

FONDO ESTATAL PARA EL EMPLEO Y LA SOSTENIBILIDAD LOCAL

(REAL DECRETO-LEY 13/2009, DE 26 DE OCTUBRE)

ACTUACIÓN DE EFICIENCIA Y AHORRO ENERGÉTICO

**RENOVACIÓN DEL ALUMBRADO EXTERIOR
MUNICIPAL EN LA LOCALIDAD DE
VILLAR DE LOS BARRIOS**

INDICE

1.- Generalidades

- 1.1.- Plazo de ejecución
- 1.2.- Previsión de personas a ocupar
- 1.3.- Clasificación del Contratista

2.- Objeto del Proyecto

3.- Reglamentación aplicable

4.- Situación

5.- Compañía suministradora

6.- Condiciones

- 6.1.- Actual
- 6.2.- Futura

7.- Descripción de la instalación

7.1.- Eléctrica

- 7.1.1.- Tensión de suministro
- 7.1.2.- Previsión de cargas
- 7.1.3.- Instalación de enlace
 - 7.1.3.a.- Acometida
 - 7.1.3.b.- Caja general de protección
 - 7.1.3.c.- Línea general de alimentación
 - 7.1.3.d.- Equipo de medida
 - 7.1.3.e.- Derivación individual
- 7.1.4.- Cuadro de protección, medida y control
- 7.1.5.- Equipo para el ahorro energético
- 7.1.6.- Régimen de funcionamiento previsto
- 7.1.7.- Conductores
 - 7.1.7.a.- Redes subterráneas
 - 7.1.7.b.- Redes aéreas
 - 7.1.7.c.- Redes de control y maniobra
- 7.1.8.- Soportes de luminarias
 - 7.1.8.a.- Características
 - 7.1.8.b.- Instalación eléctrica
- 7.1.9.- Luminarias
 - 7.1.9.a.- Características
- 7.1.10.- Lámparas
- 7.1.11.- Equipos eléctricos de los puntos de luz
- 7.1.12.- Relación de soportes, luminarias, lámparas y equipos auxiliares
- 7.1.13.- Protección contra sobrecargas y cortocircuitos

- 7.1.14.- Protección contra contactos directos e indirectos
 - 7.1.15.- Empalmes y derivaciones
 - 7.1.16.- Resistencia de aislamiento y rigidez dieléctrica
 - 7.1.17.- Puesta a tierra
- 7.2.- Luminotécnica
 - 7.2.1.- Vía pública
 - 7.2.2.- Implantación
 - 7.2.3.- Altura de montaje
 - 7.2.4.- Interdistancia
- 7.3.- Instalación
 - 7.3.1.- Red aérea
 - 7.3.2.- Red subterránea
 - 7.3.3.- Paso red aérea a subterránea
 - 7.3.4.- Cimentaciones
 - 7.3.5.- Cruzamientos
 - 7.3.5.a.- Red aérea
 - 7.3.5.b.- Red subterránea
 - 7.3.6.- Proximidades y paralelismos
 - 7.3.6.a.- Red aérea
 - 7.3.6.b.- Red subterránea
- 8.- Cálculos
 - 8.1.- Eléctricos
 - 8.2.- Luminotécnicos
 - 8.3.- Mecánicos
 - 8.4.- Cimentaciones
 - 8.5.- Puesta a tierra
- 9.- Plan de mantenimiento
- 10.- Costes de explotación y mantenimiento
- 11.- Plazo de ejecución
- 12.- Clasificación del Contratista
- 13.- Disposición final

ANEXO I : Relación de componentes

ANEXO II: Cálculos eléctricos

ANEXO III: Cálculos Luminotécnicos

ANEXO IV: Plan de Mantenimiento

ANEXO V: Costes de explotación y mantenimiento

1.- GENERALIDADES

El Ilmo. Ayuntamiento de Ponferrada, con domicilio social en Plaza del Ayuntamiento, 1 CP 24400, se propone la realización de una actuación de eficiencia y ahorro energético que afecta a la instalación de alumbrado público en la localidad de Villar de los Barrios.

El proyecto tiene tres partes diferenciadas. La actuación sobre cada una de ellas proporcionará el consiguiente ahorro energético.

Por una parte comprende la colocación, en cabecera de la instalación del alumbrado público existente en la localidad, de un equipo reductor-estabilizador de tensión, que nos permitirá reducir el nivel de iluminación, y como consecuencia el consumo energético, en el horario, aproximado, de 23.00 h a 07.00 h. La instalación de este dispositivo requiere la sustitución del centro de mando existente en la actualidad, módulo de protección y medida de energía y cuadro general de protección, maniobra y distribución, por otro que albergue los dispositivos eléctricos adecuados que permitan la efectiva operatividad del dispositivo de ahorro energético a instalar.

Por otra parte, se aprovechará la circunstancia para sustituir el control del encendido y apagado de la instalación, actualmente mediante dispositivo fotoeléctrico, por un control mediante reloj astronómico.

Finalmente indicaremos que el tramo final de la calle Pico del Lugar, y su enlace con la calle Burgo Nuevo, disponen del alumbrado más antiguo de la localidad y, por tal motivo, más ineficiente desde el punto de vista energético. La actuación consistirá en sustituirlo por otro energéticamente más eficiente. Se instalarán luminarias de elevado rendimiento, lámparas de descarga de mayor eficacia lumen/vatio. Se complementa con la mínima instalación auxiliar necesaria que permita la implantación de la solución proyectada.

Con el diseño realizado, la instalación reformada recibe la máxima calificación energética, letra A.

Se ha determinado que el consumo energético se reducirá en 29.563,18 KW/h anuales, lo que supondrá una reducción de, aproximadamente, 11.825,27 Kg de emisiones de CO₂ en dicho período.

En el plano de planta que se acompaña puede observarse con claridad el alcance de la instalación proyectada.

Teniendo en cuenta que las inversiones para la implantación de este tipo de instalaciones así como la explotación, conservación y mantenimiento de las mismas corre a cargo de los fondos municipales, junto a la finalidad básica expresada, se procurará optimizar la inversión, disminuyendo los costes de explotación mediante una correcta gestión energética y una adecuada conservación y mantenimiento al mínimo coste.

Desde el punto de vista de la seguridad de las personas y bienes, la peculiar implantación de este tipo de instalaciones a la intemperie y considerando el riesgo que implica el que parte de sus elementos sean fácilmente accesibles, hacen necesario establecer las condiciones técnicas y

garantías que las mismas deben reunir para dar cumplimiento a los objetivos básicos enunciados de economía y seguridad.

Un sistema de iluminación eficiente tiene una gran incidencia e importancia en el quehacer municipal, en su entorno urbano e influye en la calidad de vida de los ciudadanos, cuya mejora constituye el objetivo final de cualquier gobierno municipal.

El alumbrado público no solo se constituye en parte de los equipamientos y las infraestructuras básicas del municipio, sino que va mucho más allá, pues tiene otras ventajas como su contribución a la seguridad física y a la protección de bienes públicos y privados así como al impulso de la actividad económica y comercial.

Recientemente, el pasado día 1 de abril, ha entrado en vigor el nuevo Reglamento de Eficiencia Energética en Instalaciones de Alumbrado Exterior y sus Instrucciones Técnicas Complementarias EA-01 a EA-07.

Este Ayuntamiento es consciente de que el uso irracional de la energía y la contaminación lumínica suponen un impacto negativo sobre el medio ambiente por lo que, en la medida de lo posible, tratará de evitarlos.

Con la actuación proyectada se conseguirá un elevado ahorro energético, sin comprometer la visión ni poner en riesgo la seguridad de las personas y los bienes, y se reducirá muy considerablemente la contaminación lumínica.

En este alumbrado se utilizarán luminarias de sistemas ópticos reflectores y refractores de alto rendimiento, así como sistemas, equipos eléctricos y lámparas también de alto rendimiento.

El nivel de iluminación es el justo y necesario para garantizar la visión de las personas según el vigente REEIAE. Estos niveles de iluminación, aparentemente bajos, acompañados de una buena uniformidad, no representan ningún riesgo para la seguridad.

1.1.- Plazo de ejecución

Se prevé la plena ocupación de los trabajadores durante un período de tres meses.

1.2.- Previsión de personas a ocupar

Se estima en cuatro el número de trabajadores necesarios para la realización de la obra prevista.

1.3.- Clasificación del Contratista

Dadas las características de la obra, no se precisa clasificación alguna del contratista.

2.- OBJETO DEL PROYECTO

Lo es la recopilación de los datos técnicos necesarios que permitan solicitar la autorización administrativa y aprobación del Proyecto de ejecución de la referida instalación de alumbrado público. Esta instalación permitirá, tal y como se ha comentado, la reducción del consumo energético municipal y las emisiones de gases de efecto invernadero.

3.- REGLAMENTACION APLICABLE

Para la redacción del presente Proyecto y posterior ejecución de la obra se tendrán en cuenta:

- Real decreto 1890/2008 de 14 de noviembre por el que se aprueba el Reglamento de Eficiencia Energética en Instalaciones de Alumbrado Exterior y sus Instrucciones Técnicas Complementarias EA-01 a EA-07.
- Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto por el que se aprueba el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión e Instrucciones Técnicas Complementarias.
- Real decreto 1.955/2.000, de 1 de diciembre, por el que se regulan las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica.
- Real Decreto 1627/1997, de 24 de Octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción, en el marco de la Ley 31/1995 de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales.
- Real Decreto 614/2.001, de 8 de junio, sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico.
- Directiva 2004/108/CEE del Consejo de Europa de 3 de mayo de 1989, relativa a la compatibilidad electromagnética (D.O.C.E. 12-5-1992).
- Real Decreto 2642/1985, de 18 de diciembre, por el que se declaran de obligado cumplimiento las especificaciones técnicas de los candelabros metálicos (báculos y columnas de alumbrado exterior y señalización de tráfico) y su homologación por el Ministerio de Industria y Energía.
- Real Decreto 401/1989, de 14 de abril, que modifica el Real Decreto 2642/1985 y lo adapta al derecho comunitario.
- Orden de 12 de junio de 1989, por la que se establece la certificación de conformidad a normas como alternativa de la homologación de los candelabros metálicos.

- Real Decreto 138/1989, de 27 de enero, por el que se aprueba el Reglamento sobre Perturbaciones Radioeléctricas e Interferencias.
- Normativa de la Compañía Suministradora.

4.- SITUACION

La situación de la localidad en la provincia de León y el emplazamiento en la misma de las calles afectadas por la obra pueden observarse en los correspondientes planos que se acompañan.

5.- COMPAÑÍA SUMINISTRADORA

La empresa suministradora en esta zona es Unión Fenosa Distribución, S.A., a la cual se han consultado las condiciones de servicio y normas específicas en cuanto a la construcción y montaje de la acometida, línea general de alimentación e instalación de contadores.

6.- CONDICIONES

Un breve comentario nos permitirá hacernos una clara idea de las condiciones que reúnen las instalaciones en las calles afectadas.

6.1.- ACTUAL

Utilización de conjuntos luminaria/lámpara de alta contaminación lumínica, resplandor luminoso nocturno, luz intrusa o molesta, además de tener una potencia eléctrica, el conjunto lámpara-equipo auxiliar, elevada en comparación con las exigencias de la nueva reglamentación que le es de aplicación a esta instalación.

No existe sistema alguno de eficiencia y ahorro energético.

Ineficaz sistema de control de puesta en marcha y desconexión de la instalación.

6.2.- FUTURA

Se proyecta construir una red de alumbrado que nos permita obtener los niveles de iluminación establecidos por el vigente REEIAE para este tipo de vías.

Se instalarán luminarias de elevado rendimiento, lámparas de descarga de mayor eficacia lumen/vatio y equipos de ahorro de energía tales como sistema de control de encendido y apagado por reloj astronómico programable y equipo reductor-estabilizador de tensión, para reducción del

flujo luminoso nocturno, en cabecera de la instalación.

7.- DESCRIPCION DE LA INSTALACION

La instalación a realizar quedará claramente definida con la exposición que a continuación se realiza.

7.1.- ELECTRICA

Las condiciones de partida y de la instalación eléctrica proyectada son las siguientes:

7.1.1.- Tensión de suministro

La distribución de energía es trifásica a cuatro hilos a un nivel de tensión de 400/230 V.

7.1.2.- Previsión de cargas

Se cumplirá lo establecido en la instrucción ITC-BT-09.

Según el número de puntos de luz a instalar, el tipo y potencia de las lámparas a utilizar, una detallada descripción de los mismos se realizará en próximos apartados, la previsión de cargas, siempre teniendo en cuenta el vigente RBT, será la que se recoge en las correspondientes hojas de cálculo que se acompañan.

Con el fin de conseguir ahorro energético, la instalación de alumbrado público se proyecta con distintos niveles de iluminación, de forma que ésta decrezca durante las horas de menor necesidad de iluminación.

7.1.3.- Instalación de enlace

La instalación de enlace queda definida por los siguientes datos:

7.1.3.a.- Acometida

Enlazará la red de distribución pública con el módulo de protección y medida de energía. Es del tipo aéreo en forma de red posada sobre poste de hormigón existente. Su instalación se realizará de acuerdo con las prescripciones particulares de la compañía suministradora, aprobadas según lo previsto en el vigente RBT.

El tipo y naturaleza del conductor a emplear será el fijado por dicha compañía según la previsión de cargas realizada y las características técnicas de la red eléctrica de distribución utilizada.

La realización de la acometida no forma parte de la instalación proyectada pues de su realización se encargará la propia compañía suministradora.

7.1.3.b.- Caja general de protección

En nuestro caso de suministro a un único usuario, al no existir línea general de alimentación, simplificaremos la instalación colocando en un único elemento, la caja general de protección y el equipo de medida; dicho elemento se denominará caja de protección y medida.

Se colocarán, de acuerdo con la compañía suministradora, sobre zócalo de hormigón en lugar de tránsito general y de fácil y libre acceso.

Los dispositivos de lectura de los equipos de medida deberán estar instalados a una altura comprendida entre 0,7 m y 1,80 m.

Las cajas de protección y medida a utilizar corresponderán a uno de los tipos recogidos en las especificaciones técnicas de la empresa suministradora que hayan sido aprobadas por la Administración Pública competente, en función del número y naturaleza del suministro.

La envolvente deberá disponer de la ventilación interna necesaria que garantice la no formación de condensaciones.

El material transparente para la lectura, será resistente a la acción de los rayos ultravioleta.

7.1.3.c.- Línea general de alimentación

No existe como tal. La caja general de protección enlazará directamente con el equipo de medida.

El conductor utilizado será de cobre, el número de ellos será de cuatro (3F+N) y la sección será la resultante del correspondiente cálculo.

7.1.3.d.- Equipo de medida

El emplazamiento del mismo, considerado como idóneo, se ha elegido de conformidad con las instalaciones existentes de la empresa distribuidora de energía eléctrica y de acuerdo con las normas técnicas e instrucciones de dicha empresa.

Dado que el mismo se situará en el armario utilizado para albergar la protección y control de la red de alumbrado, aunque en módulo totalmente independiente, en la elección del emplazamiento también se ha tenido en cuenta la geometría de la red de alumbrado público proyectada.

El diseño y elementos interiores del módulo serán de alguno de los tipos recogidos por la compañía suministradora en sus normas particulares.

La envolvente del cuadro de protección, medida y control, proporcionará un grado de protección mínima IP55 según UNE 20.324 e IK10 según UNE-EN 50.102 y dispondrá de un sistema de cierre que permita el acceso exclusivo al mismo del personal autorizado. La puerta de acceso estará situada a una altura comprendida entre 0,3 y 2 m. Los dispositivos de lectura de los equipos de medida deberán estar instalados a una altura comprendida entre 0,7 m y 1,8 m.

7.1.3.e.- Derivación individual

No existe como tal. El equipo de medida enlazará directamente con los correspondientes dispositivos privados de mando y protección.

El conductor utilizado será de cobre, el número de ellos será de cuatro (3F+N) y la sección será la resultante del correspondiente cálculo.

7.1.4.- Cuadro de protección, medida y control

Las líneas de alimentación a los puntos de luz y de control partirán desde un cuadro de protección y control; las líneas estarán protegidas individualmente, con corte omnipolar, en este cuadro, tanto contra sobreintensidades (sobrecargas y cortocircuitos), como contra corrientes de defecto a tierra. La intensidad de defecto, umbral de desconexión de los interruptores diferenciales, que podrán ser de reenganche automático, será como máximo de 300 mA y la resistencia de puesta a tierra, medida en la puesta en servicio de la instalación, será como máximo de 30 Ω .

El conductor neutro de cada circuito que parte del cuadro, no podrá ser utilizado por ningún otro circuito.

El sistema de accionamiento del alumbrado, realizado con interruptores horarios o fotoeléctricos, dispone además de un interruptor manual que permita el accionamiento del sistema, con independencia de los dispositivos citados.

La envolvente del cuadro, proporcionará un grado de protección mínima IP55 según UNE 20.324 e IK10 según UNE-EN 50.102 y dispondrá de un sistema de cierre que permita el acceso exclusivo al mismo, del personal autorizado, con su puerta de acceso situada a una altura comprendida entre 0,3 m y 2 m.

Tal y como se ha comentado en un apartado anterior, los elementos de medidas estarán situados en un módulo independiente.

Las partes metálicas del cuadro irán conectadas a tierra.

El aparellaje se dimensionará de acuerdo con las cargas eléctricas de cada circuito y de conformidad con la reglamentación vigente.

La cimentación del armario debe ser de hormigón de resistencia característica H-200, previendo una fijación adecuada de forma que quede garantizada su estabilidad, teniendo en cuenta las canalizaciones y pernos de anclaje idóneos y accesorios, así como, en su caso, una arqueta de dimensiones adecuadas para hincar las picas de tierra.

Se instalarán contadores de energía eléctrica, activa y reactiva, trifásicos, a cuatro hilos, y de 400/230 V. de tensión nominal para la intensidad requerida.

7.1.5.- Equipo para el ahorro energético

El programa previsto, para el período de funcionamiento del alumbrado público, será el encendido total a primera hora y reducido a partir de medianoche u otra hora a determinar.

Para conseguir el fin propuesto se instalará en cabecera de la línea de alumbrado público, adosado al correspondiente armario de medida, maniobra, protección y distribución, un nuevo armario de servicio intemperie que alojará un equipo regulador de flujo-estabilizador de tensión.

Se ha pensado en la utilización de un equipo estático, compuesto por tres módulos monofásicos totalmente independientes, provisto cada uno de ellos de autotransformador con más de 8 tomas, microcontrolador, by-pass de rearme automático con contactores, magnetotérmico, protección térmica, protección contra descargas atmosféricas, que realiza autotest en el arranque, que arranca a potencia nominal, capaz de estabilizar la tensión en el umbral comprendido entre 210-250 V con tolerancia $\pm 2\%$, trifásico para 400/230 V.

7.1.6.- Régimen de funcionamiento previsto

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

Se recomienda que la reducción de flujo funcione de 23:00 a 6:00 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.

7.1.7.- Conductores

Los cables serán multipolares o unipolares con conductores de cobre y tensiones nominales de 0,6/1 kV.

El conductor neutro de cada circuito que parte del cuadro, no podrá ser utilizado por ningún otro circuito.

7.1.7.a.- Redes subterráneas

Los cables podrán ser de uno o más conductores y de tensión asignada no inferior a 0,6/1 KV, y deberán cumplir los requisitos especificados en la parte correspondiente de la Norma UNE-21123. La sección de estos conductores será la adecuada a las intensidades y caídas de tensión previstas y, en todo caso, esta sección no será inferior a 6 mm² para conductores de cobre.

Dependiendo del número de conductores con que se haga la distribución, la sección mínima del conductor neutro será:

Con cuatro conductores, la sección del neutro será como mínimo:

Conductores fase (mm ²)	Sección neutro (mm ²)
6	6
10	10

7.1.7.b.- Redes aéreas

No existe esta modalidad de instalación en el alumbrado público proyectado.

7.1.7.c.- Redes de control y auxiliares

Se emplearán sistemas y materiales similares a los indicados para los circuitos de alimentación, la sección mínima de los conductores será 2,5 mm².

7.1.8.- Soportes de luminarias

7.1.8.a.- Características

Los soportes de las luminarias de alumbrado exterior, se ajustarán a la normativa vigente (en el caso de que sean de acero deberán cumplir el RD 2642/85, RD 401/89 y OM de 16/5/89). Serán de materiales resistentes a las acciones de la intemperie o estarán debidamente protegidas contra éstas, no debiendo permitir la entrada de agua de lluvia ni la acumulación del agua de condensación. Los soportes, sus anclajes y cimentaciones, se dimensionarán de forma que resistan las sollicitaciones mecánicas, particularmente teniendo en cuenta la acción del viento, con un coeficiente de seguridad no inferior a 2,5, considerando las luminarias completas instaladas en el soporte.

Los soportes que lo requieran, deberán poseer una abertura de dimensiones adecuadas al equipo eléctrico para acceder a los elementos de protección y maniobra; la parte inferior de dicha abertura estará situada, como mínimo, a 0,30 m de la rasante, y estará dotada de puerta o trampilla con grado de protección IP 44 según UNE 20.324 (EN 60529) e IK10 según UNE-EN 50.102. La puerta o trampilla solamente se podrá abrir mediante el empleo de útiles especiales y dispondrá de un borne de tierra cuando sea metálica.

Los elementos de protección y maniobra se colocarán en la parte superior, en caja estanca situada a la altura en que se realiza el amarre de conductores.

En nuestro caso se emplearán columnas y brazos murales.

Las columnas serán metálicas, con base de fundición gris y fuste cilíndrico de tubo de acero sin soldadura. En este,, al objeto de evitar la corrosión, tanto interior como exterior, la protección de toda la superficie se realizará mediante galvanizado en caliente.

Los brazos murales serán de aleación de aluminio.

Se realizarán los anclajes con las máximas garantías de seguridad, fijándose los brazos en aquellas partes de las construcciones que lo permitan por su naturaleza, estabilidad, solidez, espesor, etc.

Ambos tipos de soporte presentarán un acabado final color gris 100 sablé.

En el anexo I, que se incluye en este documento, pueden observarse los tipos de soportes utilizados.

7.1.8.b.- Instalación eléctrica

En la instalación eléctrica en el interior de los soportes, se deberán respetar los siguientes aspectos:

Los conductores serán de cobre, de sección mínima $2,5 \text{ mm}^2$, y de tensión nominal de 0,6/1kV, como mínimo; no existirán empalmes en el interior de los soportes.

En los puntos de entrada de los cables al interior de los soportes, los cables tendrán una protección suplementaria de material aislante mediante la prolongación del tubo u otro sistema que lo garantice.

La conexión a los terminales, estará hecha de forma que no ejerza sobre los conductores ningún esfuerzo de tracción. Para las conexiones de los conductores de la red con los del soporte, se utilizarán elementos de derivación que contendrán los bornes apropiados, en número y tipo, así como los elementos de protección necesarios para el punto de luz.

7.1.9.- Luminarias

7.1.9.a.- Características

Las luminarias utilizadas en el alumbrado exterior serán conformes la norma UNE-EN 60.598 -2-3.

Para definir las prestaciones de las luminarias, se han tenido en cuenta, no solo las características fotométricas, con objeto de cumplir las exigencias impuestas de nivel de iluminancia, con sus correspondientes uniformidades y grado de deslumbramiento, sino también las características constructivas, a fin de que sean las más adecuadas, en orden a minimizar los gastos de explotación y conservación de las mismas.

Se instalarán luminarias de diseño clásico con auxiliares eléctricos incorporados. El cuerpo es de aleación de aluminio, el sistema óptico es un reflector hidroconformado y anodizado y un cierre de vidrio incoloro templado de 4 mm.

El acabado final será color gris 100 sablé.

En cualquier caso, las luminarias estarán concebidas para obtener un alto rendimiento lumínico y larga vida.

En el anexo I, que se incluye en este documento, pueden observarse los tipos de luminarias utilizadas y sus principales características.

7.1.10.- Lámparas

A la vista de la gama de lámparas existentes en el mercado, destinadas al alumbrado público y las características de éstas, en cuanto al rendimiento lumínico y vida media, se ha elegido, por ser la de mejores características, la lámpara de vapor de mercurio con halogenuros metálicos y quemador cerámico.

En el anexo I, que se incluye en este documento, puede observarse el tipo de lámpara utilizada y sus principales características.

7.1.11.- Equipos eléctricos de los puntos de luz

Van alojados en el interior de la correspondiente luminaria.

Cada punto de luz deberá tener compensado individualmente el factor de potencia para que sea igual o superior a 0,90; asimismo deberá estar protegido contra sobreintensidades.

En la elección de estos equipos se ha tenido en cuenta la reducción, al mínimo, del consumo de energía y la calidad constructiva de los mismos. Se exige, obligatoriamente, que estén bobinados en cobre y que sean de alto factor. El arrancador será capaz de funcionar en vacío durante cinco meses, sin dañar equipo ni lámpara.

En el anexo I, que se incluye en este documento, pueden observarse los tipos de equipos eléctricos utilizados y sus principales características.

7.1.12.- Relación de soportes, luminarias, lámparas y equipos auxiliares

Se adjunta en el ANEXO I que se incluye en este documento.

7.1.13.- Protecciones contra sobrecargas y cortocircuitos

En los circuitos eléctricos, y a efectos de protección del conductor, se instalarán fusibles calibrados en cada cambio de sección de los mismos, situados en la línea de menor sección en la arqueta donde se produzca dicho cambio, en una caja de PVC de estanqueidad adecuada y aislamiento suficiente para soportar 2,5 veces la tensión nominal de servicio, así como la humedad e incluso la condensación, siendo su dimensiones adecuadas.

De acuerdo con ITC-BT-09, cada punto de luz estará dotado de dispositivos de protección contra cortocircuitos, para lo cual se instalará, en el caso de realizar la derivación a punto de luz en una arqueta o sobre fachada, una caja de características técnicas idénticas a las señaladas en el párrafo anterior y de dimensiones adecuadas, dotadas de bornes de conexión y fusibles calibrados que cumplirán la norma UNE-20520. En el caso de realizar la derivación en el interior del báculo o columna, dotado de la correspondiente portezuela, no será necesario el alojamiento de estos elementos en caja.

7.1.14.- Protección contra contactos directos e indirectos

Las luminarias serán de Clase I.

Las partes metálicas accesibles de los soportes de luminarias estarán conectadas a tierra. Todas las estructuras metálicas que estén a una distancia inferior a 2 m de las partes metálicas de la instalación de alumbrado exterior deberán estar unidas equipotencialmente entre sí. Será necesario comprobar si estos elementos metálicos pueden transferir tensiones peligrosas a puntos alejados (por ejemplo vallas metálicas), en cuyo caso deben tomarse las medidas adecuadas para evitarlo, mediante aislamiento de una de las partes simultáneamente accesible, mediante juntas aislantes, mediante puesta a tierra separada de las estructuras metálicas u otras medidas, si fuera necesario.

Las luminarias deberán estar conectadas al punto de puesta a tierra del soporte, mediante cable unipolar aislado de tensión nominal 450/750V con cubierta de color verde-amarillo y sección mínima 2,5 mm² en cobre.

7.1.15.- Empalmes y derivaciones

Se efectuarán siempre, utilizando medios y materiales especialmente concebidos para tal fin, en arquetas o cajas de las características ya señaladas.

Tanto mecánica como eléctricamente responderán a iguales condiciones de seguridad que el resto de la línea.

La elección de fases se hará de forma alternativa de modo que se equilibren las cargas.

7.1.16.- Resistencia de aislamiento y rigidez dieléctrica

La instalación deberá presentar una resistencia de aislamiento al menos igual a los valores indicados en la tabla siguiente:

Tensión nominal de la instalación	Tensión de ensayo en corriente continua (V)	Resistencia de aislamiento (MΩ)
Inferior o igual a 500 V	500	$\geq 0,5$
Superior a 500 V	1000	$\geq 1,0$

Este aislamiento se entiende para una instalación en la cual la longitud del conjunto de canalizaciones y cualquiera que sea el número de conductores que las componen no exceda de 100 metros. Cuando esta longitud exceda del valor anteriormente citado y pueda fraccionarse la instalación en partes de aproximadamente 100 metros de longitud, bien por seccionamiento, desconexión, retirada de fusibles o apertura de interruptores, cada una de las partes en que la instalación ha sido fraccionada debe presentar la resistencia de aislamiento que corresponda.

Cuando no sea posible efectuar el fraccionamiento citado, se admite que el valor de la resistencia de aislamiento de toda la instalación sea, con relación al mínimo que le corresponda, inversamente proporcional a la longitud total, en hectómetros, de las canalizaciones.

El aislamiento se medirá con relación a tierra y entre conductores, mediante un generador de corriente continua capaz de suministrar las tensiones de ensayo especificadas en la tabla anterior con una corriente de 1 mA para una carga igual a la mínima resistencia de aislamiento especificada para cada tensión.

Durante la medida, los conductores, incluido el conductor neutro o compensador, estarán aislados de tierra, así como de la fuente de alimentación de energía a la cual están unidos habitualmente. Si las masas de los aparatos receptores están unidas al conductor neutro, se suprimirán estas conexiones durante la medida, restableciéndose una vez terminada ésta.

El procedimiento de medición será el indicado en el vigente RBT.

7.1.17.- Puesta a tierra

La máxima resistencia de puesta a tierra será tal que, a lo largo de la vida de la instalación y en cualquier época del año, no se puedan producir tensiones de contacto mayores de 24 V, en las partes metálicas accesibles de la instalación (soportes, cuadros metálicos, etc.).

La puesta a tierra de los soportes se podrá realizar por conexión a red de tierra común para todas las líneas que partan del mismo cuadro de protección, medida y control.

En las redes de tierra, se instalará como mínimo un electrodo de puesta a tierra cada 5 soportes de luminarias, y siempre en el primero y en el último soporte de cada línea.

Los conductores de la red de tierra que unen los electrodos deberán ser:

- Desnudos, de cobre, de 35 mm² de sección mínima, si forman parte de la propia red de tierra, en cuyo caso irán por fuera de las canalizaciones de los cables de alimentación.
- Aislados, mediante cables de tensión nominal 450/750V, con cubierta de color verde-amarillo, con conductores de cobre, de sección mínima 16 mm² para redes subterráneas, y de igual sección que los conductores de fase para las redes posadas, en cuyo caso irán por el interior de las canalizaciones de los cables de alimentación.

El conductor de protección que une de cada soporte con el electrodo, o con la red de tierra, será de cable unipolar aislado, de tensión asignada 450/750 V, con recubrimiento de color verde-amarillo, y sección mínima de 16 mm² de cobre.

Todas las conexiones de los circuitos de tierra, se realizarán mediante terminales, grapas, soldadura o elementos apropiados que garanticen un buen contacto permanente y protegido contra la corrosión.

La toma de tierra del centro de mando se efectuará mediante pica o picas hincadas en una arqueta situada en un lugar adecuado y próxima al centro.

Se preverá una línea de enlace con tierra, instalando una o más picas de tierra hincadas en cada arqueta hasta conseguir la resistencia adecuada.

Las picas de tierra se hincarán cuidadosamente en el fondo de las arquetas, de manera que la parte superior de la pica sobresalga 20 cm de la superficie más alta del lecho de grava.

Se utilizarán como picas barras de cobre o de acero de 14 mm de diámetro, como mínimo. En el caso de utilizar barras de acero, éstas han de estar recubiertas de una capa protectora exterior de cobre de espesor apropiado. En cualquiera de los casos, la longitud mínima de estos electrodos no será inferior a dos metros.

7.2.- LUMINOTECNICA

Aplicaremos el Reglamento de Eficiencia Energética en Instalaciones de Alumbrado Exterior y sus Instrucciones Técnicas Complementarias EA-01 a EA-07.

Se adecuarán los alumbrados de las vías a su correspondiente situación de proyecto, dotándolas de los niveles de iluminación convenientes.

Se establecerá la clasificación de las situaciones de proyecto y las clases de alumbrado, en función de los tipos de usuarios de las vías de tráfico y su velocidad característica.

Una vez identificada la vía en cuestión con una clase de alumbrado, se pasará a definir los valores luminotécnicos que deben cumplir.

Los supuestos indicados y los parámetros de cálculo elegidos se recogen en el ANEXO III que se incluye en este documento.

7.2.1.- Vía pública

Calles residenciales suburbanas, zonas de velocidad muy limitada, situación de proyecto D3-D4.

7.2.2.- Implantación

Unilateral

7.2.3.- Altura de montaje

La distancia vertical entre el plano de la lámpara y la rasante del pavimento será, aproximadamente de 4 m.

7.2.4.- Interdistancia

La separación entre dos puntos de luz consecutivos será la indicada en planos.

7.3.- INSTALACION

Seguidamente se definirán las diferentes y principales partes de la obra a realizar.

7.3.1.- Red aérea

No se da este tipo de instalación en el diseño que nos ocupa.

7.3.2.- Red subterránea

Las canalizaciones se dispondrán por terrenos de dominio público, y en zonas perfectamente delimitadas, preferentemente bajo las aceras. El trazado será lo más rectilíneo posible y a poder ser paralelo a referencias fijas como líneas en fachada y bordillos. Asimismo, deberán tenerse en cuenta los radios de curvatura mínimos, fijados por los fabricantes (o en su defecto los indicados en las normas de la serie UNE 20.435), a respetar en los cambios de dirección.

Se ha consultado con las empresas de servicio público y con los posibles propietarios de servicios para conocer la posición de sus instalaciones en la zona afectada. Una vez conocida, antes de proceder a la apertura de las zanjas se abrirán calas de reconocimiento para confirmar o rectificar el trazado previsto en el proyecto.

Los cables aislados, en el caso que nos ocupa, se instalarán de la manera siguiente:

En canalizaciones entubadas.

Los tubos protectores serán conformes a lo establecido en la norma UNE-EN 50.086 2-4 y sus características mínimas serán, para las instalaciones ordinarias las indicadas en la siguiente tabla:

Característica	Código	Grado
Resistencia a la compresión	NA	250 N / 450 N / 750 N
Resistencia al impacto	NA	Ligero / Normal / Normal
Resistencia a la penetración de objetos sólidos	4	Protegido contra objetos D ³ 1 mm
Resistencia a la penetración del agua	3	Protegido contra el agua en forma de lluvia
Resistencia a la corrosión de tubos metálicos y compuestos	2	Protección interior y exterior media

Los tubos deberán tener un diámetro tal que permitan un fácil alojamiento y extracción de los cables o conductores aislados. Se emplearán tubos de 90 mm de diámetro exterior.

7.3.3.- Paso de red aérea a subterránea

Solamente se da en la alimentación terminal de los puntos de luz. En la salida de los conductores del subterráneo se colocará un tubo de cobre, de un diámetro interior mínimo igual al exterior del conductor o conductores, multiplicado por el factor 1,5, y de 2,5 m. de altura sobre rasante y 0,5 m. bajo ella. En la parte superior llevará conos pasacables, específicamente diseñados para esta función, para evitar la entrada de agua.

7.3.4.- Cimentaciones

Los apoyos estarán consolidados por fundaciones adecuadas, asegurando su estabilidad frente a las solicitaciones actuantes y a la naturaleza del suelo. En su instalación deberá observarse:

Los apoyos metálicos serán cimentados en macizos de hormigón mediante pernos de anclaje. La cimentación deberá construirse de forma tal que facilite el deslizamiento del agua, y cubra las cabezas de los pernos.

En todos los casos se utilizará hormigón de resistencia característica HM-25, siendo las medidas del dado de hormigón las resultantes del cálculo efectuado.

Para la cimentación de los soportes metálicos se utilizarán cuatro pernos de anclaje que serán de acero F-111 según norma UNE-36051, doblados en forma de cachava y galvanizados, con roscado métrico en la parte superior realizado con herramientas de tallado y no por extrusión del material, y que llevarán doble zunchado con redondo de 8 mm de diámetro soldado a los cuatro pernos.

Los puntos de luz, tanto los implantados en brazos murales como en brazos sobre columnas, estarán perfectamente alineados y a la misma altura. A tales efectos no se implantarán los brazos murales hasta que los anclajes de las fachadas estén perfectamente asentados.

7.3.5.- Cruzamientos

7.3.5.a.- Red aérea

No se da este tipo de instalación en el diseño que nos ocupa.

7.3.5.b.- Red subterránea

A continuación se fijan, para cada uno de los casos indicados, las condiciones a que deben responder los cruzamientos de cables subterráneos de baja tensión entubados:

Calles y carreteras

Los tubos protectores estarán recubiertos de hormigón en toda su longitud a una profundidad mínima de 0,80 m. Siempre que sea posible, el cruce se hará perpendicular al eje del vial.

Otros cables de energía eléctrica

Siempre que sea posible, se procurará que los cables de baja tensión discurren por encima de los de alta tensión.

Se procurará mantener 0,25 m a una línea de alta tensión y 0,1 m a una línea de baja tensión. La distancia del punto de cruce a los empalmes más cercanos debería ser superior a 1 m.

Cables de telecomunicación

Se procurará mantener entre los cables de energía eléctrica y los de telecomunicación una distancia de 0,20 m. La distancia del punto de cruce a los empalmes, tanto del cable de energía como del cable de telecomunicación, debería ser superior a 1 m.

Canalizaciones de agua

Siempre que sea posible, los cables se instalarán por encima de las canalizaciones de agua.

Se procurará mantener una distancia mínima, entre cables de energía eléctrica y canalizaciones de agua o gas, de 0,20 m. Se evitaría el cruce por la vertical de las juntas de las canalizaciones de agua o gas, o de los empalmes de la canalización eléctrica, situando unas y otros a una distancia superior a 1 m del cruce.

Conducciones de alcantarillado

Se procurará pasar los cables por encima de las conducciones de alcantarillado. No se admitirá incidir en su interior. Se admitirá incidir en su pared (por ejemplo, instalando tubos), siempre que se asegure que ésta no ha quedado debilitada. Si no es posible, se pasará por debajo.

Acometidas (conexiones de servicio).

Se procurará mantener una distancia mínima de 0,20 m.

La canalización de la acometida eléctrica, en la entrada al edificio, deberá taponarse hasta conseguir una estanqueidad adecuada.

7.3.6.- Proximidades y paralelismos

7.3.5.a.- Red aérea

En el proyecto que nos ocupa no se contempla este tipo de instalación.

7.3.6.b.- Red subterránea

Se procurará evitar que queden en el mismo plano vertical que las demás conducciones.

Otros cables de energía eléctrica

Se procurará mantener una distancia mínima de 0,10 m con los cables de baja tensión y 0,25 m con los cables de alta tensión.

Cables de telecomunicación

Se procurará mantener una distancia mínima de 0,20 m.

Canalizaciones de agua

Se procurará mantener una distancia mínima entre los cables de energía eléctrica y las canalizaciones de agua de 0,20 m. La distancia mínima entre los empalmes de los cables de energía eléctrica y las juntas de las canalizaciones de agua sería de 1 m.

Se procurará mantener una distancia mínima de 0,20 m en proyección horizontal, y que la

canalización de agua quede por debajo del nivel del cable eléctrico.

Por otro lado, las arterias principales de agua se dispondrán de forma que se aseguren distancias superiores a 1 m respecto a los cables eléctricos de baja tensión.

Canalizaciones de gas

Se procurará mantener una distancia mínima entre los cables de energía eléctrica y las canalizaciones de gas de 0,20 m, excepto para canalizaciones de gas de alta presión (más de 4 bar), en que la distancia sería de 0,40 m. La distancia mínima entre los empalmes de los cables de energía eléctrica y las juntas de las canalizaciones de gas será de 1 m.

Se procurará mantener una distancia mínima de 0,20 m en proyección horizontal.

Por otro lado, las arterias importantes de gas se dispondrán de forma que se aseguren distancias superiores a 1 m respecto a los cables eléctricos de baja tensión.

Acometidas (conexiones de servicio)

Se procurará mantener una distancia mínima de 0,20 m.

La canalización de la acometida eléctrica, en la entrada al edificio, deberá taponarse hasta conseguir una estanqueidad adecuada.

8.- CALCULOS

8.1.- Eléctricos

Las líneas de alimentación a puntos de luz con lámparas o tubos de descarga, estarán previstas para transportar la carga debida a los propios receptores, a sus elementos asociados, a sus corrientes armónicas, de arranque y desequilibrio de fases.

Como se conoce la carga que supone cada uno de los elementos asociados a las lámparas o tubos de descarga, las corrientes armónicas, de arranque y desequilibrio de fases, que tanto éstas como aquellos puedan producir, la potencia aparente mínima en VA, se considerará 1,5 veces la potencia en vatios de las lámparas o tubos de descarga.

Además de lo indicado en párrafos anteriores, el factor de potencia de cada punto de luz, esta corregido hasta el valor de 0,95.

Con el fin de conseguir ahorros energéticos, la instalación de alumbrado público se proyecta con distintos niveles de iluminación, de forma que ésta decrezca durante las horas de menor necesidad de iluminación.

Los cálculos eléctricos, en lo que respecta a la acometida, línea general de alimentación,

equipo de medida, protecciones y líneas de alimentación de los puntos de luz se ajustarán a las bases de cálculo establecidas en el vigente RBT.

El cálculo de secciones de la red de alimentación de los puntos de luz desde el centro de mando y medida se realizará proyectando circuitos abiertos, con el criterio de reducir la longitud de los mismos y equilibrar en lo posible las cargas de los ramales con la finalidad de unificar secciones.

La máxima caída de tensión entre el origen de la instalación y cualquier otro punto de la instalación, será menor o igual que 3%.

Las fórmulas utilizadas para el cálculo de la caída de tensión, en cada circuito o tramo del mismo, serán las siguientes:

En distribución trifásica:

$$u = (L \times P) / (K \times S \times U)$$

$$u (\%) = (u \times 100) / U$$

En alimentación monofásica:

$$u_1 = (2 \times L \times P) / (K \times S \times U_1)$$

$$u_1 (\%) = (u \times 100) / U_1$$

La intensidad de corriente vendrá dada por:

$$I = P / [3^{1/2} \times U \times \cos\phi]$$

Siendo:

- U = Caída de tensión (V) en distribuciones trifásicas
- u_1 = Caída de tensión (V) en circuitos monofásicos
- $u (\%)$ = Caída de tensión (%) en distribuciones trifásicas
- $u_1 (\%)$ = Caída de tensión (%) en circuitos monofásicos
- L = Longitud (m)
- P = Potencia activa transportada (W)
- I = Intensidad de corriente (A)
- K = Conductividad (56 para el Cu, 35 para el Al.)
- S = Sección del conductor (mm^2)
- U = Tensión compuesta de la línea (V)
- U_1 = Tensión simple de la línea (V)
- $\cos\phi$ = Factor de potencia

Para el factor de potencia se ha considerado el valor 0,95, pues existe compensación de energía reactiva individual en cada punto de luz.

En el ANEXO II, que se incluye en este documento, se observan las correspondientes hojas de cálculo en las que se especifican el tramo considerado y, para el mismo, la longitud, la potencia, la intensidad de corriente, la sección adoptada, la caída de tensión y el tanto por ciento de caída de tensión. Para ésta última se indica también el valor acumulado en los distintos tramos que conforman un circuito.

Esta tabla se complementa con el correspondiente esquema unifilar de ramificación de circuitos.

Antes de dar por válidos estos resultados, se ha comprobado que la intensidad de corriente máxima prevista en cada ramal está por debajo de los valores máximos permitidos por la instrucción MI BT 004.

8.2.- Luminotécnicos

A la hora de elección del proceso de cálculo se han descartado, de acuerdo con la evolución histórica e incluso lógica en los cálculos luminotécnicos, los que utilizan procesos manuales, método del factor de utilización y método de los nueve puntos, eligiendo el cálculo por ordenador de iluminancias.

Este método de cálculo utiliza la matriz de intensidad de la luminaria a implantar, en la que se expresan las intensidades en función de los ángulos de orientación o azimut de los planos de distribución de la luminaria, y los ángulos de inclinación de los rayos luminosos sobre estos planos, así como la matriz de reflexión de pavimentos o r-tabla en función de los ángulos considerados.

El programa utilizado es el facilitado por el fabricante de la luminaria empleada, el cual contiene todas sus características fotométricas y factores específicos.

El proceso de cálculo que sigue el ordenador, puede ser resumido de la siguiente forma:

- Calcula, mediante arcos tangentes, el azimut u orientación y el ángulo de inclinación correspondientes a un punto con relación a la luminaria.
- Halla en la matriz de intensidades luminosas en candelas para ese par de ángulos (C, Γ).
- Siguiendo la fórmula fundamental, que a continuación se indica, calcula la iluminación.

$$E = \frac{I \times \cos^3 \Gamma}{H^2}$$

Siendo:

E = Iluminación en lux, para ese punto y un solo aparato

I = intensidad luminosa en candelas

Γ = Inclinación en grados

H = Altura de montaje en metros

Una vez finalizado el proceso se consigue la iluminación media y los coeficientes de uniformidad entre valores extremos y medio respectivamente.

En el ANEXO III, que se incluye en este documento, se observan las correspondientes hojas de cálculo en las que se reflejan los resultados obtenidos.

8.3.- Mecánicos

No se utilizan soportes especiales y el uso de los mismos coincide con las aplicaciones para las que fueron diseñados. Todos los utilizados responden a modelos comerciales debidamente homologados por lo que en la elección de los mismos se hará uso de las tablas de dimensionamiento facilitadas por el fabricante. No se requerirá pues la ejecución de cálculos específicos.

8.4.- Cimentaciones

Se tendrá en cuenta en primer término la comprobación al vuelco, para lo cual los momentos estabilizadores de las fuerzas exteriores respecto al punto de vuelco deberán superar los momentos de vuelco, comprobándose en segundo término la seguridad al deslizamiento.

Respecto a los pernos de anclaje, se comprobará que las tracciones sobre los pernos no provocan tensiones que superen la resistencia de cálculo para adherencia.

Con el fin de no extendernos con operaciones matemáticas, se acompañan diversas tablas que, facilitadas por los fabricantes del material a emplear, nos proporcionan datos más que suficientes para la correcta realización de las cimentaciones.

8.5.- Puesta a tierra

Para la protección individual de cada punto de luz se colocará un cartucho fusible de 5 A. de intensidad nominal. Teniendo en cuenta que:

$$R_t \leq U / (I_{nf} - 0,025)$$

Resulta un valor máximo admisible para la resistencia de tierra de 76,38 Ohmios.

No obstante, según vigente RBT, este valor no deberá superar los 30 ohmios.

9.- PLAN DE MANTENIMIENTO

Se adjunta en el ANEXO IV que se incluye en este documento.

10.- COSTES DE EXPLOTACION Y MANTENIMIENTO

Se adjunta en el ANEXO V que se incluye en este documento.

11.- DISPOSICION FINAL

Con todo lo expuesto se cree haber aportado los datos técnicos suficientes que permitan la aprobación previa del Proyecto por los órganos competentes de la administración y la posterior ejecución de la instalación de alumbrado público objeto del mismo.

Ponferrada, 18 de diciembre de 2009
EL INGENIERO TECNICO MUNICIPAL
Colegiado nº 2.197

Fdo.: Eusebio Cotado Cotado