inferiores a 6 metros.
- Luminaria de tipo rasante o balizamiento, instalada normalmente en alturas inferiores a 1 metro.



La ubicación de los puntos de luz:

- Altura de instalación: dependerá del sistema de alumbrado escogido y del carácter del mismo, del arbolado y también de la economía de la instalación.

- Distribución de los puntos de luz, ya sea unilateral o bilateral: dependerá de la altura de instalación, sistema de alumbrado escogido y fotometría específica de las luminarias, geometría del vial, y, también de la economía de la instalación.



#### Color de la luz:

Existe un debate abierto entre las tonalidades de luz "amarilla" y "blanca". La luz tipo amarilla, generalmente lámparas de vapor de sodio, ha ido cogiendo fuerza últimamente respecto a la luz blanca, apoyada principalmente en su mayor eficacia lm/W.

En este aspecto, el continuo desarrollo de otros tipos de lámparas, como las de halogenuros metálicos entre otras, o incluso la misma evolución de aquellas, y los consiguientes logros obtenidos en eficacia luminosa, colorimétrica, vida media y precio hace presagiar un mayor empleo de estas lámparas de tonalidad blanca en aquellas áreas de mayor actividad lúdica.

Si bien las lámparas aportan toda la luz de la luminaria, no sólo son ellas las que determinan el rendimiento de la instalación, sino que su aplicación dentro de una luminaria y el rendimiento del sistema óptico de la misma en relación con la geometría de la instalación, lo condicionan en mayor medida incluso que ellas.



Serán aquellas instalaciones que consigan un menor número de watios instalados por metro y unidad las que obtengan una mayor cualificación energética. Esto nos debería inducir a no generalizar sobre el empleo de un tipo de lámpara u otro en función de su rendimiento lumínico, sino a contrastar los diferentes sistemas de iluminación adecuados a cada zona para, comparando sus eficiencias energéticas junto con los otros aspectos cualitativos, poder decidir sobre su idoneidad.

## 1.2.- Optimización de instalaciones

### 1.2.1.- Parámetros de eficiencia energética

El consumo energético de un ayuntamiento por medio de su alumbrado público supone un gasto significativo del mismo. La constante iluminación de las vías, ya sea mediante luminarias, señales luminosas o paneles informativos es fundamental en la rentabilidad del mismo.

Por otra parte, no siempre un mayor consumo energético equivale a un mejor servicio. Se conseguirá un grado de eficiencia óptima cuando el consumo y el confort estén en la proporción adecuada.



Desde este punto de vista, mediante una pequeña contabilidad energética a partir de los consumos anuales de energía eléctrica, se pueden obtener los ratios de consumo derivados del alumbrado público.

A partir de estos ratios, los profesionales del sector pueden clasificar el gasto desde el punto de vista de la eficiencia energética, y tomar las medidas necesarias para reducir el consumo y coste de la energía.

### 1.2.2.- Estrategias y medidas de ahorro energético en Alumbrado Público

Para reducir el coste de los consumos de energía podemos:

- Optimizar el contrato. (Paso al mercado libre de energía eléctrica).
- Optimizar las instalaciones:
  - Mediante la utilización de lámparas compactas de bajo consumo.
  - Cambio de lámparas de vapor de sodio de alta presión.
  - Mediante el uso de diodos LEDs (**L**ight **E**mitting **D**iode) en paneles y señales.

Se estima que podrían lograrse reducciones de entre el 20% y el 85% en el consumo eléctrico del alumbrado, merced a la utilización de componentes más eficaces así como al empleo de sistemas de control.

Los elementos básicos de un sistema de alumbrado son:

**Fuente de luz o lámpara:** es el elemento destinado a suministrar la energía lumínica.

**Luminaria:** aparato cuya función principal es distribuir la luz proporcionada por la lámpara.

**Equipo auxiliar:** muchas fuentes de luz no pueden funcionar con conexión directa a la red, y necesitan dispositivos que modifiquen las características de la corriente de manera que sean aptas para su funcionamiento.



Estos tres elementos constituyen la base del alumbrado y de ellos va a depender esencialmente su eficiencia energética.

Para una instalación de alumbrado existe un amplio rango de medidas para reducir el consumo energético, entre las que destacamos las siguientes:

Lámparas fluorescentes con balastos electrónicos



Las lámparas fluorescentes son generalmente las lámparas más utilizadas para las zonas donde se necesita una luz de buena calidad, y pocos encendidos. Este tipo de lámpara necesita un elemento auxiliar que regule la intensidad de paso de la

corriente, que es la reactancia o balasto.

Los balastos electrónicos no tienen pérdidas debidas a la inducción ni al núcleo, por lo que su consumo energético es notablemente inferior.

En la Tabla 1 se muestra como varía el consumo energético en un tubo fluorescente de 58 W., al sustituir el balasto convencional por un balasto de alta frecuencia.

**T  
A  
B  
L  
A  
1.**

Luminaria con tubos fluorescentes 2x58W con balasto <b>convencional</b>	Luminaria con tubos fluorescentes 2x58W con balasto <b>electrónico</b>
	POTENCIA ABSORBIDA
	Lámparas (2 x 51 W) 102
	W
	Balasto electrónico 11
	W
	TOTAL 113
	W

POTENCIA ABSORBIDA  
Lámparas (2 x 58 W)  
TOTAL

116 W Balasto Convencional  
146 W

30 W

La tecnología de los balastos energéticos de alta frecuencia permite además la regulación de la intensidad de la lámpara, lo cual a su vez permite adaptar el nivel de iluminación a las necesidades de cada zona.

### **BALASTOS ELECTRÓNICOS**

- Mejoran la eficiencia de la lámpara y del sistema.
- Mejoran el confort y reducción de la fatiga visual al evitar el efecto estroboscópico.
- Optimizan el factor de potencia.
- Proporcionan un arranque instantáneo.
- Incrementan la vida de la lámpara.
- Permiten una buena regulación del flujo luminoso de la lámpara.
- No producen zumbido ni otros ruidos.

El inconveniente de la aplicación del balasto electrónico está en su inversión, que es mayor que la de uno convencional, lo que hace que se recomiende la sustitución en aquellas luminarias que tengan un elevado número de horas de funcionamiento.

En el caso de instalación nueva es recomendable, a la hora de diseñar el alumbrado, tener en cuenta la posibilidad de colocar luminarias con balasto electrónico, ya que en este caso el coste de los equipos no es mucho mayor y se amortiza con el ahorro que produce.

### Lámparas de descarga

Las lámparas de descarga de alta presión son hasta un 35% más eficientes que los tubos fluorescentes con 38 mm de diámetro, aunque presentan el inconveniente que su rendimiento de color no es tan bueno.

Es por ello que su aplicación resulta interesante en los lugares donde no se requiere un elevado rendimiento de color:

- Lámpara a Vapor de Sodio SON-T

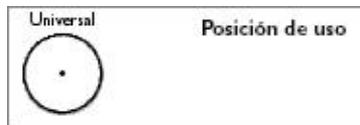
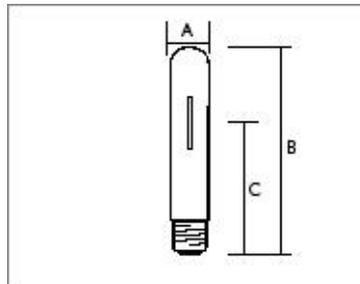


Lámparas a vapor de sodio de alta presión, para uso en interiores o exteriores, con un tubo de descarga de óxido de aluminio sinterizado y recubierto por una ampolla exterior tubular transparente de vidrio duro. Se caracterizan por emitir una luz cálida, de agradable aspecto, con elevada eficiencia luminosa. Su condición de tubular clara hace que se la pueda utilizar en sistemas ópticos muy precisos, de modo de obtener haces concentrados o difusos, de acuerdo con la necesidad de cada caso, utilizando el reflector adecuado. Su gama de potencias es lo suficientemente amplia como para cubrir prácticamente todas las necesidades de alumbrado utilitario interior o exterior. A ello agregan una larga y confiable vida útil.

**Aplicaciones:**

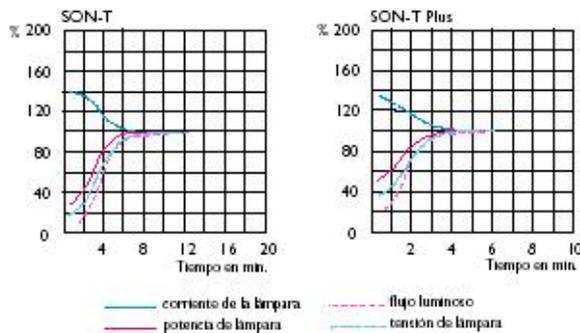
Alumbrado público, estacionamientos, aeropuertos, grandes áreas, alumbrado deportivo, alumbrado industrial, fachadas, monumentos, irradiación de plantas.

**Dimensiones en mm.**

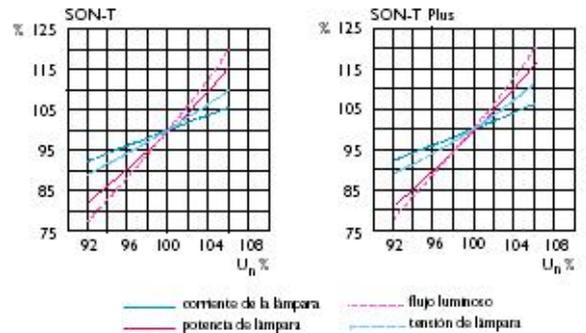


	70W(P)	100W(P)	150W(P)	250W	250W(P)	400W	400W(P)	600W(P)	1000W
A(max.)	32	47	47	47	47	47	47	47	66
B(max.)	156	211	211	257	257	283	283	283	390
C(nom.)	102	132	132	158	158	175	175	175	240

**Performance durante el encendido**



**Efectos de la variación de tensión**



Tipo	Potencia (W)	Balasto	Ignitor	Potencia de lámpara (W)	Tensión de lámpara (V)	Corriente de lámpara (A)	Flujo luminoso (lm)	Temperatura de color (K)	Rendimiento de color (Ra)	Temperaturas máximas Casquillo(°C)	Bulbo(°C)	Tensión mínima para operación estable %	Código comercial
SON-T-E	70	BNS 701	INS 50/400	70	90	0.98	6000	1950	25	200	350	90%Un	9281 528 00001
SON-T	150	BNS 150	INS 50/400	147	100	1.80	13000	1950	25	250	350	90%Un	9281 504 09291
SON-T	250	BNS 250	INS 50/400	250	100	3.00	28000	1950	25	250	450	90%Un	9281 515 09291
SON-T	400	BNS 400	INS 50/400	392	100	4.60	48000	1950	25	250	450	90%Un	9281 445 09291
SON-T	1000	AL 7701	SW 53	1000	100	10.60	130000	1950	25	250	450	90%Un	9281 545 09203
SON-T Plus	70	-	-	100	90	1.00	6600	1950	25	200	350	90%Un	9281 527 00001
SON-T Plus	100	BNP 100	SW 56	152	100	1.20	10600	1950	25	250	450	90%Un	9281 517 09203
SON-T Plus	150	BNP 150	SW 56	250	100	1.80	16500	1950	25	250	450	90%Un	9281 509 09203
SON-T Plus	250	BNP 250	SN 58	400	100	3.00	32000	1950	25	250	450	90%Un	9281 447 09203
SON-T Plus	400	BNH 400	SN 58	220	100	4.50	55000	1950	25	250	450	90%Un	9281 448 09203
SON-T Plus	600	BNH 600	SW 57	350	115	5.80	90000	1950	25	250	450	90%Un	9281 561 09203

Tipo	Potencia (W)	Luminancia (cd/cm²)	Rendimiento de lámpara (lm/w)	Rendimiento del sistema (lm/w)	Tiempo de ignición (seg.)	Tiempo de reignición (min.)	Tiempo para 80% de Ø nominal (min.)	Corriente máx. de arranque (A)	Capacitor (mF)	Con cos J l de arranque (A)	Corregido l de línea (A)	Vida útil promedio (hs.)	Vida nominal promedio (hs.)
SON-T-E	70	300	86	73	5	3	5	1.35	12	0.60	0.45	24000	24000
SON-T	150	300	100	87	10	3	5	2.40	18	1.20	0.85	24000	24000
SON-T	250	400	112	99	10	2	5	4.50	32	2.30	1.40	24000	24000
SON-T	392	550	120	113	10	2	5	6.50	50	3.60	2.25	24000	24000
SON-T	1000	650	130	122	10	4	6	14.00	100	7.30	5.75	24000	24000
SON-T Plus	70	310	94	82	5	1	4	0.98	12	0.60	0.45	24000	24000
SON-T Plus	100	500	105	90	5	1	4	1.70	12	1.00	0.65	24000	24000
SON-T Plus	150	340	110	93	10	1	4	2.40	18	1.20	0.85	24000	24000
SON-T Plus	250	610	128	114	10	1	5	4.50	32	2.30	1.40	24000	24000
SON-T Plus	400	790	138	127	10	1	5	8.50	50	3.60	2.20	24000	24000
SON-T Plus	600	950	150	-	10	1	5	8.70	80	4.40	2.90	24000	15000

## Lámparas fluorescentes compactas

Las lámparas fluorescentes compactas resultan muy adecuadas en sustitución de las lámparas de incandescencia tradicionales, pues presentan una reducción del consumo energético del orden del 80%, así como un aumento en la duración de la lámpara de entre 8 y 10 veces respecto a las lámparas de incandescencia.

**TABLA 2.** Equivalencia entre fluorescentes compactas e incandescentes.

EQUIVALENCIAS ENTRE FLUORESCENTES COMPACTAS E INCANDESCENTES		
Lámpara Fluorescente Compacta	Lámpara Incandescencia	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
W	W	

Tienen el inconveniente de que no alcanzan el 80 % de su flujo luminoso hasta pasado un minuto de su encendido.

A continuación se muestra una tabla orientativa sobre el porcentaje de ahorro aproximado que se puede conseguir por sustitución de lámparas por otras más eficientes.

**TABLA 3.** Ahorro energético por sustitución de lámparas.

ALUMBRADO EXTERIOR				
SUSTITUCIÓN DE		POR	% AHORRO	
Vapor de mercurio		Vapor de Sodio Alta Presión		45 %
Vapor de Sodio Alta Presión		Vapor de Sodio Baja Presión		25 %
Halógena Convencional		Halogenuros Metálicos		70 %
Incandescencia		Florescentes Compactas		80 %
ALUMBRADO INTERIOR				
SUSTITUCIÓN DE		POR	% AHORRO	
Incandescencia		Florescentes Compactas		80 %
Halógena Convencional		Florescentes Compactas		70 %

#### Sustituciones luminarias

La luminaria es el elemento donde va instalada la lámpara y su función principal es la de distribuir la luz producida por la fuente, en la forma más adecuada a las necesidades.

Muchas luminarias modernas contienen sistemas reflectores cuidadosamente diseñados para dirigir la luz de las lámparas en la dirección deseada. Por ello, la remodelación de instalaciones viejas, utilizando

luminarias de elevado rendimiento generalmente conlleva un sustancial ahorro energético, así como una mejora de las condiciones visuales.

### Sistemas de control y regulación

Un buen sistema de control de alumbrado asegura una iluminación de calidad mientras es necesario y durante el tiempo que sea preciso. Con un sistema de control apropiado pueden obtenerse sustanciales mejoras en la eficiencia energética de la iluminación de un edificio.



### 1.2.3.- Gestión y mantenimiento energéticos

El correcto mantenimiento consigue los estándares de calidad y reduce los costes energéticos. Si se realiza un mantenimiento preventivo bueno, disminuirá la necesidad de un mantenimiento correctivo y como resultado se obtendrá un mejor rendimiento de la instalación, una reducción de costes y una mejor calidad del servicio.

Como consecuencia de un mal funcionamiento de las instalaciones se pueden producir consumos excesivos de energía. Por ello se debe establecer un programa regular de mantenimiento.

Por otra parte, las nuevas técnicas de comunicación permiten la implantación de sistemas de gestión de energía y otros más sofisticados

como los sistemas expertos, que son capaces de gestionar gran cantidad de datos y controlar las instalaciones. Cuando se instala un sistema de gestión o un sistema experto, el objetivo es obtener un uso más racional de las instalaciones, ahorrar energía, reducir mano de obra, reducir averías y prolongar la vida útil de los equipos como medidas principales. Estos sistemas expertos son capaces de controlar el consumo de energía optimizando los parámetros de forma que se obtenga un mínimo coste energético.

Normalmente, el sistema está basado en un ordenador y en un *software* de gestión. No obstante, el elemento del programa debe ser siempre el operador o persona encargada de la gestión energética.

### **BENEFICIOS DE LA IMPLANTACIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL**

- Gestión racional de las instalaciones.
- Aumento del confort.
- Ahorro energético.
- Reducción de averías.
- Prolongación de la vida útil de los equipos.
- Ahorro en mantenimiento.

Uno de los resultados más inmediatos de la instalación de un sistema de gestión es la disminución del consumo de energía, obteniéndose unos ahorros que oscilan entre el 10% y el 30%.

El gasto energético generado por medio del alumbrado público en un Ayuntamiento es lo suficientemente cuantioso para ser susceptible de análisis para su optimización. Es posible evaluar la eficiencia de los sistemas energéticos del alumbrado público, a fin de aportar modificaciones que posibiliten la reducción de gastos. El recorte de costes, en particular los de componente fijo o semifijo se convierte en un arma estratégica para aumentar las posibilidades del mismo.

Sin embargo, antes de encaminar nuestros pasos para lograr reducir los costes, es necesario pararse a pensar cuáles son las variables sobre las que debemos actuar para conseguir mayor eficacia en nuestra misión.

En este capítulo hemos podido recoger -aunque sea de un modo superficial e intentando evitar complicaciones técnicas excesivas la idea de que un estudio pormenorizado del consumo y demandas energéticas nos indicará las variables sobre las que hay que actuar prioritariamente, a fin de conseguir la mayor efectividad con el menor esfuerzo económico.

Las actuaciones recomendadas se han fundamentado sobre las instalaciones y sobre otros aspectos de calidad y seguridad en el suministro. Se han propuesto diferentes opciones y se propone un *PLAN DE GESTIÓN DE LA DEMANDA*.

Además, el uso de otras posibilidades como la energía solar puede ser una opción interesante para incrementar nuestro suministro de manera rentable y sin causar daños medioambientales.

Por otra parte, un adecuado estudio termográfico nos permitirá incrementar la seguridad y la prevención pero además evitaremos las averías antes de que éstas se produzcan y con ello las pérdidas energéticas y económicas subsiguientes. La termografía nos permite actuar fundamentalmente sobre las instalaciones eléctricas y sobre los equipos que la componen. Con ello podemos evitar costes de oportunidad, aumentar la eficiencia y conseguir ahorros.

En cualquier caso, hemos conocido sólo unas pocas de las posibilidades que existen en el mercado para ahorrar en nuestro consumo, así como para mejorar la calidad y garantizar el suministro. Una *Auditoría Energética* es el método adecuado para conocer nuestras necesidades reales y las posibilidades que se ponen a nuestra disposición, para la implantación de las mejoras propuestas en ellas, sin perjuicio de mejoras que se propondrán para de forma inmediata recortar sustancialmente la facturación eléctrica.

## **Capítulo 2. Ahorro energético en las instalaciones de alumbrado.**

### 2.1.- Introducción

Los sistemas para iluminación que integran lámparas de descarga asociadas a balastos tipo serie, de Vapor de Sodio Alta Presión (VSAP) o Vapor de Mercurio (VM), son muy susceptibles a las variaciones en su tensión de alimentación. Tensiones superiores al 105% del valor nominal para el que fueron diseñadas disminuyen fuertemente la vida de las lámparas y equipos incrementando el consumo de energía eléctrica.

La Fig. 1 refleja la fuerte influencia de la tensión de alimentación en el consumo y en la vida de una lámpara VSAP. El incremento del 7% produce una disminución en la vida de la lámpara del 50% y un exceso de consumo del 16%. De ahí la gran importancia de estabilizar la alimentación que llega a los receptores de alumbrado.



**Figura 1.** Ejemplo de vida y consumo de la lámpara en función de la tensión de red.

Por otro lado, la necesidad de racionalizar el consumo de energía nos lleva a reducir los niveles de iluminación de las vías públicas durante las horas en las que el número de usuarios es menor. Históricamente esto se ha conseguido mediante diferentes métodos de control.

Por último la telegestión también puede ayudar a evitar excesos de consumo no deseados, así como a facilitar las tareas de mantenimiento y también para ofrecer un mejor servicio mediante la pronta detección de las averías.

## 2.2.- Descripción de los equipos de control.

Se puede actuar en el funcionamiento normal del ciclo de iluminación desde varios puntos: por un lado optimizando los tiempos de encendido (en el ocaso) y de apagado (en el orto), ajustándolos exactamente a las condiciones de ahorro deseadas. Esto se realiza mediante el uso de equipos de control destinados a estas funciones, como pueden ser los interruptores crepusculares y los interruptores horarios astronómicos. Igualmente se puede actuar sobre la intensidad luminosa del alumbrado mediante la reducción del nivel luminoso.

## 2.2.1.- Interruptores crepusculares

Son dispositivos electrónicos capaces de conmutar un circuito en función de la luminosidad ambiente. Para ello utilizan un componente sensible a la luz (célula fotoeléctrica) que detecta la cantidad de luz natural que existe en el lugar de instalación, comparando este valor con el ajustado previamente. En función de esta comparación, se activa o desactiva un relé que estará conectado en la instalación con los elementos de maniobra de encendido-apagado de la iluminación. Véanse ejemplos de interruptores crepusculares en la Foto 1.



**Foto 1.** Ejemplos de interruptores crepusculares.

Para un correcto funcionamiento de las instalaciones con interruptores crepusculares, éstos deben estar dotados de circuitos que incorporen histéresis, es decir, un retardo antes de las maniobras que permita eliminar fallos de encendidos o apagados debidos a fenómenos

meteorológicos transitorios, tales como el paso de nubes, rayos, etc., o luces de automóviles.

Los inconvenientes del uso de los interruptores crepusculares son el difícil acceso a los mismos durante su mantenimiento o reparación, ya que normalmente se instalan en lugares de difícil acceso. Además, la polución provoca un paulatino oscurecimiento de las envolventes, por lo que a lo largo del tiempo las maniobras no se realizan en los momentos esperados.

### 2.2.2.- Interruptores horarios astronómicos

Son interruptores horarios que incorporan un programa especial que sigue los horarios de ortos y ocasos de la zona geográfica donde esté instalado. Esta característica tiene la gran 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 incorporar 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.

La integración de estos equipos digitales ha llegado hasta el punto de poder disponer de modelos con tamaño muy reducido, dos módulos de carril DIN, con sistemas de ayuda a la programación directamente sobre el visualizador, con textos en diversos idiomas. Cabe destacar la incorporación del ajuste automático de hora verano-invierno y sobre todo las últimas innovaciones que facilitan enormemente la programación, ya que simplemente hay que elegir la capital de provincia más próxima al lugar de instalación y la corrección en minutos de encendido y apagado sobre el valor real de ocaso y de orto calculado por el equipo. Véase un ejemplo de estos nuevos equipos en la Foto 2.



**Foto 2.** Interruptor horario astronómico con selección de ciudades.

El tamaño reducido y la facilidad de manejo al que nos referíamos anteriormente, junto con el reducido coste de estos equipos, permiten también su uso en iluminación de escaparates, rótulos luminosos y pequeños alumbrados.

Por último, 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.

## 2.3.- Métodos de control

### 2.3.1.- Apagado parcial (doble circuito)

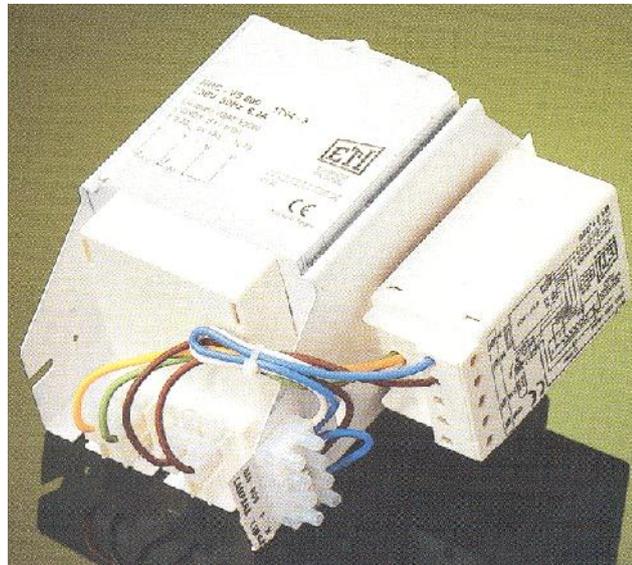
Con este sistema lo que se consigue es reducir el consumo apagando parte de las luminarias durante un periodo de tiempo determinado, siendo el ahorro conseguido directamente proporcional al número de luminarias apagadas.

Aunque el sistema es efectivo, su mayor inconveniente es la pérdida de uniformidad lumínica. Además, en las situaciones donde siempre se apagan

las mismas luminarias existe una disparidad en la vida de las lámparas. Por estos motivos, se desarrollaron los interruptores horarios astronómicos con circuitos alternativos, de forma que cada día alternaba el circuito a apagar.

### 2.3.2.- Reactancia de doble nivel

Este sistema se basa en una reactancia, Foto 3, que permite variar la impedancia del circuito mediante un relé exterior, reduciendo la intensidad que circula por las lámparas y consiguiendo ahorros del 40% aproximadamente. La orden de activación viene dada por un hilo de mando o por un temporizador interno.



**Foto 3.** Ejemplo de reactancia de doble nivel.

Pese a evitar el problema de la falta de uniformidad lumínica, el cambio brusco de régimen normal a régimen reducido puede provoca una sensación de falta de luz en el usuario.

En los sistemas que incorporan un temporizador para evitar la instalación de la línea de mando, la reducción no está sincronizada y se produce a

destiempo en las lámparas. En caso de un reencendido de la instalación de alumbrado cuando está en situación de nivel reducido, el temporizador inicia un nuevo retardo al volver la tensión de red, perdiéndose prácticamente el ahorro correspondiente al tiempo de régimen reducido.

Ninguno de los dos sistemas anteriormente descritos solventan los problemas de sobretensión en la red que disminuyen fuertemente la vida de las lámparas y equipos, y que provocan un gran incremento en el consumo de energía eléctrica.

- Balasto electrónico digital regulable

B  
4,5

D  
L

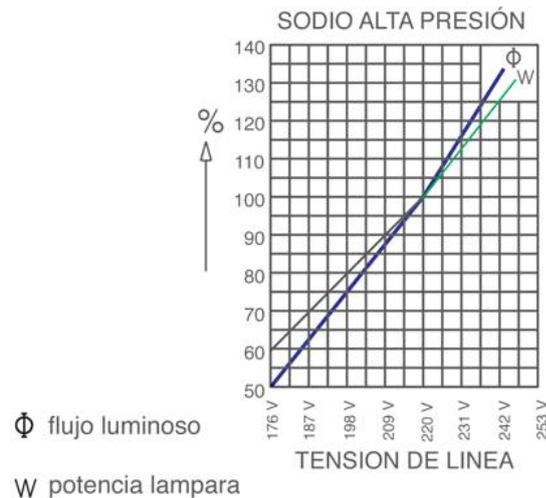
Balasto electrónico para lámparas de halogenuro metálico y sodio. Regulable con señal digital DALI/DSI o stepDIM. Elementos básicos del circuito patentados.

Los balastos están diseñados para montaje incorporado en luminaria.

- Funciona con lámparas de halogenuros y vapor de sodio (PCS 0070 outdoor sólo para vapor de sodio y lámparas CDO)
- Luz sin parpadeo
- Estabilización de color mediante potencia constante
- Aumento de la vida de la lámpara en un 20% 1
- Pérdidas de energía reducidas 25-50% 1
- Sin resonancia acústica
- Desconexión automática por fallo o ausencia de lámpara
- Energía de arranque aumentada gracias a la tecnología de pulsos
- Reducción del tiempo de re-encendido 50% 1
- Reducción de interferencias electromagnéticas 95% 1
- Carcasa: Policarbonato (PC), negro, IP 20
- Bornas de conexión para cable flexible hasta 1.5mm<sup>2</sup> o cable rígido hasta 2.5mm<sup>2</sup>
- Puede utilizarse en luminarias con enchufe a pared (voltaje de descarga <34V después 1s)
- Regulación mediante interfaz digital (100% ... 40% iluminación)
- Control preciso sin interferencias con señal digital DALI/DSI o stepDIM
- Retorno de estado y fallos vía DALI
- Enresinado especial para protección contra el polvo, humedad y vibraciones
- Aislamiento reforzado
- Protección reforzada contra picos de tensión
- Vida media = 60.000h (con ta máx. y un índice de fallo 0.2% por 1.000 horas de funcionamiento)

2.3.3.- Estabilizadores de tensión y reductores de flujo luminoso en cabecera

La ventaja principal de estos equipos frente a las reactancias de doble nivel es que solventan los problemas producidos por la inestabilidad de la red ya que durante las horas de régimen normal estabilizan la tensión de alimentación de la línea. En las horas de régimen reducido disminuyen la tensión a todas las luminarias, consiguiendo un ahorro adicional. Véase la incidencia de la tensión de alimentación en la Fig 2.



**Figura 2.** Variación de la potencia y flujo luminosos en función de la tensión en una lámpara VSAP.

El hecho de estar instalados en cabecera de línea, hace que su incorporación tanto en instalaciones de alumbrado nuevas como las ya existentes sea extremadamente sencilla (no se precisa intervención, siempre costosa, en cada uno de los puntos de luz del alumbrado) y facilita el acceso para su mantenimiento.

La instalación de un estabilizador de tensión y reductor de flujo en cabecera de línea (en adelante reductor de flujo) evita excesos de consumo en las luminarias, prolonga la vida de las lámparas y disminuye la incidencia de averías, pero para conseguir estos resultados es necesario utilizar equipos con las más altas prestaciones, ya que de lo contrario las ventajas se pueden tornar en inconvenientes.

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 excesos de consumo (nivel nominal).
- Disminuye el consumo hasta el 40% (nivel reducido). Rápida amortización.
- Apto para VSAP y VM.

#### 2.3.3.1.- Funcionamiento de los reductores de flujo luminoso

Los reductores de flujo están previstos para funcionar a régimen continuo, no obstante se recomienda desconectar de la red durante las horas en que la iluminación no funciona, evitando de esta forma su pequeño consumo en vacío. La conexión y desconexión de la red se realiza diariamente por un contactor controlado por un interruptor crepuscular o por un interruptor horario astronómico instalado en el cuadro de alumbrado.

Los bornes del cambio de nivel (flujo nominal a reducido) reciben la orden a la hora deseada, iniciando una lenta disminución (aprox. 6 V. por minuto) hasta situarse en la tensión de régimen reducido. La regulación de la tensión nominal de salida tiene que seguir manteniéndose en el  $\pm 1\%$  para cualquier variación de carga de 0 a 100%, y para las variaciones de la tensión de entrada admisibles (normalmente  $\pm 7\%$ ), debiendo ser esta regulación totalmente independiente en cada una de las fases.

#### 2.3.3.2.- Ciclos de funcionamiento de los reductores de flujo luminoso

Para seguir las indicaciones sobre el ciclo de funcionamiento, véase la Fig. 3.

##### A. Régimen de arranque

Desde el momento de la conexión a la red, los reguladores de flujo inician su ciclo de funcionamiento con una tensión de arranque ligeramente superior a la necesaria por los ignitores de encendido del equipo de iluminación, consiguiendo un suave arranque de las lámparas y limitando los picos de intensidad de arranque en los balastos y líneas de alimentación.

Este valor de tensión de arranque se mantiene durante un tiempo programable (desde unos segundos hasta varios minutos), transcurrido el cual

el equipo varía la tensión de salida hasta quedar estabilizada en el nivel correspondiente (normal o reducido). Los tiempos más cortos (hasta 3 minutos) se utilizan para fluorescencia y lámparas especiales. Con 6 minutos aproximadamente de tiempo de arranque se consigue la estabilización después del encendido de las lámparas de VSAP. Finalmente con 12 minutos de tiempo de arranque, se garantiza el reencendido adecuado de lámparas de VM y halogenuros metálicos.

#### B. Estabilización a régimen normal

Normalmente se puede elegir un pequeño rango de tensiones de salida, dependiendo del grado de envejecimiento de las lámparas, de su tensión nominal y del ahorro adicional que se quiera conseguir en el caso de nuevas instalaciones. El proceso sería el siguiente:

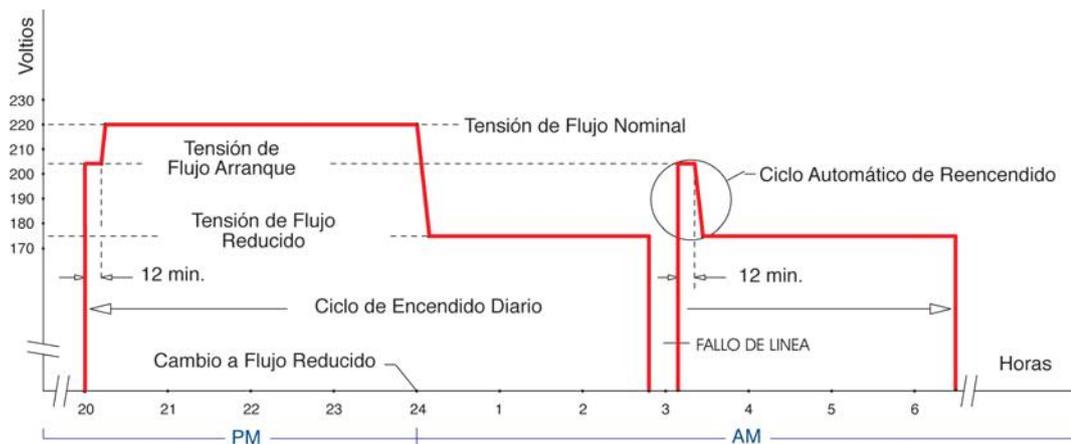
- Cuando toda la instalación tiene lámparas nuevas, se puede programar un régimen normal a 210 V.
- Pasado el primer tercio de la vida útil, se puede cambiar a 215 V.
- Pasados dos tercios de la vida útil de las lámparas se puede volver a cambiar a su tensión nominal

De esta forma se mantiene prácticamente uniforme el flujo luminoso de la instalación durante toda la vida de las lámparas.

#### C. Estabilización a régimen reducido

Una orden externa, generada por un elemento de control (interruptor crepuscular o interruptor horario astronómico) fija el nivel de iluminación en función de las horas a régimen normal o régimen reducido. La velocidad de variación de la tensión de salida, cuando se cambia de régimen normal a régimen reducido o viceversa se realiza de forma lenta (alrededor de 6 V. por minuto), de manera lineal en los equipos de variación continua y con pequeños saltos en los modelos de variación escalonada. De esta forma se garantiza el perfecto comportamiento de las lámparas sin deterioro de su vida.

Las tensiones de régimen reducido oscilan entre 175 V. para VSAP y 195 V. para VM. El régimen reducido puede ser mantenido hasta la hora de apagado del alumbrado o retornar al régimen normal en las primeras horas de la mañana. Estas tensiones se pueden programar con un pequeño incremento (por ejemplo 5 V.) a fin de corregir una iluminación escasa o caídas de tensión importantes en las instalaciones de alumbrado.



**Figura 3.** Curva de régimen de arranque, normal y reducido con corte de red en un reductor de flujo.

### 2.3.3.3.- Rendimiento

El rendimiento de los reductores de flujo se determina como cociente entre la potencia activa de salida y la potencia activa de entrada, expresado en porcentaje, y en cualquier caso debe ser siempre superior al 95%.

### 2.3.3.4.- Características generales de los equipos estabilizadores de tensión y reductores de flujo luminoso y su clasificación

A modo de resumen, las características básicas que debe cumplir cualquier reductor de flujo son las siguientes:

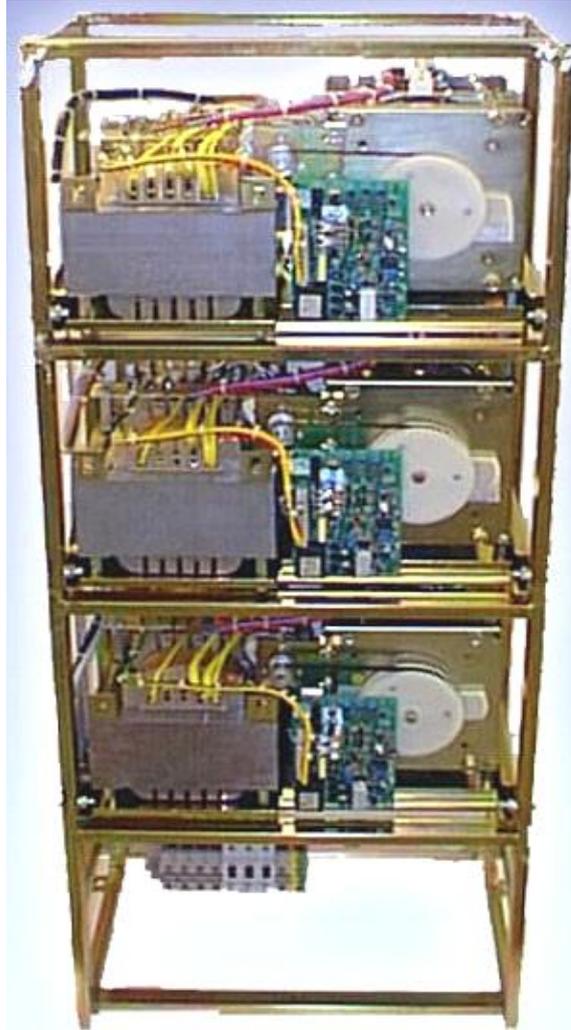
- Rendimiento superior al 95%.
- Potencias hasta 60 kVA.

- Reducción de consumo hasta el 40% sobre el nominal.
- Fases totalmente independientes.
- Protección por magnetotérmico en cada fase.
- By-pass por fase.
- Carga admisible del 0 al 100%.
- Mantenimiento del  $\text{Cos } \phi$ .
- No introducir armónicos en la red.
- Estabilización  $\pm 1\%$ .
- Flujo nominal configurable.
- Flujo reducido configurable.
- Tiempo de arranque variable.
- Velocidad de cambio de nivel: 6 V./minuto aprox.

Por su tipo de regulación, los reductores de flujo se pueden clasificar en reguladores de variación continua y de variación escalonada.

#### A. Variación continua

La tensión de salida varía de forma continua o en escalones inferiores al 0,3% de la tensión nominal. Véase un ejemplo en la Foto 4. Estos equipos son normalmente más caros pero la regulación es más suave y en general son productos más robustos.



**Foto 4.** Ejemplo de reductor de flujo de variación continua.

#### B. Variación escalonada

La tensión de salida varía en escalones superiores o iguales al 0,3% de la tensión nominal. Véase un ejemplo en la Foto 5. Son productos más económicos ya que sustituyen la regulación continua por varios escalones de una diferencia de tensión suficiente como para que no se note el salto en la iluminación.



**Foto 5.** Ejemplo de reductor de flujo de variación escalonada.

#### 2.3.3.5.- Instalación de los reductores de flujo

Es muy importante que las líneas eléctricas estén bien dimensionadas (secciones adecuadas), para evitar apagados en los puntos de luz más alejados del reductor de flujo en cabecera, debidos a la caída de tensión en las líneas.

El conexionado de los reductores de flujo es muy sencillo; la instalación eléctrica se realiza en serie entre el contactor general del cuadro de alumbrado y las líneas de distribución, teniendo especial precaución en mantener conectados a la salida del contactor general todos los circuitos auxiliares del cuadro de alumbrado.

Otras precauciones a tener en cuenta son:

- Comprobar que las intensidades de cada fase no sobrepasan la capacidad del reductor de flujo.
- No cambiar la línea de entrada por la salida; y
- Seleccionar el modo de funcionamiento dependiendo del tipo de lámpara (VM o VSAP).

Especial atención merece el armario donde se instale el equipo reductor. Debido a que es un sistema que genera calor por su propio funcionamiento, el armario debe estar suficientemente dimensionado, y con ventilación adecuada, recomendando una protección máxima IP44 o IP54. Si se instala en armarios totalmente herméticos sin ventilación, se pueden producir malfuncionamientos en los equipos. La protección contra impactos debe ser al menos IK08.

#### 2.3.3.6.- Mantenimiento

Normalmente el mantenimiento de los reductores de flujo se limita a tareas de limpieza, comprobación del funcionamiento y verificación de que los valores de tensión se encuentran dentro de la tolerancia. Se recomienda realizar una inspección del equipo una vez al año, así como la comprobación de los correctos aprietes en las conexiones de potencia.

#### 2.3.3.7.- Auxiliares de regulación

Las instalaciones de alumbrado público se componen de forma mayoritaria de equipos con lámparas de VSAP o VM. En los equipos con balasto serie y lámpara de VSAP se pueden regular y reducir su potencia con los equipos reductores de flujo en cabecera de línea hasta el 40% sobre el valor nominal. Con equipos para lámparas VM y balastos tipo serie, se puede reducir directamente la potencia del sistema hasta el 25% del valor nominal, equivalente a una tensión de alimentación de 195 V. Cuando se intentan reducciones por debajo de 195 V. se producen apagados e inestabilidad en la instalación de alumbrado motivados por la característica inversa de la tensión de arco de las lámparas (a menor potencia, mayor tensión de arco).

Existen instalaciones de alumbrado con lámparas de VSAP y VM en la misma instalación, caso en el que se restringe la reducción de toda la instalación a los parámetros de las lámparas de VM (25% de reducción). Con el fin de lograr el mayor ahorro posible y un funcionamiento estable en las lámparas de VM, se desarrollan los auxiliares de regulación, Fig. 4, un novedoso componente que instalado entre el balasto y lámpara de VM, permite reducir la tensión a 175 V. evitando los indeseados apagados e inestabilidades y obteniendo ahorros superiores al 35% en VM para valores en la tensión de flujo reducido equivalentes a las lámparas de VSAP de 175 V. Con la incorporación de los auxiliares de regulación se obtienen ahorros similares en las lámparas VSAP y VM, en instalaciones que comparten los dos modelos o únicamente

con lámparas de VM, eliminando a su vez las molestas perturbaciones que producen estas lámparas.



**Figura 4.** Auxiliar de regulación.

## 2.4.- Ejemplo de ahorros con reductores de flujo y estabilizadores de tensión.

### Situación sin estabilizador-reductor

Instalación de alumbrado público equipada con 78 equipos de VSAP 250 W.

\* Potencia instalada:

250 W. de lámpara + 25 W. de equipo auxiliar = 275 W. por luminaria.

275 W. x 78 luminarias = 21.450 W. a tensión nominal (220 V).

\* Consumo extra por sobretensión:

Una sobretensión media durante la noche del 6%, provoca un incremento del consumo de 14 %.

$$21.450 \text{ W.} \times 1,14 = 24.453 \text{ W.} = 24,453 \text{ kW. a tensión real.}$$

Energía consumida en un año:

Con una utilización anual de 4.200 horas:

$$24,453 \text{ kW.} \times 4.200 \text{ horas} = 102.703 \text{ kWh. consumo/año.}$$

### Situación con estabilizador-reductor

Consumo anual con reducción de flujo a partir de las 12 de la noche hasta el apagado de la instalación.

- Horas de utilización a potencia nominal: 1.700 h.
- Horas de utilización a potencia reducida: 2.500 h.

$21,450 \text{ W.} \times 1.700 \text{ h.} = 36.465 \text{ kWh. consumidos al año en potencia nominal.}$

$21,450 \text{ W.} \times 2.500 \times 0,6 = 32.175 \text{ kWh. consumidos al año en potencia reducida.}$

$36.465 \text{ kWh.} + 32.175 \text{ kWh.} = 68.640 \text{ kWh. consumo/año con reductor-estabilizador.}$

### Ahorro Anual

Ahorro de energía por estabilización y reducción de flujo:

$$102.703 - 68.640 = 34.063 \text{ kWh/año, equivalente a un 32,9\% de energía.}$$

Precio Valle de mercado libre sería:

$$34.063 \text{ kWh/año} \times 0,10 \text{ €/kWh (impuestos incluidos)} = 3.406 \text{ €/año.}$$

Ahorro por mantenimiento:

$$A = \frac{H \times P \times N}{V} \left( \frac{1}{D} - 1 \right) = 421 + 18\% \text{ IVA} = 497 \text{ €/año}$$

Siendo:

- A: Ahorro por mantenimiento
- H: Horas de utilización = 4.200
- P: Precio de reposición por lámpara = 36 €
- V: Vida media de la lámpara = 12.000 horas
- D: Depreciación con sobretensión del 6 % = 0,7
- N: Número de lámparas = 78

Ahorro económico total en €/año con equipo reductor-estabilizador:

- Por estabilización y reducción de flujo: 3.406 €/año.
- Por ahorro en gastos de mantenimiento: 497 €/año.

AHORRO TOTAL AL AÑO 3.406 + 497 = 3.903 €/año (impuestos incluidos).

## 2.5.- Telegestión

El sistema de telegestión para cuadros eléctricos es un producto destinado a realizar las funciones de analizador de medida y detección de averías, así como la gestión a distancia mediante comunicación GSM de los mismos. Su objetivo principal es conocer desde un puesto central y unidades móviles del servicio técnico los principales parámetros de los cuadros de alumbrado así como ciertas situaciones que puedan requerir asistencia o conocimiento técnico inmediato, lo que redundará en evitar consumos excesivos no deseados por averías. Igualmente este conocimiento on-line permite un mejor reajuste de los parámetros eléctricos, consiguiendo optimizar los consumos.

Este sistema que podemos denominar de telegestión no es exclusivo de uso en cuadros de alumbrado, pudiendo ser utilizado en cualquier tipo de cuadro de protección y control.

### 2.5.1. Características generales

Los sistemas de telegestión suelen estar formados por equipos encargados de realizar las medidas eléctricas, ofrecer información directa y establecer las comunicaciones; pueden disponer también de varios nodos esclavos conectados en las diversas líneas del cuadro y que vigilan el perfecto funcionamiento de las maniobras y protecciones del mismo, mandan información permanentemente del funcionamiento y anomalías al master. Podemos ver un ejemplo de master y de esclavo en la Foto 6.

**Foto 6.** Ejemplo de sistema para la telegestión de cuadros de alumbrado.

### 2.5.2. Funcionamiento

Los sistemas de telegestión efectúan un cálculo del ahorro de energía por cada fase, a partir de la diferencia de potencial entre las tensiones de entrada y salida de cada una de las fases. El porcentaje de ahorro se estima para una instalación de alumbrado con lámparas de VSAP y vida media de las lámparas.

En cuanto a las maniobras, se activa un relé, con salida libre de potencial, por cada fase de entrada, a fin de efectuar un by-pass independiente en cada fase del reductor-estabilizador en el cuadro de alumbrado, en cuanto se detecte que la tensión de salida desaparece o es inferior a 160 V.

Se dispone de una entrada de control de tensión, para indicar el estado de funcionamiento de la instalación de alumbrado y para la señalización del estado de reducción de flujo. Disponen de alarmas por fallo de tensiones en las salidas y en la entrada general, alarmas de intrusismo y apertura del cuadro.

Todas las alarmas y medidas se pueden gestionar mediante aplicaciones informáticas, bien en modo local o bien en modo remoto, mediante módem, telefónico o GSM. Asimismo, se puede programar el envío de ciertas alarmas a teléfonos GSM mediante mensajes SMS. Igualmente desde el teléfono GSM se pueden enviar ciertos comandos mediante mensajes SMS al módem GSM instalado en el cuadro eléctrico para recibir información de las tensiones de entrada -salida y alarmas, ordenar conexión y desconexión del cuadro, anular la reducción de flujo y conexión - desconexión del by-pass. Estas últimas funcionalidades son muy útiles en tareas de mantenimiento.

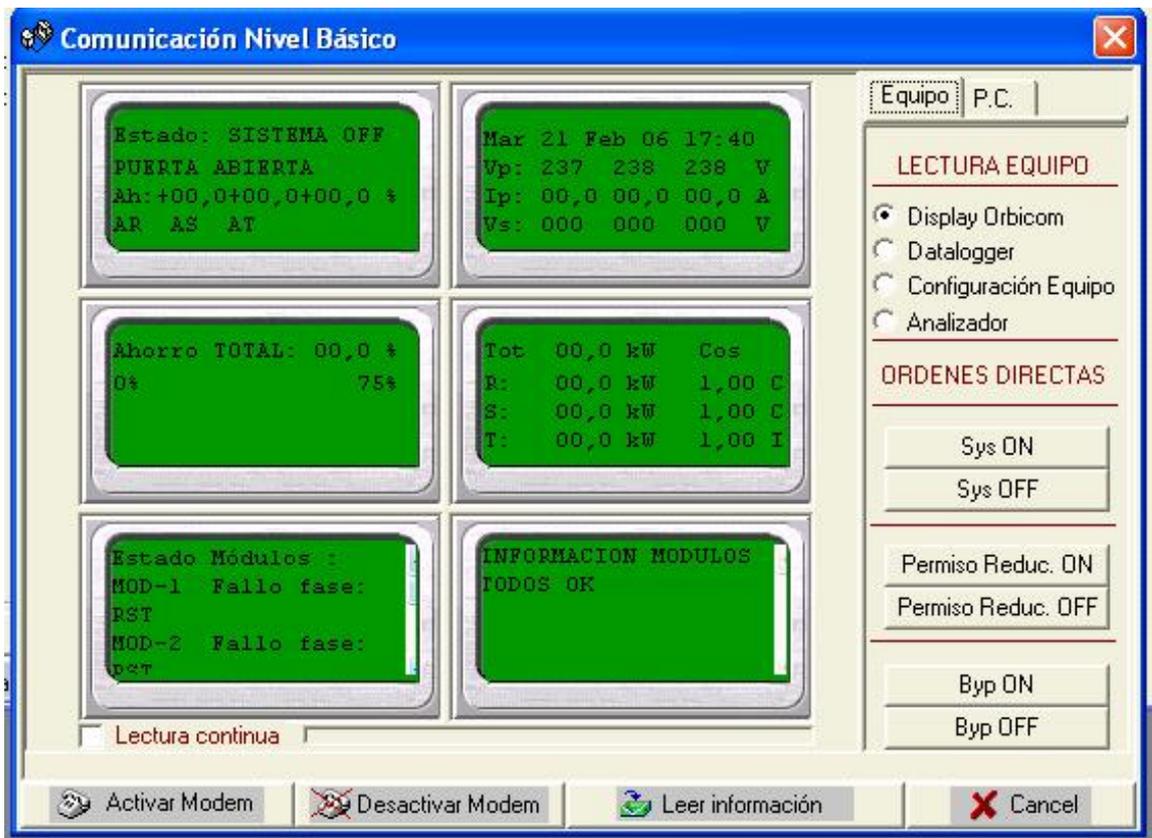
### 2.5.3. Software de comunicaciones

Las aplicaciones informáticas a las que nos referíamos anteriormente tienen, entre otras, las siguientes posibilidades en cuanto a petición de parámetros de trabajo:

- Tensión de línea, intensidad de línea y cosenos de cada fase.
- Tensión de salida del regulador-estabilizador en cada fase.

- Porcentaje de ahorro fase R, porcentaje de ahorro fase S, porcentaje de ahorro fase T.
- Porcentaje de ahorro total.
- kW. en fase R, kW. en fase S, kW. en fase T, kW. Totales.
- Incidencias posibles en cada nodo esclavo.

En la Fig. 5 se puede observar un ejemplo de algunas pantallas de información que muestra la aplicación informática, tal y como se verían en modo local delante del equipo de telegestión.



**Figura 5.** Pantallas de información del sistema de telegestión

#### 5.5.4. Archivo de adquisición de datos.

Es posible registrar una serie de parámetros con un intervalo programable. Cada registro nos da la siguiente información:

- Fecha / Hora.
- V.Pri1 V.Pri2 V.Pri3: Tensiones de primario.
- Amp.1 Amp.2 Amp.3: Intensidades.
- V.Se1 V.Se2 V.Se3: Tensiones de secundarios.
- Wat.1, Wat.2, Wat.3: Potencias activas.
- Cos1 Cos2 Cos3: Cosenos.
- AHR AHS AHT: Ahorros.

Con estos registros, es posible presentar curvas de resultados mediante las combinaciones más adecuadas para analizar el funcionamiento del reductor de flujo, y poder así optimizar el consumo. En las Fig. 6 y 7 se representan dos ejemplos de gráficos de parámetros eléctricos. Cada ciclo corresponde al encendido de una noche, siendo el valor mayor el correspondiente al modo normal, y el valor menor al reducido.

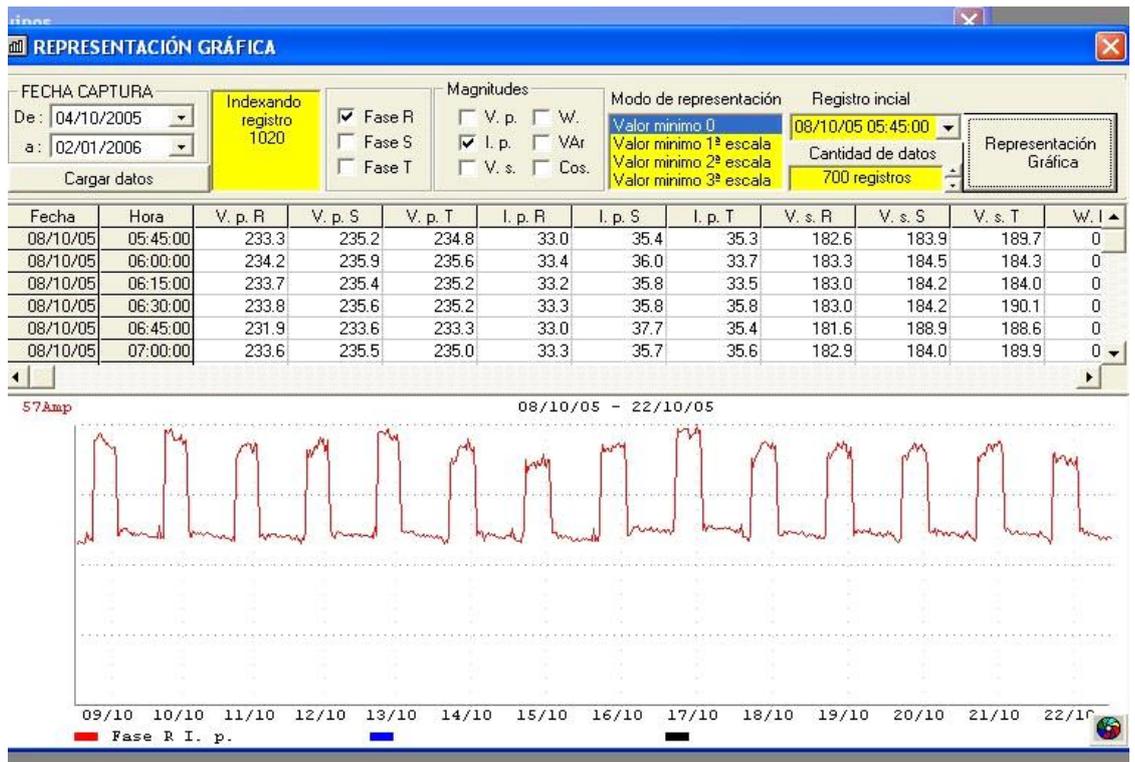


Figura 6. Corriente en Amperios de la fase R durante varios días, en régimen normal y en reducido.

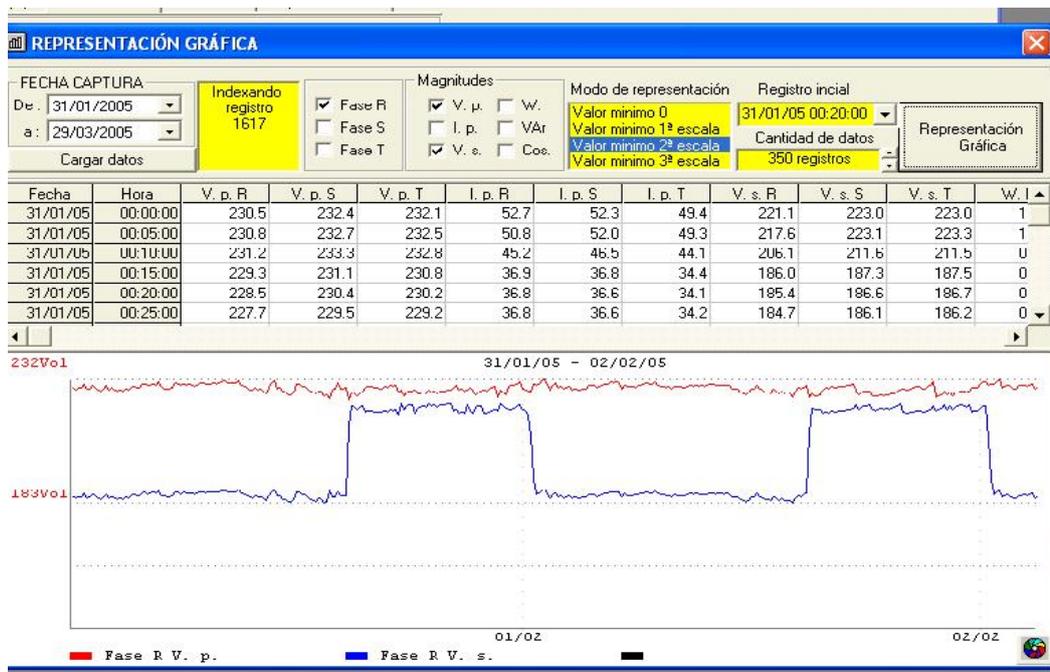


Figura 7. Tensión de entrada (línea roja) y de salida (línea azul) de la fase R.

### 2.5.5. Parámetros eléctricos medidos en el momento

Se pueden conocer los parámetros eléctricos instantáneos, lo que permite comprobar el correcto funcionamiento de la instalación.

## Capítulo 3. Tecnología LED

### 3.1.- Introducción

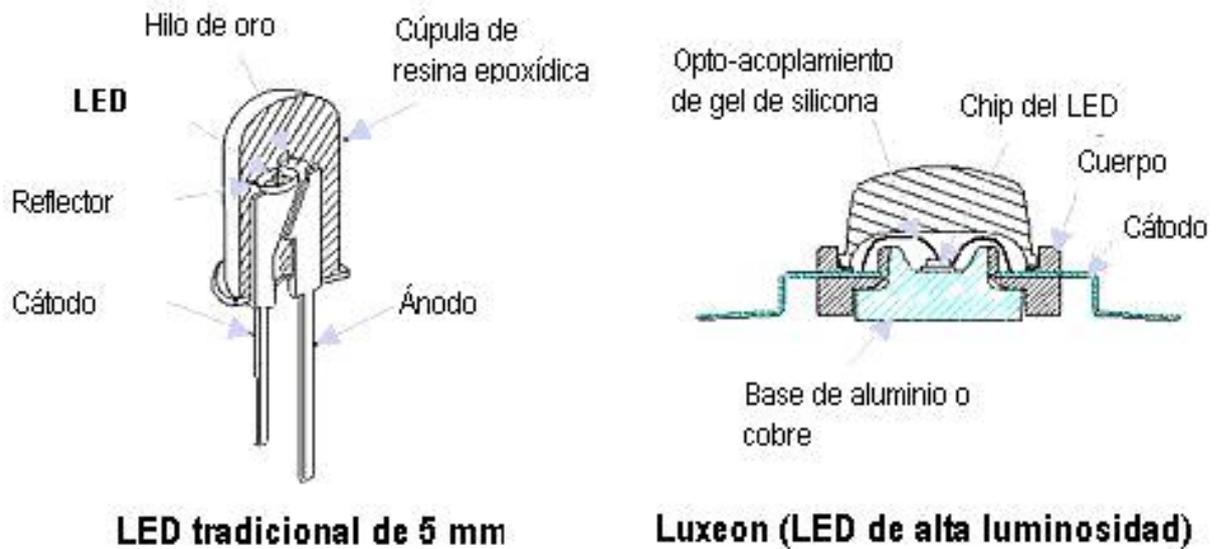
Un LED, (Light Emitting Diodes) definido por la contracción de las primeras letras de su nombre en inglés, es un Diodo Electro Luminiscente, y éste es un dispositivo electrónico conocido desde hace muchos años, cuya luminiscencia, debido al escaso flujo luminoso emitido, lo hacía útil para su empleo en la señalización o balizamiento.

A partir de este dispositivo conocido, se ha desarrollado muy recientemente un producto, que pertenece a la tecnología de los LED, de elevado flujo luminoso o alta luminosidad que supone un puente que salva el espacio entre la tecnología de los LED de estado sólido y el mundo del alumbrado.

Así un LED de alta luminosidad podría tener hasta 40 capas incluyendo un apilamiento de cinco o diez pozos en los que los electrones y los agujeros se combinan para producir luz. Estos pozos de 3-4 mm de espesor están separados por capas de barrera y emparedados.

Un LED tradicional o convencional emite aproximadamente del orden de 3 a 5 lúmenes, un LED de alta luminosidad, denominado también de alta potencia, emite a su vez entre 5 y 50 lúmenes, con un flujo unitario en el caso de luz de color blanco del orden de 18 lúmenes por emisor.

Para una mejor comprensión de las diferencias entre ambos tipos, se recogen a continuación la forma y características de un LED tradicional y de otro de alta luminosidad.



**Figura 1.** Esquema de LED tradicional y de alta luminosidad.

Tal y como se aprecia en la Fig. 1, el LED tradicional de la parte izquierda de la figura es muy sencillo de composición, siendo su principal inconveniente las enormes limitaciones que presenta, debido fundamentalmente a su muy limitada capacidad de disipación térmica, lo que restringe enormemente la corriente de funcionamiento.

En cuanto al LED de alta luminosidad, la característica de su enorme disipador térmico denominado en el dibujo, como base de aluminio o cobre, le permite mejorar enormemente las propiedades de disipación de calor. La consecuencia inmediata es que soporta una mayor corriente, que posee una mayor superficie emisora de luz y proporcionalmente un mayor flujo luminoso.

En particular, el LED indicado en la parte derecha de la figura es de 1 W. de potencia, tiene una superficie de 1 mm<sup>2</sup> para emisión luminosa, funciona a 350 mA. y genera 25 lúmenes, lo cual contrasta enormemente con el LED que

aparece en la izquierda, que tiene una potencia  $< 0,1$  W., una superficie de  $0,25$  mm<sup>2</sup>, una corriente de 20-30 mA. y un flujo luminoso de 1-2 lúmenes.

Las características más importantes de un LED de alta luminosidad desde el punto de vista de su aplicación a sistemas de iluminación, son:

- Larga vida útil

Con relación a la vida, un LED puede funcionar durante un período de tiempo que oscila entre las 50.000 y las 100.000 horas, de modo similar a la lámpara de vapor de mercurio, puede emitir luz durante toda su vida, pero lo importante de su vida útil es la posibilidad de emitir el mayor flujo luminoso útil durante la mayor parte de tiempo.

Como consecuencia las operaciones de mantenimiento y reemplazamiento se verán drásticamente reducidas, pues no serán prácticamente necesarias durante períodos superiores a 10 años.

- Emisión luminosa

En cuanto a la emisión luminosa, los avances tecnológicos producidos en los últimos años en este tipo de dispositivos los sitúan en una posición privilegiada con respecto a las lámparas tradicionales.

- Depreciación luminosa

La escasísima depreciación luminosa de los LED de alta luminosidad proporciona una alternativa de fuente de luz práctica que contrarresta los elevados costes de mantenimiento de las lámparas convencionales.

Del mismo modo que este aspecto ha contribuido notablemente a la sustitución de las lámparas incandescentes en los semáforos y señales de tráfico, por este tipo de dispositivos, se espera que conduzca a la adopción de esta tecnología también en el mundo de la iluminación.

- Calidad de luz

Con los últimos perfeccionamientos en los dispositivos LED de alta luminosidad se ha conseguido una excelente calidad de luz, tanto coloreada como blanca. Dicha luz está libre de UV (ultravioletas) e IR (infrarrojos). Los colores son muy saturados y casi monocromáticos. En general para obtener la luz blanca se utiliza, o bien la mezcla de dispositivos rojo, verde y azul, o bien un fósforo sobre un determinado color, generalmente sobre el azul. El rendimiento cromático y la eficacia luminosa han mejorado significativamente en los últimos tiempos.

- Alumbrado urbano

En cuanto al aspecto de dinamicidad del futuro alumbrado urbano de nuestras ciudades, las características eléctricas de los LED permitirán una regulación total sin variación de color, un encendido instantáneo a todo color, un cambio dinámico de color e incluso una sintonización de punto blanco desde 2700 K a 5000 K.

- Consideraciones especiales de diseño

Entre las características más aprovechables de los LED están su compacto tamaño, la naturaleza direccional de la luz, los elevados rendimientos de gestión térmica y los avances tecnológicos que permiten una creciente emisión luminosa, por lo que se ofrecen nuevas oportunidades para los diseñadores. Para una mejor comprensión de estas ventajas, a continuación se resumen los aspectos más interesantes para su utilización:

- Ganancias en el flujo emitido.
- Control de la luz.
- Gestión térmica.

Además de los enormes incrementos de flujo luminoso que se han producido en los últimos meses, en los que se van reduciendo sus pérdidas

térmicas, que han ido evolucionando desde un 80% que suponían en un pasado no muy lejano, a una proporción muy inferior en nuestros días y con esperanzas de reducirlas enormemente en un futuro próximo.

La aparición de los LED de alta luminosidad ha modificado sustancialmente el nuevo diseño de las luminarias que incorporen estos dispositivos, que además se verán beneficiadas por la duración de un ciclo de vida de las luminarias de cinco a siete años sin necesidad de hacer ninguna operación de mantenimiento sobre ellas.



Al mismo tiempo, la direccionalidad de su emisión y su pequeño tamaño abren nuevas vías al desarrollo de sistemas ópticos con un elevadísimo control de la distribución luminosa, mejorando notablemente las eficiencias conjuntas de fuente de luz convencional y luminaria.

En la fotografía que se acompaña, se aprecia la direccionalidad conseguida con dispositivos ópticos especialmente diseñados

1.

**Foto**

### 3.2. Aplicaciones

Actualmente los LED de alta luminosidad están encontrando ya su espacio natural en el mundo del alumbrado. Por ejemplo, las versiones coloreadas están reemplazando masivamente a las fuentes incandescentes con filtros, en el alumbrado de señalización en edificios o en las pistas de aeropuertos, en alumbrados de detalle arquitectónicos o cualquier otro alumbrado direccional.

Sirva como ejemplo de las ventajas el ejemplo de un semáforo convencional de luz roja que emplea una lámpara incandescente de 135 W. A los 2000 lúmenes producidos hay que restarle aproximadamente el 90 % del filtro rojo, con lo que el flujo en color rojo alcanza justo los 200 lm. 12 LED de 1 W. pueden producir la misma cantidad de luz. Cálculos similares pueden hacerse en el caso del ámbar y el verde.

A continuación, y como ejemplo se han recopilado algunas de las aplicaciones más habituales de estos dispositivos emisores de luz.

### 3.2.1. Alumbrado interior

En este tipo de aplicaciones, los aspectos más interesantes para su utilización son:

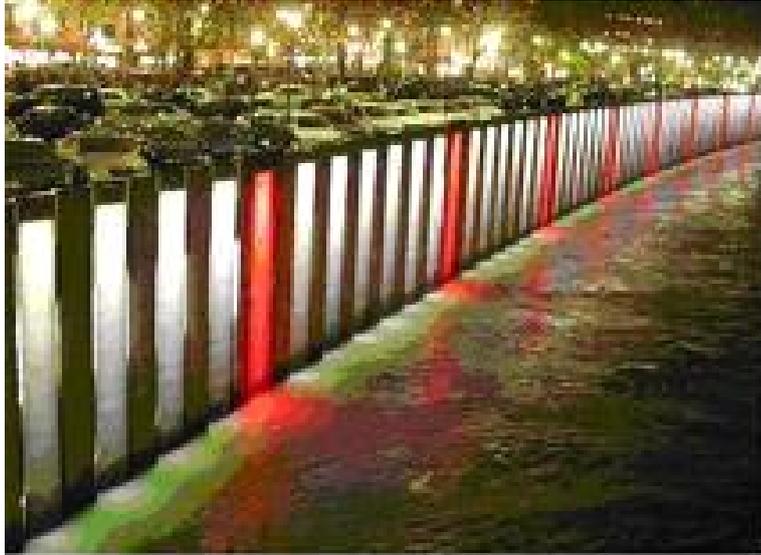
- La flexibilidad de diseño, que permite conceptos de iluminación alternativos a los ya conocidos, dado que la fuente de luz puede ser fácilmente dividida en múltiples puntos luminosos distribuidos en una superficie o situados en múltiples planos.
- Como casi el 100% de la luz emitida es direccional el uso de la luz resulta más eficiente sobre el objetivo que una lámpara convencional que emite luz en todas direcciones. Así, a grandes rasgos la luz de un LED resulta 10 veces más eficiente que la de una lámpara actual.
- La ausencia de UV o IR en el haz luminoso hace que la luz de los LED sea más adecuada para su empleo en interiores pues causará menos trastornos sobre los artículos expuestos.

- La robustez de estos dispositivos, su resistencia a las vibraciones, hace que sean mucho menos frágiles y, por tanto, se reducen enormemente los costes de mantenimiento.

### 3.2.2. Alumbrado exterior

En las aplicaciones de iluminación exterior, los aspectos más interesantes son:

- Elevada duración de vida, con lo que las operaciones de mantenimiento se pueden distanciar en el tiempo o incluso eliminar con respecto a las de las convencionales. No hay que olvidar que mientras en los LED la vida supera las 75000 horas, la mayor duración de vida de las lámparas convencionales es de 24000 horas.
- Poder para direccionar la luz gracias al pequeño tamaño de los dispositivos emisores de luz, como ya se ha explicado previamente, que da origen a conseguir iluminaciones semejantes a las aquí recogidas.
- Reducido consumo energético (disminución en los costes de mantenimiento de las instalaciones e incluso posibilidad del empleo de baterías).



**FOTO 2**

### 8.3. Algunos datos energéticos de interés

A modo de resumen, se detalla a continuación algunos datos interesantes sobre el consumo energético relacionado con la iluminación: (fuente del IDAE, Instituto para la Diversificación y el Ahorro de la Energía):

- La iluminación es la causa del 6% de las emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) en España.
- El comercio y los hogares se reparten casi a partes iguales el 53% del consumo de energía final que se destina a iluminación, mientras que el alumbrado público supone el 9%.
- El funcionamiento de las 4,2 millones de luminarias repartidas por toda España supone actualmente el 42% del consumo eléctrico del sector de servicios públicos. La inversión en su mejora ahorraría un 30% de este consumo.
- Iluminar nuestras casas supone casi la quinta parte (18%) de la factura eléctrica anual de los hogares españoles.

- Cambiando las bombillas incandescentes por lámparas de bajo consumo, esta factura podría reducirse entre un 60% y un 80%.

La concienciación en la calle cala más rápido si nos ponemos manos a la obra en nuestros espacios privados. Además, nuestros hogares son los responsables del mayor consumo de energía final por iluminación después del comercio, ya que, respectivamente, suponen el 26% y el 27% del total.

Ahorro en Emisiones de CO <sub>2</sub> (kg de CO <sub>2</sub> )
1.163
1.838
2.250
3.000
4.425

Ahorro en Factura Eléctrica (€)
232,5
367,5
450
600
885

T  
A  
B  
L  
A  
1  
.

Pot. Bombilla incandescente a sustituir (W)
40
60
75
100

Pot. Placa de LEDs (W)
9
11
15
20

Ahorro en consumo en kWh durante la vida útil de la placa (75.000 h)
2.325
3.675
4.500
6.000

150		32		8.850
-----	--	----	--	-------

Nota: Coste estimado de 0,1 € por kWh.