

ANEXO V

COSTES DE EXPLOTACION Y MANTENIMIENTO

1.- INTRODUCCION

La elaboración del proyecto que nos ocupa ha tomado en consideración todo el ciclo de vida de la instalación proyectada, lo cual involucra aspectos de operación, gestión, mantenimiento, consumo, etc.

Se ha realizado así pues todos estos aspectos de la explotación posterior pueden verse favorecidos o perjudicados en función de los planteamientos del proyecto constructivo ya que medidas que en la fase inicial pueden resultar económicas y factibles, pueden ser muy costosas o de difícil factibilidad en fases posteriores.

En base al enfoque mencionado, los principales puntos en la etapa del proyecto han sido:

- Estudio de la adecuación del servicio a las necesidades reales y posibles variaciones.
- Selección de sistemas técnicos considerando la explotación
- Dimensionamiento y cálculo de la instalación considerando no solo las condiciones iniciales.
- Aspectos de la instalación eléctrica que puedan afectar a la explotación posterior.
- Previsión del control en obra y recepción de aquellos aspectos que pueden afectar la eficiencia de la explotación.
- Estudios económicos basados no solo en el coste inicial sino además en los costes de explotación.

La instalación de alumbrado público proyectada precisa contar con una buena política de explotación. Es esta última la que determina y mantiene de forma cotidiana el nivel de servicio que la instalación puede ofrecer; pero además de ello, la explotación debe también garantizar la optimización de los costes de funcionamiento, de mantenimiento y de renovación de los materiales. La explotación representa un coste no desdeñable en un presupuesto de funcionamiento del alumbrado público: ello constituye una razón suplementaria para aportar un cuidado particular a la determinación de sus modalidades.

2.- CONDICIONES DE ILUMINACION Y REGIMEN DE FUNCIONAMIENTO

Los criterios técnicos de proyecto se basan en proveer condiciones de iluminación apropiadas que satisfagan aspectos funcionales y de confort de los usuarios a un costo razonable.

Los aspectos funcionales quedarán garantizados con la aplicación del RD 1890/2008 sobre alumbrado exterior. En el mismo:

Se introducen requisitos mínimos de eficiencia energética, debiendo calificarlas energéticamente.

Se establecen niveles máximos de iluminación y de uniformidad en las instalaciones.

Se obliga a disponer relojes astronómicos o sistemas equivalentes a partir de cierta potencia.

Se establecen dos niveles de utilización (normal/reducido) atendiendo al período y características de utilización.

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

La reducción de flujo luminoso funcionará de 23.00 a 6.00 horas entre semana y de 24.00 a 7.00 los fines de semana.

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

Con el tiempo las condiciones de iluminación varían debido a depreciación de la instalación. Se ha previsto un dimensionado adecuado de la instalación y además se aplican estrategias de conservación de forma que se puedan mantener las condiciones de iluminación, durante la vida útil de la instalación, a los niveles deseados.

3.- SELECCIÓN DEL SISTEMA DE ALUMBRADO

El sistema de alumbrado se ha definido mediante una elección de lámparas, luminarias y geometría de la instalación. La elección condiciona la eficiencia energética del alumbrado y por tanto los costos de explotación a través de los siguientes aspectos:

- *Eficiencia energética* de las lámparas
- *Eficiencia lumínica* de la conjunción de lámpara luminaria y geometría
- *Factor de depreciación* que relaciona las condiciones de servicio con las iniciales.

3.1.- SELECCIÓN DE LA LAMPARA Y EL EQUIPO AUXILIAR

El condicionante principal en la selección de la lámpara es la eficacia (Lúmenes/watt) ya que cuando más grande sea esta menor será el consumo energético para conseguir la misma iluminación.

El proceso de selección seguido fue el siguiente:

En primer lugar se tuvieron en cuenta las exigencias propias del proyecto considerando: exigencias de color, potencia lumínica necesaria por punto de luz, exigencias de vida útil, condiciones particulares de funcionamiento, mantenimiento previsto.

De los tipos de lámparas que pasaron la primera selección el más adecuado fue aquel que presentó mayor eficacia pero se tuvo en cuenta que la eficacia global depende del conjunto lámpara luminaria.

Finalmente entre las alternativas que superaron la instancia anterior se efectuó un balance económico comparativo que contempló:

Costo de la fuente de iluminación incluyendo el de todos los elementos necesarios para su instalación y mantenimiento.

Costo de reposición de lámparas que es función de la vida útil de las mismas.

Costo de consumo energético de las lámparas incluido el consumo propio de los accesorios para su funcionamiento.

En la elección del equipo auxiliar el condicionante esencial fue que forme un conjunto armonizado con la lámpara es decir que sus características de funcionamiento sigan las demandas de la lámpara para alcanzar un funcionamiento eficaz. Otro factor a tener en cuenta fue que, para la necesaria regulación de flujo, el equipo auxiliar fuera el apropiado.

Satisfechos los condicionantes antes mencionados, ahora desde el punto de vista energético, dos fueron los requisitos esenciales para la selección de equipos auxiliares que influirán en la explotación de la instalación:

- Pérdidas propias reducidas
- Capacidad para proporcionar un factor de potencia próximo a la unidad.

3.2.- SELECCIÓN DE LA LUMINARIA

La eficiencia energética de una luminaria depende del flujo luminoso útil que es capaz de proyectar sobre la zona u objetos de interés. Cuanto mayor será el flujo luminoso útil menor la energía consumida para lograr las condiciones de iluminación deseadas. Cuando la zona de interés es la superficie del pavimento de la calle, se define el factor de utilización como la relación entre el flujo luminoso útil sobre el pavimento respecto del flujo luminoso de la lámpara. Al iniciar el proceso de selección de la luminaria se ha tenido en cuenta:

La luminaria que presente mayor factor de utilización y simultáneamente un grado de molestia o deslumbramiento aceptable será la más adecuada en primera instancia.

Se ha verificado el cumplimiento de modernas recomendaciones basadas en el control de la polución lumínica que establecen limitaciones de emisión de flujo en el hemisferio superior.

Finalmente, entre las alternativas que superan las instancias anteriores, se ha de efectuado un balance económico considerando los costos de adquisición de la luminaria, de instalación, costos de mantenimiento y costo de consumo energético de la instalación.

3.3.- GEOMETRÍA DE LA INSTALACIÓN

Afecta la explotación posterior influyendo sobre aspectos energéticos y de mantenimiento, de dos maneras diferentes:

El flujo luminoso útil y el factor de utilización dependen de la relación ancho de la zona a iluminar/altura del punto de luz. Cuanto mas elevada esta relación mayor será el factor de utilización hasta un punto en que iguala al rendimiento de la luminaria (relación entre el flujo luminoso emitido por la luminaria respecto del de la lámpara).

La geometría de la instalación afecta la explotación y la facilidad de mantenimiento. La situación de los puntos de luz, altura, se ha fijado de manera que favorezca el acceso, control y mantenimiento de las instalaciones. De otro modo la depreciación crecerá con el tiempo y con ella la reducción de las condiciones de iluminación derrochando energía.

4.- DIMENSIONAMIENTO Y CÁLCULOS DE LA INSTALACIÓN

La realización de cálculos luminotécnicos de dimensionamiento del sistema de alumbrado de una forma fiable permite unos márgenes de seguridad más ajustados acordes a la realidad con soluciones económicamente más favorables para la explotación. En este sentido se ha aplicado el software de cálculo y técnicas más sofisticadas y realistas, (como la técnica de la Luminancia que tiene en cuenta la reflexión del pavimento). Técnicas de uso cada vez más frecuentes en los proyectos de alumbrado.

Una variable importante considerada en el cálculo ha sido el factor de depreciación. Su empleo significa sobredimensionar la instalación de alumbrado para contrarrestar las reducciones graduales de las condiciones de iluminación con la depreciación de los componentes del sistema por envejecimiento, ensuciamiento etc.

El factor de depreciación se elige en función de los períodos de limpieza y mantenimiento que se realizará sobre la instalación a lo largo de su vida útil. Cuanto mas bajo sea este factor significará que se realizará un mantenimiento escaso o que las condiciones ambientales son muy adversas.

Referente a los cálculos eléctricos de dimensionamiento de líneas, la mejor solución considerando limitación de corriente y caída de tensión admisible no siempre es la mas conveniente si se valoran las pérdidas por efecto Joule, pérdidas que disminuyen con el aumento de sección.

5.- ASPECTOS DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA

La instalación eléctrica se refiere al conjunto de dispositivos mediante los cuales se provee al alumbrado de energía eléctrica. Los elementos más destacables a considerar en el proyecto que pueden afectar la explotación posterior son:

Los componentes de la instalación, la calidad y adecuación evitará el mal funcionamiento que puede repercutir en un incremento del consumo. Se debe limitar las pérdidas propias de los componentes o indirectas que produzcan, especialmente en:

Conductores: Las pérdidas por efecto Joule, mencionadas anteriormente.

Líneas: La buena protección y calidad reduce la probabilidad de derivaciones, fugas, y conexiones fraudulentas evitando así consumos innecesarios.

Condensadores: La calidad y durabilidad reduce el recargo en la facturación por consumo de energía reactiva.

Dispositivos de encendido: La elección de tecnología con menor necesidad de mantenimiento reduce el funcionamiento fuera del período necesario.

El suministro, la calidad del mismo afecta no solo el funcionamiento y duración de los componentes sino también el rendimiento de los componentes, pérdidas propias, etc. En lámparas de descarga una sobretensión del 10% provoca un 20% de sobreconsumo y una reducción de la vida útil.

Al proyectar el cuadro de alumbrado público se han tenido en cuenta ciertas previsiones.

El *armario* debe disponer del espacio suficiente para albergar los elementos que lo constituyen. Es recomendable prever espacio adicional para alojar equipos de telegestión para gestión y control del suministro y consumo.

Los *contadores de energía* han de ser adecuados a la modalidad de contratación prevista. Los contadores electrónicos de impulsos permiten la adaptación temporal a cualquier tipo de discriminación horaria sin necesidad de efectuar sustituciones.

Los *sistemas de encendido y apagado* deben evitar la prolongación innecesaria de los períodos en que el alumbrado está encendido evitando así consumos inútiles.

6.- PREVISIÓN DEL CONTROL Y EJECUCIÓN DE LAS OBRAS

Todos los aspectos descritos hasta el momento pueden quedar en buenas intenciones sino se traducen en realidades prácticas en la ejecución de las obras. La dinámica normal tiende, por motivos de economía, cumplimiento de términos o comodidad, a desviarse de los planteamientos iniciales.

mediante la adquisición de materiales más baratos o de fácil adquisición o en la búsqueda de procesos más sencillos o cortos. Contrarrestar esta tendencia implica un esfuerzo basado principalmente en los siguientes aspectos:

Pliego de condiciones, se incluye en la documentación del proyecto con las características necesarias para garantizar la calidad de los materiales y trabajos.

Es obligatorio, desde el punto de vista contractual, con la suficiente difusión para que el contratista no pueda alegar su desconocimiento.

Control de ejecución: Una vez adjudicados los trabajos es necesario acompañar su realización con un control de la ejecución que comprenda tanto la inspección de materiales como la realización de los trabajos. Ciertos controles no pueden efectuarse “a posteriori” debido a que muchos aspectos pueden quedar ocultos (fosas, puestas a tierra, instalaciones interiores), o bien la corrección de posibles defectos puede ser mas difícil y costosa.

Recepción de las instalaciones: La vigilancia en el transcurso de la obras han de completarse con unas pruebas de recepción al final, las cuales han de incluir ensayos en servicio es decir puesta en marcha real de la instalación y comprobación de las características de funcionamiento.

7.- PREVISIÓN DEL CONSUMO Y COSTO DE LA ENERGÍA

Al abordar el proyecto es importante prever el consumo energético que ocasionará su funcionamiento y el costo derivado. Esta previsión permitirá seleccionar alternativas y conocer los recursos necesarios para la explotación pudiendo además controlar si los resultados reales se ajustan a las previsiones y en caso contrario estudiar las desviaciones.

El *consumo* resultara de la conjunción de la *potencia absorbida* por la instalación y de las *horas de funcionamiento*.

La componente principal de la potencia eléctrica será la suma de las potencias de las lámparas utilizadas. A esto se debe agregar el consumo de los equipos auxiliares, el consumo propio de las líneas de alimentación, el consumo por fallas y derivaciones, el consumo por conexiones de elementos ajenos a la instalación de alumbrado (señalización, etc.).

El tiempo de funcionamiento de la instalación esta determinado por los dispositivos de apagado y encendido que se ajustan de acuerdo a ciclo astronómico y a la latitud y longitud del sitio.

El precio de la energía dependerá de los siguientes aspectos:

Tarifa de contratación: Existen distintas modalidades de tarifas para contratar. Es conveniente estudiar cual resulta mas económica ya que depende de la ubicación geográfica y características de la instalación.

Discriminación horaria: Las diferentes tarifas admiten distintas modalidades de discriminación horaria favoreciendo con descuentos a los consumos durante los periodos de “horas valle”. La modalidad más adecuada se elige en base a una simulación de la facturación.

Potencia contratada: Se calcula sumando la potencia de las lámparas sin considerar factores de simultaneidad. Las pérdidas pueden quedar incluidas al adoptar el escalón de contratación normalizado inmediatamente superior.

Energía reactiva: Generada por los equipos auxiliares inductivos de las lámparas de descarga se traduce en un recargo sobre la facturación. Se corrige mediante la instalación de condensadores, con los cuales pueden lograrse factores de potencia ($\cos\phi$) elevados que pueden hasta invertir el sentido del complemento convirtiéndolo en un descuento (para $0,9 < \cos\phi < 1$ hasta un 4% de descuento). En la práctica es difícil mantener valores elevados (variaciones en las características de las lámparas, averías de los condensadores etc.) a no ser que exista un mantenimiento eficaz.

Alquiler de los equipos de medición: Los dispositivos de medición pueden ser de propiedad o bien alquilados a los importes previstos en las tarifas

8. GESTION Y EXPLOTACION EFICIENTE

Dejando de lado las medidas estrictamente tecnológicas, una herramienta importante en la mejora de la eficiencia energética es la gestión de las instalaciones.

Este hecho se constata en la ineficiencia energética generalizada en los sistemas en funcionamiento.

La gestión integrada del alumbrado debe contemplar tanto la gestión energética como el mantenimiento de las instalaciones. El primer problema que origina la falta de gestión es el desconocimiento de las instalaciones, la inexistencia de inventarios operativos y actualizados impide cualquier intento de control o planificación de tareas de mantenimiento.

La ausencia de gestión origina los problemas de ineficiencia energética, los principales aspectos en que ésta se manifiesta son:

- Incorrecto funcionamiento de los dispositivos de maniobra y control.
- Pérdidas por depreciación lumínica.
- Aparición de consumo de energía reactiva no deseable.
- Sobreconsumo debido a sobretensión de las líneas eléctricas.

Además de los problemas estrictamente energéticos, también se originan:

- Perdidas en la calidad del servicio.
- Aumento de la tasa de averías, con el consecuente aumento del coste del mantenimiento.
- Incorrecta contratación de tarifas eléctricas, lo cual penaliza económicamente.

En las hojas de cálculo que siguen puede observarse la cuantía de los gastos anuales de gestión, explotación y mantenimiento de la instalación que nos ocupa. Si esta cifra parece elevada, podemos indicar que, en una población media, el desajuste de horarios de encendido/apagado puede provocar un aumento de más del 20 % en el consumo energético, la ineficiencia de lámparas un aumento de más del 10 % y que el consumo de energía reactiva puede suponer un recargo de hasta el 43 % en la factura eléctrica.

Ponferrada, 18 de diciembre de 2009
EL INGENIERO TECNICO MUNICIPAL
Colegiado nº 412

Fdo.: Eusebio Cotado Cotado