

INGENIERITZA GOI ESKOLA TEKNIKOA

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA BILBAO

TRABAJO FIN DE MÁSTER

DE

***RENOVACIÓN DEL ALUMBRADO PÚBLICO
EXTERIOR DEL TÉRMINO MUNICIPAL DE
ARRIGORRIAGA***

PRÁCTICAS EXTERNAS

Alumno *Pérez Aguirre, Aitor*

Directora TFG *Fernández Herrero, Elvira*

Curso Académico 2018/2019

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	11
1 Antecedentes	11
2 Contexto	14
MEMORIA DESCRIPTIVA	18
3 Objetivo y Alcance	18
4 Descripción de las obras a realizar	18
5 Tensión de servicio	19
6 Potencia a instalar	20
7 Alumbrado Público	21
7.1 Lámparas (Tipos de lámpara)	21
7.2 Luminarias	32
7.3 Equipos auxiliares	41
7.4 Báculos y columnas.....	42
7.5 Tomas de tierra.....	43
7.6 Canalizaciones	43
7.7 Conductores	45
7.8 Arquetas de registro.....	46
7.9 Cuadros de mando	46
7.10 Sistemas de protección	48
7.11 Hormigones.....	52
8 Telegestión	52
8.1 Control punto a punto	52
8.2 Regulación centralizada.....	53
8.3 Detector de presencia	53
9 Normativa	54
9.1 Normativa General	54
9.2 Niveles de iluminación	55

9.3	Reducción de la contaminación lumínica.....	59
9.4	Eficiencia Energética.....	60
9.5	Calificación Energética	61
10	Verificación e inspecciones de la instalación.....	62
CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS		63
11	Cálculos luminotécnicos (Software DIALux).....	63
11.1	Método del factor de utilización o de los lúmenes.....	63
11.2	Método de los 9 puntos.....	64
11.3	Proceso de diseño mediante software DIALux.....	66
11.4	Disposición y luminarias a utilizar.....	67
11.5	Clasificación de la vía	67
11.6	Resultados.....	70
12	Cálculos eléctricos (Software DmElect).....	74
12.1	Cálculo de las secciones de línea de alumbrado	74
12.2	Resultados de dimensionamiento.....	76
12.3	Cálculo de las protecciones a instalar.....	87
12.4	Resultados de cortocircuito.....	89
PLANIFICACIÓN.....		95
ASPECTOS ECONÓMICOS.....		97
13	Presupuesto	97
14	Análisis de rentabilidad.....	99
14.1	Consumo actual.....	99
14.2	Consumo previsto.....	99
14.3	Mejora ambiental	100
CONCLUSIONES		101
BIBLIOGRAFÍA		102
ANEXO I: Normativa aplicable		104
1	Reglamento electrotécnico para Baja Tensión.....	105



2	Reglamento de eficiencia energética	168
	ANEXO II: Planos	235
1	Plano de situación	236
2	Plano de emplazamiento	238
3	Detalles constructivos	238
4	Esquemas unifilares de la instalación	241
	Anexo III: Cálculos luminotécnicos y Eléctricos	246
1	Cálculos DIALux	247
2	Cálculos DmElect.....	272
	Anexo IV: Fichas técnicas de luminarias	291
	Anexo V: Telegestión.....	314

- **Resumen:** El gran desarrollo experimentado por la tecnología LED (Light Emitting Diode) de alta potencia como fuente de luz para su aplicación en luminarias de alumbrado exterior, ha motivado la aparición en el mercado de productos que implantan esta tecnología para sustituir a la iluminación convencional. En el municipio de Arrigorriaga, se incluyen en esta acción 2.205 luminarias, representando el 98 % de la instalación total de la localidad, ya que 54 de las luminarias instaladas en el municipio ya son LED.

Por todo lo anterior, se pretende dar un paso más en este proyecto del ayuntamiento de Arrigorriaga, y configurar todo el alumbrado con la mejor tecnología LED que actualmente se está implantando en los diferentes municipios de toda la geografía.

Estas innovaciones traerán consigo grandes beneficios si se constata que se trata de instalaciones de alumbrado más eficientes energéticamente y que reducen los costes de mantenimiento en función de su durabilidad.

- **Palabras clave:** *Alumbrado público, tecnología LED, luminotecnía, telegestión, REBT, ITC, AutoCAD, DIALux, DmElect.*



- **Abstract:** The great development experienced by high powered LED technology (Light Emitting Diode) as a light source for its application in outdoor lighting luminaries, has led to the appearance on the market of products that implement this technology to replace conventional lighting. In the town of Arrigorriaga, 2,205 streetlights are included in this action, representing 98% of the total installation of the municipality, due to 54 of the lampposts installed in the city are already LED

For all the above, we intend to take a step further in this project of the town council of Arrigorriaga and configure all the lighting with the best LED technology that, is currently being implemented in the different places throughout the country.

These innovations will bring great benefits if it is verified that these are more energy efficient lighting installations and that they reduce maintenance costs based on their durability.

- **Keywords:** Streetlight, LED technology, lighting, telemanagement, REBT, ITC, AutoCAD, DIALux, DmElect.

- **Laburpena:** Potentzia handiko LED teknologiak (Light Emitting Diode), bere kanpoko argiztapen aplikazioetan argi iturri bezala izan duen garapen handiari esker, teknologia hau erabiltzen duten produktu berriak merkatuan sartzera bultzatu du, ohiko argikeria ordezkatzeko. Arrigorriagako udalerrian, 2.205 luminaria sartzeko ekintza honetan, hau da, herriko instalazio osoaren %98, udalerrian instalatutako luminarietatik 54 dagoeneko LEDak baitira.

Goiko guztiari dagokionez, Arrigorriagako udal proiektuan urrats bat egin nahi dugu eta udalerrri ezberdinetan ezartzen ari den bezalaxe, LED argiztapen teknologikorik onena konfiguratzeko.

Berrikuntza horiek onura handiak ekarriko dituzte baldin eta argiztapenak energetikoki eraginkorragoak direla egiaztatzen bada eta iraunkortasunean oinarritutako mantentze-kostuak murrizten badituzte.

- **Gako-hitzak:** Argikeri publikoa, LED teknologia, luminoteknia, telegestioa, REBT, AutoCAD, DIALux, DmElect.

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Estado actual de iluminación	11
Figura 1.2 Desglose por tipo de lámpara	13
Figura 2.1 Visión global de los puntos de luz del municipio.....	15
Figura 2.2 Puntos de luz de la zona centro.....	16
Figura 2.3 Puntos de luz en zona La Peña.....	16
Figura 2.4 Puntos de luz en polígonos industriales.....	17
Figura 2.5 Puntos de luz en barrios rurales	17
Figura 7.1 Partes de una bombilla	21
Figura 7.2 Lámparas halógenas	23
Figura 7.3 Diversos formatos de fluorescentes	24
Figura 7.4 Lámpara de mercurio a alta presión.....	25
Figura 7.5 Lámparas de vapor de Sodio a baja presión	26
Figura 7.6 Color característico de la lámpara de vapor de Sodio.....	27
Figura 7.7 Lámpara de vapor de Sodio a alta presión	28
Figura 7.8 Lámpara con halogenuros metálicos.....	29
Figura 7.9 Lámpara LED	30
Figura 7.10 Townguide BDP102 de Philips.....	34
Figura 7.11 Unistreet de Philips	35
Figura 7.12 CoreLine de Philips.....	36
Figura 7.13 Pacific LED de Philips	37
Figura 7.14 Proyector Tempo de Philips	38
Figura 7.15 Proyector ClearFlood de Philips.....	39
Figura 7.16 Proyector ew Burst Powercore gen2 de Philips.....	40
Figura 7.17 Ejemplo de driver.....	41

Figura 7.18 Estado del circuito interior de luminaria LED tras una sobretensión sin puesta a tierra	43
Figura 7.19 Taller de cuadros de eléctricos de Tecuni S.A.....	47
Figura 7.20 Envolverte de Centro de mando Oberyon.....	48
Figura 11.1 Curva característica de la luminaria.....	64
Figura 11.2 Selección de la zona característica de un vía	65
Figura 11.3 Réticula de los 9 puntos	65
Figura 11.4 Contribución en cada nodo en función de disposición de luminarias .	66
Figura 11.5 Reparto tipo de alumbrado	68
Figura 11.6 Tipos de vía en el municipio	69
Figura 11.7 Clases de alumbrado en existentes	69
Figura 11.8 Imagen del proyecto con DIALux.....	70
Figura 11.9 Imagen real desde google maps.....	70
Figura 11.10 Resultados luminotécnicos rotonda	71
Figura 11.11 Resultados luminotécnicos de la calle Severo Ochoa	72
Figura 11.12 Resultados luminotécnicos de la calle Lombo	73

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1. Tipos de lámpara actualmente	12
Tabla 2.1 Balance económico y energético de la instalación en el último año	14
Tabla 6.1 Estado actual y futuro de las potencias instaladas	20
Tabla 7.1 Diferentes alternativas según el tipo de luminaria	33
Tabla 7.2 Tensiones soportadas a impulsos	51
Tabla 9.1 Clasificación de las vías	55
Tabla 9.2 Clases de alumbrado para vías tipo A	56
Tabla 9.3 Clases de alumbrado para vías tipo B	56
Tabla 9.4 Clases de alumbrado para vías tipos C y D.....	57
Tabla 9.5 Clases de alumbrado para vías tipo E	57
Tabla 9.6 Series ME de clase de alumbrado para viales secos tipo A y B	58
Tabla 9.7 Series S de clase de alumbrado para viales tipo C, D y E.....	58
Tabla 9.8 Series CE de clase de alumbrado para viales tipo D y E.....	59
Tabla 9.9 Clasificación de zonas de protección contra la contaminación luminosa	59
Tabla 9.10 Valores límite del flujo hemisférico superior instalado	60
Tabla 9.11 Limitaciones de luz molesta procedente de instalaciones de alumbrado exterior.....	60
Tabla 9.12 Requisitos mínimos de eficiencia energética en instalaciones de alumbrado vial funcional	61
Tabla 9.13 Requisitos mínimos de eficiencia energética en instalaciones de alumbrado vial ambiental.....	61
Tabla 9.14 Calificación energética de una instalación de alumbrado	62
Tabla 11.1 Equivalencias de clases de alumbrado.....	69
Tabla 14.1 Consumo actual por centro de mando	99
Tabla 14.2 Periodo de retorno de inversión	99
Tabla 14.3 Consumo después de renovación.....	100
Tabla 14.4 Mejora ambiental	100

INTRODUCCIÓN

1 Antecedentes

Con el objetivo de proceder a la renovación de las instalaciones de alumbrado público del municipio de Arrigorriaga, dentro del programa de ayudas para la renovación de las instalaciones de alumbrado público exterior del Fondo Nacional de Eficiencia Energética del Instituto para la diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE), se inicia este proyecto.

El nivel de iluminación actual en el municipio de Arrigorriaga no cumple con los ratios de tolerancia según los criterios establecidos en la ITC-EA-02 y UNE-EN 13201. Siendo más del 50% una iluminación excesiva, y cerca de un 30% con iluminación deficiente o sin iluminación. En la siguiente figura se muestra el estado actual.



Figura 1.1 Estado actual de iluminación

La instalación de Alumbrado Público en todo el ayuntamiento de Arrigorriaga cuenta con un total de 53 centros de mando y 2.259 puntos de luz. Actualmente, el municipio cuenta con 54 luminarias de tecnología LED, no siendo necesaria su renovación. Por lo tanto, la renovación se llevará a cabo en el 98% de la instalación total de Arrigorriaga.

Tabla 1.1. Tipos de lámpara actualmente

Tipo	Unidades
Sodio	1.730
Halogenuros	64
Bajo consumo	184
Fluorescente	192
Mercurio	35
Led	54
Total	2.259

La instalación de Alumbrado Público del ayuntamiento de Arrigorriaga, con objeto de este proyecto, consta de un total de 4 centros de mando y control, desde los cuales se alimentan los puntos de luz ubicados en las distintas vías municipales indicadas en esta memoria, en total 289 puntos de luz. Esto representa una actuación sobre el 7,55% de los centros de mando y sobre un total de 12,79% de los puntos de luz del municipio.

Los centros de mando disponen en su mayoría de control automático o en su defecto relojes astronómicos, sistemas mediante los que se procede al encendido/apagado de la instalación de alumbrado público de forma automática en función del orto/ocaso específico de cada día.

Algunos de estos centros de mando también integran reductores de flujo, con este sistema se consiguen ahorros energéticos importantes al reducir y estabilizar el voltaje de alimentación a las lámparas.

Respecto a los puntos de luz afectados por esta actuación, indicar que están formados por distintos tipos de lámparas, en su inmensa mayoría vapor de sodio de alta presión, fluorescencia y halogenuro metálico. Siendo un número muy reducido vapor de mercurio. Los equipos de alimentación básicamente son de tipo electrónicos sin regulación.

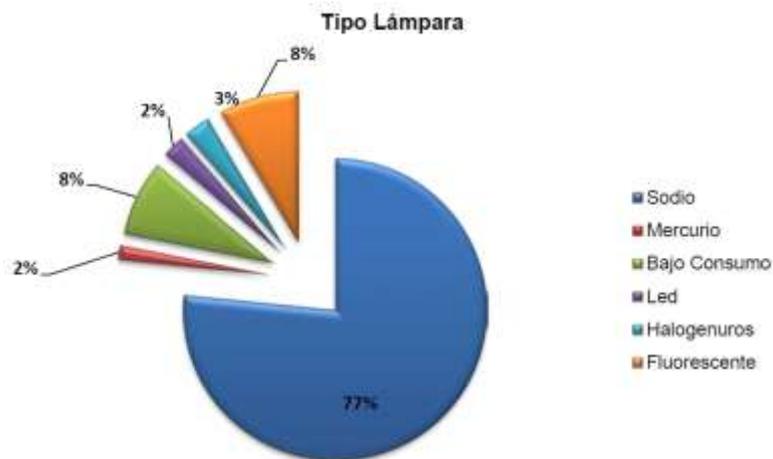


Figura 1.2 Desglose por tipo de lámpara

La instalación de alumbrado público para el total del municipio tiene un consumo de energía total de 1.799.738 kWh/año, siendo el consumo específico por punto de luz de 796,70 kWh/año punto de luz. Todo ello implica un coste anual de energía de 204.405 €/año.

El consumo de energía total de la instalación objeto de este estudio, es de 236.511 kWh/año (289 puntos de luz), siendo el consumo específico por punto de luz de 818,38 kWh/año. Todo ello implica un coste anual de energía de 26.862 €/año. Esto representa una actuación sobre el 13,14% del consumo de energía anual de alumbrado público en el ayuntamiento de Arrigorriaga.

2 Contexto

El municipio de Arrigorriaga se sitúa en el Gran Bilbao, en la provincia de Bizkaia, País Vasco. Está situado a orillas del río Nervión a 6 km de Bilbao. Su extensión es de 16,36 km² y su población es de 12.260 habitantes. En la actualidad, dicho ayuntamiento se encuentra en un estado notorio de atraso tecnológico además de usar fuentes de luz totalmente ineficientes como el mercurio. Por otro lado, algunos centros de mando se encuentran obsoletos y fuera de normativa. Por todo lo anterior, se pretende realizar una acción global sobre todo el alumbrado actuando principalmente sobre:

- Los centros de mando.
- Las luminarias.
- El confort visual de los ciudadanos.

Todos los centros de mando serán reformados para adaptarse a la normativa, y en todos y cada uno de ellos se instalará un sistema de telecontrol. Las luminarias estarán formadas por diferentes elementos, unificando los criterios de modelos. Todas y cada una de ellas serán con tecnología LED que nos permita configurar unos niveles lumínicos según reglamento, y adaptado a cada necesidad, tanto de las vías como de los ciudadanos. Actualmente, el municipio de Arrigorriaga cuenta con 54 luminarias de tecnología LED, no siendo necesaria su renovación. Algunos datos de esta localidad en cuanto al balance energético-económico son los siguientes:

Tabla 2.1 Balance económico y energético de la instalación en el último año

❖ Número de puntos de luz	2.259
❖ Potencia instalada (kW)	366,18 kW
❖ Potencia contratada (kW)	376,18 kW
❖ Consumo anual de electricidad (kWh/año)	1.799.738 kWh
❖ Coste anual de electricidad	204.405 €
❖ Otros costes anuales asociados de mantenimiento y reposición	70.982€

La zona centro la componen 24 centros de mando, identificados todos ellos como A001 hasta A024 respectivamente. En la imagen se aprecia los diferentes puntos de luz con el color correspondiente a cada centro de mando.



Figura 2.2 Puntos de luz de la zona centro

La zona de La Peña consta de los centros de mando: A039, A040, A041, A042, A043, A044 y A045.

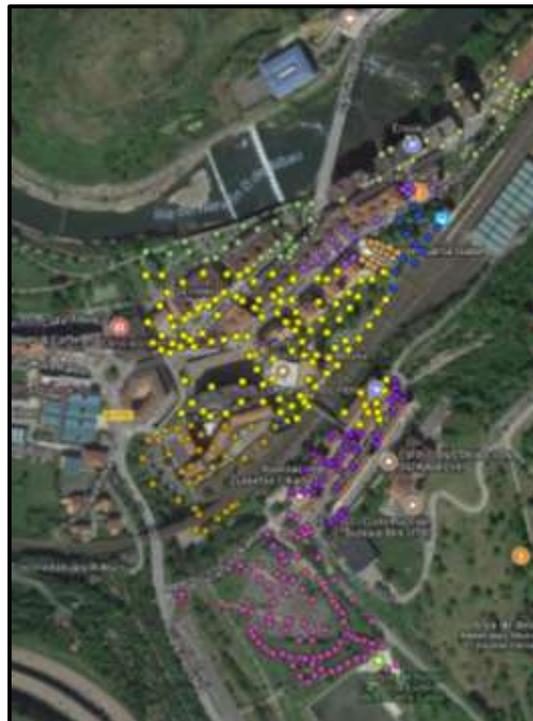


Figura 2.3 Puntos de luz en zona La Peña

En las zonas de polígonos industriales se encuentran los centros de mando: A046, A047, A048, A049, A050, A051, A052 y A053.

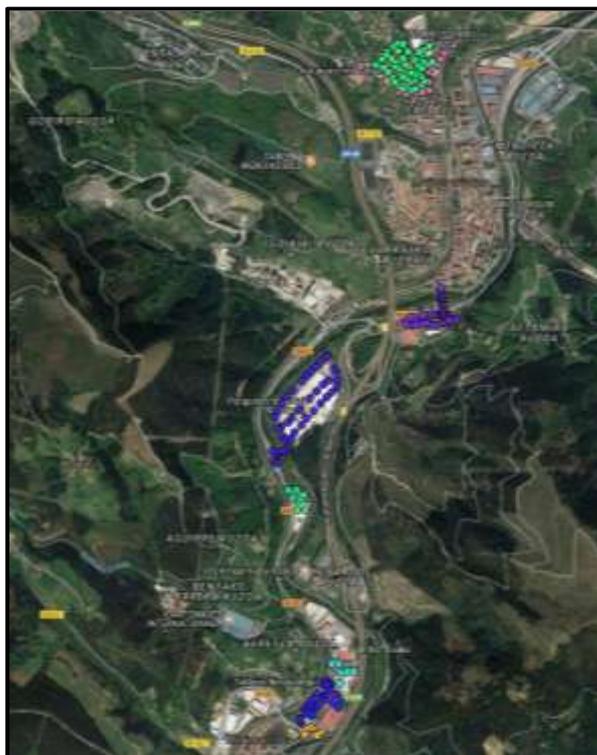


Figura 2.4 Puntos de luz en polígonos industriales

En los barrios rurales se encuentran los centros de mando: A025, A026, A027, A028, A029, A030, A031, A032, A033, A034, A035, A036, A037 y A038.

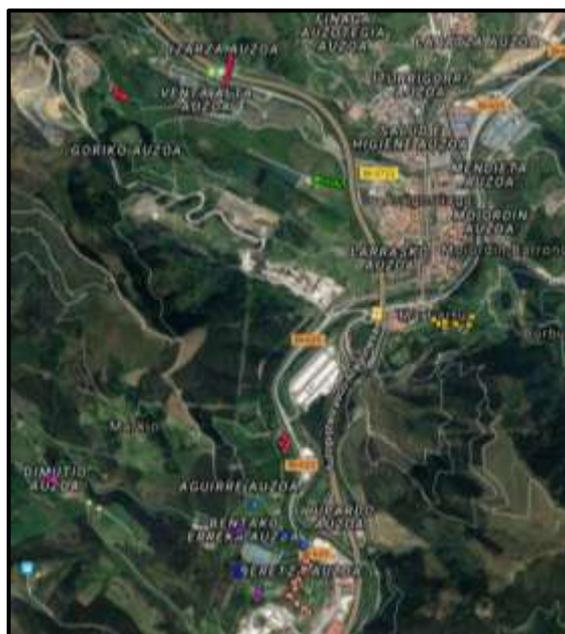


Figura 2.5 Puntos de luz en barrios rurales

MEMORIA DESCRIPTIVA

3 Objetivo y Alcance

Tal y como se indica en la introducción, el municipio dispone actualmente de un total de 2.259 luminarias de las que 2.205 son no eficientes y 54 de tipo LED y un total de 53 cuadros de alumbrado. Tecuni renovará un total de 2.205 luminarias por tecnología LED, así como la renovación de los 53 cuadros de mando, de los cuales 16 unidades serán renovadas por completo (exterior e interior), todos los cuadros irán dotados de telegestión tal y como se indica en los pliegos.

El alcance de este Trabajo Fin de Máster únicamente se centrará en el estudio de las luminarias correspondientes a cuatro centros de mando, situados en la calle Severo Ochoa del municipio, la calle Lombo perpendicular a ésta, y una rotonda donde se interseccionan ambos viales. Se hará hincapié en la aplicación del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión y el Reglamento de Eficiencia Energética en instalaciones de Alumbrado Exterior.

Se incluye cálculos tanto eléctricos como luminotécnicos, los resultados obtenidos mediante software específico (DmElect y DIALux respectivamente), fichas técnicas de materiales utilizados, planos de detalles constructivos.

4 Descripción de las obras a realizar

La actuación prevista consiste en la sustitución de las luminarias existentes por otras con tecnología LED de alta eficiencia energética.

Se pretende actuar sobre un total de 4 centros de mando y 289 luminarias. Las luminarias que se pretenden instalar son luminarias de tecnología LED, dotadas de equipos de regulación de flujo para ofrecer los niveles de iluminación en función de las necesidades concretas de la zona donde se

ubican. Igualmente se dotarán de un sistema de telegestión punto a punto para el control y gestión de los consumos energéticos de la instalación.

La calificación energética de estas nuevas luminarias será A o B y cumplirá con los requerimientos de iluminación, calidad y confort visual reglamentados.

Las actuaciones previstas consisten básicamente en:

- Sustitución de Luminarias completas por otras de tecnología LED de mayor rendimiento y lámparas de menor potencia.
- Renovación y actualización de los centros de mando.
- Revisión de la puesta a tierra en los soportes

En todo momento se cumplirá lo establecido en el documento *“Requisitos técnicos exigibles para luminarias con tecnología LED de alumbrado exterior”* elaborado por el IDAE y el Comité español de Iluminación CEI.

No se contemplan en el proyecto:

- La sustitución de los cuadros de mando
- La sustitución y conexión del cableado interno del soporte
- Instalación de la puesta a tierra en los soportes

5 Tensión de servicio

La alimentación de la instalación se realizará en sistema trifásico con distribución de neutro, a la tensión de 400 V y frecuencia de 50 Hz.

La caída máxima de tensión será igual o inferior al 3% desde cabecera de cada línea de alumbrado.

6 Potencia a instalar

A continuación, se reflejan los balances de potencias y energías en los escenarios actual y propuesto.

El cálculo se ha realizado considerando 4.300 horas de encendido al año, con un funcionamiento en régimen nominal de 1.720 horas y 2.580 horas en régimen regulado.

Actualmente el coeficiente de paso vigente para la certificación energética de edificios es de 0,399 kg CO₂/kWh según la documentación oficial de IDAE.

El coste de la energía empleado para estos cálculos es el facilitado por los técnicos del ayuntamiento (0,16 €/KWh).

Tabla 6.1 Estado actual y futuro de las potencias instaladas

Consumo actual según PCA

Centro de mando	Potencia instalada actual (kW)	Potencia propuesta (kW)
CM-06	15.982	3.757
CM-07	20.586	2.810
CM-08	9.784	2.824
CM-09	3.072	370
TOTAL	49.424	9.760,6

La potencia instalada después de la actuación pasará de 49.424 W a la nueva potencia de 9.760,6 W, lo que supone un ahorro estimado del 80,25%.

No solo se trata de bajar las potencias de luminarias, sino de ofrecer una iluminación óptima y más eficiente con menos potencia, además de añadir una regulación. Lo que se traduce en un consumo anual menor al indicado.

7 Alumbrado Público

En este apartado se explican con mayor detalle las diferentes partes que componen el alumbrado público; desde los modelos de luminarias empleados, hasta las protecciones y equipos auxiliares necesarios que componen el sistema de iluminación exterior. Se analiza también los materiales empleados y su razonamiento en la propuesta escogida.

7.1 Lámparas (Tipos de lámpara)

7.1.1 Lámpara de incandescencia

Se denomina lámpara incandescente al dispositivo que produce luz mediante el calentamiento por efecto Joule de un filamento metálico, hasta ponerlo al rojo blanco, mediante el paso de corriente eléctrica. Este filamento se fabrica en tungsteno, cuyo punto de fusión es alto: 3655 K (grados Kelvin). Este filamento debe estar protegido en un medio que evite que se deteriore, lo cual se logra poniéndolo dentro de un bulbo, bombillo o ampolla de vidrio que este al vacío o con un gas inerte.

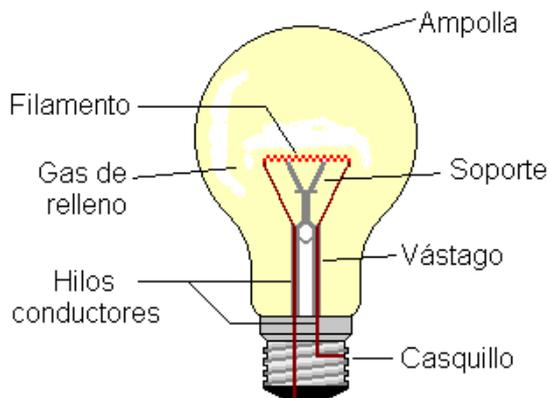


Figura 7.1 Partes de una bombilla

La duración de una lámpara incandescente viene determinada básicamente por la temperatura de trabajo del filamento. Mientras más alta sea esta, mayor será el flujo luminoso, pero también la velocidad de evaporación del material que forma el filamento. Las partículas evaporadas, cuando entren en contacto con

las paredes se depositarán sobre estas, ennegreciendo la ampolla. De esta manera se verá reducido el flujo luminoso por ensuciamiento de la ampolla. Pero además, el filamento se habrá vuelto más delgado por la evaporación del tungsteno que lo forma y se reducirá, en consecuencia, la corriente eléctrica que pasa por él, la temperatura de trabajo y el flujo luminoso. Esto seguirá ocurriendo hasta que finalmente se rompa el filamento. A este proceso se le conoce como depreciación luminosa.

La lámpara incandescente es la más popular por su bajo precio y el color cálido de su luz. También es la que menor vida útil tiene, unas 1000 horas. No ofrece muy buena reproducción de los colores, ya que no emite en la zona de colores fríos. Su eficiencia es muy baja, ya que solo convierte en trabajo (luz visible) alrededor del 15% de la energía consumida. Otro 25% será transformado en energía calorífica y el 60% restante en ondas no perceptibles (Luz ultravioleta e infrarroja) que acaban convirtiéndose en calor. Es aconsejable para un nivel de iluminación inferior a 200 lux. Se emplean principalmente en alumbrado doméstico y de señalización.

Existen dos tipos de lámparas incandescentes: las que contienen un gas halógeno en su interior y las que no lo contienen:

7.1.1.1 Lámparas no halógenas

Entre las lámparas incandescentes no halógenas podemos distinguir las que se han rellenado con un gas inerte de aquellas en que se ha hecho el vacío en su interior. La presencia del gas supone un notable incremento de la eficacia luminosa de la lámpara dificultando la evaporación del material del filamento y permitiendo el aumento de la temperatura de trabajo del filamento. Las lámparas incandescentes tienen una duración normalizada de 1.000 horas, una potencia entre 25-2.000 W, y unas eficacias entre 7,5-11 lm/W para las lámparas de vacío y entre 10-20 lm/W para las rellenas de gas inerte. En la actualidad predomina el uso de las lámparas con gas, reduciéndose el uso de las de vacío a aplicaciones ocasionales en alumbrado general con potencias de hasta 40 W.

7.1.1.2 Lámparas halógenas de alta y baja tensión

En las lámparas incandescentes normales, con el paso del tiempo, se produce una disminución significativa del flujo luminoso. Esto se debe, en parte, al ennegrecimiento de la ampolla por culpa de la evaporación de partículas de wolframio del filamento y su posterior condensación sobre la ampolla. Agregando una pequeña cantidad de un compuesto gaseoso con halógenos (cloro, bromo o yodo), normalmente se usa el CH_2Br_2 , al gas de relleno se consigue establecer un ciclo de regeneración del halógeno que evita el ennegrecimiento. Cuando el tungsteno (W) se evapora, se une al bromo formando el bromuro de wolframio (WBr_2). Como las paredes de la ampolla están muy calientes (más de $260\text{ }^\circ\text{C}$) no se deposita sobre estas y permanece en estado gaseoso. Cuando el bromuro de wolframio entra en contacto con el filamento, que está muy caliente, se descompone en W que se deposita sobre el filamento y Br que pasa al gas de relleno. Y así, el ciclo vuelve a empezar

El funcionamiento de este tipo de lámparas requiere de temperaturas muy altas para que pueda realizarse el ciclo del halógeno. Por eso, son más pequeñas y compactas que las lámparas normales y la ampolla se fabrica con un cristal especial de cuarzo que impide manipularla con los dedos para evitar su deterioro.

Tienen una eficacia luminosa de 22 lm/W con una amplia gama de potencias de trabajo (150 a 2.000 W) según el uso al que estén destinadas.



Figura 7.2 Lámparas halógenas

7.1.2 Lámpara Fluorescente

Se utiliza cuando se necesita una elevada temperatura de color, (se define T^a de color de una fuente luminosa como la que corresponde por comparación, con la del cuerpo negro que presenta el mismo color que la fuente analizada. La T^a de color define únicamente el color (tono) de la luz), también se utiliza cuando el nivel de iluminación necesario sobre el plano útil de trabajo ha de alcanzar o sobrepasar los 200 lux, sobre todo si la instalación ha de estar funcionando durante un elevado número de horas al año (2.000 horas o más). El flujo luminoso es del orden de siete veces mayor comparado con el que producen las lámparas incandescentes de igual potencia. Este factor unido a su larga vida (también siete veces mayor) y calidad de luz, hacen que sean las lámparas universales de alumbrado contemporáneo. Estas características hacen que sean de aplicación universal para fines generales de alumbrado, sobre todo, en interiores de oficina, grandes almacenes, comercio, escuelas, hospitales, industrias, etc.; donde la altura de montaje no supere los cinco metros.



Figura 7.3 Diversos formatos de fluorescentes

7.1.3 Lámpara de vapor de Mercurio

Se utilizan para alumbrado industrial, cuando las condiciones de calidad de la luz son menos imperativas. Existen dos tipos: de luz mixta y de color corregido, estas últimas resultan económicas por su elevado rendimiento luminoso (similar al de las fluorescentes), y por su larga vida media (suele ser de 6.000-9.000 horas), resultando especialmente indicadas para alumbrado directo, con aparatos de alumbrado suspendidos a mucha altura, en las naves industriales. En esta aplicación, su elevada potencia unitaria permite aprovechar bien su gran altura de suspensión, separando débilmente los aparatos de alumbrado y disminuyendo el número de estos aparatos.

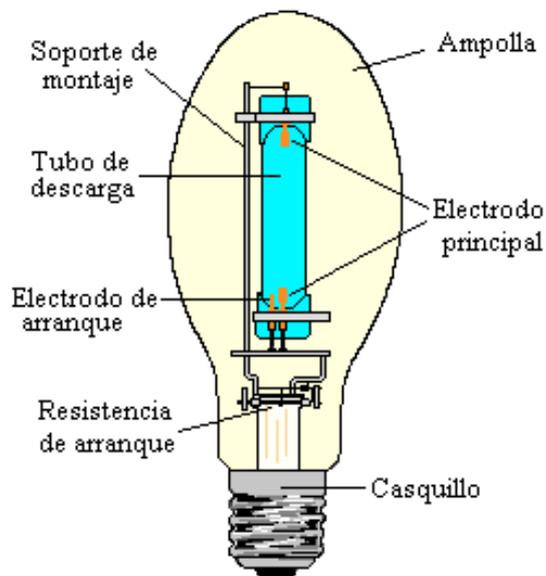


Figura 7.4 Lámpara de mercurio a alta presión

7.1.4 Lámpara de vapor de Sodio

7.1.4.1 Lámparas de vapor de Sodio a baja presión

La descarga eléctrica en un tubo con vapor de sodio a baja presión produce una radiación monocromática, característica formada por dos rayas en el espectro (589 nm y 589.6 nm) muy próximas entre sí. La radiación emitida, de color amarillo, está muy próxima al máximo de sensibilidad del ojo humano (555 nm). Por ello, la eficacia de estas lámparas es muy elevada (entre 160 y 180 lm/W). Otras ventajas que ofrece es que permite una gran comodidad y agudeza visual, además de una buena percepción de contrastes. Por contra, su monocromatismo hace que la reproducción de colores y el rendimiento en color sean muy malos haciendo imposible distinguir los colores de los objetos.

La vida media de estas lámparas es muy elevada, de unas 15.000 horas y la depreciación de flujo luminoso que sufren a lo largo de su vida es muy baja por lo que su vida útil es de entre 6.000 y 8.000 horas. Esto, junto a su alta eficiencia y las ventajas visuales que ofrece la hacen muy adecuada para usos de alumbrado público, aunque también se utiliza con finalidades decorativas. En cuanto al final de su vida útil, este se produce por agotamiento de la sustancia emisora de electrones como ocurre en otras lámparas de descarga.

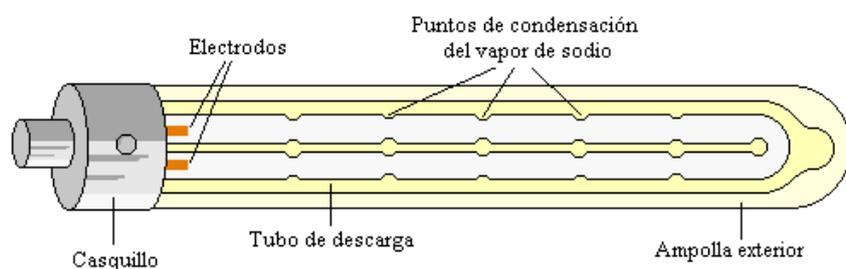


Figura 7.5 Lámparas de vapor de Sodio a baja presión

En estas lámparas, el tubo de descarga tiene forma de U para disminuir las pérdidas por calor y reducir el tamaño de la lámpara. Está elaborado de materiales muy resistentes pues el sodio es muy corrosivo y se le practican unas pequeñas hendiduras para facilitar la concentración del sodio y que se vaporice a la temperatura menor posible. El tubo está encerrado en una

ampolla en la que se ha practicado el vacío con objeto de aumentar el aislamiento térmico. De esta manera, se ayuda a mantener la elevada temperatura de funcionamiento necesaria en la pared del tubo (270 °C).

El tiempo de arranque de una lámpara de este tipo es de unos diez minutos. Es el tiempo necesario desde que se inicia la descarga en el tubo en una mezcla de gases inertes (neón y argón), hasta que se vaporiza todo el sodio y comienza a emitir luz. Físicamente, esto se corresponde a pasar de una luz roja (propia del neón) a la amarilla característica del sodio. Se procede así para reducir la tensión de encendido.



Figura 7.6 Color característico de la lámpara de vapor de Sodio

7.1.4.2 Lámparas de vapor de Sodio a alta presión

Las lámparas de vapor de sodio a alta presión tienen una distribución espectral que abarca casi todo el espectro visible, proporcionando una luz blanca dorada mucho más agradable que la proporcionada por las lámparas de baja presión.

Las consecuencias de esto, es que tienen un rendimiento en color ($T_{\text{color}} = 2.100 \text{ K}$) y capacidad para reproducir los colores mucho mejores que la de las lámparas a baja presión ($\text{IRC} = 25$, aunque hay modelos de 65 y 80). No obstante, esto se consigue a base de sacrificar eficacia; aunque su valor que ronda los 130 lm/W, sigue siendo un valor alto comparado con los de otros tipos de lámparas.

La vida media de este tipo de lámparas ronda las 20.000 horas y su vida útil entre 8.000 y 12.000 horas. Entre las causas que limitan la duración de la lámpara, además de mencionar la depreciación del flujo, tenemos que hablar del fallo por fugas en el tubo de descarga y del incremento progresivo de la tensión de encendido necesaria, hasta niveles que impiden su correcto funcionamiento.

Las condiciones de funcionamiento son muy exigentes debido a las altas temperaturas (1.000 °C), la presión y las agresiones químicas producidas por el sodio que debe soportar el tubo de descarga. En su interior hay una mezcla de sodio, vapor de mercurio que actúa como amortiguador de la descarga y xenón que sirve para facilitar el arranque y reducir las pérdidas térmicas. El tubo está rodeado por una ampolla en la que se ha hecho el vacío. La tensión de encendido de estas lámparas es muy elevada y su tiempo de arranque es muy breve.

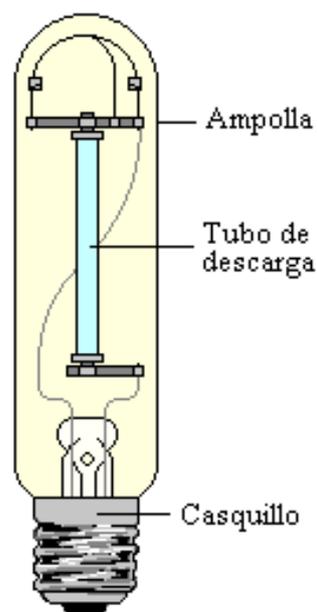


Figura 7.7 Lámpara de vapor de Sodio a alta presión

Este tipo de lámparas tienen muchos usos posibles tanto en iluminación de interiores como de exteriores. Algunos ejemplos son en iluminación de naves industriales, alumbrado público o iluminación decorativa.

7.1.5 Lámpara de halogenuro metálico

Si añadimos en el tubo de descarga yoduros metálicos (sodio, talio, indio...) se consigue mejorar considerablemente la capacidad de reproducir el color de la lámpara de vapor de mercurio. Cada una de estas sustancias aporta nuevas líneas al espectro (por ejemplo, amarillo el sodio, verde el talio y rojo y azul el indio).

Los resultados de estas aportaciones son una temperatura de color de 3.000 a 6.000 K dependiendo de los yoduros añadidos y un rendimiento del color de entre 65 y 85. La eficiencia de estas lámparas ronda entre los 60 y 96 lm/W y su vida media es de unas 10.000 horas. Tienen un periodo de encendido de unos diez minutos, que es el tiempo necesario hasta que se estabiliza la descarga. Para su funcionamiento es necesario un dispositivo especial de encendido, puesto que las tensiones de arranque son muy elevadas (1.500-5.000 V).

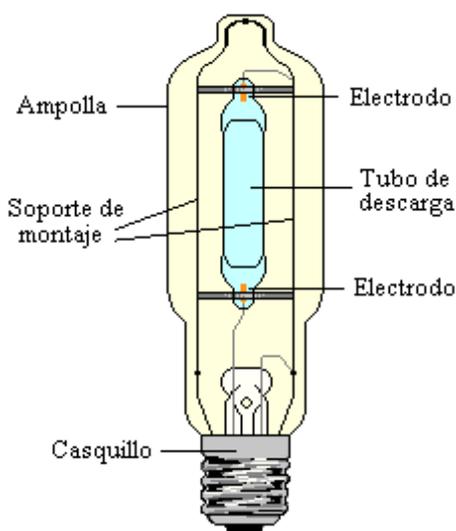


Figura 7.8 Lámpara con halogenuros metálicos

7.1.6 Lámpara LED

El LED es un diodo emisor de luz, es decir, un dispositivo semiconductor que emite luz cuando circula por él la corriente eléctrica; es un proyector electroluminiscente que emite luz mediante la recombinación de los pares de portadores de carga de un semiconductor.

LED deviene de las siglas en inglés Light Emitting Diode (Diodo Emisor de Luz). La luz no se genera a través de un filamento incandescente sino por electroluminiscencia. Esto significa que se liberan fotones (luz) debido a electrones que cambian de nivel de energía durante su desplazamiento por el material semiconductor (diodo).

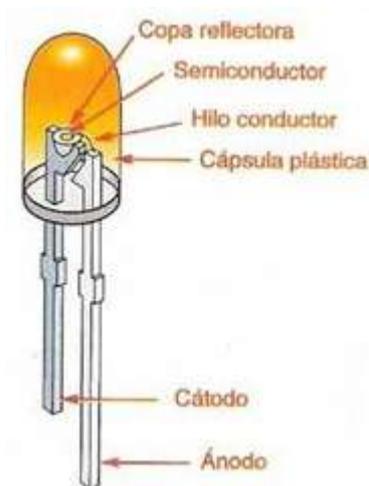


Figura 7.9 Lámpara LED

Las ventajas de los LEDs son muchas:

- Elevada resistencia física: elementos 100% sólidos, resisten golpes y vibraciones mucho mejor que lámparas convencionales.
- Mayor duración, por no depender de que el filamento se quemé.
- Elevada eficiencia de conversión de la electricidad entrante hacia la energía luminosa: mientras el rendimiento energético de una bombilla de tungsteno es del 10%, los diodos LED aprovechan hasta el 90%.
- Con el equivalente a una bombilla de tungsteno se pueden construir aproximadamente 10 LEDs.
- Si algún LED se rompe es posible reemplazarlo.
- Baratos y fáciles de fabricar.



- Larga vida útil: Hasta 100.000 horas de vida útil comparado con 8.000 horas de una lámpara convencional.
- Pueden emitir hasta 16 millones de colores distintos.
- No emiten radiaciones infrarrojas y/o ultravioletas. Muy importante para la iluminación de obras de arte, donde habitualmente la radiación deteriora el objeto a iluminar.
- No explotan.
- No contaminan ni poseen elementos contaminantes.
- No emiten calor, por lo que son muy adecuados para iluminar objetos inflamables y ahorrar energía necesaria para regular la temperatura ambiental.
- Resisten bien las variaciones en temperatura por lo cual son adecuados para iluminación de exteriores.
- Reducido tamaño: pocos milímetros cúbicos.
- Elevado tiempo de respuesta: su velocidad de transmisión permite utilizarlos en los displays alfanuméricos o en aplicaciones de telecomunicación por aire o por fibra óptica.
- Funcionan con corriente continua, por lo que se reducen los riesgos de manipulación y electrocución por descuido.
- Muy adecuado para aplicaciones en zonas con elevada afluencia de público: centros comerciales, discotecas, teatros, discotecas, etc.

7.2 Luminarias

Las luminarias utilizadas en el alumbrado exterior serán conformes a la norma UNE-EN 60.598-2-3 y la UNE-EN 60.598-2-5 en el caso de proyectores de exterior.

La conexión se realizará mediante cables flexibles, que penetren en la luminaria con la holgura suficiente para evitar que las oscilaciones de ésta provoquen esfuerzos perjudiciales en los cables y en los terminales de conexión, utilizándose dispositivos que no disminuyan el grado de protección de luminaria IP X3 según UNE 20.324.

Los equipos eléctricos de los puntos de luz para montaje exterior poseerán un grado de protección mínima IP54 según UNE 20.324, e IK 08 según UNE-EN 50.102, montados a una altura mínima de 2,5 m sobre el nivel del suelo

Cada punto de luz deberá tener compensado individualmente el factor de potencia para que sea igual o superior a 0,90.

Existen diferentes alternativas para la elección de luminarias de similares características, en las que se confía en grandes fabricantes como son Carandini, Philips y Simon, con una amplia experiencia en este tipo de actuaciones.

Partiendo del cumplimiento del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión y el Reglamento de Eficiencia Energética en instalaciones de Alumbrado Exterior, se obtienen los cálculos luminotécnicos mediante el software DIALux, en la que se comparan los resultados de las siguientes luminarias para las diferentes tipologías.

Tabla 7.1 Diferentes alternativas según el tipo de luminaria

	OPCIÓN 1	OPCIÓN 2	OPCIÓN 3	OPCIÓN 4	OPCIÓN 5
DECORATIVA	CITY MAX (Carandini)	TOWNGUIDE (Philips)			
PROYECTORES	T MAX (Carandini)	SKYTOR (Carandini)	Tempo (Philips)	ClearFlood (Philips)	
VIAL	VMAX (Carandini)	S-LINE R-LINE (Carandini)	UNISTREET (Philips)	LUMA (Philips)	NATH (Simon)
APUQUES	CORELINE (Philips)				
ESTANCAS	PEC (Carandini)	PACIFIC (Philips)			
CLÁSICAS	CLAMOD (Carandini)	CLASSIC STREET (Philips)	MICENAS (Philips)	PRAGA M (Simon)	

Una vez obtenidas las potencias y el tipo de luminaria que cumplen los requisitos necesarios para cada tipo de vía pública, se establecen unos criterios económicos y de garantía, así como otros factores que afectan directamente a la telegestión futura de la luminaria. En las zonas o vías objeto de este estudio

se opta por la marca Philips para luminarias de tipo decorativas, viales y proyectores.

Se instalará:

Luminaria Townguide BDP102 LED

Luminaria con un diseño sencillo, pero a la vez contemporáneo y atemporal, para alumbrado residencial que combina en cualquier entorno clásico y moderno. Su amplia gama de paquetes lumínicos, y sistemas ópticos hacen que sea muy fácil de seleccionar la versión más adecuada para los requisitos de cada proyecto. Supone la elección entre eficiencia/rendimiento y confort. Sus aplicaciones principales son: áreas residenciales, carreteras secundarias, parques, áreas peatonales, carriles bici, plazas y lugares abiertos en general.



Figura 7.10 Townguide BDP102 de Philips

- ✓ Carcasa de aluminio inyectado de alta presión
- ✓ Temperaturas de color 4000K
- ✓ Driver Philips Xitanium
- ✓ Cierre policarbonato transparente PCC
- ✓ Potencia 17-67 W
- ✓ Hasta 118 lm/W
- ✓ IP 66
- ✓ IK 10
- ✓ Protección contra sobretensiones
- ✓ Montaje Post-top 60 mm

Luminaria Unistreet BGP204 LED

Luminaria basada en LED y de gran eficacia ofrece un importante ahorro de costes en comparación con el alumbrado público convencional, por lo que garantiza una plena amortización de la inversión en un corto periodo de tiempo. Unistreet, disponible en varios paquetes lumínicos, permite una sustitución individual de las luminarias y fuentes de luz convencionales ya desfasadas. Esta luminaria de líneas rectas está fabricada con materiales reciclables de alta calidad, que además se integra con facilidad en los diferentes entornos. Al tratarse de una solución LED, requiere un mínimo mantenimiento.



Figura 7.11 Unistreet de Philips

- ✓ Carcasa de aluminio
- ✓ Temperaturas de color 4000K
- ✓ Driver Philips Xitanium
- ✓ Cierre vidrio plano
- ✓ Potencia 54-132 W
- ✓ Hasta 144 lm/W
- ✓ IP 66
- ✓ IK 08
- ✓ Protección contra sobretensiones

Luminaria CoreLine

El nuevo aplique de la gama de productos CoreLine LED se puede usar para sustituir luminarias de montaje en pared o techo tradicionales con lámparas fluorescentes compactas. Instalación y mantenimiento de manera sencilla. Hasta un 55% de ahorro energético respecto a luminarias tradicionales con lámpara PL-C.



Figura 7.12 CoreLine de Philips

- ✓ Difusor mate que garantiza una luz uniforme y confort visual
- ✓ Módulo LED no sustituible
- ✓ Temperatura de color 4000 K
- ✓ Potencia 24 W
- ✓ IP 65
- ✓ IK 09
- ✓ Controlador integrado

Luminaria Estanca Pacific LED

Pacific LED gen4 es una luminaria LED estanca, fiable y de alta eficiencia que ofrece una excelente calidad de luz con una distribución de luz uniforme sin franjas ni artefactos de color visible. La gama proporciona una construcción modular que permite una actualización y mantenimiento sencillos. El nuevo sistema óptico brinda iluminación sin distorsiones con una orientación visual mejorada, lo que la hace especialmente idónea.



Figura 7.13 Pacific LED de Philips

- ✓ Temperatura de color 4000°K
- ✓ Modulo LED incorporado
- ✓ Potencia 16,4 W
- ✓ Eficacia de la luminaria 141 lm/W
- ✓ Carcasa de policarbonato
- ✓ IP 66
- ✓ IK 08

Proyector Tempo

Pertenece a una gama muy eficiente de proyectores diseñados para la sustitución punto por punto de tecnología convencional conservando los mismos postes e instalación eléctrica. Una gama de opciones limitada facilita encontrar el mejor sustituto lux por lux. Fácil de instalar, ofrece paquetes lumínicos para muchas áreas de aplicación diferentes, así como diversas ópticas simétricas y asimétricas de alto rendimiento.



Figura 7.14 Proyector Tempo de Philips

- ✓ Carcasa de aluminio fundido
- ✓ Temperaturas de color 4000K
- ✓ Driver Philips Xitanium
- ✓ Cierre vidrio plano
- ✓ Potencia 63 W
- ✓ 120 lm/W
- ✓ IP 66
- ✓ IK 08
- ✓ Protección contra sobretensiones

Proyector ClearFlood

ClearFlood es una gama de proyectores que permite elegir con exactitud el número de lúmenes requeridos para cada aplicación. En su diseño se utilizan LED de última generación y sistemas ópticos de eficiencia muy elevada. Es una solución muy competitiva que ofrece una excelente relación lumen/precio. Las distintas ópticas disponibles en ClearFlood abren nuevas posibilidades en el uso de proyectores LED. ClearFlood es fácil de instalar y puede reemplazar puntos de luz convencionales, ya que se usan los mismos postes e instalación eléctrica. También es muy sencillo seleccionar la potencia lumínica necesaria.



Figura 7.15 Proyector ClearFlood de Philips

- ✓ Carcasa de aluminio fundido
- ✓ Temperatura de color 4000K
- ✓ Driver Philips Xitanium
- ✓ Cierre vidrio plano
- ✓ Potencia 40,5 W
- ✓ Hasta 151 lm/W
- ✓ IP 66

Proyector eW Burst Powercore gen2

eW Burst Powercore gen2 es una luminaria LED de alto rendimiento para exteriores diseñada para la iluminación de acento y monumental. Las versiones Architectural y Landscape aportan una potencia lumínica de alta calidad en blanco, cálido de 2700 K y neutro de 4000 K que resulta adecuada para una gran variedad de aplicaciones de iluminación ascendente, proyección de luz e iluminación decorativa.



Figura 7.16 Proyector ew Burst Powercore gen2 de Philips

- ✓ Temperatura de color 4000K
- ✓ Cierre vidrio plano
- ✓ Potencia 18 W
- ✓ Hasta 44,6 lm/W
- ✓ Carcasa de policarbonato
- ✓ Resistencia a la corrosión
- ✓ IP 66
- ✓ IK 08

7.3 Equipos auxiliares

Un LED no se conecta directamente a la corriente, sino que necesita una fuente de alimentación o *driver*, que se ocupa de transformar la tensión que recibe de la red eléctrica adaptándola a las necesidades de la luminaria LED.

Es de señalar que los LEDs trabajan con corriente continua y, por lo tanto, si se quiere que funcionen en una instalación de corriente alterna (la existencia en los edificios y en la mayoría de las instalaciones), necesita de un controlador o fuente de alimentación (*driver*) que convierta la corriente alterna en continua y adapte el voltaje (tensión) de salida a las necesidades del LED.



Figura 7.17 Ejemplo de driver

Los LEDs debido a su baja impedancia actúan a una tensión de corriente baja, por lo que a una tensión elevada no solo no funcionarían sino que se quemarían, ya que la corriente de salida de una instalación eléctrica supera con creces los miliamperios que necesita un LED para emitir luz. El driver es el dispositivo encargado de rebajar la intensidad sin desperdiciar energía, manteniendo la tensión constante y atenuando la generación de calor.

Los LED son muy sensibles a las alteraciones de corriente, por lo que se precisa que el driver estabilice la tensión, lo que a su vez estabilizará el flujo luminoso emitido por los LED (intensidad y color) y la temperatura de los mismos, dada la importancia de la disipación de calor para optimizar la vida útil

de los LEDs. Por tanto, el driver es esencial dado que de él depende en gran medida el aprovechamiento real de la energía eléctrica consumida por los LED.

Se instalará en el interior del cuerpo de la luminaria drivers para tecnología LED con entrada 1-10V para su regulación, y serán de la potencia adecuada a cada matriz de LEDs. Estos drivers serán compatibles con el controlador Citilux del sistema de telegestión previsto.

7.4 Báculos y columnas

Las luminarias irán sujetas sobre columnas-soporte de forma troncocónica, que 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.

Las columnas irán provistas de puertas de registro de acceso para la manipulación de sus elementos de protección y maniobra, por lo menos a 0,30 m. del suelo, dotada de una puerta o trampilla con grado de protección IP 44 según UNE 20.324 (EN 60529) e IK10 según UNE-EN 50.102, que sólo se pueda abrir mediante el empleo de útiles especiales. En su interior se ubicará una tabla de conexiones de material aislante, provista de alojamiento para los fusibles y de fichas para la conexión de los cables.

La sujeción a la cimentación se hará mediante placa de base a la que se unirán los pernos anclados en la cimentación, mediante arandela, tuerca y contratuerca.

En este proyecto se utilizarán las columnas actuales ya instaladas, sustituyendo solamente la luminaria. En caso de observarse alguna columna defectuosa, se procederá a su sustitución inmediata por otra que cumpla la normativa existente.

7.5 Tomas de tierra

Una de las partes más importantes de un sistema eléctrico es la protección de tierra. Se trata de un conductor de cobre cuyo aislante suele ser verde y amarillo, que está conectado a las partes metálicas y a una pica enterrada en el suelo, que le da su nombre.

La característica principal de este cable es que tiene muy baja resistencia, por lo que, en el caso de un fallo eléctrico, la corriente tenderá a descargarse a través de él, y en el posible caso de un contacto humano o animal no transitará por el cuerpo de la persona o el animal. Todas las columnas, así como los cuadros de alumbrado deberán estar conectados a tierra.



Figura 7.18 Estado del circuito interior de luminaria LED tras una sobretensión sin puesta a tierra

Las luminarias de LED, cada vez con mayor implantación en el alumbrado público, disponen de protector contra sobretensiones de hasta 10kV, ya que son más sensibles a las perturbaciones eléctricas que las luminarias convencionales como consecuencia de poseer circuitos electrónicos para su regulación y control. Estos protectores deben ir conectados a la instalación de puesta a tierra del alumbrado público, en caso contrario no cumplirían su función con el consiguiente riesgo de averías, como puede observarse en **laError! Reference source not found.** *Figura 7.18.*

7.6 Canalizaciones

7.6.1 Redes subterráneas

Se emplearán sistemas y materiales análogos a los de las redes subterráneas de distribución reguladas en la ITC-BT-07. Los cables se dispondrán en

canalización enterrada bajo tubo, a una profundidad mínima de 0,4 m del nivel del suelo, medidos desde la cota inferior del tubo, y su diámetro no será inferior a 60 mm.

No se instalará más de un circuito por tubo. Los tubos deberán tener un diámetro tal que permita un fácil alojamiento y extracción de los cables o conductores aislados. El diámetro exterior mínimo de los tubos en función del número y sección de los conductores se obtendrá de la tabla 9, ITC-BT-21.

Los tubos protectores serán conformes a lo establecido en la norma UNE-EN 50.086 2-4. Las características mínimas serán las indicadas a continuación.

- Resistencia a la compresión: 250 N para tubos embebidos en hormigón; 450 N para tubos en suelo ligero; 750 N para tubos en suelo pesado.
- Resistencia al impacto: Grado Ligero para tubos embebidos en hormigón; Grado Normal para tubos en suelo ligero o suelo pesado.
- Resistencia a la penetración de objetos sólidos: Protegido contra objetos $D > 1$ mm.
- Resistencia a la penetración del agua: Protegido contra el agua en forma de lluvia.
- Resistencia a la corrosión de tubos metálicos y compuestos: Protección interior y exterior media.

Se colocará una cinta de señalización que advierta de la existencia de cables de alumbrado exterior, situada a una distancia mínima del nivel del suelo de 0,10 m y a 0,25 m por encima del tubo.

En los cruzamientos de calzadas, la canalización, además de entubada, irá hormigonada y se instalará como mínimo un tubo de reserva.

La cimentación de las columnas se realizará con dados de hormigón en masa de resistencia característica $R_k = 175$ Kg/cm², con pernos embebidos para anclaje y con comunicación a columna por medio de codo.

7.6.2 Redes aéreas

Se emplearán los sistemas y materiales adecuados para las redes aéreas aisladas descritas en ITC-BT-06.

Podrán estar constituidas por cables posados sobre fachadas o tensados sobre apoyos. En este último caso, los cables serán autoportantes con neutro fiador o con fiador de acero.

Las acometidas podrán ser subterráneas o aéreas con cables aislados, realizándose de acuerdo con las prescripciones particulares de la compañía suministradora. La acometida finalizará en la caja general de protección y a continuación de la misma se dispondrá el equipo de medida.

7.7 Conductores

Los conductores a emplear serán cilíndricos, monopolares para su instalación subterránea, constituidos por conductor de cobre electrolítico aislado con cubierta de polietileno reticulado para 1000 V de tensión de servicio y 4000 V de tensión de prueba, según normas UNE para cables 0,6/1 kV. Los conductores a emplear en la instalación serán de Cu, multiconductores o unipolares, tensión asignada 0,6/1 KV, enterrados bajo tubo o instalados al aire.

La sección mínima a emplear en redes subterráneas, incluido el neutro, será de 6 mm². En distribuciones trifásicas tetrapolares, para conductores de fase de sección superior a 6 mm², la sección del neutro será conforme a lo indicado en la tabla 1 de la ITC-BT-07. Los empalmes y derivaciones deberán realizarse en cajas de bornes adecuadas, situadas dentro de los soportes de las luminarias, y a una altura mínima de 0,3 m sobre el nivel del suelo o en una arqueta registrable, que garanticen, en ambos casos, la continuidad, el aislamiento y la estanqueidad del conductor.

La sección mínima a emplear en redes aéreas, para todos los conductores incluido el neutro, será de 4 mm². En distribuciones trifásicas tetrapolares con conductores de fase de sección superior a 10 mm², la sección del neutro será como mínimo la mitad de la sección de fase.

La instalación de los conductores de alimentación a las lámparas se realizará en Cu, bipolares, tensión asignada 0,6/1 kV, de 2x2,5 mm² de sección, protegidos por c/c fusibles calibrados de 6 A. El circuito encargado de la alimentación al equipo reductor de flujo, compuesto por Balastro especial, Condensador, Arrancador electrónico y Unidad de conmutación, se realizará con conductores de Cu, bipolares, tensión asignada 0,6/1 kV, de 2,5 mm² de sección mínima.

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 las corrientes armónicas, de arranque y desequilibrio de fases. Como consecuencia, la potencia aparente mínima en VA, se considerará 1,8 veces la potencia en vatios de las lámparas o tubos de descarga.

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

7.8 Arquetas de registro

A fin de hacer completamente registrable la instalación, cada uno de los soportes llevará adosada una arqueta de fábrica de ladrillo cerámico macizo (cítara) enfoscada interiormente, con tapa de fundición de 37x37 cm., tapado de tubos con poliuretano proyectado para evitar la entrada de roedores; estas arquetas se ubicarán también en cada uno de los cruces, derivaciones o cambios de dirección.

7.9 Cuadros de mando

En las instalaciones de Tecuni S.A. se dispone de un taller de cuadros eléctricos con personal especializado para la construcción de todo tipo de cuadros en baja tensión.



Figura 7.19 Taller de cuadros de eléctricos de Tecuni S.A.

Para los casos en que sea necesaria la reforma de los cuadros existentes se desplazará el personal especializado al objeto de que realicen las mejoras in situ.

Las operaciones más comunes son las sustituciones de mecanismos de protección y el recableado de los cuadros.

Previo al inicio de los trabajos en el centro de mando, se aplican las 5 reglas de oro para velar por la seguridad de los operarios.

Finalmente, y tras realizar la sustitución y cableado de los nuevos elementos, se realizan las pruebas de puesta en marcha.

Para la renovación de las envolventes de los cuadros existentes en mal estado, desde Tecuni se propone la instalación de cuadros de acero inoxidable, lo cual mejora sustancialmente los modelos indicados en pliegos. Con esta mejora, el Ayuntamiento de Arrigorriaga se garantiza una mayor durabilidad del producto instalado.



Figura 7.20 Envolvente de Centro de mando Oberyon

7.10 Sistemas de protección

En primer lugar, la red de alumbrado público estará protegida contra los efectos de las sobreintensidades (sobrecargas y cortocircuitos) que puedan presentarse en la misma (ITC-BT-09, apdo. 4), por lo tanto se utilizarán los siguientes sistemas de protección:

- ✓ Protección a sobrecargas: Se utilizará un interruptor automático o fusibles ubicados en el cuadro de mando, desde donde parte la red eléctrica (según figura en anexo de cálculo). La reducción de sección para los circuitos de alimentación a luminarias (2,5 mm²) se protegerá con los fusibles de 6 A existentes en cada columna.
- ✓ Protección a cortocircuitos: Se utilizará un interruptor automático o fusibles ubicados en el cuadro de mando, desde donde parte la red eléctrica (según figura en anexo de cálculo). La reducción de sección

para los circuitos de alimentación a luminarias (2,5 mm²) se protegerá con los fusibles de 6 A existentes en cada columna.

En segundo lugar, para la protección contra contactos directos e indirectos (ITC-BT-09, apdos. 9 y 10) se tomarán las medidas siguientes:

- ✓ Instalación de luminarias Clase I o Clase II. Cuando las luminarias sean de Clase I, deberán estar conectadas al punto de puesta a tierra, mediante cable unipolar aislado de tensión asignada 450/750 V con recubrimiento de color verde-amarillo y sección mínima 2,5 mm² en cobre.
- ✓ Ubicación del circuito eléctrico enterrado bajo tubo en una zanja practicada al efecto, con el fin de resultar imposible un contacto fortuito con las manos por parte de las personas que habitualmente circulan por el acerado.
- ✓ Aislamiento de todos los conductores, con el fin de recubrir las partes activas de la instalación.
- ✓ Alojamiento de los sistemas de protección y control de la red eléctrica, así como todas las conexiones pertinentes, en cajas o cuadros eléctricos aislantes, los cuales necesitarán de útiles especiales para proceder a su apertura (cuadro de protección, medida y control, registro de columnas, y luminarias que estén instaladas a una altura inferior a 3 m sobre el suelo o en un espacio accesible al público).
- ✓ Las partes metálicas accesibles de los soportes de luminarias y del cuadro de protección, medida y control estarán conectadas a tierra, así como las partes metálicas de los kioscos, marquesinas, cabinas telefónicas, paneles de anuncios y demás elementos de mobiliario urbano, que estén a una distancia inferior a 2 m de las partes metálicas de la instalación de alumbrado exterior y que sean susceptibles de ser tocadas simultáneamente.
- ✓ Puesta a tierra de las masas y dispositivos de corte por intensidad de defecto. La intensidad de defecto, umbral de desconexión de los interruptores diferenciales, 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 Ohm. También se admitirán interruptores diferenciales de intensidad máxima de 500 mA o 1 A, siempre que la resistencia de puesta a tierra medida en la puesta en servicio de la instalación sea inferior o igual a 5 Ohm y a 1 Ohm, respectivamente. En cualquier caso, 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 realizará por conexión a una 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 asignada 450/750 V, con recubrimiento 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 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.

En tercer lugar, cuando la instalación se alimente por, o incluya, una línea aérea con conductores desnudos o aislados, será necesaria una protección contra sobretensiones de origen atmosférico (ITC-BT-09, apdo. 4) en el origen de la instalación (situación controlada).

Los dispositivos de protección contra sobretensiones de origen atmosférico deben seleccionarse de forma que su nivel de protección sea inferior a la tensión soportada a impulso de la categoría de los equipos y materiales que se prevé que se vayan a instalar.

Los descargadores se conectarán entre cada uno de los conductores, incluyendo el neutro, y la tierra de la instalación.

Los equipos y materiales deben escogerse de manera que su tensión soportada a impulsos no sea inferior a la tensión soportada prescrita en la tabla siguiente, según su categoría.

Tabla 7.2 Tensiones soportadas a impulsos

Tensión nominal de la instalación		Tensión soportada a impulsos 1,2 / 50 (kV)			
Sistemas III	Sistemas II	Cat. IV	Cat. III	Cat. II	Cat. I
230 / 400	230	6	4	2,5	1,5

- Categoría I: Equipos muy sensibles a sobretensiones destinados a conectarse a una instalación fija (equipos electrónicos, etc.).
- Categoría II: Equipos destinados a conectarse a una instalación fija (electrodomésticos y equipos similares).
- Categoría III: Equipos y materiales que forman parte de la instalación eléctrica fija (armarios, embarrados, protecciones, canalizaciones, etc.).
- Categoría IV: Equipos y materiales que se conectan en el origen o muy próximos al origen de la instalación, aguas arriba del cuadro de distribución (contadores, aparatos de telemedida, etc.).

Los equipos y materiales que tengan una tensión soportada a impulsos inferior a la indicada en la tabla anterior, se pueden utilizar, no obstante:

- ✓ en situación natural (bajo riesgo de sobretensiones, debido a que la instalación está alimentada por una red subterránea en su totalidad), cuando el riesgo sea aceptable.
- ✓ en situación controlada, si la protección a sobretensiones es adecuada.

7.11 Hormigones

La legislación exige que los centros de mando estén situados 15 cm por encima del nivel del suelo. Esta elevación se realiza generalmente mediante hormigón armado, para aportar además de estabilidad estructural, cierta seguridad eléctrica a los viandantes.

En las cimentaciones para columnas estarán formadas por dados de hormigón en masa de 1400x800x800 según indica el fabricante de columnas incluyendo curva de tubo de PVC de 90 mm de diámetro, 1,8 mm de espesor y 4 atm de resistencia a la compresión, pernos de anclaje de 22x700 mm para soportes de hasta 12 m de altura

El hormigón será del tipo H-150, con una resistencia característica de 150 kg/cm². Se utilizará cemento de fraguado lento del tipo p-350.

8 Telegestión

8.1 Control punto a punto

La nueva implantación de telegestión se realizará sobre dos ámbitos.

1. **En los centros de mando** se instalará equipos para comunicar los parámetros del propio cuadro y la comunicación con los nodos de luminarias
2. **En los puntos de luz** se instalará nodos de comunicación para permitir su control, configuración y obtener parámetros de su funcionamiento.

Todo ello, equipamiento de cuadros y luminarias, estará integrado en una Plataforma de Gestión “**Citigis Smart**”. En el anexo V telegestión, se define el software y sistema de telegestión a implantar.

8.2 Regulación centralizada

Mediante la centralización de la regulación se consigue reducir el consumo de la instalación y optimizar para cada caso concreto el flujo luminoso de una vía. Dependiendo de si se trata de una vía de velocidad moderada, de una zona de pública concurrencia, zonas alejadas residenciales, o bien se trata de polígonos industriales, los requerimientos de iluminación serán diferentes.

La regulación se realiza desde el centro de mando para su circuito correspondiente, aunque también se puede modificar la curva de regulación desde cualquier dispositivo inteligente (PC, tablet, móvil, etc.) que tengan una conexión wifi.

Esto permitirá modificar la regulación programada previamente y regular las luminarias para algún evento ocasional. Gracias a esta regulación, se consiguen ahorros en consumo energético entorno al 25%, sin tener en cuenta el tipo de lámpara utilizada. Los detalles y más funciones que permite esta regulación se explica en el anexo V: telegestión.

8.3 Detector de presencia

Se colocarán detectores de presencia en las zonas donde las potencias sean pequeñas y el método de regulación no sea tan eficaz, como son los casos de apliques y pantallas estancas. Al tratarse de una mejor solución técnica, el ahorro energético puede alcanzar un 9% adicional.

9 Normativa

9.1 Normativa General

El presente proyecto recoge las características de los materiales, los cálculos que justifican su empleo y la forma de ejecución de las obras a realizar, dando con ello cumplimiento a las siguientes disposiciones:

- Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión e Instrucciones Técnicas Complementarias (Real Decreto 842/2002 de 2 de agosto de 2002)
- Instrucciones para Alumbrado Público Urbano editadas por la Gerencia de Urbanismo del Ministerio de la Vivienda en el año 1.965
- Normas Tecnológicas de la Edificación NTE IEE – Alumbrado Exterior (B.O.E. 12.8.78)
- Normas UNE 20.324 y UNE-EN 50.102 referentes a Cuadros de Protección, Medida y Control
- Normas UNE-EN 60.598-2-3 y UNE-EN 60.598-2-5 referentes a luminarias y proyectores para alumbrado exterior
- Real Decreto 1955/2000 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
- Normas particulares y de normalización de la Cía. Suministradora de Energía Eléctrica
- Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales
- Real Decreto 1627/1997 de 24 de octubre de 1.997, sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras
- Real Decreto 485/1997 de 14 de abril de 1997, sobre Disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo
- Real Decreto 1215/1997 de 18 de julio de 1997, sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo

- Real Decreto 773/1997 de 30 de mayo de 1997, sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual
- Condiciones impuestas por los Organismos Públicos afectados y Ordenanzas Municipales
- Reglamento de Eficiencia Energética en Instalaciones de Alumbrado Exterior y sus Instrucciones Técnicas Complementarias, correspondiente al Real Decreto 1890/2.008, de 14 de noviembre
- Normas Técnicas Municipales para Instalaciones de Alumbrado Público del Ayuntamiento de Arrigorriaga

9.2 Niveles de iluminación

Las clases de vías que nos podemos encontrar en el municipio son:

Tabla 9.1 Clasificación de las vías

Clasificación	Tipo de vía	Velocidad del tráfico rodado (km/h)
A	de alta velocidad	$v > 60$
B	de moderada velocidad	$30 < v \leq 60$
C	carriles bici	—
D	de baja velocidad	$5 < v \leq 30$
E	vías peatonales	$v \leq 5$

A su vez podemos subdividir los tipos de vías en función de los datos que se muestran a continuación, definiendo el tipo de alumbrado que les corresponde:

Tabla 9.2 Clases de alumbrado para vías tipo A

Situaciones de proyecto	Tipos de vías	Clase de Alumbrado ⁽¹⁾
A1	<ul style="list-style-type: none"> • Carreteras de calzadas separadas con cruces a distinto nivel y accesos controlados (autopistas y autovías). Intensidad de tráfico Alta (IMD) ≥ 25.000..... Media (IMD) ≥ 15.000 y < 25.000..... Baja (IMD) < 15.000..... 	ME1 ME2 ME3a
	<ul style="list-style-type: none"> • Carreteras de calzada única con doble sentido de circulación y accesos limitados (vías rápidas). Intensidad de tráfico Alta (IMD) > 15.000..... Media y baja (IMD) < 15.000..... 	ME1 ME2
A2	<ul style="list-style-type: none"> • Carreteras interurbanas sin separación de aceras o carriles bici. • Carreteras locales en zonas rurales sin vía de servicio. Intensidad de tráfico IMD ≥ 7.000..... IMD < 7.000..... 	ME1 / ME2 ME3a / ME4a
A3	<ul style="list-style-type: none"> • Vías colectoras y rondas de circunvalación. • Carreteras interurbanas con accesos no restringidos. • Vías urbanas de tráfico importante, rápidas radiales y de distribución urbana a distritos. • Vías principales de la ciudad y travesía de poblaciones. Intensidad de tráfico y complejidad del trazado de la carretera. IMD ≥ 25.000..... IMD ≥ 15.000 y < 25.000..... IMD ≥ 7.000 y < 15.000..... IMD < 7.000..... 	ME1 ME2 ME3b ME4a / ME4b

⁽¹⁾ Para todas las situaciones de proyecto (A1, A2 y A3), cuando las zonas próximas sean claras (fondos claros), todas las vías de tráfico verán incrementadas sus exigencias a las de la clase de alumbrado inmediata superior.

Tabla 9.3 Clases de alumbrado para vías tipo B

Situaciones de proyecto	Tipos de vías	Clase de Alumbrado ⁽¹⁾
B1	<ul style="list-style-type: none"> • Vías urbanas secundarias de conexión a urbanas de tráfico importante. • Vías distribuidoras locales y accesos a zonas residenciales y fincas. Intensidad de tráfico IMD ≥ 7.000..... IMD < 7.000..... 	ME2 / ME3c ME4b / ME5 / ME6
B2	<ul style="list-style-type: none"> • Carreteras locales en áreas rurales. Intensidad de tráfico y complejidad del trazado de la carretera. IMD ≥ 7.000..... IMD < 7.000..... 	ME2 / ME3b ME4b / ME5

⁽¹⁾ Para todas las situaciones de proyecto B1 y B2, cuando las zonas próximas sean claras (fondos claros), todas las vías de tráfico verán incrementadas sus exigencias a las de la clase de alumbrado inmediata superior.

Tabla 9.4 Clases de alumbrado para vías tipos C y D

Situaciones de proyecto	Tipos de vías	Clase de Alumbrado ⁽¹⁾
C1	<ul style="list-style-type: none"> • Carriles bici independientes a lo largo de la calzada, entre ciudades en área abierta y de unión en zonas urbanas Flujo de tráfico de ciclistas Alto..... Normal.....	S1 / S2 S3 / S4
D1 - D2	<ul style="list-style-type: none"> • Áreas de aparcamiento en autopistas y autovías. • Aparcamientos en general. • Estaciones de autobuses. Flujo de tráfico de peatones Alto..... Normal.....	CE1A / CE2 CE3 / CE4
D3 - D4	<ul style="list-style-type: none"> • Calles residenciales suburbanas con aceras para peatones a lo largo de la calzada • Zonas de velocidad muy limitada Flujo de tráfico de peatones y ciclistas Alto..... Normal.....	CE2 / S1 / S2 S3 / S4

⁽¹⁾ Para todas las situaciones de alumbrado C1-D1-D2-D3 y D4, cuando las zonas próximas sean claras (fondos claros), todas las vías de tráfico verán incrementadas sus exigencias a las de la clase de alumbrado inmediata superior.

Tabla 9.5 Clases de alumbrado para vías tipo E

Situaciones de proyecto	Tipos de vías	Clase de Alumbrado ⁽¹⁾
E1	<ul style="list-style-type: none"> • Espacios peatonales de conexión, calles peatonales, y aceras a lo largo de la calzada. • Paradas de autobús con zonas de espera • Áreas comerciales peatonales. Flujo de tráfico de peatones Alto..... Normal.....	CE1A / CE2 / S1 S2 / S3 / S4
E2	<ul style="list-style-type: none"> • Zonas comerciales con acceso restringido y uso prioritario de peatones. Flujo de tráfico de peatones Alto..... Normal.....	CE1A / CE2 / S1 S2 / S3 / S4

⁽¹⁾ Para todas las situaciones de alumbrado E1 y E2, cuando las zonas próximas sean claras (fondos claros), todas las vías de tráfico verán incrementadas sus exigencias a las de la clase de alumbrado inmediata superior.

En función del tipo de vía del municipio y la clase de alumbrado definido para cada una, los niveles de iluminación medios no superarán el 20% de los indicados en las siguientes tablas, conforme a lo establecido en la ITC-EA-02 del Reglamento de Eficiencia Energética en Instalaciones de Alumbrado Exterior:

- **Viales tipo A y B**

Tabla 9.6 Series ME de clase de alumbrado para viales secos tipo A y B

Clase de Alumbrado	Luminancia de la superficie de la calzada en condiciones secas			Deslumbramiento Perturbador	Iluminación de alrededores
	Luminancia ⁽⁴⁾ Media L_m (cd/m ²) ⁽¹⁾	Uniformidad Global U_0 [mínima]	Uniformidad Longitudinal U_{\square} [mínima]	Incremento Umbral TI (%) ⁽²⁾ [máximo]	Relación Entorno SR ⁽³⁾ [mínima]
ME1	2,00	0,40	0,70	10	0,50
ME2	1,50	0,40	0,70	10	0,50
ME3a	1,00	0,40	0,70	15	0,50
ME3b	1,00	0,40	0,60	15	0,50
ME3c	1,00	0,40	0,50	15	0,50
ME4a	0,75	0,40	0,60	15	0,50
ME4b	0,75	0,40	0,50	15	0,50
ME5	0,50	0,35	0,40	15	0,50
ME6	0,30	0,35	0,40	15	Sin requisitos

⁽¹⁾ Los niveles de la tabla son valores mínimos en servicio con mantenimiento de la instalación de alumbrado, a excepción de (TI), que son valores máximos iniciales. A fin de mantener dichos niveles de servicio, debe considerarse un factor de mantenimiento (f_m) elevado que dependerá de la lámpara adoptada, del tipo de luminaria, grado de contaminación del aire y modalidad de mantenimiento preventivo.

⁽²⁾ Cuando se utilicen fuentes de luz de baja luminancia (lámparas fluorescentes y de vapor de sodio a baja presión), puede permitirse un aumento de 5% del incremento umbral (TI).

⁽³⁾ La relación entorno SR debe aplicarse en aquellas vías de tráfico rodado donde no existan otras áreas contiguas a la calzada que tengan sus propios requisitos. La anchura de las bandas adyacentes para la relación entorno SR será igual como mínimo a la de un carril de tráfico, recomendándose a ser posible 5 m de anchura.

⁽⁴⁾ Los valores de luminancia dados pueden convertirse en valores de iluminación, multiplicando los primeros por el coeficiente R (según C.I.E.) del pavimento utilizado, tomando un valor de 15 cuando éste no se conozca.

- **Viales tipo C, D y E**

Tabla 9.7 Series S de clase de alumbrado para viales tipo C, D y E

Clase de Alumbrado ⁽¹⁾	Iluminancia horizontal en el área de la calzada	
	Iluminancia Media E_m (lux) ⁽¹⁾	Iluminancia mínima E_{min} (lux) ⁽¹⁾
S1	15	5
S2	10	3
S3	7,5	1,5
S4	5	1

⁽¹⁾ Los niveles de la tabla son valores mínimos en servicio con mantenimiento de la instalación de alumbrado. A fin de mantener dichos niveles de servicio, debe considerarse un factor de mantenimiento (f_m) elevado que dependerá de la lámpara adoptada, del tipo de luminaria, grado de contaminación del aire y modalidad de mantenimiento preventivo.

Tabla 9.8 Series CE de clase de alumbrado para viales tipo D y E

Clase de Alumbrado (¹)	Iluminancia horizontal	
	Iluminancia Media <i>Em (lux)</i> [mínima mantenida(¹)]	Uniformidad Media <i>Um</i> [mínima]
CE0	50	0,40
CE1	30	0,40
CE1A	25	0,40
CE2	20	0,40
CE3	15	0,40
CE4	10	0,40
CE5	7,5	0,40

(¹) Los niveles de la tabla son valores mínimos en servicio con mantenimiento de la instalación de alumbrado. A fin de mantener dichos niveles de servicio, debe considerarse un factor de mantenimiento (f_m) elevado que dependerá de la lámpara adoptada, del tipo de luminaria, grado de contaminación del aire y modalidad de mantenimiento preventivo.

(²) También se aplican en espacios utilizados por peatones y ciclistas.

9.3 Reducción de la contaminación lumínica

La contaminación lumínica una vez finalizada la actuación se reducirá considerablemente, al adaptarse todas las nuevas luminarias a la ITC-EA-03 del Reglamento de Eficiencia Energética en Instalaciones de Alumbrado Exterior.

Los valores de contaminación lumínica se reducen considerablemente, estando siempre por debajo a los indicados en las siguientes tablas en función de la clasificación de la zona donde se encuentra el alumbrado:

Tabla 9.9 Clasificación de zonas de protección contra la contaminación luminosa

CLASIFICACIÓN DE ZONAS	DESCRIPCIÓN
E1	ÁREAS CON ENTORNOS O PAISAJES OSCUROS: Observatorios astronómicos de categoría internacional, parques nacionales, espacios de interés natural, áreas de protección especial (red natura, zonas de protección de aves, etc.), donde las carreteras están sin iluminar.
E2	ÁREAS DE BRILLO O LUMINOSIDAD BAJA: Zonas periurbanas o extrarradios de las ciudades, suelos no urbanizables, áreas rurales y sectores generalmente situados fuera de las áreas residenciales urbanas o industriales, donde las carreteras están iluminadas.
E3	ÁREAS DE BRILLO O LUMINOSIDAD MEDIA: Zonas urbanas residenciales, donde las calzadas (vías de tráfico rodado y aceras) están iluminadas.
E4	ÁREAS DE BRILLO O LUMINOSIDAD ALTA: Centros urbanos, zonas residenciales, sectores comerciales y de ocio, con elevada actividad durante la franja horaria nocturna.

Tabla 9.10 Valores límite del flujo hemisférico superior instalado

CLASIFICACIÓN DE ZONAS	FLUJO HEMISFÉRICO SUPERIOR INSTALADO FHS _{INST}
E1	≤ 1%
E2	≤ 5%
E3	≤ 15%
E4	≤ 25%

Los valores resultantes de luz intrusa y molesta también serán reducidos a los establecidos en la ITC-EA-03 del Reglamento de Eficiencia Energética en Instalaciones de Alumbrado Exterior. Quedando limitados por los de la tabla que se muestra a continuación:

Tabla 9.11 Limitaciones de luz molesta procedente de instalaciones de alumbrado exterior

Parámetros luminotécnicos	Valores máximos			
	Observatorios astronómicos y parques naturales E1	Zonas periurbanas y áreas rurales E2	Zonas urbanas residenciales E3	Centros urbanos y áreas comerciales E4
Iluminancia vertical (E _v)	2 lux	5 lux	10 lux	25 lux
Intensidad luminosa emitida por las luminarias (I)	2.500 cd	7.500 cd	10.000 cd	25.000 cd
Luminancia media de las fachadas (L _m)	5 cd/m ²	5 cd/m ²	10 cd/m ²	25 cd/m ²
Luminancia máxima de las fachadas (L _{max})	10 cd/m ²	10 cd/m ²	60 cd/m ²	150 cd/m ²
Luminancia máxima de señales y anuncios luminosos (L _{max})	50 cd/m ²	400 cd/m ²	800 cd/m ²	1.000 cd/m ²
Incremento de umbral de contraste (TI)	Clase de Alumbrado			
	Sin iluminación	ME 5	ME3 / ME4	ME1 / ME2
	TI = 15% para adaptación a L = 0,1 cd/m ²	TI = 15% para adaptación a L = 1 cd/m ²	TI = 15% para adaptación a L = 2 cd/m ²	TI = 15% para adaptación a L = 5 cd/m ²

9.4 Eficiencia Energética

La instalación cumplirá, una vez realizada la actuación, con la eficiencia energética establecida en la ITC-EA-01 del Reglamento de Eficiencia Energética en Instalaciones de Alumbrado Exterior, cumpliendo con los valores mínimos establecidos en las siguientes tablas en función de la iluminancia media en servicio establecida para cada vía:

Tabla 9.12 Requisitos mínimos de eficiencia energética en instalaciones de alumbrado vial funcional

Iluminancia media en servicio E_m (lux)	EFICIENCIA ENERGÉTICA MÍNIMA $\left(\frac{\text{m}^2 \cdot \text{luc}}{\text{W}}\right)$
≥ 30	22
25	20
20	17,5
15	15
10	12
$\leq 7,5$	9,5

Nota - Para valores de iluminancia media proyectada comprendidos entre los valores indicados en la tabla, la eficiencia energética de referencia se obtendrán por interpolación lineal

Tabla 9.13 Requisitos mínimos de eficiencia energética en instalaciones de alumbrado vial ambiental

Iluminancia media en servicio E_m (lux)	EFICIENCIA ENERGÉTICA MÍNIMA $\left(\frac{\text{m}^2 \cdot \text{luc}}{\text{W}}\right)$
≥ 20	9
15	7,5
10	6
7,5	5
≤ 5	3,5

Nota - Para valores de iluminancia media proyectada comprendidos entre los valores indicados en la tabla, la eficiencia energética de referencia se obtendrán por interpolación lineal

9.5 Calificación Energética

Según el Reglamento de eficiencia energética de alumbrado exterior, se define como el cociente entre la eficiencia energética de la instalación y el valor de eficiencia energética de referencia (ϵ_r) en función del nivel de iluminancia media en servicio proyectada tabulada.

$$I\epsilon = \frac{\epsilon}{\epsilon_R}$$

Con objeto de facilitar la interpretación de la calificación energética de la instalación de alumbrado y en consonancia con lo establecido en otras reglamentaciones, se define una etiqueta que caracteriza el consumo de energía de la instalación mediante una escala de siete letras que va desde la letra A (instalación más eficiente y con menos consumo de energía) a la letra G (instalación menos eficiente y con más consumo de energía). El índice utilizado

para la escala de letras será el índice de consumo energético (ICE) que es igual al inverso del índice de eficiencia energética:

$$ICE = \frac{1}{I_E}$$

La nueva calificación energética obtenida por la instalación una vez terminada la actuación será A o como mínimo B, según los valores de la siguiente tabla:

Tabla 9.14 Calificación energética de una instalación de alumbrado

Calificación Energética	Índice de consumo energético	Índice de Eficiencia Energética
A	$ICE < 0,91$	$I_E > 1,1$
B	$0,91 \leq ICE < 1,09$	$1,1 \geq I_E > 0,92$
C	$1,09 \leq ICE < 1,35$	$0,92 \geq I_E > 0,74$
D	$1,35 \leq ICE < 1,79$	$0,74 \geq I_E > 0,56$
E	$1,79 \leq ICE < 2,63$	$0,56 \geq I_E > 0,38$
F	$2,63 \leq ICE < 5,00$	$0,38 \geq I_E > 0,20$
G	$ICE \geq 5,00$	$I_E \leq 0,20$

10 Verificación e inspecciones de la instalación

Existen inspecciones que deben realizarse obligatoriamente para legalizar las instalaciones una vez finalizados los trabajos de renovación. Un ejemplo de ello, es que para poder actualizar los términos de potencia en la contratación de electricidad, las distribuidoras eléctricas exigen un documento en el que se certifique que las instalaciones están legalizadas y en el que figure la potencia resultante de la instalación tras la renovación de las instalaciones.

CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS

En determinados aspectos del proyecto puede existir más de una alternativa aceptable a la solución final. En los siguientes apartados se exponen las posibilidades existentes antes de describir los resultados finales.

11 Cálculos luminotécnicos (Software DIALux)

Los cálculos luminotécnicos para instalaciones de alumbrado exterior (viario) se basan en la determinación de la **iluminancia** sobre la calzada y la **luminancia**. Los cálculos de la **luminancia** precisan la ayuda de programas informáticos para su determinación. Los cálculos de la **iluminancia** pueden ser realizados empleando:

- Método del factor de utilización o de los lúmenes
- Método de los 9 puntos

11.1 Método del factor de utilización o de los lúmenes

Este método permite determinar la distancia de separación entre luminarias (Interdistancia) que garanticen el nivel de iluminancia media (E_m) exigido por las normativas. El método no aporta una gran precisión, pero si permite servir como base de referencia.

Factor de utilización (η): Se define como el cociente entre el flujo útil que llega a la calzada y el emitido por la lámpara.

$$\eta = \frac{\Phi_{\text{útil}}}{\Phi_L}$$

Normalmente se representa mediante curvas características de la luminaria que proporcionan los fabricantes. Las curvas pueden estar en función de:

- Relación A/H
- Ángulos lado de la calzada y acera respectivamente (γ_1/ γ_2)

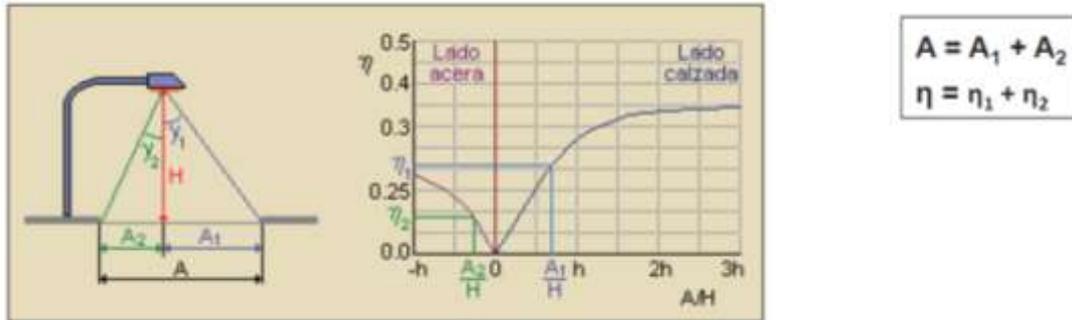


Figura 11.1 Curva característica de la luminaria

La distancia entre luminarias viene dada por la expresión de la iluminancia media E_m .

$$d = \frac{\eta \cdot f_m \cdot \Phi_L}{A \cdot E_m} \quad (\text{m})$$

Siendo:

η : Factor de utilización

Φ_L : Flujo lumínico

f_m : Factor de mantenimiento

A : Anchura a iluminar de la calzada (m)

- Para distribución BILATERAL: $A/2$

- Para distribución UNILATERAL y a TRESBOLILLO: A

E_m : Iluminancia media (lux). Tablas REEIAE

11.2 Método de los 9 puntos

Se trata de un método numérico, en el cual no es preciso el cálculo de la iluminancia en todos los puntos de la calzada para conocer la distribución exacta de la iluminación. La zona de estudio se dividirá en áreas denominadas “**dominios**” en las cuales existirán puntos representativos llamados “**nodos**” en que se supondrá la iluminancia uniforme, siendo la iluminancia total la media ponderada de la iluminancia de cada dominio. Cuanto mayor sea el número de nodos mayor será la precisión. Para ejemplificar su uso se trabajará con el **criterio de los 9 puntos**.

Proceso de cálculo

1. Se selecciona en un tramo recto de vía una “zona característica” de estudio

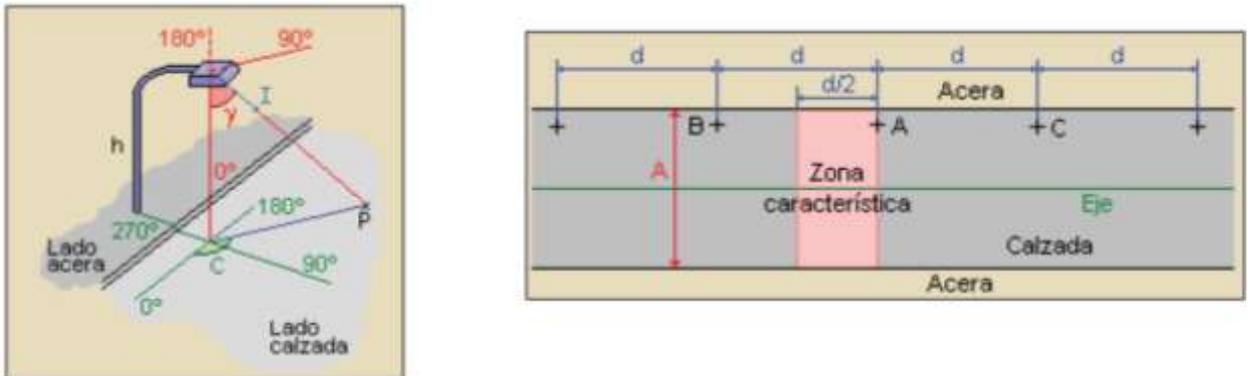


Figura 11.2 Selección de la zona característica de un vía

2. La zona característica se divide según el tipo de distribución de las luminarias empleado en una retícula de nueve dominios.

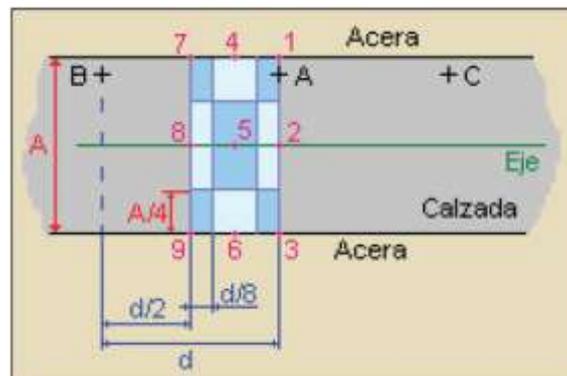


Figura 11.3 Retícula de los 9 puntos

3. En el cálculo de la iluminancia de cada nodo sólo se considera la contribución de las luminarias más próximas

$$E_i = E_{iA} + E_{iB} + E_{iC}$$

4. Dependiendo de la disposición de luminarias elegido, Unilateral, Tresbolillo o Bilateral, el valor de la iluminancia total será:

$$E_m = \frac{E_1 + 2E_2 + E_3 + 2E_4 + 4E_5 + 2E_6 + E_7 + 2E_8 + E_9}{16}$$



Figura 11.4 Contribución en cada nodo en función de disposición de luminarias

5. Coeficientes de Uniformidad Media (U_0) y Uniformidad Extrema (U_L) de las luminancias:

$$U_0 = \frac{E_{mínima}}{E_m} \quad U_L = \frac{E_m}{E_{máxima}}$$

11.3 Proceso de diseño mediante software DIALux

Una vez que se compruebe que las luminarias cumplen con las especificaciones mínimas, citadas anteriormente; se presenta un estudio luminotécnico de las secciones de cálculo realizado con el software DIALux.

Mediante este software, se simulan las diferentes alternativas de luminarias, variando sus potencias, ángulo de inclinación, alturas de montaje, etc. para cumplir con los requisitos luminotécnicos exigidos en las Instrucciones Técnicas Complementarias. Los estudios se desarrollan en el Anexo I.

Todas las luminarias se emplazan en báculos de entre 4 y 10 metros de altura, según su tipología viaria, dependiendo de la ubicación.

La interdistancia, así como anchura de las calles se han tomado de los planos facilitados por la empresa mantenedora y el ayuntamiento en formato

AutoCAD. En el caso de las vías tipo se han comprobado in situ estas magnitudes.

Para unificar criterios se realizarán bajo la siguiente metodología:

- Se utilizará una temperatura de color única entre el rango 2.700K - 4.300K.
- El FM será de 0,85 calculado tal y como indica el documento de Requerimientos Técnicos exigibles para luminarias LED de Alumbrado Exterior IDAE-CEI.
- El pavimento empleado será el R3007.

11.4 Disposición y luminarias a utilizar

Las luminarias utilizadas en los estudios son de tipo vial, decorativas y proyectores. Se comparan las mismas secciones con luminarias de similares características de los distintos proveedores. La disposición entre ellas, viene impuesta por la tipología del municipio. Los báculos existentes se aprovechan, de modo que la interdistancia, así como también la altura serán parámetros fijos. Se estudian diferentes potencias, ópticas y ángulos de inclinación para lograr los mínimos exigidos por el reglamento y máxima eficiencia. Finalmente se escoge la mejor opción:

1. Para la calle Severo Ochoa se utiliza luminaria BGP243 LED90 de 54W y disposición a tresbolillo, con interdistancia de 30m y altura de 8m.
2. Para la calle Lombo se utiliza luminaria BDP102 GRN50/840 de 38W y disposición a unilateral arriba, con interdistancia de 16m y altura de 4m.
3. Para la rotonda de disponen de 5 luminarias BGP204 LED220 de 132W, dispuestas en el exterior del carril, formando 23m de radio y a una altura de 10m.

11.5 Clasificación de la vía

El nivel de iluminación requerido por una vía depende de múltiples factores como son el **tipo de vía**, la **complejidad de su trazado**, la **intensidad** y

sistema de control del tráfico y la **separación entre carriles** destinados a distintos tipos de usuarios.

Las vías de circulación se clasifican en varios grupos o situaciones de proyecto, asignándose a cada uno de ellos unos requisitos fotométricos específicos que tienen en cuenta las necesidades visuales de los usuarios así como aspectos medio ambientales de las vías.

11.5.1 Tipo de alumbrado

Alumbrado funcional

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

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.

El tipo de alumbrado en el municipio queda repartido de la siguiente manera:

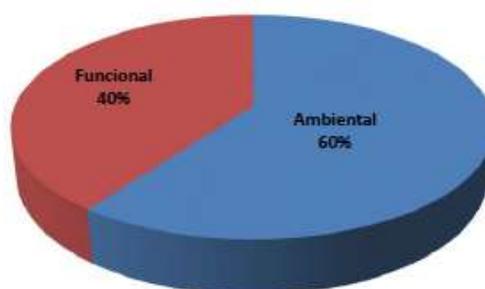


Figura 11.5 Reparto tipo de alumbrado

11.5.2 Tipo de vías

El criterio principal de clasificación de las vías, según el Reglamento de Eficiencia Energética en Alumbrado Público, es la velocidad de circulación. La clasificación de los tipos de vías en el municipio, se representa a continuación:

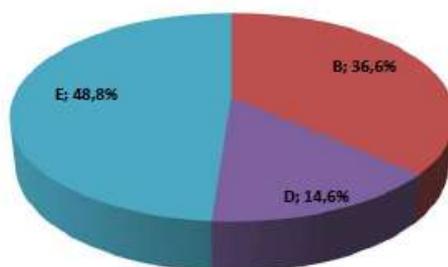


Figura 11.6 Tipos de vía en el municipio

Y en función del tipo de vía y la fluidez de vehículos estimada (IMD), las **clases de alumbrado** existentes en el Municipio son las siguientes:

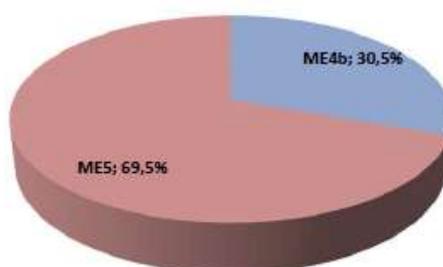


Figura 11.7 Clases de alumbrado en existentes

Para cada clase de alumbrado hay que cumplir unos requisitos fotométricos aplicables a las vías correspondientes.

* Con el objetivo de simplificar las clases de alumbrado y por tener un nivel de iluminación similar, se consideran equivalentes las siguientes clases de alumbrado.

Tabla 11.1 Equivalencias de clases de alumbrado

	ME 1	ME 2	ME 3	ME 4	ME 5	ME 6
	MEW 1	MEW 2	MEW 3	MEW 4	MEW 5	MEW 6
CE 0	CE 1	CE 2	CE 3	CE 4	CE 5	
			S 1	S 2	S 3	S 4

Finalmente se explican los tipos de vía implicados en el estudio para cada sección.

1. Severo Ochoa: Clasificación de ME4a en calzada y CE5 en aceras, las medidas son de 2,5m de acera y calzada de dos carriles de 9m.
2. Lombo: Clasificación de S2 en calzada y CE5 en aceras, las medidas son de 2,5m de acera y calzada de un solo carril de 5 m carril de parking de 5m.
3. Rotonda: Clasificación de ME5b con radio de 23m exterior y carril de 5m.

11.6 Resultados

La siguiente figura es una muestra del proyecto realizado con el software DIALux.

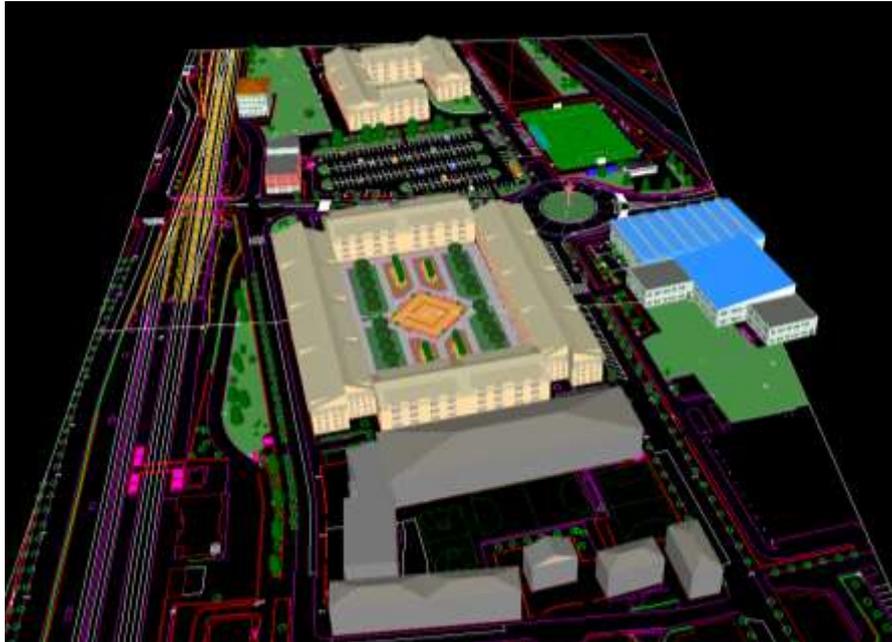


Figura 11.8 Imagen del proyecto con DIALux

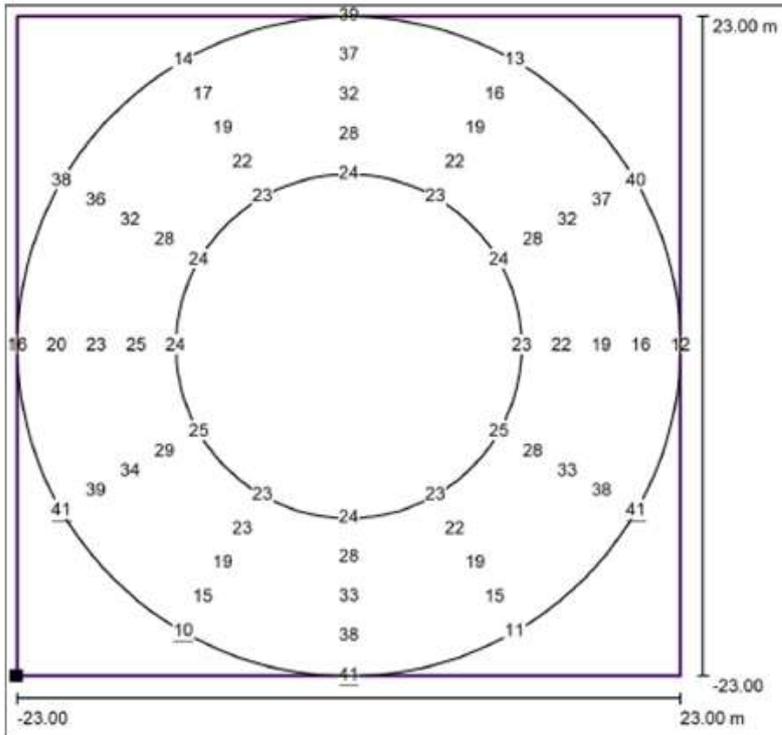


Figura 11.9 Imagen real desde google maps

A continuación, se muestran los resultados obtenidos en los distintos estudios, indicando marca, modelo y fotografía de la luminaria. También se muestra la calificación energética obtenida.

Cuadro: CM-A006 **Dirección:** C/ Severo Ochoa 12

Uds.	Marca	Modelo	Luminaria propuesta	Potencia
5	PHILIPS	UniStreet	BGP204 T25 1xLED220-4S/740 - DX10	132



Resultados obtenidos

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
26	10	41	0.41	0.25
✓	✓	✓	✓	✓

MAYJA S.L. **CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DE INSTALACIÓN DE ALUMBRADO EXTERIOR SEGÚN R.D. 1890/2008**

Tipo de Alumbrado:
 Vial Funcional
 Vial Ambiental y Otros

ALUMBRADO VIAL FUNCIONAL

Superficie iluminada (m ²):	1131	Calcular	Eficiencia energética de la instalación: ϵ 44,55
Iluminancia Media - E_m (lux):	26		Eficiencia energética mínima: ϵ_{min} 20,40 Eficiencia energética de referencia: ϵ_r 29,60
Potencia activa instalada (W):	660		Índice de Consumo Energético: (ICE) 0,66 Índice de Eficiencia Energética: (I_ϵ) 1,51

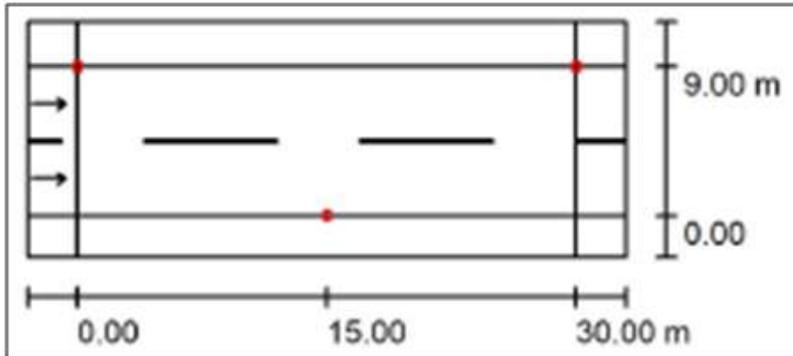
$$\epsilon = \frac{S \cdot E_m}{P} \left(\frac{m^2 \cdot lux}{W} \right)$$

Calificación Energética: A

Figura 11.10 Resultados luminotécnicos rotonda

Cuadro: CM-A006 **Dirección:** C/ Severo Ochoa 12

Uds.	Marca	Modelo	Luminaria propuesta	Potencia
18	PHILIPS	UniStreet	BGP243 T25 1xLED90-4S/740/740 - DX10	54



Resultados obtenidos

Lista del recuadro de evaluación

2 Calzada
 Longitud: 30.000 m, Anchura: 9.000 m
 Trama: 10 x 6 Puntos
 Elemento de la vía pública respectivo: Calzada.
 Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070
 Clase de iluminación seleccionada: ME4a

(Se cumplen todos los requerimientos fotométricos.)

	L_m [cd/m ²]	U0	UI	Ti [%]	SR
Valores reales según cálculo:	1.64	0.83	0.90	9	0.50
Valores de consigna según clase:	≥ 0.75	≥ 0.40	≥ 0.60	≤ 15	≥ 0.50
Cumplido/No cumplido:	✓	✓	✓	✓	✓

MAYJA S.L.

CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DE INSTALACIÓN DE ALUMBRADO EXTERIOR SEGÚN R.D. 1890/2008

Tipo de Alumbrado:

Vial Funcional
 Vial Ambiental y Otros

ALUMBRADO VIAL FUNCIONAL

Superficie Iluminada (m²): 270
 Iluminancia Media - E_m (lux): 25
 Potencia activa instalada (W): 108

Calcular

Eficiencia energética de la instalación: ϵ 62,50
 Eficiencia energética mínima: ϵ_{min} 20,00
 Eficiencia energética de referencia: ϵ_r 29,00
 Índice de Consumo Energético: (ICE) 0,46
 Índice de Eficiencia Energética: (I_{ϵ}) 2,16

$$\epsilon = \frac{S \cdot E_m}{P} \left(\frac{m^2 \cdot lux}{W} \right)$$

Calificación Energética: **A**

Figura 11.11 Resultados luminotécnicos de la calle Severo Ochoa

Cuadro: CM-A007 **Dirección:** C/ Lombo 14

Uds.	Marca	Modelo	Luminaria propuesta	Potencia
20	PHILIPS	Townguide	BDP102 PCC 1xGRN50/840 DW	38

5.00 m

0.00

16.00 m

Luminaria de estudio

Townguide

Resultados obtenidos

Lista del recuadro de evaluación

1 Calzada
 Longitud: 16.000 m, Anchura: 5.000 m
 Trama: 10 x 4 Puntos
 Elemento de la vía pública respectivo: Calzada.
 Clase de iluminación seleccionada: S2 (Se cumplen todos los requerimientos fotométricos.)

	E _m [lx]	E _{min} [lx]
Valores reales según cálculo:	14.63	8.75
Valores de consigna según clase:	≥ 10.00	≥ 3.00
Cumplido/No cumplido:	✓	✓

CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DE INSTALACIÓN DE ALUMBRADO EXTERIOR SEGÚN R.D. 1890/2008

Tipo de Alumbrado:

Vial Funcional

Vial Ambiental y Otros

ALUMBRADO VIAL AMBIENTAL

Superficie Iluminada (m²):

Iluminancia Media - E_m (lux):

Potencia activa instalada (W):

Calcular

Eficiencia energética de la instalación: ε 46,20

Eficiencia energética mínima: ε_{min} 7,39

Eficiencia energética de referencia: ε_r 10,85

Índice de Consumo Energético: (ICE) 0,23

Índice de Eficiencia Energética: (I_ε) 4,26

$$\epsilon = \frac{S \cdot E_m}{P} \left(\frac{m^2 \cdot \text{lux}}{W} \right)$$

Calificación Energética: A

Figura 11.12 Resultados luminotécnicos de la calle Lombo

12 Cálculos eléctricos (Software DmElect)

Una vez obtenidas las luminarias a instalar con sus respectivas potencias e interdistancias, se procede a realizar el cálculo eléctrico de las secciones y de las protecciones necesarias.

Se realiza un dimensionamiento de conductores por criterio térmico y por caída de tensión. Posteriormente se calculan mediante ensayo de cortocircuito las protecciones a instalar.

12.1 Cálculo de las secciones de línea de alumbrado

12.1.1 Criterio térmico

A continuación se detalla el cálculo de la corriente de la línea 2 (desde el “nodo A” al “nodo a”) del centro de mando CM-06 para comprobar la concordancia con los datos obtenidos mediante el software específico de cálculo “DmElect”.

Partiendo de la correspondiente instrucción técnica ITC-BT-09 del REBT que remite a la ITC-07-BT, es necesario establecer las condiciones de contorno de la instalación de alumbrado exterior.

Considerando una temperatura del terreno de 25 °C, una resistividad térmica del terreno de 1 K·m/W, una zanja a profundidad de 0,70 m y sin agrupamiento de circuitos se obtiene un factor de corrección de $F_c=0,8$.

Se toma como factor de potencia el establecido como premisa $\text{Cos}\phi=0,95$. Según la ITC-BT-09 debe ser mayor que 0,9, aunque con los balastos electrónicos para LED empleados actualmente se supera ampliamente.

Se comprueba la corriente demandada por la totalidad de las cargas que discurren por dicha línea, que se corresponden con 5 cargas de 132W.

Para poder evaluar el sistema trifásico equilibrado, se supone que las cargas repercuten 1/3 de su potencia nominal en cada fase y se evalúa la potencia entre fase y neutro.

La potencia activa monofásica:

$$P = V \cdot I \cdot \cos\varphi$$

$$I = \frac{P}{V \cdot \cos\varphi} = \frac{660}{230 \cdot 0.95} = 3.02 \text{ A}$$

Se puede comprobar que la corriente de la línea 2 del centro de mando CM-06 en las tablas de resultados coincide con el valor de 3,01 A.

Destacar que no se ha considerado potencia consumida por las líneas, pero dado que ésta es mucho menor que las consumidas por las cargas, y que la corriente nominal que circula por la línea es ampliamente menor que la admisible, se puede asegurar el cumplimiento del criterio térmico.

12.1.2 Caída de tensión

Para comprobar el cálculo de las secciones por caída de tensión se utiliza el método de los momentos eléctricos para líneas de sección uniforme con múltiples cargas.

El método de cálculo consiste en considerar las cargas como elementos puntuales de potencia conocida situados a la distancia total hasta el origen de cálculo de la caída de tensión. De esta forma se obtendrá una serie de productos que permiten conocer, sabiendo la resistividad del conductor a la temperatura de trabajo, la caída de tensión en el extremo de la línea.

Se utilizará la misma línea del caso anterior, las potencias y las distancias se indican en la siguiente tabla:

	L1	L2	L3	L4	L5
Distancia al origen (m)	80	110	140	170	200
Potencia (W)	132	132	132	132	132

La resistividad del Cu a 20 °C = 0,018Ωmm²/m

La sección del conductor = 6mm²

La caída de tensión monofásica:

$$\Delta V = \frac{2 \times \rho}{S \times V} \times \sum_{i=1}^5 L_i \times P_i = \frac{2 \times 0.018}{6 \times 230} \times \sum_{i=1}^5 L_i \times P_i = 2.41 \text{ V} \rightarrow \Delta V\% = \frac{\Delta V}{V} = \mathbf{1.048\%}$$

Se comprueba que la caída de tensión en la línea es del 1,048%, aproximándose al valor obtenido mediante el software de cálculo 1,03%. Esta pequeña variación se debe a que el inicio de la línea en el unifilar es trifásico y no se ha tenido en cuenta en la demostración, despreciando la caída de tensión de este tramo trifásico.

12.2 Resultados de dimensionamiento

CM-06

Las características generales de la red son:

Tensión (V): Trifásica 400, Monofásica 230
 C.d.t. máx. (%): 3
 Cos φ : 0,95
 Temperatura cálculo conductividad eléctrica (°C):
 - XLPE, EPR: 20
 - PVC: 20

Resultados obtenidos para las distintas ramas y nudos:

Línea	Nudo Orig.	Nudo Dest.	Long. (m)	Metal/ Xu(m \square /m)	Canal./Aislam/Polar.	I.Cálculo (A)	In/Ireg (A)	In/Sens. Dif(A/mA)	Sección (mm ²)	I. Admisi. (A)/Fc	D.tubo (mm)
1	CM-06	A	50	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE, 0.6/1 kV Tetra.	2,32	10		4x6	52,8/0,8	90
2	A	a	30	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE, 0.6/1 kV Bipol.	3,01	10	25/.300	2x6	64,68/0,8	90
3	a	1	30	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE, 0.6/1 kV Bipol.	3,01	10		2x6	64,68/0,8	90
4	1	2	30	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE, 0.6/1 kV Bipol.	2,41			2x6	64,68/0,8	90
5	2	3	30	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE, 0.6/1 kV Bipol.	1,8			2x6	64,68/0,8	90
6	3	4	30	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE, 0.6/1 kV Bipol.	1,2			2x6	64,68/0,8	90
7	4	5	30	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE, 0.6/1 kV Bipol.	0,6			2x6	64,68/0,8	90
8	A	b	40	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE, 0.6/1 kV Bipol.	3,46	10	25/.300	2x6	64,68/0,8	90
9	b	6	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE, 0.6/1 kV Bipol.	3,46	10		2x6	64,68/0,8	90
10	6	7	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE, 0.6/1 kV Bipol.	3,29			2x6	64,68/0,8	90
11	7	8	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE, 0.6/1 kV Bipol.	3,12			2x6	64,68/0,8	90
12	8	9	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE, 0.6/1 kV Bipol.	2,94			2x6	64,68/0,8	90
13	9	10	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE, 0.6/1 kV Bipol.	2,77			2x6	64,68/0,8	90
14	10	11	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE, 0.6/1 kV Bipol.	2,6			2x6	64,68/0,8	90
15	11	12	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE, 0.6/1 kV Bipol.	2,42			2x6	64,68/0,8	90
16	12	13	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE, 0.6/1 kV Bipol.	2,25			2x6	64,68/0,8	90
17	13	14	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE, 0.6/1 kV Bipol.	2,08			2x6	64,68/0,8	90
18	14	15	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE, 0.6/1 kV Bipol.	1,91			2x6	64,68/0,8	90
19	15	16	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE, 0.6/1 kV Bipol.	1,73			2x6	64,68/0,8	90
20	16	17	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE, 0.6/1 kV Bipol.	1,56			2x6	64,68/0,8	90
21	17	18	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE, 0.6/1 kV Bipol.	1,39			2x6	64,68/0,8	90
22	18	19	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE, 0.6/1 kV Bipol.	1,21			2x6	64,68/0,8	90
23	19	20	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE, 0.6/1 kV Bipol.	1,04			2x6	64,68/0,8	90
24	20	21	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE, 0.6/1 kV Bipol.	0,87			2x6	64,68/0,8	90
25	21	22	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE, 0.6/1 kV Bipol.	0,69			2x6	64,68/0,8	90
26	22	23	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE, 0.6/1 kV Bipol.	0,52			2x6	64,68/0,8	90
27	23	24	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE, 0.6/1 kV Bipol.	0,35			2x6	64,68/0,8	90
28	24	25	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE, 0.6/1 kV Bipol.	0,17			2x6	64,68/0,8	90
30	c	26	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE, 0.6/1 kV Bipol.	0,49	10		2x6	64,68/0,8	90
31	26	27	8	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE, 0.6/1 kV Bipol.	0,41			2x6	64,68/0,8	90
32	27	28	8	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE, 0.6/1 kV Bipol.	0,33			2x6	64,68/0,8	90
33	28	29	8	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE, 0.6/1 kV Bipol.	0,25			2x6	64,68/0,8	90
34	29	30	8	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE, 0.6/1 kV Bipol.	0,16			2x6	64,68/0,8	90
35	30	31	8	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE, 0.6/1 kV Bipol.	0,08			2x6	64,68/0,8	90
35	A	c	25	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE, 0.6/1 kV Bipol.	0,49	10	25/.300	2x6	64,68/0,8	90
36	CM-06	C	100	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE, 0.6/1 kV Tetra.	3,39	10		4x10	70,4/0,8	90
37	C	B	50	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE, 0.6/1 kV Tetra.	1,91			4x6	52,8/0,8	90
38	B	d	30	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE, 0.6/1 kV Bipol.	2,41	10	25/.300	2x6	64,68/0,8	90
39	d	32	15	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE, 0.6/1 kV Bipol.	2,41	10		2x6	64,68/0,8	90
40	32	33	15	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE, 0.6/1 kV Bipol.	2,3			2x6	64,68/0,8	90

41	33	34	15	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE, 0.6/1 kV Bipol.	2,19			2x6	64,68/0,8	90
42	34	35	15	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE, 0.6/1 kV Bipol.	2,08			2x6	64,68/0,8	90
43	35	36	15	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE, 0.6/1 kV Bipol.	1,97			2x6	64,68/0,8	90
44	36	37	15	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE, 0.6/1 kV Bipol.	1,86			2x6	64,68/0,8	90
45	37	38	15	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE, 0.6/1 kV Bipol.	1,75			2x6	64,68/0,8	90
46	38	39	15	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE, 0.6/1 kV Bipol.	1,64			2x6	64,68/0,8	90
47	39	40	15	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE, 0.6/1 kV Bipol.	1,53			2x6	64,68/0,8	90
48	40	41	15	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE, 0.6/1 kV Bipol.	1,42			2x6	64,68/0,8	90
49	41	42	15	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE, 0.6/1 kV Bipol.	1,31			2x6	64,68/0,8	90
50	42	43	15	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE, 0.6/1 kV Bipol.	1,2			2x6	64,68/0,8	90
51	43	44	15	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE, 0.6/1 kV Bipol.	1,09			2x6	64,68/0,8	90
52	44	45	15	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE, 0.6/1 kV Bipol.	0,98			2x6	64,68/0,8	90
53	45	46	15	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE, 0.6/1 kV Bipol.	0,88			2x6	64,68/0,8	90
54	46	47	15	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE, 0.6/1 kV Bipol.	0,77			2x6	64,68/0,8	90
55	47	48	15	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE, 0.6/1 kV Bipol.	0,66			2x6	64,68/0,8	90
56	48	49	15	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE, 0.6/1 kV Bipol.	0,55			2x6	64,68/0,8	90
57	49	50	15	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE, 0.6/1 kV Bipol.	0,44			2x6	64,68/0,8	90
58	50	51	15	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE, 0.6/1 kV Bipol.	0,33			2x6	64,68/0,8	90
59	51	52	15	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE, 0.6/1 kV Bipol.	0,22			2x6	64,68/0,8	90
60	52	53	15	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE, 0.6/1 kV Bipol.	0,11			2x6	64,68/0,8	90
61	B	e	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE, 0.6/1 kV Bipol.	3,32	10	25/.300	2x6	64,68/0,8	90
62	e	54	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE, 0.6/1 kV Bipol.	3,32	10		2x6	64,68/0,8	90
63	54	55	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE, 0.6/1 kV Bipol.	3,14			2x6	64,68/0,8	90
64	55	56	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE, 0.6/1 kV Bipol.	2,95			2x6	64,68/0,8	90
65	56	57	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE, 0.6/1 kV Bipol.	2,77			2x6	64,68/0,8	90
66	57	58	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE, 0.6/1 kV Bipol.	2,58			2x6	64,68/0,8	90
67	58	59	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE, 0.6/1 kV Bipol.	2,4			2x6	64,68/0,8	90
68	59	60	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE, 0.6/1 kV Bipol.	2,22			2x6	64,68/0,8	90
69	60	61	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE, 0.6/1 kV Bipol.	2,03			2x6	64,68/0,8	90
70	61	62	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE, 0.6/1 kV Bipol.	1,85			2x6	64,68/0,8	90
71	62	63	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE, 0.6/1 kV Bipol.	1,66			2x6	64,68/0,8	90
72	63	64	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE, 0.6/1 kV Bipol.	1,48			2x6	64,68/0,8	90
73	64	65	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE, 0.6/1 kV Bipol.	1,29			2x6	64,68/0,8	90
74	65	66	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE, 0.6/1 kV Bipol.	1,11			2x6	64,68/0,8	90
75	66	67	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE, 0.6/1 kV Bipol.	0,92			2x6	64,68/0,8	90
76	67	68	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE, 0.6/1 kV Bipol.	0,74			2x6	64,68/0,8	90
77	68	68	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE, 0.6/1 kV Bipol.	0,55			2x6	64,68/0,8	90
78	68	70	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE, 0.6/1 kV Bipol.	0,37			2x6	64,68/0,8	90
79	70	71	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE, 0.6/1 kV Bipol.	0,18			2x6	64,68/0,8	90
80	C	f	70	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE, 0.6/1 kV Bipol.	4,43	10	25/.300	2x10	86,24/0,8	90
81	f	72	30	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE, 0.6/1 kV Bipol.	4,43	10		2x10	86,24/0,8	90
82	72	73	30	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE, 0.6/1 kV Bipol.	4,18			2x10	86,24/0,8	90
83	73	74	30	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE, 0.6/1 kV Bipol.	3,94			2x10	86,24/0,8	90
84	74	75	30	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE, 0.6/1 kV Bipol.	3,69			2x10	86,24/0,8	90
85	75	76	30	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE, 0.6/1 kV Bipol.	3,45			2x10	86,24/0,8	90
86	76	77	30	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE, 0.6/1 kV Bipol.	3,2			2x10	86,24/0,8	90
87	77	78	30	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE, 0.6/1 kV Bipol.	2,95			2x10	86,24/0,8	90
88	78	79	30	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE, 0.6/1 kV Bipol.	2,71			2x10	86,24/0,8	90
89	79	80	30	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE, 0.6/1 kV Bipol.	2,46			2x10	86,24/0,8	90
90	80	81	30	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE, 0.6/1 kV Bipol.	2,22			2x10	86,24/0,8	90
91	81	82	30	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE, 0.6/1 kV Bipol.	1,97			2x6	64,68/0,8	90
92	82	83	30	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE, 0.6/1 kV Bipol.	1,72			2x6	64,68/0,8	90
93	83	84	30	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE, 0.6/1 kV Bipol.	1,48			2x6	64,68/0,8	90
94	84	85	30	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE, 0.6/1 kV Bipol.	1,23			2x6	64,68/0,8	90
95	85	86	30	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE, 0.6/1 kV Bipol.	0,98			2x6	64,68/0,8	90
96	86	87	30	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE, 0.6/1 kV Bipol.	0,74			2x6	64,68/0,8	90
97	87	88	30	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE, 0.6/1 kV Bipol.	0,49			2x6	64,68/0,8	90
98	88	89	30	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE, 0.6/1 kV Bipol.	0,25			2x6	64,68/0,8	90

Nudo	C.d.t.(V)	Tensión Nudo(V)	C.d.t.(%)	Carga Nudo
CM-06	0	400	0	(3.757 W)
A	-0,568	399,432	0,142	(0 W)
a	-0,839	229,161	0,365	(0 W)
1	-1,349	228,651	0,586	(-132 W)
2	-1,757	228,243	0,764	(-132 W)
3	-2,063	227,937	0,897	(-132 W)
4	-2,267	227,733	0,986	(-132 W)
5	-2,369	227,631	1,03	(-132 W)
b	-1,112	228,888	0,483	(0 W)

6	-1,503	228,497	0,654	(-38 W)
7	-1,876	228,124	0,816	(-38 W)
8	-2,228	227,772	0,969	(-38 W)
9	-2,561	227,439	1,114	(-38 W)
10	-2,875	227,125	1,25	(-38 W)
11	-3,168	226,832	1,378	(-38 W)
12	-3,443	226,557	1,497	(-38 W)
13	-3,697	226,303	1,608	(-38 W)
14	-3,932	226,068	1,71	(-38 W)
15	-4,148	225,852	1,803	(-38 W)
16	-4,344	225,656	1,889	(-38 W)
17	-4,52	225,48	1,965	(-38 W)
18	-4,677	225,323	2,033	(-38 W)
19	-4,814	225,186	2,093	(-38 W)
20	-4,931	225,069	2,144	(-38 W)
21	-5,029	224,971	2,187	(-38 W)
22	-5,108	224,892	2,221	(-38 W)
23	-5,166	224,834	2,246	(-38 W)
24	-5,206	224,794	2,263	(-38 W)
25	-5,225	224,775	2,272	(-38 W)
c	-0,398	229,602	0,173	(0 W)
26	-0,453	229,547	0,197	(-18 W)
27	-0,472	229,528	0,205	(-18 W)
28	-0,487	229,513	0,212	(-18 W)
29	-0,498	229,502	0,217	(-18 W)
30	-0,505	229,495	0,22	(-18 W)
31	-0,509	229,491	0,221	(-18 W)
C	-0,995	399,005	0,249	(0 W)
B	-1,463	398,537	0,366	(0 W)
d	-1,253	228,747	0,545	(0 W)
32	-1,457	228,543	0,633	(-24 W)
33	-1,652	228,348	0,718	(-24 W)
34	-1,837	228,163	0,799	(-24 W)
35	-2,014	227,986	0,875	(-24 W)
36	-2,181	227,819	0,948	(-24 W)
37	-2,338	227,662	1,017	(-24 W)
38	-2,487	227,513	1,081	(-24 W)
39	-2,626	227,374	1,142	(-24 W)
40	-2,756	227,244	1,198	(-24 W)
41	-2,877	227,123	1,251	(-24 W)
42	-2,988	227,012	1,299	(-24 W)
43	-3,09	226,91	1,343	(-24 W)
44	-3,183	226,817	1,384	(-24 W)
45	-3,266	226,734	1,42	(-24 W)
46	-3,34	226,66	1,452	(-24 W)
47	-3,405	226,595	1,481	(-24 W)
48	-3,461	226,539	1,505	(-24 W)
49	-3,507	226,493	1,525	(-24 W)
50	-3,545	226,455	1,541	(-24 W)
51	-3,572	226,428	1,553	(-24 W)
52	-3,591	226,409	1,561	(-24 W)
53	-3,6	226,4	1,565	(-24 W)
e	-1,22	228,78	0,531	(0 W)
54	-1,596	228,404	0,694	(-40,5 W)
55	-1,951	228,049	0,848	(-40,5 W)
56	-2,285	227,715	0,993	(-40,5 W)
57	-2,598	227,402	1,13	(-40,5 W)
58	-2,89	227,11	1,257	(-40,5 W)
59	-3,162	226,838	1,375	(-40,5 W)
60	-3,412	226,588	1,484	(-40,5 W)
61	-3,642	226,358	1,583	(-40,5 W)
62	-3,851	226,149	1,674	(-40,5 W)
63	-4,039	225,961	1,756	(-40,5 W)
64	-4,206	225,794	1,829	(-40,5 W)
65	-4,352	225,648	1,892	(-40,5 W)
66	-4,477	225,523	1,947	(-40,5 W)
67	-4,581	225,419	1,992	(-40,5 W)
68	-4,665	225,335	2,028	(-40,5 W)
68	-4,728	225,272	2,055	(-40,5 W)
70	-4,769	225,231	2,074	(-40,5 W)

71	-4,79	225,21	2,083	(-40,5 W)
f	-1,627	228,373	0,707	(0 W)
72	-2,078	227,922	0,903	(-54 W)
73	-2,504	227,496	1,088	(-54 W)
74	-2,904	227,096	1,263	(-54 W)
75	-3,28	226,72	1,426	(-54 W)
76	-3,631	226,369	1,579	(-54 W)
77	-3,957	226,043	1,72	(-54 W)
78	-4,257	225,743	1,851	(-54 W)
79	-4,533	225,467	1,971	(-54 W)
80	-4,783	225,217	2,08	(-54 W)
81	-5,009	224,991	2,178	(-54 W)
82	-5,343	224,657	2,323	(-54 W)
83	-5,635	224,365	2,45	(-54 W)
84	-5,886	224,114	2,559	(-54 W)
85	-6,094	223,906	2,65	(-54 W)
86	-6,261	223,739	2,722	(-54 W)
87	-6,387	223,613	2,777	(-54 W)
88	-6,47	223,53	2,813	(-54 W)
89	-6,512	223,488	2,831*	(-54 W)

NOTA:

- * Nudo de mayor c.d.t.

Caída de tensión total en los distintos itinerarios:

CM-06-A-a-1-2-3-4-5 = 1.03 %

CM-06-A-b-6-7-8-9-10-11-12-13-14-15-16-17-18-19-20-21-22-23-24-25 = 2.27 %

CM-06-A-c-26-27-28-29-30-31 = 0.22 %

CM-06-C-B-d-32-33-34-35-36-37-38-39-40-41-42-43-44-45-46-47-48-49-50-51-52-53 = 1.57 %

CM-06-C-B-e-54-55-56-57-58-59-60-61-62-63-64-65-66-67-68-68-70-71 = 2.08 %

CM-06-C-f-72-73-74-75-76-77-78-79-80-81-82-83-84-85-86-87-88-89 = 2.83 %

CM-07

Las características generales de la red son:

Tensión (V): Trifásica 400, Monofásica 230

C.d.t. máx. (%): 3

Cos φ : 0,95

Temperatura cálculo conductividad eléctrica (°C):

- XLPE, EPR: 20

- PVC: 20

Resultados obtenidos para las distintas ramas y nudos:

Línea	Nudo Orig.	Nudo Dest.	Long. (m)	Metal/ Xu(m□/m)	Canal./Aislam/Polar.	I.Cálculo (A)	In/Ireg (A)	In/Sens. Dif(A/mA)	Sección (mm2)	I. Admisi. (A)/Fc	D.tubo (mm)
100	B	a	50	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	2,3	10	25/.300	2x10	86,24/0,8	90
101	a	1	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	2,3	10		2x10	86,24/0,8	90
102	1	2	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	2,17			2x10	86,24/0,8	90
103	2	3	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	2,04			2x10	86,24/0,8	90
104	3	4	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	1,91			2x10	86,24/0,8	90
105	4	5	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	1,79			2x10	86,24/0,8	90
106	5	6	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	1,66			2x10	86,24/0,8	90
107	6	7	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	1,53			2x10	86,24/0,8	90
108	7	8	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	1,4			2x10	86,24/0,8	90
109	8	9	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	1,28			2x10	86,24/0,8	90
110	9	10	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	1,15			2x10	86,24/0,8	90
111	10	11	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	1,02			2x10	86,24/0,8	90
112	11	12	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	0,89			2x10	86,24/0,8	90
113	12	13	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	0,77			2x10	86,24/0,8	90
114	13	14	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	0,64			2x10	86,24/0,8	90
115	14	15	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	0,51			2x10	86,24/0,8	90
116	15	16	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	0,38			2x10	86,24/0,8	90
117	16	17	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	0,26			2x10	86,24/0,8	90
118	17	18	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	0,13			2x10	86,24/0,8	90
119	B	b	15	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	2,71	10	25/.300	2x10	86,24/0,8	90
120	b	19	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	2,71	10		2x10	86,24/0,8	90
121	19	20	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	2,63			2x10	86,24/0,8	90

122	20	21	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	2,54			2x10	86,24/0,8	90
123	21	22	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	2,46			2x10	86,24/0,8	90
124	22	23	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	2,38			2x10	86,24/0,8	90
125	23	24	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	2,3			2x10	86,24/0,8	90
126	24	25	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	2,22			2x10	86,24/0,8	90
127	25	26	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	2,13			2x10	86,24/0,8	90
128	26	27	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	2,05			2x10	86,24/0,8	90
129	27	28	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	1,97			2x10	86,24/0,8	90
130	28	29	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	1,89			2x10	86,24/0,8	90
131	29	30	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	1,8			2x10	86,24/0,8	90
132	30	31	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	1,72			2x10	86,24/0,8	90
133	31	32	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	1,64			2x10	86,24/0,8	90
134	32	33	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	1,56			2x10	86,24/0,8	90
135	33	34	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	1,48			2x10	86,24/0,8	90
136	34	35	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	1,39			2x10	86,24/0,8	90
137	35	36	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	1,31			2x10	86,24/0,8	90
138	36	37	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	1,23			2x10	86,24/0,8	90
139	37	38	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	1,15			2x10	86,24/0,8	90
140	38	39	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	1,07			2x10	86,24/0,8	90
141	39	40	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	0,98			2x10	86,24/0,8	90
44	40	41	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	0,9			2x10	86,24/0,8	90
45	41	42	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	0,82			2x10	86,24/0,8	90
46	42	43	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	0,74			2x10	86,24/0,8	90
47	43	44	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	0,66			2x10	86,24/0,8	90
48	44	45	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	0,57			2x10	86,24/0,8	90
49	45	46	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	0,49			2x10	86,24/0,8	90
50	46	47	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	0,41			2x10	86,24/0,8	90
51	47	48	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	0,33			2x10	86,24/0,8	90
52	48	49	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	0,25			2x10	86,24/0,8	90
53	49	50	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	0,16			2x10	86,24/0,8	90
54	50	51	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	0,08			2x10	86,24/0,8	90
56	C	d	50	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	2,46	10	25/.300	2x6	64,68/0,8	90
57	d	121	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	2,46	10		2x6	64,68/0,8	90
58	121	122	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	2,23			2x6	64,68/0,8	90
59	122	123	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	2,01			2x6	64,68/0,8	90
60	123	124	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	1,79			2x6	64,68/0,8	90
61	124	125	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	1,56			2x6	64,68/0,8	90
62	125	126	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	1,34			2x6	64,68/0,8	90
63	126	127	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	1,12			2x6	64,68/0,8	90
64	127	128	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	0,89			2x6	64,68/0,8	90
65	128	129	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	0,67			2x6	64,68/0,8	90
66	129	130	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	0,45			2x6	64,68/0,8	90
67	130	131	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	0,22			2x6	64,68/0,8	90
68	C	c	120	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra.	1,78	10	25/.300	3x25/16	120/0,8	90
69	c	52	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra.	1,78	10		3x25/16	120/0,8	90
70	52	53	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra.	1,76			3x25/16	120/0,8	90
71	53	54	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra.	1,73			3x25/16	120/0,8	90
72	54	55	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra.	1,7			3x25/16	120/0,8	90
73	55	56	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra.	1,68			3x25/16	120/0,8	90
74	56	57	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra.	1,65			3x25/16	120/0,8	90
75	57	58	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra.	1,63			3x25/16	120/0,8	90
76	58	59	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra.	1,6			3x25/16	120/0,8	90
77	59	60	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra.	1,58			3x25/16	120/0,8	90
78	60	61	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra.	1,55			3x25/16	120/0,8	90
79	61	62	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra.	1,52			3x25/16	120/0,8	90
80	62	63	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra.	1,5			3x25/16	120/0,8	90
81	63	64	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra.	1,47			3x25/16	120/0,8	90
82	64	65	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra.	1,45			3x25/16	120/0,8	90
83	65	66	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra.	1,42			3x25/16	120/0,8	90
84	66	67	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra.	1,39			3x25/16	120/0,8	90
85	67	68	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra.	1,37			3x25/16	120/0,8	90
86	68	69	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra.	1,34			3x25/16	120/0,8	90
87	69	70	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra.	1,32			3x25/16	120/0,8	90
88	70	71	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra.	1,29			3x25/16	120/0,8	90
89	71	72	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra.	1,27			3x25/16	120/0,8	90
90	72	73	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra.	1,24			3x25/16	120/0,8	90
91	73	74	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra.	1,21			3x25/16	120/0,8	90
92	74	75	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra.	1,19			3x25/16	120/0,8	90
93	75	76	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra.	1,16			3x25/16	120/0,8	90
94	76	77	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra.	1,14			3x25/16	120/0,8	90

95	77	78	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra.	1,11			3x25/16	120/0,8	90
96	78	79	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra.	1,08			3x25/16	120/0,8	90
97	79	80	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra.	1,06			3x25/16	120/0,8	90
98	80	81	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra.	1,03			3x25/16	120/0,8	90
99	81	82	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra.	1,01			3x25/16	120/0,8	90
100	82	83	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra.	0,98			3x25/16	120/0,8	90
101	83	84	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra.	0,96			3x25/16	120/0,8	90
102	84	85	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra.	0,93			3x25/16	120/0,8	90
103	85	86	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra.	0,9			3x25/16	120/0,8	90
104	86	87	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra.	0,88			3x25/16	120/0,8	90
105	87	88	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra.	0,85			3x25/16	120/0,8	90
106	88	89	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra.	0,83			3x25/16	120/0,8	90
107	89	90	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra.	0,8			3x25/16	120/0,8	90
108	90	91	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra.	0,77			3x25/16	120/0,8	90
109	91	92	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra.	0,75			3x25/16	120/0,8	90
110	92	93	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra.	0,72			3x25/16	120/0,8	90
111	93	94	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra.	0,7			3x25/16	120/0,8	90
112	94	95	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra.	0,67			3x25/16	120/0,8	90
113	95	96	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra.	0,65			3x25/16	120/0,8	90
114	96	97	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra.	0,62			3x25/16	120/0,8	90
115	97	98	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra.	0,59			3x25/16	120/0,8	90
116	98	99	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra.	0,57			3x25/16	120/0,8	90
117	99	100	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra.	0,54			3x25/16	120/0,8	90
118	100	101	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra.	0,52			3x25/16	120/0,8	90
119	101	102	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra.	0,49			3x25/16	120/0,8	90
120	102	103	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra.	0,46			3x25/16	120/0,8	90
121	103	104	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra.	0,44			3x25/16	120/0,8	90
122	104	105	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra.	0,41			3x25/16	120/0,8	90
123	105	106	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra.	0,39			3x25/16	120/0,8	90
124	106	107	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra.	0,36			3x25/16	120/0,8	90
125	107	108	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra.	0,34			3x25/16	120/0,8	90
126	108	109	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra.	0,31			3x25/16	120/0,8	90
127	109	110	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra.	0,28			3x25/16	120/0,8	90
128	110	111	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra.	0,26			3x25/16	120/0,8	90
129	111	112	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra.	0,23			3x25/16	120/0,8	90
130	112	113	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra.	0,21			3x25/16	120/0,8	90
131	113	114	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra.	0,18			3x25/16	120/0,8	90
132	114	115	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra.	0,15			3x25/16	120/0,8	90
133	115	116	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra.	0,13			3x25/16	120/0,8	90
134	116	117	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra.	0,1			3x25/16	120/0,8	90
135	117	118	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra.	0,08			3x25/16	120/0,8	90
136	118	119	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra.	0,05			3x25/16	120/0,8	90
137	119	120	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra.	0,03			3x25/16	120/0,8	90
137	CM-07	A	30	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra.	4,27	10		4x25	120/0,8	90
137	A	C	25	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra.	2,6			4x25	120/0,8	90
138	A	B	125	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra.	1,67			4x10	70,4/0,8	90

Nudo	C.d.t.(V)	Tensión Nudo(V)	C.d.t.(%)	Carga Nudo
CM-07	0	400	0	(2.810 W)
B	-0,763	399,237	0,191	(0 W)
a	-0,83	229,17	0,361	(0 W)
1	-0,986	229,014	0,429	(-28 W)
2	-1,133	228,867	0,493	(-28 W)
3	-1,272	228,728	0,553	(-28 W)
4	-1,402	228,598	0,61	(-28 W)
5	-1,523	228,477	0,662	(-28 W)
6	-1,636	228,364	0,711	(-28 W)
7	-1,74	228,26	0,756	(-28 W)
8	-1,835	228,165	0,798	(-28 W)
9	-1,922	228,078	0,835	(-28 W)
10	-1,999	228,001	0,869	(-28 W)
11	-2,069	227,931	0,899	(-28 W)
12	-2,129	227,871	0,926	(-28 W)
13	-2,181	227,819	0,948	(-28 W)
14	-2,225	227,775	0,967	(-28 W)
15	-2,259	227,741	0,982	(-28 W)
16	-2,285	227,715	0,994	(-28 W)
17	-2,303	227,697	1,001	(-28 W)
18	-2,311	227,689	1,005	(-28 W)

b	-0,578	229,422	0,252	(0 W)
19	-0,762	229,238	0,331	(-18 W)
20	-0,94	229,06	0,409	(-18 W)
21	-1,113	228,887	0,484	(-18 W)
22	-1,28	228,72	0,556	(-18 W)
23	-1,441	228,559	0,627	(-18 W)
24	-1,597	228,403	0,694	(-18 W)
25	-1,748	228,252	0,76	(-18 W)
26	-1,892	228,108	0,823	(-18 W)
27	-2,031	227,969	0,883	(-18 W)
28	-2,165	227,835	0,941	(-18 W)
29	-2,293	227,707	0,997	(-18 W)
30	-2,416	227,584	1,05	(-18 W)
31	-2,533	227,467	1,101	(-18 W)
32	-2,644	227,356	1,15	(-18 W)
33	-2,75	227,25	1,196	(-18 W)
34	-2,85	227,15	1,239	(-18 W)
35	-2,945	227,055	1,28	(-18 W)
36	-3,034	226,966	1,319	(-18 W)
37	-3,117	226,883	1,355	(-18 W)
38	-3,195	226,805	1,389	(-18 W)
39	-3,267	226,733	1,421	(-18 W)
40	-3,334	226,666	1,45	(-18 W)
41	-3,395	226,605	1,476	(-18 W)
42	-3,451	226,549	1,5	(-18 W)
43	-3,501	226,499	1,522	(-18 W)
44	-3,546	226,454	1,542	(-18 W)
45	-3,585	226,415	1,559	(-18 W)
46	-3,618	226,382	1,573	(-18 W)
47	-3,646	226,354	1,585	(-18 W)
48	-3,668	226,332	1,595	(-18 W)
49	-3,685	226,315	1,602	(-18 W)
50	-3,696	226,304	1,607	(-18 W)
51	-3,702	226,298	1,609*	(-18 W)
C	-0,227	399,773	0,057	(0 W)
d	-0,826	229,174	0,359	(0 W)
121	-1,103	228,897	0,48	(-49 W)
122	-1,356	228,644	0,59	(-49 W)
123	-1,583	228,417	0,688	(-49 W)
124	-1,785	228,215	0,776	(-49 W)
125	-1,962	228,038	0,853	(-49 W)
126	-2,114	227,886	0,919	(-49 W)
127	-2,24	227,76	0,974	(-49 W)
128	-2,341	227,659	1,018	(-49 W)
129	-2,417	227,583	1,051	(-49 W)
130	-2,467	227,533	1,073	(-49 W)
131	-2,493	227,507	1,084	(-49 W)
c	-0,478	399,522	0,12	(0 W)
52	-0,52	399,48	0,13	(-17 W)
53	-0,562	399,439	0,14	(-17 W)
54	-0,602	399,398	0,151	(-17 W)
55	-0,642	399,358	0,161	(-17 W)
56	-0,682	399,318	0,17	(-17 W)
57	-0,721	399,279	0,18	(-17 W)
58	-0,759	399,241	0,19	(-17 W)
59	-0,796	399,204	0,199	(-17 W)
60	-0,834	399,167	0,208	(-17 W)
61	-0,87	399,13	0,217	(-17 W)
62	-0,906	399,094	0,226	(-17 W)
63	-0,941	399,059	0,235	(-17 W)
64	-0,976	399,024	0,244	(-17 W)
65	-1,01	398,99	0,252	(-17 W)
66	-1,043	398,957	0,261	(-17 W)
67	-1,076	398,924	0,269	(-17 W)
68	-1,108	398,892	0,277	(-17 W)
69	-1,14	398,861	0,285	(-17 W)
70	-1,17	398,83	0,293	(-17 W)
71	-1,201	398,799	0,3	(-17 W)
72	-1,231	398,769	0,308	(-17 W)
73	-1,26	398,74	0,315	(-17 W)

74	-1,288	398,712	0,322	(-17 W)
75	-1,316	398,684	0,329	(-17 W)
76	-1,344	398,656	0,336	(-17 W)
77	-1,37	398,63	0,343	(-17 W)
78	-1,396	398,604	0,349	(-17 W)
79	-1,422	398,578	0,355	(-17 W)
80	-1,447	398,553	0,362	(-17 W)
81	-1,471	398,529	0,368	(-17 W)
82	-1,495	398,505	0,374	(-17 W)
83	-1,518	398,482	0,379	(-17 W)
84	-1,54	398,46	0,385	(-17 W)
85	-1,562	398,438	0,391	(-17 W)
86	-1,583	398,417	0,396	(-17 W)
87	-1,604	398,396	0,401	(-17 W)
88	-1,624	398,376	0,406	(-17 W)
89	-1,643	398,357	0,411	(-17 W)
90	-1,662	398,338	0,416	(-17 W)
91	-1,68	398,32	0,42	(-17 W)
92	-1,698	398,302	0,425	(-17 W)
93	-1,715	398,285	0,429	(-17 W)
94	-1,731	398,269	0,433	(-17 W)
95	-1,747	398,253	0,437	(-17 W)
96	-1,762	398,238	0,441	(-17 W)
97	-1,777	398,223	0,444	(-17 W)
98	-1,791	398,209	0,448	(-17 W)
99	-1,804	398,196	0,451	(-17 W)
100	-1,817	398,183	0,454	(-17 W)
101	-1,829	398,171	0,457	(-17 W)
102	-1,841	398,159	0,46	(-17 W)
103	-1,852	398,148	0,463	(-17 W)
104	-1,862	398,138	0,465	(-17 W)
105	-1,872	398,128	0,468	(-17 W)
106	-1,881	398,119	0,47	(-17 W)
107	-1,889	398,111	0,472	(-17 W)
108	-1,897	398,103	0,474	(-17 W)
109	-1,905	398,095	0,476	(-17 W)
110	-1,911	398,089	0,478	(-17 W)
111	-1,917	398,083	0,479	(-17 W)
112	-1,923	398,077	0,481	(-17 W)
113	-1,928	398,072	0,482	(-17 W)
114	-1,932	398,068	0,483	(-17 W)
115	-1,935	398,065	0,484	(-17 W)
116	-1,939	398,061	0,485	(-17 W)
117	-1,941	398,059	0,485	(-17 W)
118	-1,943	398,057	0,486	(-17 W)
119	-1,944	398,056	0,486	(-17 W)
120	-1,945	398,055	0,486	(-17 W)
A	-0,151	399,849	0,038	(0 W)

NOTA:

- * Nudo de mayor c.d.t.

Caída de tensión total en los distintos itinerarios:

CM-07-A-B-a-1-2-3-4-5-6-7-8-9-10-11-12-13-14-15-16-17-18 = 1 %

CM-07-A-B-b-19-20-21-22-23-24-25-26-27-28-29-30-31-32-33-34-35-36-37-38-39-40-41-42-43-44-45-46-47-48-49-50-51 = 1.61 %

CM-07-A-C-d-121-122-123-124-125-126-127-128-129-130-131 = 1.08 %

CM-07-A-C-c-52-53-54-55-56-57-58-59-60-61-62-63-64-65-66-67-68-69-70-71-72-73-74-75-76-77-78-79-80-81-82-83-84-85-86-87-88-89-90-91-92-93-94-95-96-97-98-99-100-101-102-103-104-105-106-107-108-109-110-111-112-113-114-115-116-117-118-119-120 = 0.49 %

CM-08

Las características generales de la red son:

Tensión(V): Trifásica 400, Monofásica 230

C.d.t. máx.(%): 3

Cos φ : 0,95

Temperatura cálculo conductividad eléctrica (°C):

- XLPE, EPR: 20

- PVC: 20

Resultados obtenidos para las distintas ramas y nudos:

Línea	Nudo Orig.	Nudo Dest.	Long. (m)	Metal/ Xu(m ² /m)	Canal./Aislam./Polar.	I.Cálculo (A)	In/Ireg (A)	In/Sens. Dif(A/mA)	Sección (mm ²)	I. Admisi. (A)/Fc	D.tubo (mm)
1	CM-08	A	28	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra.	4,29	10		4x6	52,8/0,8	90
2	A	a	44	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	4,89	10	25/.300	2x6	64,68/0,8	90
3	a	1	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	4,89	10		2x6	64,68/0,8	90
4	1	2	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	4,58			2x6	64,68/0,8	90
5	2	3	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	4,28			2x6	64,68/0,8	90
6	3	4	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	3,97			2x6	64,68/0,8	90
7	4	5	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	3,66			2x6	64,68/0,8	90
8	5	6	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	3,36			2x6	64,68/0,8	90
9	6	7	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	3,05			2x6	64,68/0,8	90
10	7	8	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	2,75			2x6	64,68/0,8	90
12	12	13	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	1,22			2x6	64,68/0,8	90
13	13	14	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	0,92			2x6	64,68/0,8	90
14	14	15	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	0,61			2x6	64,68/0,8	90
15	15	16	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	0,31			2x6	64,68/0,8	90
16	A	b	24	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	2,87	10	25/.300	2x6	64,68/0,8	90
18	18	19	10	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	2,3			2x6	64,68/0,8	90
19	19	20	10	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	2,01			2x6	64,68/0,8	90
20	20	21	10	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	1,72			2x6	64,68/0,8	90
21	21	22	10	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	1,44			2x6	64,68/0,8	90
22	22	23	10	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	1,15			2x6	64,68/0,8	90
23	23	24	10	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	0,86			2x6	64,68/0,8	90
24	24	25	10	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	0,57			2x6	64,68/0,8	90
25	25	26	10	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	0,29			2x6	64,68/0,8	90
24	A	c	18	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	4,02	10	25/.300	2x6	64,68/0,8	90
26	28	29	10	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	3,45			2x6	64,68/0,8	90
27	29	30	10	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	3,16			2x6	64,68/0,8	90
28	30	31	10	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	2,87			2x6	64,68/0,8	90
29	31	32	10	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	2,58			2x6	64,68/0,8	90
30	32	33	10	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	2,3			2x6	64,68/0,8	90
31	33	34	10	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	2,01			2x6	64,68/0,8	90
32	34	35	10	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	1,72			2x6	64,68/0,8	90
33	35	36	10	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	1,44			2x6	64,68/0,8	90
34	36	37	10	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	1,15			2x6	64,68/0,8	90
35	37	38	10	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	0,86			2x6	64,68/0,8	90
36	38	39	10	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	0,57			2x6	64,68/0,8	90
37	39	40	10	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	0,29			2x6	64,68/0,8	90
37	A	d	31	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	1,09	10	25/.300	2x6	64,68/0,8	90
39	42	43	10	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	0,88			2x6	64,68/0,8	90
40	43	44	10	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	0,77			2x6	64,68/0,8	90
41	44	45	10	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	0,66			2x6	64,68/0,8	90
42	45	46	10	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	0,55			2x6	64,68/0,8	90
43	46	47	10	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	0,44			2x6	64,68/0,8	90
44	47	48	10	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	0,33			2x6	64,68/0,8	90
45	48	49	10	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	0,22			2x6	64,68/0,8	90
46	49	50	10	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	0,11			2x6	64,68/0,8	90
46	42	41	10	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	-0,98			2x6	64,68/0,8	90
47	41	d	25	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	-1,09	10		2x6	64,68/0,8	90
48	12	11	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	-1,53			2x6	64,68/0,8	90
49	11	10	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	-1,83			2x6	64,68/0,8	90
50	10	9	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	-2,14			2x6	64,68/0,8	90
51	9	8	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	-2,44			2x6	64,68/0,8	90
52	18	17	10	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	-2,58			2x6	64,68/0,8	90
53	17	b	10	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	-2,87	10		2x6	64,68/0,8	90
54	28	27	10	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	-3,73			2x6	64,68/0,8	90
55	27	c	10	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	-4,02	10		2x6	64,68/0,8	90

Nudo	C.d.t.(V)	Tensión Nudo(V)	C.d.t.(%)	Carga Nudo
CM-08	0	400	0	(2.824 W)
A	-0,588	399,412	0,147	(0 W)
a	-1,555	228,445	0,676	(0 W)
1	-2,108	227,892	0,917	(-67 W)
2	-2,626	227,374	1,142	(-67 W)
3	-3,11	226,89	1,352	(-67 W)
4	-3,559	226,441	1,547	(-67 W)
5	-3,973	226,027	1,727	(-67 W)
6	-4,353	225,647	1,893	(-67 W)
7	-4,698	225,302	2,043	(-67 W)
8	-5,009	224,991	2,178	(-67 W)
12	-5,907	224,093	2,568	(-67 W)
13	-6,045	223,955	2,628	(-67 W)
14	-6,149	223,851	2,673	(-67 W)
15	-6,218	223,782	2,703	(-67 W)
16	-6,252	223,748	2,718*	(-67 W)
b	-0,729	229,271	0,317	(0 W)
18	-1,038	228,962	0,451	(-63 W)
19	-1,168	228,832	0,508	(-63 W)
20	-1,281	228,719	0,557	(-63 W)
21	-1,379	228,621	0,6	(-63 W)
22	-1,46	228,54	0,635	(-63 W)
23	-1,525	228,475	0,663	(-63 W)
24	-1,574	228,426	0,684	(-63 W)
25	-1,606	228,394	0,698	(-63 W)
26	-1,622	228,378	0,705	(-63 W)
c	-0,749	229,251	0,326	(0 W)
28	-1,187	228,813	0,516	(-63 W)
29	-1,382	228,618	0,601	(-63 W)
30	-1,561	228,439	0,679	(-63 W)
31	-1,723	228,277	0,749	(-63 W)
32	-1,869	228,131	0,813	(-63 W)
33	-1,999	228,001	0,869	(-63 W)
34	-2,113	227,887	0,919	(-63 W)
35	-2,21	227,79	0,961	(-63 W)
36	-2,291	227,709	0,996	(-63 W)
37	-2,356	227,644	1,025	(-63 W)
38	-2,405	227,595	1,046	(-63 W)
39	-2,438	227,562	1,06	(-63 W)
40	-2,454	227,546	1,067	(-63 W)
d	-0,531	229,469	0,231	(0 W)
42	-0,742	229,258	0,323	(-24 W)
43	-0,791	229,209	0,344	(-24 W)
44	-0,835	229,165	0,363	(-24 W)
45	-0,872	229,128	0,379	(-24 W)
46	-0,903	229,097	0,392	(-24 W)
47	-0,927	229,073	0,403	(-24 W)
48	-0,946	229,054	0,411	(-24 W)
49	-0,958	229,042	0,417	(-24 W)
50	-0,964	229,036	0,419	(-24 W)
41	-0,686	229,314	0,298	(-24 W)
11	-5,734	224,266	2,493	(-67 W)
10	-5,527	224,473	2,403	(-67 W)
9	-5,285	224,715	2,298	(-67 W)
17	-0,892	229,108	0,388	(-63 W)
27	-0,976	229,024	0,424	(-63 W)

NOTA:

- * Nudo de mayor c.d.t.

Caída de tensión total en los distintos itinerarios:

CM-08-A-a-1-2-3-4-5-6-7-8-9-10-11-12-13-14-15-16 = 2.72 %

CM-08-A-b-17-18-19-20-21-22-23-24-25-26 = 0.71 %

CM-08-A-c-27-28-29-30-31-32-33-34-35-36-37-38-39-40 = 1.07 %

CM-08-A-d-41-42-43-44-45-46-47-48-49-50 = 0.42 %

CM-09

Las características generales de la red son:

Tensión(V): Trifásica 400, Monofásica 230

C.d.t. máx.(%): 3

Cos φ : 0,95

Temperatura cálculo conductividad eléctrica (°C):

- XLPE, EPR: 20

- PVC: 20

Resultados obtenidos para las distintas ramas y nudos:

Línea	Nudo Orig.	Nudo Dest.	Long. (m)	Metal/ Xu(m ² /m)	Canal./Aislam./Polar.	I.Cálculo (A)	In/Ireg (A)	In/Sens. Dif(A/mA)	Sección (mm ²)	I. Admisi. (A)/Fc	D.tubo (mm)
1	CM-09	A	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra.	0,56	10		4x6	52,8/0,8	90
2	A	a	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	1,39	10	25/.300	2x6	64,68/0,8	90
3	a	1	15	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	1,39	10		2x6	64,68/0,8	90
4	1	2	15	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	1,3			2x6	64,68/0,8	90
6	6	7	15	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	0,87			2x6	64,68/0,8	90
7	7	8	15	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	0,78			2x6	64,68/0,8	90
8	8	9	15	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	0,69			2x6	64,68/0,8	90
9	9	10	15	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	0,61			2x6	64,68/0,8	90
10	10	11	15	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	0,52			2x6	64,68/0,8	90
11	11	12	15	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	0,43			2x6	64,68/0,8	90
12	12	13	15	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	0,35			2x6	64,68/0,8	90
13	13	14	15	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	0,26			2x6	64,68/0,8	90
14	14	15	15	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	0,17			2x6	64,68/0,8	90
15	15	16	15	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	0,09			2x6	64,68/0,8	90
15	2	3	15	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	1,21			2x6	64,68/0,8	90
16	3	4	15	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	1,13			2x6	64,68/0,8	90
17	4	5	15	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	1,04			2x6	64,68/0,8	90
18	5	6	15	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	0,95			2x6	64,68/0,8	90
19	A	b	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	0,3	10	25/.300	2x6	64,68/0,8	90
20	b	17	15	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	0,3	10		2x6	64,68/0,8	90
21	17	18	15	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	0,22			2x6	64,68/0,8	90
22	18	19	15	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	0,15			2x6	64,68/0,8	90
23	19	20	15	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	0,07			2x6	64,68/0,8	90

Nudo	C.d.t.(V)	Tensión Nudo(V)	C.d.t.(%)	Carga Nudo
CM-09	0	400	0	(369,6 W)
A	-0,055	399,945	0,014	(0 W)
a	-0,188	229,812	0,082	(0 W)
1	-0,306	229,694	0,133	(-19 W)
2	-0,416	229,584	0,181	(-19 W)
6	-0,783	229,217	0,341	(-19 W)
7	-0,857	229,143	0,373	(-19 W)
8	-0,923	229,077	0,401	(-19 W)
9	-0,982	229,018	0,427	(-19 W)
10	-1,033	228,967	0,449	(-19 W)
11	-1,077	228,923	0,468	(-19 W)
12	-1,114	228,886	0,484	(-19 W)
13	-1,143	228,857	0,497	(-19 W)
14	-1,165	228,835	0,507	(-19 W)
15	-1,18	228,82	0,513	(-19 W)
16	-1,187	228,813	0,516*	(-19 W)
3	-0,519	229,481	0,226	(-19 W)
4	-0,615	229,385	0,267	(-19 W)
5	-0,703	229,297	0,305	(-19 W)
b	-0,066	229,934	0,029	(0 W)
17	-0,091	229,909	0,04	(-16,4 W)
18	-0,11	229,89	0,048	(-16,4 W)
19	-0,123	229,877	0,053	(-16,4 W)
20	-0,129	229,871	0,056	(-16,4 W)

NOTA:

- * Nudo de mayor c.d.t.

Caída de tensión total en los distintos itinerarios:

CM-09-A-a-1-2-3-4-5-6-7-8-9-10-11-12-13-14-15-16 = 0.52 %

CM-09-A-b-17-18-19-20 = 0.06 %

12.3 Cálculo de las protecciones a instalar

Como sistema de protección de la instalación se colocarán interruptores automáticos magnetotérmicos para protección frente a sobrecargas y cortocircuitos, e interruptores diferenciales para la protección frente a contactos directos e indirectos, ambos instalados en el interior del centro de mando; fusibles cortacircuitos en cada báculo como protección frente a sobrecargas y cortocircuitos de los tramos de la línea que transcurren por el interior de los mismos.

A continuación se detalla el cálculo del parámetro fundamental para el diseño de las protecciones frente a cortocircuitos, el poder de corte requerido.

Se partirá de la situación más desfavorable de cortocircuito, aunque la menos frecuente, como es la falta trifásica. Las características de los transformadores existentes que alimentan los cuadros son iguales:

$$S = 1000\text{kVA}$$

$$\varepsilon_{R_{cc}}(\%) = 1,06$$

$$\varepsilon_{X_{cc}}(\%) = 6$$

Cálculo de los parámetros de cortocircuito:

$$R_{CC} = 0,0106 \cdot \frac{400^2}{1000} = 1,696 \text{ m}\Omega$$

$$X_{CC} = 0,06 \cdot \frac{400^2}{1000} = 9,6 \text{ m}\Omega$$

$$Z_{CC} = \sqrt{1,696^2 + 9,6^2} = 9,749 \text{ m}\Omega$$

Los datos de la línea de acometida es conocida, situada a 20 metros, con sección de 50mm² de aluminio, por lo tanto su resistencia a la temperatura de estimada de cortocircuito (90 °C) es:

$$R_{acometida} = \frac{\rho_{90^\circ\text{C}} \cdot L_{acometida}}{S_{acometida}} = \frac{0.03623 \cdot 20}{50} = 14,492 \text{ m}\Omega$$

La inductancia de acometida emplea la siguiente expresión:

$$X_l = \frac{x'_l \cdot L}{1000\text{m}\Omega}$$

El en cálculo de cortocircuitos en baja tensión se suele adoptar los siguientes valores característicos para cables tripolares:

$$x'_1 = 80 \text{ m}\Omega/\text{km}$$

Por lo tanto, la inductancia de acometida:

$$X_{\text{acometida}} = \frac{x'_1 \cdot L_{\text{acometida}}}{1000} = \frac{80 \cdot 20}{1000} = 1,6 \text{ m}\Omega$$

Luego, la impedancia en cabecera de la línea:

$$R_K = R_{CC} + R_{\text{acometida}} = 16,188 \text{ m}\Omega$$

$$X_K = X_{CC} + X_{\text{acometida}} = 11,2 \text{ m}\Omega$$

$$Z_K = \sqrt{16,188^2 + 11,2^2} = 19,685 \text{ m}\Omega$$

$$I''_K = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 19,685} = 11,732 \text{ kA}$$

Se debe cumplir que el poder de corte de cada interruptor magnetotérmico situado en cabecera de las diferentes líneas, sea superior al valor eficaz de la corriente de cortocircuito que se pueda producir en dicha línea.

$$I_{cc, \max} < \text{Poder de corte}$$

Se instalarán interruptores magnetotérmicos con un poder de corte de 15kA. Con ello se cumplirá el criterio de poder de corte para la protección frente a cortocircuitos de cada línea.

Se debe comprobar también que la corriente de cortocircuito originada en el punto lejano más desfavorable de la línea sea mayor que la intensidad de actuación del disparador electromagnético:

$$I_{cc, \min} > I_{\text{a magnético}}$$

La mínima corriente de cortocircuito al final de la línea se da en el nudo 88 del centro de mando 6 con un valor de 53,84 A. Atendiendo a la curva B de disparo magnético se asegura la desconexión a partir de 5 veces la I_n , es decir 50 A, de esta forma queda protegida toda la instalación frente a cortocircuitos. Sin

embargo, se debe destacar que el lugar donde se produce este cortocircuito, que es a la altura de la luminaria, se sitúa aguas debajo de los fusibles de protección de báculo, por lo tanto, la línea estará protegida incluso si no se produjese el disparo del magnético.

Se debe garantizar que para la máxima corriente de cortocircuito posible, la temperatura del cable no alcanzará el valor máximo admisible durante el tiempo de extinción del cortocircuito.

$$I_{cc, \max} < I_b$$

El criterio de tiempo de corte debe asegurar que el disparo será capaz de detener el cortocircuito en el tiempo mínimo posible, antes de que el conductor alcance la temperatura máxima admisible de cortocircuito.

$$(I^2t)_{l.A.} \leq (I^2t)_{Cable} = K^2S^2$$

$$(I^2t)_{l.A.} = 20 \times 10^3$$

$$(I^2t)_{Cable} = K^2S^2 = 143^2 \cdot 6^2 = 736,164 \times 10^3$$

Por lo tanto el magnetotérmico previsto cumple el criterio de corte.

12.4 Resultados de cortocircuito

CM-06

Resultados Cortocircuito:

Línea	Nudo Orig.	Nudo Dest.	IpccI (kA)	P de C (kA)	IpccF(A)	tmcicc (sg)	tficc (sg)	In;Curvas
1	CM-06	A	12	15	521,24	2,71		10; B,C,D
2	A	a	1,05		335,93	6,52		
3	a	1	0,67		247,81	11,99	0,204	10
4	1	2	0,5		196,31	19,1		
5	2	3	0,39		162,53	27,87		
6	3	4	0,33		138,67	38,28		
7	4	5	0,28		120,92	50,35		
8	A	b	1,05		300,34	8,16		
9	b	6	0,6		247,81	11,99	0,204	10
10	6	7	0,5		210,92	16,55		
11	7	8	0,42		183,59	21,84		
12	8	9	0,37		162,53	27,87		
13	9	10	0,33		145,81	34,63		
14	10	11	0,29		132,2	42,12		
15	11	12	0,27		120,92	50,35		
16	12	13	0,24		111,41	59,31		
17	13	14	0,22		103,29	69		
18	14	15	0,21		96,27	79,43		
19	15	16	0,19		90,15	90,59		
20	16	17	0,18		84,75	102,48		

21	17	18	0,17		79,97	115,11		
22	18	19	0,16		75,7	128,47		
23	19	20	0,15		71,86	142,57		
24	20	21	0,14		68,39	157,4		
25	21	22	0,14		65,24	172,96		
26	22	23	0,13		62,37	189,25		
27	23	24	0,13		59,74	206,28		
28	24	25	0,12		57,32	224,04		
30	c	26	0,72		285,22	9,05	0,154	10
31	26	27	0,57		263,97	10,56		
32	27	28	0,53		245,67	12,2		
33	28	29	0,49		229,73	13,95		
34	29	30	0,46		215,74	15,82		
35	30	31	0,43		203,36	17,8		
35	A	c	1,05		357,1	5,77		
36	CM-06	C	12	15	440,29	10,55		10; B,C,D
37	C	B	0,88		247,81	11,99		
38	B	d	0,5		196,31	19,1		
39	d	32	0,39		177,83	23,28	0,395	10
40	32	33	0,36		162,53	27,87		
41	33	34	0,33		149,66	32,87		
42	34	35	0,3		138,67	38,28		
43	35	36	0,28		129,19	44,11		
44	36	37	0,26		120,92	50,35		
45	37	38	0,24		113,65	57		
46	38	39	0,23		107,2	64,06		
47	39	40	0,22		101,44	71,54		
48	40	41	0,2		96,27	79,43		
49	41	42	0,19		91,6	87,73		
50	42	43	0,18		87,37	96,45		
51	43	44	0,18		83,5	105,57		
52	44	45	0,17		79,97	115,11		
53	45	46	0,16		76,72	125,06		
54	46	47	0,15		73,73	135,43		
55	47	48	0,15		70,96	146,21		
56	48	49	0,14		68,39	157,4		
57	49	50	0,14		66	169		
58	50	51	0,13		63,77	181,01		
59	51	52	0,13		61,69	193,44		
60	52	53	0,12		59,74	206,28		
61	B	e	0,5		210,92	16,55		
62	e	54	0,42		183,59	21,84	0,371	10
63	54	55	0,37		162,53	27,87		
64	55	56	0,33		145,81	34,63		
65	56	57	0,29		132,2	42,12		
66	57	58	0,27		120,92	50,35		
67	58	59	0,24		111,41	59,31		
68	59	60	0,22		103,29	69		
69	60	61	0,21		96,27	79,43		
70	61	62	0,19		90,15	90,59		
71	62	63	0,18		84,75	102,48		
72	63	64	0,17		79,97	115,11		
73	64	65	0,16		75,7	128,47		
74	65	66	0,15		71,86	142,57		
75	66	67	0,14		68,39	157,4		
76	67	68	0,14		65,24	172,96		
77	68	68	0,13		62,37	189,25		
78	68	70	0,13		59,74	206,28		
79	70	71	0,12		57,32	224,04		
80	C	f	0,88		266,45	28,8		
81	f	72	0,54		227,89	39,38	0,241	10
82	72	73	0,46		199,07	51,6		
83	73	74	0,4		176,73	65,47		
84	74	75	0,35		158,89	81		
85	75	76	0,32		144,32	98,17		
86	76	77	0,29		132,2	117		
87	77	78	0,27		121,96	137,48		
88	78	79	0,24		113,19	159,6		
89	79	80	0,23		105,6	183,38		
90	80	81	0,21		98,96	208,81		

91	81	82	0,2		89,58	91,75		
92	82	83	0,18		81,82	109,97		
93	83	84	0,16		75,3	129,85		
94	84	85	0,15		69,74	151,38		
95	85	86	0,14		64,94	174,55		
96	86	87	0,13		60,76	199,38		
97	87	88	0,12		57,09	225,86		
98	88	89	0,11		53,84	253,99		

CM-07

Resultados Cortocircuito:

Línea	Nudo Orig.	Nudo Dest.	IpccI (kA)	P de C (kA)	IpccF(A)	tmcicc (sg)	tficc (sg)	In;Curvas
100	B	a	0,66		243,14	34,59		
101	a	1	0,49		220,44	42,08	0,257	10
102	1	2	0,44		201,62	50,3		
103	2	3	0,4		185,76	59,26		
104	3	4	0,37		172,21	68,95		
105	4	5	0,35		160,51	79,37		
106	5	6	0,32		150,29	90,53		
107	6	7	0,3		141,3	102,42		
108	7	8	0,28		133,32	115,04		
109	8	9	0,27		126,2	128,4		
110	9	10	0,25		119,8	142,49		
111	10	11	0,24		114,01	157,32		
112	11	12	0,23		108,76	172,87		
113	12	13	0,22		103,97	189,16		
114	13	14	0,21		99,59	206,19		
115	14	15	0,2		95,56	223,95		
116	15	16	0,19		91,84	242,44		
117	16	17	0,18		88,4	261,66		
118	17	18	0,18		85,21	281,62		
119	B	b	0,66		296,57	23,25		
120	b	19	0,6		263,48	29,46	0,18	10
121	19	20	0,53		237,04	36,4		
122	20	21	0,48		215,41	44,07		
123	21	22	0,43		197,41	52,47		
124	22	23	0,4		182,18	61,61		
125	23	24	0,37		169,13	71,49		
126	24	25	0,34		157,83	82,09		
127	25	26	0,32		147,94	93,43		
128	26	27	0,3		139,22	105,51		
129	27	28	0,28		131,47	118,31		
130	28	29	0,26		124,53	131,85		
131	29	30	0,25		118,3	146,13		
132	30	31	0,24		112,65	161,14		
133	31	32	0,23		107,52	176,88		
134	32	33	0,22		102,84	193,35		
135	33	34	0,21		98,55	210,56		
136	34	35	0,2		94,6	228,5		
137	35	36	0,19		90,96	247,18		
138	36	37	0,18		87,58	266,58		
139	37	38	0,18		84,45	286,73		
140	38	39	0,17		81,53	307,6		
141	39	40	0,16		78,81	329,21		
44	40	41	0,16		76,27	351,55		
45	41	42	0,15		73,88	374,63		
46	42	43	0,15		71,64	398,44		
47	43	44	0,14		69,53	422,98		
48	44	45	0,14		67,54	448,26		
49	45	46	0,14		65,66	474,26		
50	46	47	0,13		63,89	501,01		
51	47	48	0,13		62,2	528,48		
52	48	49	0,12		60,61	556,69		
53	49	50	0,12		59,09	585,64		
54	50	51	0,12		57,65	615,32		

56	C	d	3,23		419,45	4,18		
57	d	121	0,84		323,66	7,03	0,119	10
58	121	122	0,65		263,48	10,6		
59	122	123	0,53		222,17	14,91		
60	123	124	0,45		192,06	19,96		
61	124	125	0,39		169,13	25,74		
62	125	126	0,34		151,09	32,25		
63	126	127	0,3		136,53	39,49		
64	127	128	0,27		124,53	47,47		
65	128	129	0,25		114,47	56,18		
66	129	130	0,23		105,92	65,62		
67	130	131	0,21		98,55	75,8		
68	C	c	3,23		611,11	34,22		
69	c	52	1,23		553,82	41,67	0,041	10
70	52	53	1,11		506,35	49,85		
71	53	54	1,02		466,37	58,76		
72	54	55	0,94		432,24	68,41		
73	55	56	0,87		402,76	78,79		
74	56	57	0,81		377,05	89,9		
75	57	58	0,76		354,42	101,75		
76	58	59	0,71		334,35	114,33		
77	59	60	0,67		316,43	127,64		
78	60	61	0,64		300,34	141,69		
79	61	62	0,6		285,8	156,47		
80	62	63	0,57		272,6	171,98		
81	63	64	0,55		260,57	188,23		
82	64	65	0,52		249,56	205,21		
83	65	66	0,5		239,44	222,93		
84	66	67	0,48		230,11	241,38		
85	67	68	0,46		221,47	260,56		
86	68	69	0,44		213,47	280,47		
87	69	70	0,43		206,02	301,12		
88	70	71	0,41		199,07	322,5		
89	71	72	0,4		192,58	344,62		
90	72	73	0,39		186,49	367,47		
91	73	74	0,37		180,78	391,05		
92	74	75	0,36		175,41	415,37		
93	75	76	0,35		170,35	440,42		
94	76	77	0,34		165,57	466,2		
95	77	78	0,33		161,06	492,72		
96	78	79	0,32		156,78	519,97		
97	79	80	0,31		152,72	547,95		
98	80	81	0,31		148,87	576,67		
99	81	82	0,3		145,21	606,12		
100	82	83	0,29		141,72	636,3		
101	83	84	0,28		138,4	667,22		
102	84	85	0,28		135,23	698,87		
103	85	86	0,27		132,2	731,25		
104	86	87	0,27		129,31	764,37		
105	87	88	0,26		126,54	798,22		
106	88	89	0,25		123,88	832,81		
107	89	90	0,25		121,33	868,12		
108	90	91	0,24		118,89	904,18		
109	91	92	0,24		116,54	940,96		
110	92	93	0,23		114,29	978,48		
111	93	94	0,23		112,12	1.016,73		
112	94	95	0,23		110,03	1.055,72		
113	95	96	0,22		108,01	1.095,44		
114	96	97	0,22		106,07	1.135,89		
115	97	98	0,21		104,2	1.177,08		
116	98	99	0,21		102,39	1.218,99		
117	99	100	0,21		100,65	1.261,65		
118	100	101	0,2		98,96	1.305,03		
119	101	102	0,2		97,33	1.349,15		
120	102	103	0,2		95,75	1.394,01		
121	103	104	0,19		94,22	1.439,59		
122	104	105	0,19		92,74	1.485,91		
123	105	106	0,19		91,31	1.532,97		
124	106	107	0,18		89,92	1.580,76		
125	107	108	0,18		88,57	1.629,28		

126	108	109	0,18		87,26	1.678,53		
127	109	110	0,18		85,99	1.728,52		
128	110	111	0,17		84,75	1.779,24		
129	111	112	0,17		83,55	1.830,7		
130	112	113	0,17		82,39	1.882,88		
131	113	114	0,17		81,25	1.935,8		
132	114	115	0,16		80,15	1.989,46		
133	115	116	0,16		79,08	2.043,85		
134	116	117	0,16		78,03	2.098,97		
135	117	118	0,16		77,01	2.154,83		
136	118	119	0,15		76,02	2.211,42		
137	119	120	0,15		75,06	2.268,74		
137	CM-07	A	12	15	2.424,04	2,18		10; B,C,D
137	A	C	4,87		1.606,84	4,95		
138	A	B	4,87		327,4	19,08		

CM-08

Resultados Cortocircuito:

Línea	Nudo Orig.	Nudo Dest.	IpccI (kA)	P de C (kA)	IpccF(A)	tmcicc (sg)	tficc (sg)	In;Curvas
1	CM-08	A	12	15	874,95	0,96		10; B,C,D
2	A	a	1,76		371,12	5,34		
3	a	1	0,75		294,1	8,51	0,145	10
4	1	2	0,59		243,55	12,41		
5	2	3	0,49		207,83	17,04		
6	3	4	0,42		181,25	22,41		
7	4	5	0,36		160,69	28,51		
8	5	6	0,32		144,32	35,34		
9	6	7	0,29		130,98	42,91		
10	7	8	0,26		119,9	51,21		
12	12	13	0,18		84,25	103,71		
13	13	14	0,17		79,52	116,42		
14	14	15	0,16		75,3	129,85		
15	15	16	0,15		71,5	144,02		
16	A	b	1,76		502,76	2,91		
18	18	19	0,75		328,16	6,84		
19	19	20	0,66		294,1	8,51		
20	20	21	0,59		266,45	10,37		
21	21	22	0,54		243,55	12,41		
22	22	23	0,49		224,28	14,64		
23	23	24	0,45		207,83	17,04		
24	24	25	0,42		193,63	19,63		
25	25	26	0,39		181,25	22,41		
24	A	c	1,76		562,61	2,33		
26	28	29	0,81		352,65	5,92		
27	29	30	0,71		313,63	7,48		
28	30	31	0,63		282,38	9,23		
29	31	32	0,57		256,8	11,16		
30	32	33	0,52		235,46	13,28		
31	33	34	0,47		217,4	15,58		
32	34	35	0,44		201,91	18,06		
33	35	36	0,41		188,48	20,72		
34	36	37	0,38		176,73	23,57		
35	37	38	0,35		166,35	26,6		
36	38	39	0,33		157,13	29,82		
37	39	40	0,32		148,87	33,22		
37	A	d	1,76		447,24	3,68		
39	42	43	0,58		261,53	10,76		
40	43	44	0,53		239,44	12,84		
41	44	45	0,48		220,78	15,1		
42	45	46	0,44		204,83	17,55		
43	46	47	0,41		191,02	20,18		
44	47	48	0,38		178,96	22,99		
45	48	49	0,36		168,33	25,98		
46	49	50	0,34		158,89	29,16		
46	42	41	0,64		288,12	8,87		

47	41	d	0,9		320,73	7,16	0,122	10
48	12	11	0,19		89,58	91,75		
49	11	10	0,21		95,62	80,51		
50	10	9	0,22		102,54	70,01		
51	9	8	0,24		110,54	60,24		
52	18	17	0,86		371,12	5,34		
53	17	b	1,01		427,03	4,04	0,069	10
54	28	27	0,94		402,76	4,54		
55	27	c	1,13		469,46	3,34	0,057	10

CM-09

Resultados Cortocircuito:

Línea	Nudo Orig.	Nudo Dest.	IpccI (kA)	P de C (kA)	IpccF(A)	tmcicc (sg)	tficc (sg)	In;Curvas
1	CM-09	A	12	15	1.161,08	0,55		10; B,C,D
2	A	a	2,33		638,63	1,8		
3	a	1	1,28		477,36	3,23	0,055	10
4	1	2	0,96		381,1	5,07		
6	6	7	0,42		189,74	20,45		
7	7	8	0,38		172,42	24,76		
8	8	9	0,35		158	29,49		
9	9	10	0,32		145,81	34,63		
10	10	11	0,29		135,36	40,18		
11	11	12	0,27		126,31	46,14		
12	12	13	0,25		118,39	52,52		
13	13	14	0,24		111,41	59,31		
14	14	15	0,22		105,21	66,51		
15	15	16	0,21		99,66	74,12		
15	2	3	0,77		317,14	7,32		
16	3	4	0,64		271,56	9,98		
17	4	5	0,55		237,43	13,06		
18	5	6	0,48		210,92	16,55		
19	A	b	2,33		638,63	1,8		
20	b	17	1,28		477,36	3,23	0,055	10
21	17	18	0,96		381,1	5,07		
22	18	19	0,77		317,14	7,32		
23	19	20	0,64		271,56	9,98		

Una vez finalizados los cálculos, el programa nos devuelve unas mediciones en cuanto a metros de cable correspondiente de cada sección, que nos ayudará a elaborar el presupuesto. También nos contabilizará los interruptores automáticos y fusibles empleados.

PLANIFICACIÓN

La planificación se divide en dos fases. La primera se centra en los estudios del proyecto realizados por el jefe de obra, y la segunda parte trata sobre la realización de la renovación del alumbrado público por parte de los operarios.

En cuanto a la realización de los trabajos se realizarán por cuadrillas, 3 equipos de trabajo distribuidos en todo el municipio. En el caso de estudio, solamente afectará a un equipo de trabajo, por lo que las horas presupuestadas se corresponden con la mano de obra de una sola cuadrilla.

El comienzo se dará el 1 de abril y la duración total del proyecto será de 20 semanas, finalizando los trabajos de legalización el día 15 de agosto.

La siguiente tabla muestra la planificación y duración de los trabajos:

ASPECTOS ECONÓMICOS

13 Presupuesto

MANO DE OBRA			
HORAS	DESCRIPCIÓN	UNITARIO	TOTAL
336	Oficial 1ª horario laborable	38,51	12.939,36
336	Oficial 2ª horario laborable	35,41	11.897,76
336	Camión cesta	13,57	4.559,52
112	Jefe de Obra	60	6.720,00
56	Responsable de Negocio	88	4.928,00
85	Delineante	39,13	3.326,05
	SUBTOTAL		44.370,69

LUMINARIAS			
UD	DESCRIPCIÓN	UNITARIO	TOTAL
5	BGP204 T25 1xLED220-4S/740 - DX10 132W	362,62	1.813,10
20	BDP102 PCC 1xGRN50/840 DW 38W	467	9.340,00
6	PCK SKU 523-000098-13 EW BURST GEN2 POWERCORE 18W	998,67	5.992,02
22	WL120V LED16S/840 24W	170,72	3.755,84
18	BVP650 T35 1 xLED70-4S/740 DW10 40,5W	679,2	12.225,60
18	BGP243 T25 1xLED90-4S/740/740 - DX10 54W	326,18	5.871,24
18	BDP102 PCC 1xGRN40/840 DRW 28W	452,84	8.151,12
33	WL120V LED12S/840 18W	150,18	4.955,94
69	BDP102 PCC 1xGRN20/840 DM 17W	353,27	24.375,63
11	BDP102 PCC 1xGRN70/840 DS 49W	377,55	4.153,05
16	BDP102 PCC 1xECO90/840 DRW 67W	325,31	5.204,96
10	BVP125 T25 1 xLED80-4S/740 S 63W	197,88	1.978,80
14	BVP125 T25 1 xLED80-4S/740 S 63W	341	4.774,00
10	WL120V LED16S/840 24W	242,28	2.422,80
16	BDP102 PCC 1xGRN25/840 DM 19W	211,57	3.385,12
4	WT470C L700 1 xLED23S/840 VWB 16,4W	301,89	1.207,56
	SUBTOTAL		99.606,78

INVERSION EN CENTROS DE MANDO			
UD	DESCRIPCIÓN	UNITARIO	TOTAL
1	CM-A006 C/ Severo Ochoa 12	678,45	678,45
1	CM-A007 C/ Lombo 14	748,14	748,14
1	CM-A008 C/ Severo Ochoa 1 bajo 3 (Polideportivo)	106,38	106,38
1	CM-A009 Polideportivo 2 junto a c/ Lombo	106,38	106,38
	SUBTOTAL		1.639,35

TELEGESTIÓN			
UD	DESCRIPCIÓN	UNITARIO	TOTAL
4	TELEGESTIÓN EN CM CABINET CITYTOUCH	2.141,75	8.567,00
	SUBTOTAL		8.567,00

CABLES			
MTS	DESCRIPCIÓN	UNITARIO	TOTAL
3.087	Cable Cu XLPE 0.6/1 kV 2x6mm ² Bipolar	1,18	3.642,66
148	Cable Cu XLPE 0.6/1 kV 4x6mm ² Tetrapolar	2,16	319,68
1.455	Cable Cu XLPE 0.6/1 kV 2x10mm ² Bipolar	2	2.910,00
225	Cable Cu XLPE 0.6/1 kV 4x10mm ² Tetrapolar	3,76	846,00
1.555	Cable Cu XLPE 0.6/1 kV 4x25mm ² Tetrapolar	9,33	14.508,15
		SUBTOTAL	22.226,49

TUBOS			
MTS	DESCRIPCIÓN	UNITARIO	TOTAL
6.470	Tubo de PVC liso int. y corrugado ext. UNE-53.112 de 90 mm ²	0,92	5.952,40
		SUBTOTAL	5.952,40

PROTECCIONES			
UD	DESCRIPCIÓN	UNITARIO	TOTAL
15	Interruptor automático Bipolar 10A	20,45	306,75
6	Interruptor automático Tetrapolar 10A	42,2	253,20
34	Fusible ZR-0 10A	0,31	10,54
15	Interruptor diferencial Bipolar 25A 300mA	106,76	1.601,40
1	Interruptor diferencial Tetrapolar 25A 300mA	174,5	174,50
		SUBTOTAL	2.346,39

LEGALIZACIÓN			
UD	DESCRIPCIÓN	UNITARIO	TOTAL
4	Legalización y certificados OCA	394,32	1.577,28
		SUBTOTAL	1.577,28

SEGURIDAD Y SALUD			
UD	DESCRIPCIÓN	UNITARIO	TOTAL
1	SEGURIDAD Y SALUD	460,00	460,00
		SUBTOTAL	460,00

	TOTAL PRESUPUESTO SIN IVA	186.746,38
	IVA 21%	39.216,74
	TOTAL PRESUPUESTO	225.963,12

14 Análisis de rentabilidad

Una vez elegidos los modelos de luminarias a instalar, se hace una aproximación del ahorro económico previsto una vez instalados todos los equipos. Para ello, se parte de los consumos actuales y se realiza una comparación.

14.1 Consumo actual

Se muestra la tabla con el consumo anual del conjunto de luminarias actualmente instaladas en los centros de mando objeto de estudio según el pliego técnico:

Tabla 14.1 Consumo actual por centro de mando

Consumo actual según PCT	
Centro de mando	Consumo anual (kWh)
CM-06	82.562
CM-07	96.111
CM-08	40.142
CM-09	17.696
TOTAL	236.511

14.2 Consumo previsto

A continuación, se muestra el periodo de retorno para analizar la rentabilidad del proyecto, teniendo en cuenta que la tecnología LED, es rentable para un PRI inferior a 15 años, debido a su vida útil.

Tabla 14.2 Periodo de retorno de inversión

Inversión	225.963,12 €
Precio energía	0,16 €/kWh
Total ahorro energético	202.059,08 kWh
Total ahorro económico	32.329,45 €
Periodo de retorno de la inversión PRI	6,99 años

En las siguientes tablas se muestra los consumos anuales y el ahorro obtenido después de la actuación, además de añadir un ahorro por regulación para cada caso:

Tabla 14.3 Consumo después de renovación

Consumo después de renovación

Centro de mando	Unidades	Modelo de luminaria	Tipo lámpara	Consumo lámpara	Horas de func.	% ahorro por regulación	Potencia tramo	Consumo (kWh)
CM-06	5	BGP204 T25 1xLED220-4S/740 - DX10	LED	132	4.300	7,02	660,00	2.638,77
	20	BDP102 PCC 1xGRN50/840 DW	LED	38	4.300	22,22	760,00	2.541,85
	6	PCK SKU 523-000098-13 EW BURST GEN2	LED	18	4.300	22,22	108,00	361,21
	22	WL120V LED16S/840	LED	24	4.300	22,22	528,00	1.765,92
	18	BVP650 T35 1 xLED70-4S/740 DW10	LED	40,5	4.300	22,22	729,00	2.438,17
CM-07	18	BGP243 T25 1xLED90-4S/740/740 - DX10	LED	54	4.300	7,02	972,00	3.886,19
	18	BDP102 PCC 1xGRN40/840 DRW	LED	28	4.300	22,22	504,00	1.685,65
	33	WL120V LED12S/840	LED	18	4.300	7,02	594,00	2.374,90
	69	BDP102 PCC 1xGRN20/840 DM	LED	17	4.300	22,22	1.173,00	3.923,15
CM-08	11	BDP102 PCC 1xGRN70/840 DS	LED	49	4.300	7,02	539,00	2.155,00
	16	BDP102 PCC 1xE90/840 DRW	LED	67	4.300	22,22	1.072,00	3.585,35
	10	BVP125 T25 1 xLED80-4S/740 S	LED	63	4.300	22,22	630,00	2.107,06
	14	BVP125 T25 1 xLED80-4S/740 S	LED	63	4.300	22,22	882,00	2.949,88
CM-09	10	WL120V LED16S/840	LED	24	4.300	22,22	240,00	802,69
	16	BDP102 PCC 1xGRN25/840 DM	LED	19	4.300	22,22	304,00	1.016,74
	4	WT470C L700 1 xLED23S/840 VWB	LED	16,4	4.300	22,22	65,60	219,40
TOTAL	290						9.760,60	34.451,92
AHORRO DESPUÉS DE RENOVACIÓN								202.059,08

Ahorro Energético

202.059,08 kWh

85,43%

Tras la renovación y adecuación del conjunto de luminarias se puede aproximar un ahorro energético de 202.059,08 kWh, lo que supone un 85,43% sobre el actual estado de iluminación exterior del municipio.

14.3 Mejora ambiental

Este ahorro energético lleva consigo también una mejora ambiental, en cuanto a reducción de emisiones de CO₂ se refiere. La siguiente tabla resume las mejoras ambientales que suponen las medidas propuestas:

Tabla 14.4 Mejora ambiental

Parámetro	Valor anual
Ahorro anual (kWh/año)	202.058,08
Factor de conversión (kg CO ₂ /kWh)	0,25
kg de CO ₂ equivalentes evitados	50.515
Árboles equivalentes	2.304
Emisiones de coches equivalentes	25

CONCLUSIONES

La constante tendencia al alza del precio de la energía, así como las consecuencias medioambientales negativas asociadas a su consumo, hace que el uso racional de los recursos sea una exigencia social, que se refleja en la cada día más estricta normativa. En las instalaciones de alumbrado público el problema repercute igualmente, pero además, estas instalaciones requieren de un cuidado especial ya que son un componente esencial para la seguridad ciudadana y la calidad de vida de los ciudadanos.

La mejora de la eficiencia energética y el ahorro en las instalaciones municipales suponen un reto y una oportunidad, puesto que contribuirán a reducir las emisiones de CO₂ y el consumo energético, suponiendo además una apuesta decidida por un uso más racional y eficiente de la energía que servirá de ejemplo a los ciudadanos y al resto de municipios.

Las luminarias que se pretenden instalar son luminarias de tecnología LED, dotadas de equipos de regulación de flujo para ofrecer los niveles de iluminación en función de las necesidades concretas de la zona donde se ubican. Igualmente se dotarán de un sistema de telegestión punto a punto para el control y gestión de los consumos energéticos de la instalación.

Mediante la ayuda de software específico, se determinan la cantidad y los modelos de luminarias óptimos para la zona de actuación, así como las potencias, disposición de éstas, ángulos de inclinación y otras variables. Se ha implementado un algoritmo mediante el programa DIALux, que facilita los cálculos para obtener el máximo rendimiento de la instalación cumpliendo siempre con la normativa vigente. Posteriormente, con los resultados obtenidos, se calculan las protecciones y dimensiones de los conductores para la seguridad de las personas y la propia instalación.

Cabe destacar, el gran ahorro que supone un cambio a tecnología LED, alcanzando cifras que suponen un acierto a la hora de realizar una inversión en beneficio de toda la ciudadanía.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] “Guía Técnica de aplicación al Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión”
http://www.f2i2.net/legislacionseguridadindustrial/rebt_guia.aspx
- [2] Reglamento Electrotécnico de baja Tensión (2002), “Instalaciones de alumbrado exterior”. Revisión (sept. 2004).
http://www.f2i2.net/documentos/lsi/rbt/guias/guia_bt_09_sep04R1.pdf
- [3] Reglamento Electrotécnico de baja Tensión (2002), “Redes aéreas para distribución en baja tensión”. http://www.f2i2.net/documentos/lsi/rbt/ITC_BT_06.pdf
- [4] Reglamento Electrotécnico de baja Tensión (2002), “Redes subterráneas para distribución en baja tensión”. http://www.f2i2.net/documentos/lsi/rbt/ITC_BT_07.pdf
- [5] Reglamento Electrotécnico de baja Tensión (2002), “Instalaciones interiores o receptoras. Tubos y canales protectoras”. Revisión (sept. 2003)
http://www.f2i2.net/documentos/lsi/rbt/guias/guia_bt_21_sep03R1.pdf
- [6] “Eficiencia Energética en Instalaciones de Alumbrado Exterior”
http://www.f2i2.net/legislacionseguridadindustrial/si_ambito.aspx?id_am=86
- [7] “Guía Técnica de Aplicación REEAE”
http://www.f2i2.net/legislacionseguridadindustrial/Si_Ambito.aspx?id_am=100086
- [8] “Tipos de lámparas”
http://cefire.edu.gva.es/pluginfile.php/199806/mod_resource/content/0/contenidos/009/uminotecnia/31__tipos_de_lmparas.html
- [9] “catálogos Philips para luminarias de exterior”
http://www.lighting.philips.es/prof/luminarias-de-exterior#pfpath=0-OCOUTD_GR
- [10] “Manual del software DIALux” <http://albaled.es/data/documents/Manual-Dialux-4.7.pdf>
- [11] “Manual del software DmElect para instalaciones de Alumbrado Público”
http://www.dmelect.com/index.php?option=com_content&view=article&id=13&Itemid=1

[12] “Guía sobre tecnología LED en el alumbrado”

<https://www.fenercom.com/pdf/publicaciones/Guia-sobre-tecnologia-LED-en-el-alumbrado-fenercom-2015.pdf>

[13] <http://www.iet.es/wp-content/uploads/2013/03/REGLAMENTO-RBT-SEPT-2003.pdf>

[14] “Conceptos Básicos de Luminotecnia”, Fundación para la Eficiencia Energética.

http://www.f2e.es/uploads/doc/20140130095253.aido_cefilum_2014_f2e.pdf

[15] “Iluminación. Escuela politécnica superior de Alcoy, 3er Curso Grado de Ingeniería

Eléctrica” https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/75442/ILUMINACION__GIE-3__2en1.pdf?sequence=1

[16] “Curso online de iluminación.” <https://grlum.dpe.upc.edu/manual/index2.php>

ANEXO I:

NORMATIVA APLICABLE

MINISTERIO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA	INSTALACIONES DE ALUMBRADO EXTERIOR	ITC-BT-09
		Página 1 de 7

0. ÍNDICE

0. ÍNDICE.....	1
1. CAMPO DE APLICACIÓN	2
2. ACOMETIDAS DESDE LAS REDES DE DISTRIBUCIÓN DE LA COMPAÑÍA SUMINISTRADORA.....	2
3. DIMENSIONAMIENTO DE LAS INSTALACIONES.....	2
4. CUADROS DE PROTECCIÓN, MEDIDA Y CONTROL	3
5. REDES DE ALIMENTACIÓN.....	3
5.1 Cables	3
5.2 Tipos.....	3
5.2.1 Redes subterráneas.....	3
5.2.2 Redes aéreas	4
5.2.3 Redes de control y auxiliares.....	4
6. SOPORTES DE LUMINARIAS	5
6.1 Características	5
6.2 Instalación eléctrica	5
7. LUMINARIAS.....	6
7.1 Características	6
7.2 Instalación eléctrica de luminarias suspendidas.....	6
8. EQUIPOS ELÉCTRICOS DE LOS PUNTOS DE LUZ	6
9. PROTECCIÓN CONTRA CONTACTOS DIRECTOS E INDIRECTOS.....	6
10. PUESTAS A TIERRA.....	7

MINISTERIO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA	INSTALACIONES DE ALUMBRADO EXTERIOR	ITC-BT-09
		Página 2 de 7

1. CAMPO DE APLICACIÓN

Esta instrucción complementaria, se aplicará a las instalaciones de alumbrado exterior, destinadas a iluminar zonas de dominio público o privado, tales como autopistas, carreteras, calles, plazas, parques, jardines, pasos elevados o subterráneos para vehículos o personas, caminos, etc. Igualmente se incluyen las instalaciones de alumbrado para cabinas telefónicas, anuncios publicitarios, mobiliario urbano en general, monumentos o similares así como todos receptores que se conecten a la red de alumbrado exterior. Se excluyen del ámbito de aplicación de esta instrucción la instalación para la iluminación de fuentes y piscinas y las de los semáforos y las balizas, cuando sean completamente autónomos.

2. ACOMETIDAS DESDE LAS REDES DE DISTRIBUCIÓN DE LA COMPAÑÍA SUMINISTRADORA

La acometida podrá ser subterránea o aérea con cables aislados, y se realizará de acuerdo con las prescripciones particulares de la compañía suministradora, aprobadas según lo previsto en este Reglamento para este tipo de instalaciones.

La acometida finalizará en la caja general de protección y a continuación de la misma se dispondrá el equipo de medida.

3. DIMENSIONAMIENTO DE LAS INSTALACIONES

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 consecuencia, la potencia aparente mínima en VA, se considerará 1,8 veces la potencia en vatios de las lámparas o tubos de descarga.

Cuando se conozca 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, se aplicará el coeficiente corrector calculado con estos valores.

Además de lo indicado en párrafos anteriores, el factor de potencia de cada punto de luz, deberá corregirse hasta un valor mayor o igual a 0,90. La máxima caída de tensión entre el origen de la instalación y cualquier otro punto de la instalación, será menor o igual que 3%.

Con el fin de conseguir ahorros energéticos y siempre que sea posible, las instalaciones de alumbrado público se proyectarán con distintos niveles de iluminación, de forma que ésta decrezca durante las horas de menor necesidad de iluminación.

MINISTERIO DE CIENCIA Y TECNOLOGIA	INSTALACIONES DE ALUMBRADO EXTERIOR	ITC-BT-09
		Página 3 de 7

4. CUADROS DE PROTECCIÓN, MEDIDA Y CONTROL

Las líneas de alimentación a los puntos de luz y de control, cuando existan, 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 y contra sobretensiones cuando los equipos instalados lo precisen. 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 . No obstante se admitirán interruptores diferenciales de intensidad máxima de 500 mA o 1 A, siempre que la resistencia de puesta a tierra medida en la puesta en servicio de la instalación sea inferior o igual a 5 Ω y a 1 Ω , respectivamente.

Si el sistema de accionamiento del alumbrado se realiza con interruptores horarios o fotoeléctricos, se dispondrá 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 2m y 0,3 m. Los elementos de medidas estarán situados en un módulo independiente.

Las partes metálicas del cuadro irán conectadas a tierra.

5. REDES DE ALIMENTACIÓN

5.1 Cables

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

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

5.2 Tipos

5.2.1 Redes subterráneas

Se emplearán sistemas y materiales análogos a los de las redes subterráneas de distribución reguladas en la ITC-BT-07. Los cables serán de las características especificadas en la UNE 21123, e irán entubados; los tubos para las canalizaciones subterráneas deben ser los indicados en la ITC-BT-21 y el grado de protección

MINISTERIO DE CIENCIA Y TECNOLOGIA	INSTALACIONES DE ALUMBRADO EXTERIOR	ITC-BT-09
		Página 4 de 7

mecánica el indicado en dicha instrucción, y podrán ir hormigonados en zanja o no. Cuando vayan hormigonados el grado de resistencia al impacto será ligero según UNE-EN 50.086 –2-4.

Los tubos irán enterrados a una profundidad mínima de 0,4 m del nivel del suelo medidos desde la cota inferior del tubo y su diámetro interior no será inferior a 60 mm.

Se colocará una cinta de señalización que advierta de la existencia de cables de alumbrado exterior, situada a una distancia mínima del nivel del suelo de 0,10 m y a 0,25 m por encima del tubo.

En los cruzamientos de calzadas, la canalización, además de entubada, irá hormigonada y se instalará como mínimo un tubo de reserva.

La sección mínima a emplear en los conductores de los cables, incluido el neutro, será de 6 mm². En distribuciones trifásicas tetrapolares, para conductores de fase de sección superior a 6 mm², la sección del neutro será conforme a lo indicado en la tabla 1 de la ITC-BT-07.

Los empalmes y derivaciones deberán realizarse en cajas de bornes adecuadas, situadas dentro de los soportes de las luminarias, y a una altura mínima de 0,3 m sobre el nivel del suelo o en una arqueta registrable, que garanticen, en ambos casos, la continuidad, el aislamiento y la estanqueidad del conductor.

5.2.2 Redes aéreas

Se emplearán los sistemas y materiales adecuados para las redes aéreas aisladas descritas en la ITC-BT-06.

Podrán estar constituidas por cables posados sobre fachadas o tensados sobre apoyos. En este último caso, los cables serán autoportantes con neutro fiador o con fiador de acero.

La sección mínima a emplear, para todos los conductores incluido el neutro, será de 4 mm². En distribuciones trifásicas tetrapolares con conductores de fase de sección superior a 10 mm², la sección del neutro será como mínimo la mitad de la sección de fase. En caso de ir sobre apoyos comunes con los de una red de distribución, el tendido de los cables de alumbrado será independiente de aquel.

5.2.3 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.

MINISTERIO DE CIENCIA Y TECNOLOGIA	INSTALACIONES DE ALUMBRADO EXTERIOR	ITC-BT-09
		Página 5 de 7

6. SOPORTES DE LUMINARIAS

6.1 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.

Cuando por su situación o dimensiones, las columnas fijadas o incorporadas a obras de fábrica no permitan la instalación de los elementos de protección y maniobra en la base, podrán colocarse éstos en la parte superior, en lugar apropiado o en el interior de la obra de fábrica.

6.2 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 mm², y de tensión asignada 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.

MINISTERIO DE CIENCIA Y TECNOLOGIA	INSTALACIONES DE ALUMBRADO EXTERIOR	ITC-BT-09
		Página 6 de 7

7. LUMINARIAS

7.1 Características

Las luminarias utilizadas en el alumbrado exterior serán conformes la norma UNE-EN 60.598 -2-3 y la UNE-EN 60.598 -2-5 en el caso de proyectores de exterior.

7.2 Instalación eléctrica de luminarias suspendidas.

La conexión se realizará mediante cables flexibles, que penetren en la luminaria con la holgura suficiente para evitar que las oscilaciones de ésta provoquen esfuerzos perjudiciales en los cables y en los terminales de conexión, utilizándose dispositivos que no disminuyan el grado de protección de luminaria IP X3 según UNE 20.324.

La suspensión de las luminarias se hará mediante cables de acero protegido contra la corrosión, de sección suficiente para que posea una resistencia mecánica con coeficiente de seguridad de no inferior a 3,5. La altura mínima sobre el nivel del suelo será de 6 m.

8. EQUIPOS ELÉCTRICOS DE LOS PUNTOS DE LUZ

Podrán ser de tipo interior o exterior, y su instalación será la adecuada al tipo utilizado.

Los equipos eléctricos para montaje exterior poseerán un grado de protección mínima IP54, según UNE 20.324 e IK 8 según UNE-EN 50.102, e irán montados a una altura mínima de 2,5 m sobre el nivel del suelo, las entradas y salidas de cables serán por la parte inferior de la envolvente.

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 sobrintensidades.

9. PROTECCIÓN CONTRA CONTACTOS DIRECTOS E INDIRECTOS

Las luminarias serán de Clase I o de Clase II.

Las partes metálicas accesibles de los soportes de luminarias estarán conectadas a tierra. Se excluyen de esta prescripción aquellas partes metálicas que, teniendo un doble aislamiento, no sean accesibles al público en general. Para el acceso al interior de las luminarias que estén instaladas a una altura inferior a 3 m sobre el suelo o en un espacio accesible al público, se requerirá el empleo de útiles especiales. Las partes metálicas de los kioscos, marquesinas, cabinas telefónicas, paneles de anuncios y demás elementos de mobiliario urbano, que estén a una distancia inferior a 2 m de las

MINISTERIO DE CIENCIA Y TECNOLOGIA	INSTALACIONES DE ALUMBRADO EXTERIOR	ITC-BT-09
		Página 7 de 7

partes metálicas de la instalación de alumbrado exterior y que sean susceptibles de ser tocadas simultáneamente, deberán estar puestas a tierra.

Cuando las luminarias sean de Clase I, deberán estar conectadas al punto de puesta a tierra del soporte, mediante cable unipolar aislado de tensión asignada 450/750V con recubrimiento de color verde-amarillo y sección mínima 2,5 mm² en cobre.

10. PUESTAS 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 realizará por conexión a una 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 asignada 450/750V, con recubrimiento 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.

MINISTERIO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA	REDES AÉREAS PARA DISTRIBUCIÓN EN BAJA TENSIÓN	ITC-BT-06
		Página 1 de 20

0. ÍNDICE

0. ÍNDICE	1
1. MATERIALES	2
1.1 Conductores	2
1.1.1 Conductores aislados	2
1.1.2 Conductores desnudos.....	2
1.2 Aisladores	2
1.3 Accesorios de sujeción	3
1.4 Apoyos	3
1.5 Tirantes y tornapuntas	3
2. CÁLCULO MECÁNICO	3
2.1 Acciones a considerar en el cálculo	3
2.2 Conductores	4
2.2.1 Tracción máxima admisible	4
2.2.2 Flecha máxima	5
2.3 Apoyos	5
3. EJECUCIÓN DE LAS INSTALACIONES	6
3.1 Instalación de conductores aislados	6
3.1.1 Cables posados	6
3.1.2 Cables tensados	6
3.2 Instalación de conductores desnudos	7
3.2.1 Distancia de los conductores desnudos al suelo y zonas de protección de las edificaciones	7
3.2.2 Separación mínima entre conductores desnudos y entre éstos y los muros o paredes de edificaciones.....	9
3.3 Empalmes y conexiones de conductores. Condiciones mecánicas y eléctricas de los mismos	10
3.4 Sección mínima del conductor neutro	10
3.5 Identificación del conductor neutro	11
3.6 Continuidad del conductor neutro	11
3.7 Puesta a tierra del neutro	11
3.8 Instalación de apoyos	11
3.9 Condiciones generales para cruzamientos y paralelismos	12
3.9.1 Cruzamientos.....	12
3.9.2 Proximidades y paralelismos	15
4. INTENSIDADES MÁXIMAS ADMISIBLES POR LOS CONDUCTORES.	16
4.1 Generalidades	16
4.2 Cables formados por conductores aislados con polietileno reticulado (XLPE), en haz, a espiral visible	17
4.2.1 Intensidades máximas admisibles	17
4.2.2 Factores de corrección	18
4.2.3 Intensidades máximas de cortocircuito admisible en los conductores de los cables.....	19
4.3 Conductores desnudos de cobre y aluminio.	20
4.4 Otros cables u otros sistemas de instalación	20

MINISTERIO DE CIENCIA Y TECNOLOGIA	REDES AÉREAS PARA DISTRIBUCIÓN EN BAJA TENSIÓN	ITC-BT-06
		Página 2 de 20

1. MATERIALES

1.1 Conductores

Los conductores utilizados en las redes aéreas serán de cobre, aluminio o de otros materiales o aleaciones que posean características eléctricas y mecánicas adecuadas y serán preferentemente aislados

1.1.1 Conductores aislados

Los conductores aislados serán de tensión asignada no inferior a 0,6/1 kV tendrán un recubrimiento tal que garantice una buena resistencia a las acciones de la intemperie y deberán satisfacer las exigencias especificadas en la norma UNE 21.030.

La sección mínima permitida en los conductores de aluminio será de 16 mm², y en los de cobre de 10 mm². La sección mínima correspondiente a otros materiales será la que garantice una resistencia mecánica y conductividad eléctrica no inferiores a las que corresponden a los de cobre anteriormente indicados.

1.1.2 Conductores desnudos

Los conductores desnudos serán resistentes a las acciones de la intemperie y su carga de rotura mínima a la tracción será de 410 daN debiendo satisfacer las exigencias especificadas en las normas UNE 21.012 o UNE 21.018 según que los conductores sean de Cobre o de Aluminio.

Se considerarán como conductores desnudos aquellos conductores aislados para una tensión nominal inferior a 0,6/1 kV.

Su utilización tendrá carácter especial debidamente justificado, excluyendo el caso de zonas de arbolado o con peligro de incendio.

1.2 Aisladores

Los aisladores serán de porcelana, vidrio o de otros materiales aislantes equivalentes que resistan las acciones de la intemperie, especialmente las variaciones de temperatura y la corrosión, debiendo ofrecer la misma resistencia a los esfuerzos mecánicos y poseer el nivel de aislamiento de los aisladores de porcelana o vidrio.

La fijación de los aisladores a sus soportes se efectuará mediante roscado o cementación a base de sustancias que no ataquen ninguna de las partes, y que no sufran variaciones de volumen que puedan afectar a los propios aisladores o a la seguridad de su fijación.

MINISTERIO DE CIENCIA Y TECNOLOGIA	REDES AÉREAS PARA DISTRIBUCIÓN EN BAJA TENSIÓN	ITC-BT-06
		Página 3 de 20

1.3 Accesorios de sujeción

Los accesorios que se empleen en las redes aéreas deberán estar debidamente protegidos contra la corrosión y envejecimiento, y resistirán los esfuerzos mecánicos a que puedan estar sometidos, con un coeficiente de seguridad no inferior al que corresponda al dispositivo de anclaje donde estén instalados.

1.4 Apoyos

Los apoyos podrán ser metálicos, de hormigón, madera o de cualquier otro material que cuente con la debida autorización de la Autoridad competente, y se dimensionarán de acuerdo con las hipótesis de cálculo indicadas en el apartado 2.3 de la presente instrucción. Deberán presentar una resistencia elevada a las acciones de la intemperie, y en el caso de no presentarla por si mismos deberán recibir los tratamientos adecuados para tal fin.

1.5 Tirantes y tornapuntas

Los tirantes estarán constituidos por varillas o cables metálicos, debidamente protegidos contra la corrosión, y tendrán una carga de rotura mínima de 1.400 daN

Los tornapuntas, podrán ser metálicos, de hormigón, madera o cualquier otro material capaz de soportar los esfuerzos a que estén sometidos, debiendo estar debidamente protegidos contra las acciones de la intemperie.

Deberá restringirse el empleo de tirantes y tornapuntas.

2. CÁLCULO MECÁNICO

2.1 Acciones a considerar en el cálculo

El cálculo mecánico de los elementos constituyentes de la red, cualquiera que sea su naturaleza, se efectuará con los supuestos de acción de las cargas y sobrecargas que a continuación se indican, combinadas en la forma y condiciones que se fijan en los apartados siguientes:

Como cargas permanentes se considerarán las cargas verticales debidas al propio peso de los distintos elementos: conductores, aisladores, accesorios de sujeción y apoyos.

Se considerarán las sobrecargas debidas a la presión del viento siguientes:

- Sobre conductores: 50 daN/m^2
- Sobre superficies planas: 100 daN/m^2
- Sobre superficies cilíndricas de apoyos: 70 daN/m^2

MINISTERIO DE CIENCIA Y TECNOLOGIA	REDES AÉREAS PARA DISTRIBUCIÓN EN BAJA TENSIÓN	ITC-BT-06
		Página 4 de 20

La acción del viento sobre los conductores no se tendrá en cuenta en aquellos lugares en que por la configuración del terreno, o la disposición de las edificaciones, actúe en el sentido longitudinal de la línea.

A los efectos de las sobrecargas motivadas por el hielo se clasificará el país en tres zonas:

- Zona A: La situada a menos de 500 m de altitud sobre el nivel del mar. No se tendrá en cuenta sobrecarga alguna motivada por el hielo.

- Zona B: La situada a una altitud comprendida entre 500 y 1000 m. Los conductores desnudos se considerarán sometidos a la sobrecarga de un manguito de hielo de valor $180\sqrt{d}$ gramos por metro lineal, siendo d el diámetro del conductor en mm. En los cables en haz la sobrecarga se considerará de $60\sqrt{d}$ gramos por metro lineal, siendo d el diámetro del cable en haz en mm. A efectos de cálculo se considera como diámetro de un cable en haz, 2,5 veces el diámetro del conductor de fase.

- Zona C: La situada a una altitud superior a 1000 m. Los conductores desnudos se considerarán sometidos a la sobrecarga de un manguito de hielo de valor $360\sqrt{d}$ gramos por metro lineal, siendo d el diámetro del conductor en mm. En los cables en haz la sobrecarga se considerará de $120\sqrt{d}$ gramos por metro lineal, siendo d el diámetro del cable en haz en mm. A efectos de cálculo se considera como diámetro de un cable en haz, 2,5 veces el diámetro del conductor de fase.

2.2 Conductores

2.2.1 Tracción máxima admisible

La tracción máxima admisible de los conductores no será superior a su carga de rotura dividida por 2,5 considerándolos sometidos a la hipótesis más desfavorable de las siguientes:

Zona A:

a) Sometidos a la acción de su propio peso y a la sobrecarga del viento, a la temperatura de 15°C.

b) Sometidos a la acción de su propio peso y a la sobrecarga del viento dividida por 3, a la temperatura de 0°C

Zona B y C:

a) Sometidos a la acción de su propio peso y a la sobrecarga del viento, a la temperatura de 15°C.

b) Sometidos a la acción de su propio peso y a la sobrecarga de hielo correspondiente a la zona, a la temperatura de 0°C.

2.2.2 Flecha máxima

Se adoptará como flecha máxima de los conductores el mayor valor resultante de la comparación entre las dos hipótesis correspondientes a la zona climatológica que se considere, y a una tercera hipótesis de temperatura (válida para las tres zonas), consistente en considerar los conductores sometidos a la acción de su propio peso y a la temperatura máxima previsible, teniendo en cuenta las condiciones climatológicas y las de servicio de la red. Esta temperatura no será inferior a 50°C.

2.3 Apoyos

Para el cálculo mecánico de los apoyos se tendrán en cuenta las hipótesis indicadas en la Tabla 1, según la función del apoyo y de la zona.

Tabla 1. Cargas para el cálculo mecánico de los apoyos

Función del apoyo	ZONA A		ZONAS B y C	
	Hipótesis de viento a la temperatura de 15°C	Hipótesis de temperatura a 0°C con 1/3 de viento	Hipótesis de viento a la temperatura de 15°C	Hipótesis de hielo según zona y temperatura de 0°C
Alineación	Cargas permanentes	Cargas permanentes Desequilibrio de tracciones	Cargas permanentes	Cargas permanentes Desequilibrio de tracciones
Angulo	Cargas permanentes. Resultante de ángulo			
Estrellamiento	Cargas permanentes. 2/3 resultante	Cargas permanentes. Total resultante	Cargas permanentes. 2/3 resultante	Cargas permanentes. Total resultante
Fin de línea	Cargas permanentes. Tracción total de conductores			

Cuando los vanos sean inferiores a 15 m, las cargas permanentes tienen muy poca influencia, por lo que en general se puede prescindir de las mismas en el cálculo.

El coeficiente de seguridad a la rotura será distinto en función del material de los apoyos según la tabla 2.

Tabla 2. Coeficiente de seguridad a la rotura en función del material de los apoyos

COEFICIENTE DE SEGURIDAD A LA ROTURA	
MATERIAL DEL APOYO	COEFICIENTE
Metálico	1,5
Hormigón armado vibrado	2,5
Madera	3,5
Otros materiales no metálicos	2,5
<p><i>NOTA.- En el caso de apoyos metálicos o de hormigón armado vibrado cuya resistencia mecánica se haya comprobado mediante ensayos en verdadera magnitud, los coeficientes de seguridad podrán reducirse a 1,45 y 2 respectivamente</i></p>	

Cuando por razones climatológicas extraordinarias hayan de suponerse temperaturas o manguitos de hielo superiores a los indicados, será suficiente comprobar que los esfuerzos resultantes son inferiores al límite elástico

MINISTERIO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA	REDES AÉREAS PARA DISTRIBUCIÓN EN BAJA TENSIÓN	ITC-BT-06
		Página 6 de 20

3. EJECUCIÓN DE LAS INSTALACIONES

3.1 Instalación de conductores aislados

Los conductores dotados de envolventes aislantes, cuya tensión nominal sea inferior a 0,6/1 kV se considerarán, a efectos de su instalación, como conductores desnudos. (Apartado 3.2).

Los conductores aislados de tensión nominal 0,6/1 kV. (UNE 21.030) podrán instalarse como:

3.1.1 Cables posados

Directamente posados sobre fachadas o muros, mediante abrazaderas fijadas a los mismos y resistentes a las acciones de la intemperie. Los conductores se protegerán adecuadamente en aquellos lugares en que puedan sufrir deterioro mecánico de cualquier índole.

En los espacios vacíos (cables no posados en fachada o muro) los conductores tendrán la condición de tensados y se regirán por lo indicado en el apartado 3.1.2.

En general deberá respetarse una altura mínima al suelo de 2,5 metros. Lógicamente, si se produce una circunstancia particular como la señalada en el párrafo anterior, la altura mínima deberá ser la señalada en los puntos 3.1.2 y 3.9 para cada caso en particular. En los recorridos por debajo de ésta altura mínima al suelo (por ejemplo, para acometidas) deberán protegerse mediante elementos adecuados, conforme a lo indicado en el apartado 1.2.1 de la ITC -BT 11, evitándose que los conductores pasen por delante de cualquier abertura existente en las fachadas o muros.

En las proximidades de aberturas en fachadas deben respetarse las siguientes distancias mínimas:

- Ventanas: 0,30 metros al borde superior de la abertura y 0,50 metros al borde inferior y bordes laterales de la abertura.
- Balcones: 0,30 metros al borde superior de la abertura y 1,00 metros a los bordes laterales del balcón.

Se tendrán en cuenta la existencia de salientes o marquesinas que puedan facilitar el posado de los conductores, pudiendo admitir, en éstos casos, una disminución de las distancias antes indicadas.

Así mismo se respetará una distancia mínima de 0,05 metros a los elementos metálicos presentes en las fachadas, tales como escaleras, a no ser que el cable disponga de una protección conforme a lo indicado en el apartado 1.2.1 de la ITC -BT 11,

3.1.2 Cables tensados

Los cables con neutro fiador, podrán ir tensados entre piezas especiales colocadas sobre apoyos, fachadas o muros, con una tensión mecánica adecuada, sin considerar

MINISTERIO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA	REDES AÉREAS PARA DISTRIBUCIÓN EN BAJA TENSIÓN	ITC-BT-06
		Página 7 de 20

a éstos efectos el aislamiento como elemento resistente. Para el resto de los cables tensados se utilizarán cables fiadores de acero galvanizado, cuya resistencia a la rotura será, como mínimo, de 800 daN, y a los que se fijarán mediante abrazaderas u otros dispositivos apropiados los conductores aislados.

Distancia al suelo: 4 m, salvo lo especificado en el apartado 3.9 para cruzamientos.

3.2 Instalación de conductores desnudos

Los conductores desnudos irán fijados a los aisladores de forma que quede asegurada su posición correcta en el aislador y no ocasione un debilitamiento apreciable de la resistencia mecánica del mismo, ni produzcan efectos de corrosión.

La fijación de los conductores al aislador debe hacerse preferentemente, en la garganta lateral del mismo, por la parte próxima al apoyo, y en el caso de ángulos, de manera que el esfuerzo mecánico del conductor esté dirigido hacia el aislador.

Cuando se establezcan derivaciones, y salvo que se utilicen aisladores especialmente concebidos para ellas, deberá colocarse un sólo conductor por aislador.

Cuando se trate de redes establecidas por encima de edificaciones o sobre apoyos fijados a las fachadas, el coeficiente de seguridad de la tracción máxima admisible de los conductores deberá ser superior, en un 25 por ciento, a los valores indicados en el apartado 2.2.1.

3.2.1 Distancia de los conductores desnudos al suelo y zonas de protección de las edificaciones

Los conductores desnudos mantendrán, en las condiciones más desfavorables, las siguientes distancias respecto al suelo y a las edificaciones:

3.2.1.1 Al suelo

4 m, salvo lo especificado en el apartado 3.9 para cruzamientos.

3.2.1.2 En edificios no destinados al servicio de distribución de la energía

Los conductores se instalarán fuera de una zona de protección, limitada por los planos que se señalan:

- Sobre los tejados: Un plano paralelo al tejado, con una distancia vertical de 1,80 m del mismo, cuando se trate de conductores no puestos a tierra, y de 1,50 m cuando lo estén; así mismo para cualquier elemento que se encontrase instalado, o que se instale en el tejado, se respetarán las mismas distancias que las indicadas en la figura 1 para las chimeneas.

Cuando la inclinación del tejado sea superior a 45 grados sexagesimales, el plano limitante de la zona de protección deberá considerarse a 1 metro de separación entre ambos.

MINISTERIO DE CIENCIA Y TECNOLOGIA	REDES AÉREAS PARA DISTRIBUCIÓN EN BAJA TENSIÓN	ITC-BT-06
		Página 8 de 20

- Sobre terrazas y balcones: Un plano paralelo al suelo de la terraza o balcón, y a una distancia del mismo de 3 metros.

- En fachadas: La zona de protección queda limitada:

a) Por un plano vertical paralelo al muro de fachada sin aberturas, situado a 0,20 metros del mismo.

b) Por un plano vertical paralelo al muro de fachada a una distancia de 1 metro de las ventanas, balcones, terrazas o cualquier otra abertura. Este plano vendrá, a su vez, limitado por los planos siguientes:

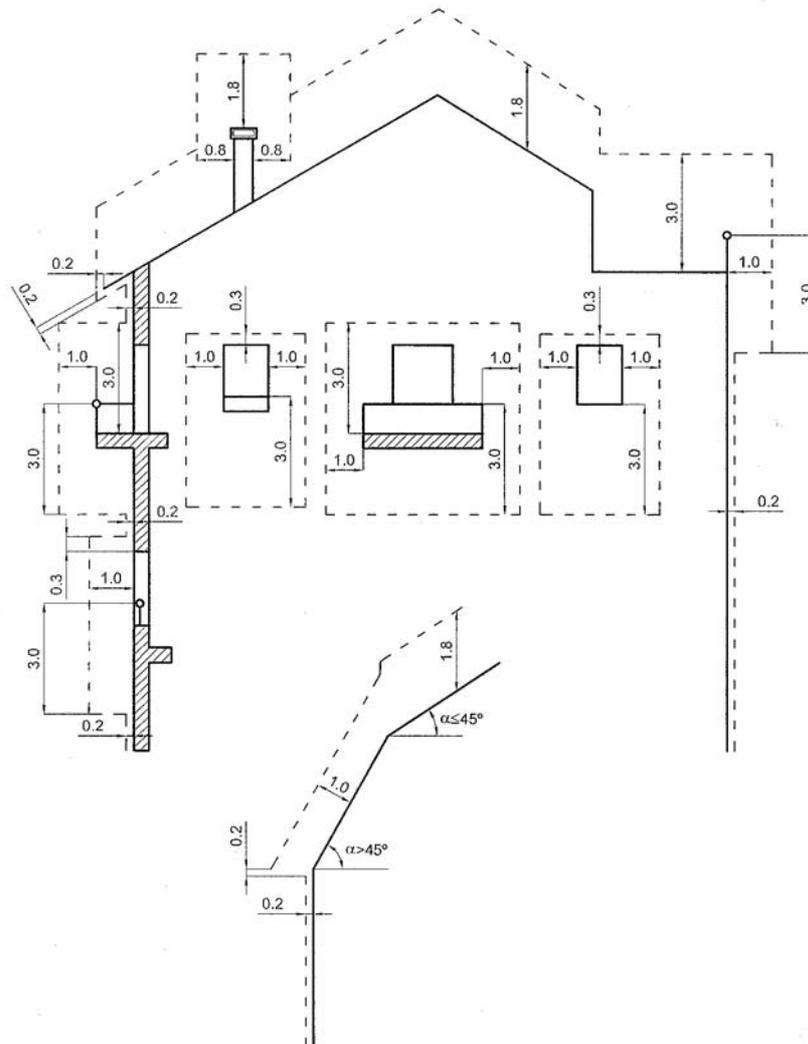
- Un plano horizontal situado a una distancia vertical de 0,30 metros de la parte superior de la abertura de que se trate.

- Dos planos verticales, uno a cada lado de la abertura, perpendicular a la fachada, y situados a 1 metro de distancia horizontal de los extremos de la abertura.

- Un plano horizontal situado a 3 metros por debajo de los antepechos de las aberturas.

Los límites de ésta zona de protección se representan en la figura 1

Figura 1. Zona de protección en edificios para la instalación de líneas eléctricas de baja tensión con conductores desnudos.



3.2.2 Separación mínima entre conductores desnudos y entre éstos y los muros o paredes de edificaciones

Las distancias (D) entre conductores desnudos de polaridades diferentes serán, como mínimo las siguientes:

- | | |
|------------------------------|--------|
| - En vanos hasta 4 metros | 0,10 m |
| - En vanos de 4 a 6 metros | 0,15 m |
| - En vanos de 6 a 30 metros | 0,20 m |
| - En vanos de 30 a 50 metros | 0,30 m |

MINISTERIO DE CIENCIA Y TECNOLOGIA	REDES AÉREAS PARA DISTRIBUCIÓN EN BAJA TENSIÓN	ITC-BT-06
		Página 10 de 20

Para vanos mayores de 50 m se aplicará la fórmula $D=0,55\sqrt{F}$, en la que F es la flecha máxima en metros.

En los apoyos en los que se establezcan derivaciones, la distancia entre cada uno de los conductores derivados y los conductores de polaridad diferente de la línea de donde aquellos se deriven podrá disminuirse hasta un 50 por ciento de los valores indicados anteriormente, con un mínimo de 0,10 metros.

Los conductores colocados sobre apoyos sujetos a fachadas de edificios estarán distanciados de éstas 0,20 metros como mínimo. Esta separación deberá aumentarse en función de los vanos, de forma que nunca pueda sobrepasarse la zona de protección señalada en el capítulo anterior, ni en el caso de los más fuertes vientos.

3.3 Empalmes y conexiones de conductores. Condiciones mecánicas y eléctricas de los mismos.

Los empalmes y conexiones de conductores se realizarán utilizando piezas metálicas apropiadas, resistentes a la corrosión, y que aseguren un contacto eléctrico eficaz, de modo que en ellos, la elevación de temperatura no sea superior a la de los conductores.

Los empalmes deberán soportar sin rotura ni deslizamiento del conductor, el 90 por ciento de su carga de rotura. No es admisible realizar empalmes por soldadura o por torsión directa de los conductores.

En los empalmes y conexiones de conductores aislados, o de éstos con conductores desnudos, se utilizarán accesorios adecuados, resistentes a la acción de la intemperie y se colocarán de tal forma que eviten la penetración de la humedad en los conductores aislados.

Las derivaciones se conectarán en las proximidades de los soportes de línea, y no originarán tracción mecánica sobre la misma.

Con conductores de distinta naturaleza, se tomarán todas las precauciones necesarias para obviar los inconvenientes que se derivan de sus características especiales, evitando la corrosión electrolítica mediante piezas adecuadas.

3.4 Sección mínima del conductor neutro

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

- a) Con dos o tres conductores: igual a la de los conductores de fase.
- b) Con cuatro conductores: la sección de neutro será como mínimo, la de la tabla 1 de la ITC-BT-07, con un mínimo de 10 mm² para cobre y de 16 mm² para aluminio.

En caso de utilizar conductor neutro de aleaciones de aluminio (por ejemplo ALMELEC), la sección a considerar será la equivalente, teniendo en cuenta las conductividades de los diferentes materiales.

MINISTERIO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA	REDES AÉREAS PARA DISTRIBUCIÓN EN BAJA TENSIÓN	ITC-BT-06
		Página 11 de 20

3.5 Identificación del conductor neutro

El conductor neutro deberá estar identificado por un sistema adecuado. En las líneas de conductores desnudos se admite que no lleve identificación alguna cuando éste conductor tenga distinta sección o cuando esté claramente diferenciado por su posición.

3.6 Continuidad del conductor neutro

El conductor neutro no podrá ser interrumpido en las redes de distribución, salvo que ésta interrupción sea realizada con alguno de los dispositivos siguientes:

- a) Interruptores o seccionadores omnipolares que actúen sobre el neutro y las fases al mismo tiempo (corte omnipolar simultáneo), o que conecten el neutro antes que las fases y desconecten éstas antes que el neutro.
- b) Uniones amovibles en el neutro próximas a los interruptores o seccionadores de los conductores de fase, debidamente señalizadas, y que sólo puedan ser maniobradas mediante herramientas adecuadas, no debiendo, en éste caso, ser seccionado el neutro sin que lo estén previamente las fases, ni conectadas éstas sin haberlo sido previamente el neutro.

3.7 Puesta a tierra del neutro

El conductor neutro de las líneas aéreas de redes de distribución de las compañías eléctricas se conectará a tierra en el centro de transformación o central generadora de alimentación, en la forma prevista en el Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación. Además, en los esquemas de distribución tipo TT y TN, el conductor neutro y el de protección para el esquema TN-S, deberán estar puestos a tierra en otros puntos, y como mínimo una vez cada 500 metros de longitud de línea. Para efectuar ésta puesta a tierra se elegirán, con preferencia, los puntos de donde partan las derivaciones importantes.

Cuando, en los mencionados esquemas de distribución tipo, la puesta a tierra del neutro se efectúe en un apoyo de madera, los soportes metálicos de los aisladores correspondientes a los conductores de fase en éste apoyo estarán unidos al conductor neutro.

En las redes de distribución privadas, con origen en centrales de generación propia para las que se prevea la puesta a tierra del neutro, se seguirá lo especificado anteriormente para las redes de distribución de las compañías eléctricas.

3.8 Instalación de apoyos

Los apoyos estarán consolidados por fundaciones adecuadas o bien directamente empotrados en el terreno, asegurando su estabilidad frente a las sollicitaciones actuantes y a la naturaleza del suelo. En su instalación deberá observarse:

MINISTERIO DE CIENCIA Y TECNOLOGIA	REDES AÉREAS PARA DISTRIBUCIÓN EN BAJA TENSIÓN	ITC-BT-06
		Página 12 de 20

- 1) Los postes de hormigón se colocarán en cimentaciones monolíticas de hormigón.
- 2) Los apoyos metálicos serán cimentados en macizos de hormigón o mediante otros procedimientos avalados por la técnica (pernos, etc.). La cimentación deberá construirse de forma tal que facilite el deslizamiento del agua, y cubra, cuando existan, las cabezas de los pernos.
- 3) Los postes de madera se colocarán directamente retacados en el suelo, y no se empotrarán en macizos de hormigón. Se podrán fijar a bases metálicas o de hormigón por medio de elementos de unión apropiados que permitan su fácil sustitución, quedando el poste separado del suelo 0,15 m, como mínimo.

3.9 Condiciones generales para cruzamientos y paralelismos

Las líneas eléctricas aéreas deberán cumplir las condiciones señaladas en los apartados 3.9.1. y 3.9.2 de la presente Instrucción.

3.9.1 Cruzamientos

Las líneas deberán presentar, en lo que se refiere a los vanos de cruce con las vías e instalaciones que se señalan, las condiciones que para cada caso se indican.

3.9.1.1 Con líneas eléctricas aéreas de alta tensión.

De acuerdo con lo dispuesto en el Reglamento de Líneas Eléctricas Aéreas de Alta Tensión, la línea de baja tensión deberá cruzar por debajo de la línea de alta tensión.

La mínima distancia vertical "d" entre los conductores de ambas líneas, en las condiciones más desfavorables, no deberá ser inferior, en metros, a:

$$d \geq 1,5 + \frac{U + L1 + L2}{100}$$

donde:

U = Tensión nominal, en kV, de la línea de alta tensión.

L1 = Longitud, en metros, entre el punto de cruce y el apoyo más próximo de la línea de alta tensión.

L2 = Longitud, en metros, entre el punto de cruce y el apoyo más próximo de la línea de baja tensión.

Cuando la resultante de los esfuerzos del conductor en alguno de los apoyos de cruce de baja tensión tenga componente vertical ascendente se tomarán las debidas precauciones para que no se desprendan los conductores, aisladores o accesorios de sujeción.

Podrán realizarse cruces sin que la línea de alta tensión reúna ninguna condición especial cuando la línea de baja tensión esté protegida en el cruce por un haz de cables de acero, situado entre los conductores de ambas líneas, con la suficiente resistencia mecánica para soportar la caída de los conductores de la línea de alta tensión, en el caso de que éstos se rompieran o desprendieran. Los cables de protección serán de acero galvanizado, y estarán puestos a tierra.

MINISTERIO DE CIENCIA Y TECNOLOGIA	REDES AÉREAS PARA DISTRIBUCIÓN EN BAJA TENSIÓN	ITC-BT-06
		Página 13 de 20

En caso de que por circunstancias singulares sea necesario que la línea de baja tensión cruce por encima de la de alta tensión será preciso recabar autorización expresa del Organismo competente de la Administración, debiendo tener presentes, para realizar estos cruzamientos, todas las precauciones y criterios expuestos en el citado Reglamento de Líneas Eléctricas Aéreas de Alta Tensión.

3.9.1.2 Con otras líneas eléctricas aéreas de baja tensión.

Cuando alguna de las líneas sea de conductores desnudos, establecidas en apoyos diferentes, la distancia entre los conductores más próximos de las dos líneas será superior a 0,50 metros, y si el cruzamiento se realiza en apoyo común esta distancia será la señalada en el punto 3.2.2 para los apoyos de derivación. Cuando las dos líneas sean aisladas podrán estar en contacto.

3.9.1.3 Con líneas aéreas de telecomunicación.

Las líneas de baja tensión, con conductores desnudos, deberán cruzar por encima de las de telecomunicación. Excepcionalmente podrán cruzar por debajo, debiendo adoptarse en este caso una de las soluciones siguientes:

- Colocación entre las líneas de un dispositivo de protección formado por un haz de cables de acero, situado entre los conductores de ambas líneas, con la suficiente resistencia mecánica para soportar la caída de los conductores de la línea de telecomunicación en el caso de que se rompieran o desprendieran. Los cables de protección serán de acero galvanizado, y estarán puestos a tierra.
- Empleo de conductores aislados para 0,6/1 kV en el vano de cruce para líneas de baja tensión.
- Empleo de conductores aislados para 0,6/1 kV en el vano de cruce para la línea de telecomunicación.

Cuando el cruce se efectúe en distintos apoyos, la distancia mínima entre los conductores desnudos de las líneas de baja tensión y los de las líneas de telecomunicación, será de 1 metro. Si el cruce se efectúa sobre apoyos comunes dicha distancia podrá reducirse a 0,50 metros.

3.9.1.4 Con carretera y ferrocarriles sin electrificar.

Los conductores tendrán una carga de rotura no inferior a 410 daN, admitiéndose en el caso de acometidas con conductores aislados que se reduzca dicho valor hasta 280 daN

La altura mínima del conductor más bajo, en las condiciones de flecha más desfavorables, será de 6 metros.

Los conductores no presentarán ningún empalme en el vano de cruce, admitiéndose, durante la explotación, y por causa de reparación de la avería, la existencia de un empalme por vano.

MINISTERIO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA	REDES AÉREAS PARA DISTRIBUCIÓN EN BAJA TENSIÓN	ITC-BT-06
		Página 14 de 20

3.9.1.5 Con ferrocarriles electrificados, tranvías y trolebuses

La altura mínima de los conductores sobre los cables o hilos sustentadores o conductores de la línea de contacto será de 2 metros.

Además, en el caso de ferrocarriles, tranvías o trolebuses provistos de trole, o de otros elementos de toma de corriente que puedan, accidentalmente, separarse de la línea de contacto, los conductores de la línea eléctrica deberán estar situados a una altura tal que, al desconectarse el elemento de toma de corriente, no alcance, en la posición más desfavorable que pueda adoptar, una separación inferior a 0,30 metros con los conductores de la línea de baja tensión

3.9.1.6 Con teleféricos y cables transportadores.

Cuando la línea de baja tensión pase por encima, la distancia mínima entre los conductores y cualquier elemento de la instalación del teleférico será de 2 metros. Cuando la línea aérea de baja tensión pase por debajo esta distancia no será inferior a 3 metros. Los apoyos adyacentes del teleférico correspondiente al cruce con la línea de baja tensión se pondrán a tierra.

3.9.1.7 Con ríos y canales navegables o flotables.

La altura mínima de los conductores sobre la superficie del agua para el máximo nivel que puede alcanzar será de: $H = G + 1$ m, donde G es el gálibo

En el caso de que no exista gálibo definido se considerará éste igual a 6 metros.

3.9.1.8 Con antenas receptoras de radio y televisión.

Los conductores de la línea de baja tensión, cuando sean desnudos, deberán presentar, como mínimo, una distancia igual a 1 m con respecto a la antena en sí, a sus tirantes y a sus conductores de bajada, cuando éstos no estén fijados a las paredes de manera que eviten el posible contacto con la línea de baja tensión.

Queda prohibida la utilización de los apoyos de sustentación de líneas de baja tensión para la fijación sobre los mismos de las antenas de radio o televisión, así como de los tirantes de las mismas.

3.9.1.9 Con canalizaciones de agua y gas

La distancia mínima entre cables de energía eléctrica y canalizaciones de agua o gas será de 0,20 m. Se evitará 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. Para líneas aéreas desnudas la distancia mínima será 1 m.

MINISTERIO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA	REDES AÉREAS PARA DISTRIBUCIÓN EN BAJA TENSIÓN	ITC-BT-06
		Página 15 de 20

3.9.2 Proximidades y paralelismos

3.9.2.1 Con líneas eléctricas aéreas de alta tensión.

Se cumplirá lo dispuesto en el Reglamento de Líneas Eléctricas Aéreas de Alta Tensión, para evitar la construcción de líneas paralelas con las de alta tensión a distancias inferiores a 1,5 veces la altura del apoyo más alto entre las trazas de los conductores más próximos.

Se exceptúa de la prescripción anterior las líneas de acceso a centrales generadoras, estaciones transformadoras y centros de transformación. En estos casos se aplicará lo prescrito en los reglamentos aplicables a instalaciones de alta tensión. No obstante, en paralelismos con líneas de tensión igual o inferior a 66 kV no deberá existir una separación inferior a 2 metros entre los conductores contiguos de las líneas paralelas, y de 3 metros para tensiones superiores.

Las líneas eléctricas de baja tensión podrán ir en los mismos apoyos que las de alta tensión cuando se cumplan las condiciones siguientes:

- Los conductores de la línea de alta tensión tendrán una carga de rotura mínima de 480 daN, e irán colocados por encima de los de baja tensión.
- La distancia entre los conductores más próximos de las dos líneas será, por lo menos, igual a la separación de los conductores de la línea de alta tensión.
- En los apoyos comunes, deberá colocarse una indicación, situada entre las líneas de baja y alta tensión, que advierta al personal que ha de realizar trabajos en baja tensión de los peligros que supone la presencia de una línea de alta tensión en la parte superior.
- El aislamiento de la línea de baja tensión no será inferior al correspondiente de puesta a tierra de la línea de alta tensión.

3.9.2.2 Con otras líneas de baja tensión o de telecomunicación.

Cuando ambas líneas sean de conductores aislados, la distancia mínima será de 0,10 m.

Cuando cualquiera de las líneas sea de conductores desnudos, la distancia mínima será de 1 m. Si ambas líneas van sobre los mismos apoyos, la distancia mínima podrá reducirse a 0,50 m. El nivel de aislamiento de la línea de telecomunicación será, al menos, igual al de la línea de baja tensión, de otra forma se considerará como línea de conductores desnudos.

Cuando el paralelismo sea entre líneas desnudas de baja tensión, las distancias mínimas son las establecidas en el apartado 3.2.2

3.9.2.3 Con calles y carreteras.

Las líneas aéreas con conductores desnudos podrán establecerse próximas a estas vías públicas, debiendo en su instalación mantener la distancia mínima de 6 m,

MINISTERIO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA	REDES AÉREAS PARA DISTRIBUCIÓN EN BAJA TENSIÓN	ITC-BT-06
		Página 16 de 20

cuando vuelen junto a las mismas en zonas o espacios de posible circulación rodada, y de 5 m en los demás casos. Cuando se trate de conductores aislados, esta distancia podrá reducirse a 4 metros cuando no vuelen junto a zonas o espacios de posible circulación rodada.

3.9.24 Con ferrocarriles electrificados, tranvías y trolebuses.

La distancia horizontal de los conductores a la instalación de la línea de contacto será de 1,5 m, como mínimo.

3.9.25 Con zonas de arbolado.

Se utilizarán preferentemente cables aislados en haz; cuando la línea sea de conductores desnudos deberán tomarse las medidas necesarias para que el árbol y sus ramas, no lleguen a hacer contacto con dicha línea.

3.9.26 Con canalizaciones de agua

La distancia mínima entre los cables de energía eléctrica y las canalizaciones de agua será de 0,20 m. La distancia mínima entre los empalmes de los cables de energía eléctrica o entre los cables desnudos y las juntas de las canalizaciones de agua será de 1 m.

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

3.9.27 Con canalizaciones de gas

La distancia mínima entre los cables de energía eléctrica y las canalizaciones de gas será de 0,20 m, excepto para canalizaciones de gas de alta presión (más de 4 bar), en que la distancia será de 0,40 m. La distancia mínima entre los empalmes de los cables de energía eléctrica o entre los cables desnudos 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.

4. INTENSIDADES MÁXIMAS ADMISIBLES POR LOS CONDUCTORES.

4.1 Generalidades

Las intensidades máximas admisibles que figuran en los siguientes apartados de esta Instrucción, se aplican a los cables aislados de tensión asignada de 0,6/1 kV y a los conductores desnudos utilizados en redes aéreas.

4.2 Cables formados por conductores aislados con polietileno reticulado (XLPE), en haz, a espiral visible

Satisfarán las exigencias especificadas en UNE 21.030.

4.2.1 Intensidades máximas admisibles

En las tablas 3, 4 y 5 figuran las intensidades máximas admisibles en régimen permanente, para algunos de estos tipos de cables, utilizados en condiciones normales de instalación.

Se definen como condiciones normales de instalación las correspondientes a un solo cable, instalado al aire libre, y a una temperatura ambiente de 40°C.

Para condiciones de instalación diferentes u otras variables a tener en cuenta, se aplicarán los factores de corrección definidos en el apartado 4.2.2.

4.2.1.1 Cables con neutro fiador de aleación de Aluminio-Magnesio-Silicio (Almelec) para instalaciones de cables tensados

Tabla 3. Intensidad máxima admisible en amperios a temperatura ambiente de 40°C

Número de conductores por sección mm ²	Intensidad máxima A
1 x 25 Al/54,6 Alm	110
1 x 50 Al/54,6 Alm	165
3 x 25 Al/54,6 Alm	100
3 x 50 Al/54,6 Alm	150
3 x 95 Al/54,6 Alm	230
3 x 150 Al/80 Alm	305

4.2.1.2 Cables sin neutro fiador para instalaciones de cables posados, o tensados con fiador de acero

Tabla 4. Intensidad máxima admisible en amperios a temperatura ambiente de 40°C

Número de conductores por sección mm ²	Intensidad máxima en A	
	Posada sobre fachadas	Tendida con fiador de acero
2 x 16 Al	73	81
2 x 25 Al	101	109
4 x 16 Al	67	72
4 x 25 Al	90	97
4 x 50 Al	133	144
3 x 95/50 Al	207	223
3 x 150/95 Al	277	301

Tabla 5. Intensidad máxima admisible en amperios a temperatura ambiente de 40 °C

Número de conductores por sección mm ²	Intensidad máxima en A	
	Posada sobre fachada	Tendida con fiador de acero
2 x 10 Cu	77	85
4 x 10 Cu	65	72
4 x 16 Cu	86	95

4.2.2 Factores de corrección

4.2.2.1 Instalación expuesta directamente al sol.

En zonas en las que la radiación solar es muy fuerte, se deberá tener en cuenta el calentamiento de la superficie de los cables con relación a la temperatura ambiente, por lo que en estos casos se aplica un factor de corrección 0,9 o inferior, tal como recomiendan las normas de la serie UNE 20.435.

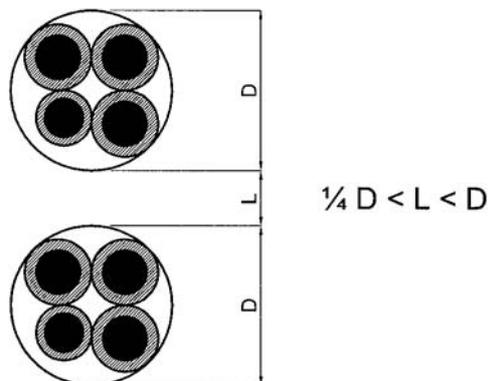
4.2.2.2 Factores de corrección por agrupación de varios cables.

En la tabla 6 figuran los factores de corrección de la intensidad máxima admisible, en caso de agrupación de varios cables en haz al aire. Estos factores se aplican a cables separados entre sí, una distancia comprendida entre un diámetro y un cuarto de diámetro en tendidos horizontales con cables en el mismo plano vertical.

Para otras separaciones o agrupaciones consultar la norma UNE 21.144 -2-2

Tabla 6. Factores de corrección de la intensidad máxima admisible en caso de agrupación de cables aislados en haz, instalados al aire

Número de cables	1	2	3	más de 3
Factor de corrección	1,00	0,89	0,80	0,75



A efectos de cálculo se considera como diámetro de un cable en haz, 2,5 veces el diámetro del conductor de fase.

4.2.2.3 Factores de corrección en función de la temperatura ambiente.

En la tabla 7 figuran los factores de corrección para temperaturas diferentes a 40°C.

Tabla 7. Factores de corrección de la intensidad máxima admisible para cables aislados en haz, en función de la temperatura ambiente

Temperatura °C	20	25	30	35	40	45	50
Aislados con polietileno reticulado	1,18	1,14	1,10	1,05	1,00	0,95	0,90

4.2.3 Intensidades máximas de cortocircuito admisible en los conductores de los cables.

En la tabla 8 y 9 se indican las intensidades de cortocircuito admisibles, en función de los diferentes tiempos de duración del cortocircuito.

Tabla 8. Intensidades máximas de cortocircuitos en kA para conductores de aluminio

Sección del conductor mm ²	Duración del cortocircuito s								
	0,1	0,2	0,3	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
16	4,7	3,2	2,7	2,1	1,4	1,2	1,0	0,9	0,8
25	7,3	5,0	4,2	3,3	2,3	1,9	1,0	1,4	1,3
50	14,7	10,1	8,5	6,6	4,6	3,8	3,3	2,9	2,7
95	27,9	19,2	16,1	12,5	8,8	7,2	6,2	5,6	5,1
150	44,1	30,4	25,5	19,8	13,9	11,4	9,9	8,8	8,1

Tabla 9. Intensidades máximas de cortocircuitos en kA para conductores de cobre

Sección del conductor mm ²	Duración del cortocircuito s								
	0,1	0,2	0,3	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
10	4,81	3,29	2,70	2,11	1,52	1,26	1,11	1,00	0,92
16	7,34	5,23	4,29	3,35	2,40	1,99	1,74	1,57	1,44

4.3 Conductores desnudos de cobre y aluminio.

Las intensidades máximas admisibles en régimen permanente serán las obtenidas por aplicación de la tabla siguiente:

Tabla 10. Densidad de corriente en A/mm² para conductores desnudos al aire

Sección nominal mm ²	Densidad de corriente A/mm ²	
	Cobre	Aluminio
10	8,75	--
16	7,60	6,00
25	6,35	5,00
35	5,75	4,55
50	5,10	4,00
70	4,50	3,55
95	4,05	3,20
120	--	2,90
150	--	2,70

4.4 Otros cables u otros sistemas de instalación

Para cualquier otro tipo de cable o composiciones u otro sistema de instalación no contemplado en esta Instrucción, así como para cables que no figuran en la tablas anteriores, deberán consultarse las normas de la serie UNE 20.435, o calcularse según la norma UNE 21.144.

MINISTERIO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA	REDES SUBTERRÁNEAS PARA DISTRIBUCIÓN EN BAJA TENSIÓN	ITC-BT-07
		Página 1 de 22

0. ÍNDICE

0. ÍNDICE	1
1. CABLES	2
2. EJECUCIÓN DE LAS INSTALACIONES	2
2.1 Instalación de cables aislados	2
2.1.1 Directamente enterrados	3
2.1.2 En canalizaciones entubadas	3
2.1.3 En galerías	4
2.1.4 En atarjeas o canales revisables	6
2.1.5 En bandejas, soportes, palomillas o directamente sujetos a la pared	6
2.1.6 Circuitos con cables en paralelo	7
2.2 Condiciones generales para cruzamiento, proximidades y paralelismo	7
2.2.1 Cruzamientos	7
2.2.2 Proximidades y paralelismos	9
2.2.3 Acometidas (conexiones de servicio)	10
2.3 Puesta a tierra y continuidad del neutro	10
3. INTENSIDADES MÁXIMAS ADMISIBLES	10
3.1 Intensidades máximas permanentes en los conductores de los cables:	10
3.1.1 Temperatura máxima admisible	11
3.1.2 Condiciones de instalación enterrada.....	11
3.1.3 Cables enterrados en zanja en el interior de tubos o similares.	16
3.1.4 Condiciones de instalación al aire (en galerías, zanjas registrables, atarjeas o canales revisables).....	16
3.2 Intensidades de cortocircuito admisibles en los conductores	21
3.3 Otros cables o sistemas de instalación	22

1. CABLES

Los conductores de los cables utilizados en las líneas subterráneas serán de cobre o de aluminio y estarán aislados con mezclas apropiadas de compuestos poliméricos. Estarán además debidamente protegidos contra la corrosión que pueda provocar el terreno donde se instalen y tendrán la resistencia mecánica suficiente para soportar los esfuerzos a que puedan estar sometidos.

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-HD 603. 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 y a 16 mm² para los de aluminio.

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

- a) Con dos o tres conductores: Igual a la de los conductores de fase.
- b) Con cuatro conductores, la sección del neutro será como mínimo la de la tabla 1

Tabla 1. Sección mínima del conductor neutro en función de la sección de los conductores de fase

Conductores fase (mm ²)	Sección neutro (mm ²)
6 (Cu)	6
10 (Cu)	10
16 (Cu)	10
16 (Al)	16
25	16
35	16
50	25
70	35
95	50
120	70
150	70
185	95
240	120
300	150
400	185

2. EJECUCIÓN DE LAS INSTALACIONES

2.1 Instalación de cables aislados

Las canalizaciones se dispondrán, en general, 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

MINISTERIO DE CIENCIA Y TECNOLOGIA	REDES SUBTERRÁNEAS PARA DISTRIBUCIÓN EN BAJA TENSIÓN	ITC-BT-07
		Página 3 de 22

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.

En la etapa de proyecto se deberá consultar 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 podrán instalarse de cualquiera de las maneras indicada a continuación:

2.1.1 Directamente enterrados

La profundidad, hasta la parte inferior del cable, no será menor de 0,60 m en acera, ni de 0,80 m en calzada.

Cuando existan impedimentos que no permitan lograr las mencionadas profundidades, éstas podrán reducirse, disponiendo protecciones mecánicas suficientes, tales como las establecidas en el apartado 2.1.2. Por el contrario, deberán aumentarse cuando las condiciones que se establecen en el apartado 2.2 de la presente instrucción así lo exijan.

Para conseguir que el cable quede correctamente instalado sin haber recibido daño alguno, y que ofrezca seguridad frente a excavaciones hechas por terceros, en la instalación de los cables se seguirán las instrucciones descritas a continuación:

- El lecho de la zanja que va a recibir el cable será liso y estará libre de aristas vivas, cantos, piedras, etc.. . En el mismo se dispondrá una capa de arena de mina o de río lavada, de espesor mínimo 0,05 m sobre la que se colocará el cable. Por encima del cable irá otra capa de arena o tierra cribada de unos 0,10 m de espesor. Ambas capas cubrirán la anchura total de la zanja, la cual será suficiente para mantener 0,05 m entre los cables y las paredes laterales.
- Por encima de la arena todos los cables deberán tener una protección mecánica, como por ejemplo, losetas de hormigón, placas protectoras de plástico, ladrillos o rasillas colocadas transversalmente. Podrá admitirse el empleo de otras protecciones mecánicas equivalentes. Se colocará también una cinta de señalización que advierta de la existencia del cable eléctrico de baja tensión. Su distancia mínima al suelo será de 0,10 m, y a la parte superior del cable de 0,25 m.
- Se admitirá también la colocación de placas con la doble misión de protección mecánica y de señalización.

2.1.2 En canalizaciones entubadas

Serán conformes con las especificaciones del apartado 1.2.4. de la ITC-BT-21. No se instalará más de un circuito por tubo.

MINISTERIO DE CIENCIA Y TECNOLOGIA	REDES SUBTERRÁNEAS PARA DISTRIBUCIÓN EN BAJA TENSIÓN	ITC-BT-07
		Página 4 de 22

Se evitarán, en lo posible, los cambios de dirección de los tubos. En los puntos donde se produzcan y para facilitar la manipulación de los cables, se dispondrán arquetas con tapa, registrables o no. Para facilitar el tendido de los cables, en los tramos rectos se instalarán arquetas intermedias, registrables, ciegas o simplemente calas de tiro, como máximo cada 40 m. Esta distancia podrá variarse de forma razonable, en función de derivaciones, cruces u otros condicionantes viarios. A la entrada en las arquetas, los tubos deberán quedar debidamente sellados en sus extremos para evitar la entrada de roedores y de agua.

2.1.3 En galerías

Se consideran dos tipos de galería, la galería visitable, de dimensiones interiores suficientes para la circulación de personas, y la galería registrable, o zanja prefabricada, en la que no está prevista la circulación de personas y dónde las tapas de registro precisan medios mecánicos para su manipulación.

Las galerías serán de hormigón armado o de otros materiales de rigidez, estanqueidad y duración equivalentes. Se dimensionarán para soportar la carga de tierras y pavimentos situados por encima y las cargas del tráfico que correspondan.

2.1.3.1 Galerías visitables

Limitación de servicios existentes

Las galerías visitables se usarán, preferentemente, para instalaciones eléctricas de potencia, cables de control y telecomunicaciones. En ningún caso podrán coexistir en la misma galería instalaciones eléctricas e instalaciones de gas.

Tampoco es recomendable que existan canalizaciones de agua aunque en aquellos casos en que sea necesario, las canalizaciones de agua se situarán a un nivel inferior que el resto de las instalaciones, siendo condición indispensable, que la galería tenga un desagüe situado por encima de la cota del alcantarillado, o de la canalización de saneamiento en que evacua.

Condiciones generales

Las galerías visitables dispondrán de pasillos de circulación de 0,90 m de anchura mínima y 2 m de altura mínima, debiéndose justificar las excepciones. En los puntos singulares, entronques, pasos especiales, accesos de personal, etc., se estudiarán tanto el correcto paso de las canalizaciones como la seguridad de circulación de las personas.

Los accesos a la galería deben quedar cerrados de forma que se impida la entrada de personas ajenas al servicio, pero que permita la salida de las que estén en su interior. Deberán disponerse accesos en las zonas extremas de las galerías. La ventilación de las galerías será suficiente para asegurar que el aire se renueve 6 veces por hora, para evitar acumulaciones de gas y condensaciones de humedad, y contribuir a que la temperatura máxima de la galería sea compatible con los servicios que contenga. Esta temperatura no sobrepasará los 40°C.

MINISTERIO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA	REDES SUBTERRÁNEAS PARA DISTRIBUCIÓN EN BAJA TENSIÓN	ITC-BT-07
		Página 5 de 22

Los suelos de las galerías serán antideslizantes y deberán tener la pendiente adecuada y un sistema de drenaje eficaz, que evite la formación de charcos. Las empresas utilizadoras tomarán las disposiciones oportunas para evitar la presencia de roedores en las galerías.

Disposición e identificación de los cables

Es aconsejable disponer los cables de distintos servicios y de distintos propietarios sobre soportes diferentes y mantener entre ellos unas distancias que permitan su correcta instalación y mantenimiento. Dentro de un mismo servicio debe procurarse agruparlos por tensiones (por ejemplo, en uno de los laterales se instalarán los cables de baja tensión, control, señalización, etc., reservando el otro para los cables de alta tensión).

Los cables se dispondrán de forma que su trazado sea recto y procurando conservar su posición relativa con los demás. Las entradas y salidas de los cables en las galerías se harán de forma que no dificulten ni el mantenimiento de los cables existentes ni la instalación de nuevos cables.

Una vez instalados, todos los cables deberán quedar debidamente señalizados e identificados. En la identificación figurará, también, la empresa a quién pertenecen.

Sujeción de los cables

Los cables deberán estar fijados a las paredes o a estructuras de la galería mediante elementos de sujeción (regletas, ménsulas, bandejas, bridas, etc.) para evitar que los esfuerzos electrodinámicos que pueden presentarse durante la explotación de las redes de baja tensión, puedan moverlos o deformarlos.

Estos esfuerzos, en las condiciones más desfavorables previsibles, servirán para dimensionar la resistencia de los elementos de sujeción, así como su separación.

En el caso de cables unipolares agrupados en mazo, los mayores esfuerzos electrodinámicos aparecen entre fases de una misma línea, como fuerza de repulsión de una fase respecto a las otras. En este caso pueden complementarse las sujeciones de los cables con otras que mantengan unido el mazo.

Equipotencialidad de masas metálicas accesibles

Todos los elementos metálicos para sujeción de los cables (bandejas, soportes, bridas, etc.) u otros elementos metálicos accesibles a las personas que transitan por las galerías (pavimentos, barandillas, estructuras o tuberías metálicas, etc.) se conectarán eléctricamente al conductor de tierra de la galería.

Galerías de longitud superior a 400 m

Las galerías de longitud superior a 400 m, además de las disposiciones anteriores, dispondrán de:

- a) Iluminación fija en su interior
- b) Instalaciones fijas de detección de gases tóxicos, con una sensibilidad mínima de 300 ppm.
- c) Indicadores luminosos que regulen el acceso en las entradas.
- d) Accesos de personas cada 400 m, como máximo.
- e) Alumbrado de señalización interior para informar de las salidas y referencias exteriores.

MINISTERIO DE CIENCIA Y TECNOLOGIA	REDES SUBTERRÁNEAS PARA DISTRIBUCIÓN EN BAJA TENSIÓN	ITC-BT-07
		Página 6 de 22

- f) Tabiques de sectorización contra incendios (RF120) según NBE-CPI-96.
- g) Puertas cortafuegos (RF 90) según NBE-CPI-96.

2.1.3.2 Galerías o zanjas registrables

En tales galerías se admite la instalación de cables eléctricos de alta tensión, de baja tensión y de alumbrado, control y comunicación. No se admite la existencia de canalizaciones de gas. Sólo se admite la existencia de canalizaciones de agua, si se puede asegurar que en caso de fuga, el agua no afecte a los demás servicios (por ejemplo, en un diseño de doble cuerpo, en el que en un cuerpo se dispone una canalización de agua, y en el otro cuerpo, estanco respecto al anterior cuando tiene colocada la tapa registrable, se disponen los cables de baja tensión, de alta tensión, de alumbrado público, semáforos, control y comunicación).

Las condiciones de seguridad más destacables que deben cumplir este tipo de instalación son:

- estanqueidad de los cierres, y
- buena renovación de aire en el cuerpo ocupado por los cables eléctricos, para evitar acumulaciones de gas y condensación de humedades, y mejorar la disipación de calor

2.1.4 En atarjeas o canales revisables

En ciertas ubicaciones con acceso restringido a personas adiestradas, como puede ser, en el interior de industrias o de recintos destinados exclusivamente a contener instalaciones eléctricas, podrán utilizarse canales de obra con tapas (que normalmente enrasan con el nivel del suelo) manipulables a mano.

Es aconsejable separar los cables de distintas tensiones (aprovechando el fondo y las dos paredes). Incluso, puede ser preferible utilizar canales distintos.

El canal debe permitir la renovación del aire. Sin embargo, si hay canalizaciones de gas cercanas al canal, existe el riesgo de explosión ocasionado por eventuales fugas de gas que lleguen al canal. En cualquier caso, el proyectista debe estudiar las características particulares del entorno y justificar la solución adoptada.

2.1.5 En bandejas, soportes, palomillas o directamente sujetos a la pared

Normalmente, este tipo de instalación sólo se empleará en subestaciones u otras instalaciones eléctricas y en la parte interior de edificios, no sometida a la intemperie, y en donde el acceso quede restringido al personal autorizado. Cuando las zonas por las que discurra el cable sean accesibles a personas o vehículos, deberán disponerse protecciones mecánicas que dificulten su accesibilidad.

MINISTERIO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA	REDES SUBTERRÁNEAS PARA DISTRIBUCIÓN EN BAJA TENSIÓN	ITC-BT-07
		Página 7 de 22

2.1.6 Circuitos con cables en paralelo

Cuando la intensidad a transportar sea superior a la admisible por un solo conductor se podrá instalar más de un conductor por fase, según los siguientes criterios:

- emplear conductores del mismo material, sección y longitud.
- los cables se agruparán al tresbolillo, en ternas dispuestas en uno o varios niveles, por ejemplo:

- tres ternas en un nivel: $\begin{matrix} S & & S \\ R & T, & T \\ & R, & R \\ & & T \end{matrix}$
- tres ternas apiladas en tres niveles: $\begin{matrix} S \\ R & T \\ S \\ T & R \\ S \\ R & T \end{matrix}$

2.2 **Condiciones generales para cruzamiento, proximidades y paralelismo**

Los cables subterráneos, cuando estén enterrados directamente en el terreno, deberán cumplir, además de los requisitos reseñados en el presente punto, las condiciones que pudieran imponer otros Organismos Competentes, como consecuencia de disposiciones legales, cuando sus instalaciones fueran afectadas por tendidos de cables subterráneos de baja tensión.

Los requisitos señalados en este punto no serán de aplicación a cables dispuestos en galerías, en canales, en bandejas, en soportes, en palomillas o directamente sujetos a la pared. En estos casos, la disposición de los cables se hará a criterio de la empresa que los explote; sin embargo, para establecer las intensidades admisibles en dichos cables se deberán aplicar los factores de corrección definidos en el apartado 3.

Para cruzar zonas en las que no sea posible o suponga graves inconvenientes y dificultades la apertura de zanjas (cruces de ferrocarriles, carreteras con gran densidad de circulación, etc.), pueden utilizarse máquinas perforadoras “topo” de tipo impacto, hincadora de tuberías o taladradora de barrena, en estos casos se prescindirá del diseño de zanja descrito anteriormente puesto que se utiliza el proceso de perforación que se considere más adecuado. Su instalación precisa zonas amplias despejadas a ambos lados del obstáculo a atravesar para la ubicación de la maquinaria.

2.2.1 Cruzamientos

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 directamente enterrados.

Calles y carreteras

Los cables se colocarán en el interior de tubos protectores conforme con lo establecido en la ITC-BT-21, 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.

MINISTERIO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA	REDES SUBTERRÁNEAS PARA DISTRIBUCIÓN EN BAJA TENSIÓN	ITC-BT-07
		Página 8 de 22

Ferrocarriles

Los cables se colocarán en el interior de tubos protectores conforme con lo establecido en la ITC-BT-21, recubiertos de hormigón y siempre que sea posible, perpendiculares a la vía, , y a una profundidad mínima de 1,3 m respecto a la cara inferior de la traviesa. Dichos tubos rebasarán las vías férreas en 1,5 m por cada extremo.

Otros cables de energía eléctrica

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

La distancia mínima entre un cable de baja tensión y otros cables de energía eléctrica será: 0,25 m con cables de alta tensión y 0,10 m con cables de baja tensión. La distancia del punto de cruce a los empalmes será superior a 1 m. Cuando no puedan respetarse estas distancias en los cables directamente enterrados, el cable instalado más recientemente se dispondrá en canalización entubada según lo prescrito en el apartado 2.1.2.

Cables de telecomunicación

La separación mínima entre los cables de energía eléctrica y los de telecomunicación será de 0.20 m. La distancia del punto de cruce a los empalmes, tanto del cable de energía como del cable de telecomunicación, será superior a 1 m. Cuando no puedan respetarse estas distancias en los cables directamente enterrados, el cable instalado más recientemente se dispondrá en canalización entubada según lo prescrito en el apartado 2.1.2.

Estas restricciones no se deben aplicar a los cables de fibra óptica con cubiertas dieléctricas. Todo tipo de protección en la cubierta del cable debe ser aislante.

Canalizaciones de agua y gas

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

La distancia mínima entre cables de energía eléctrica y canalizaciones de agua o gas será de 0,20 m. Se evitará 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. Cuando no puedan respetarse estas distancias en los cables directamente enterrados, la canalización instalada más recientemente se dispondrá entubada según lo prescrito en el apartado 2.1.2.

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,

MINISTERIO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA	REDES SUBTERRÁNEAS PARA DISTRIBUCIÓN EN BAJA TENSIÓN	ITC-BT-07
		Página 9 de 22

instalando tubos), siempre que se asegure que ésta no ha quedado debilitada. Si no es posible, se pasará por debajo, y los cables se dispondrán en canalizaciones entubadas según lo prescrito en el apartado 2.1.2.

Depósitos de carburante

Los cables se dispondrán en canalizaciones entubadas según lo prescrito en el apartado 2.1.2. y distarán, como mínimo, 0,20 m del depósito. Los extremos de los tubos rebasarán al depósito, como mínimo 1,5 m por cada extremo.

2.2.2 Proximidades y paralelismos

Los cables subterráneos de baja tensión directamente enterrados deberán cumplir las condiciones y distancias de proximidad que se indican a continuación, procurando evitar que queden en el mismo plano vertical que las demás conducciones.

Otros cables de energía eléctrica

Los cables de baja tensión podrán instalarse paralelamente a otros de baja o alta tensión, manteniendo entre ellos una distancia mínima de 0,10 m con los cables de baja tensión y 0,25 m con los cables de alta tensión. Cuando no puedan respetarse estas distancias en los cables directamente enterrados, el cable instalado más recientemente se dispondrá en canalización entubada según lo prescrito en el apartado 2.1.2.

En el caso de que un mismo propietario canalice a la vez varios cables de baja tensión, podrá instalarlos a menor distancia, incluso en contacto.

Cables de telecomunicación

La distancia mínima entre los cables de energía eléctrica y los de telecomunicación será de 0,20 m. Cuando no puedan respetarse estas distancias en los cables directamente enterrados, el cable instalado más recientemente se dispondrá en canalización entubada según lo prescrito en el apartado 2.1.2.

Canalizaciones de agua

La distancia mínima entre los cables de energía eléctrica y las canalizaciones de agua será de 0,20 m. La distancia mínima entre los empalmes de los cables de energía eléctrica y las juntas de las canalizaciones de agua será de 1 m. Cuando no puedan respetarse estas distancias en los cables directamente enterrados, la canalización instalada más recientemente se dispondrá entubada según lo prescrito en el apartado 2.1.2.

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.

MINISTERIO DE CIENCIA Y TECNOLOGIA	REDES SUBTERRÁNEAS PARA DISTRIBUCIÓN EN BAJA TENSIÓN	ITC-BT-07
		Página 10 de 22

Canalizaciones de gas

La distancia mínima entre los cables de energía eléctrica y las canalizaciones de gas será de 0,20 m, excepto para canalizaciones de gas de alta presión (más de 4 bar), en que la distancia será 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. Cuando no puedan respetarse estas distancias en los cables directamente enterrados, la canalización instalada más recientemente se dispondrá entubada según lo prescrito en el apartado 2.1.2.

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.

2.2.3 Acometidas (conexiones de servicio)

En el caso de que el cruzamiento o paralelismo entre cables eléctricos y canalizaciones de los servicios descritos anteriormente, se produzcan en el tramo de acometida a un edificio deberá mantenerse una distancia mínima de 0,20 m.

Cuando no puedan respetarse estas distancias en los cables directamente enterrados, la canalización instalada más recientemente se dispondrá entubada según lo prescrito en el apartado 2.1.2.

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

2.3 Puesta a tierra y continuidad del neutro

La puesta a tierra y continuidad del neutro se atenderá a lo establecido en los capítulos 3.6 y 3.7 de la ITC-BT 06.

3. INTENSIDADES MÁXIMAS ADMISIBLES

3.1 Intensidades máximas permanentes en los conductores de los cables:

En las tablas que siguen se dan los valores indicados en la Norma UNE 20.435.

En la tabla 2 se dan las temperaturas máximas admisibles en el conductor según los tipos de aislamiento.

En las tablas 3, 4 y 5 se indican las intensidades máximas permanentes admisibles en los diferentes tipos de cables, en las condiciones tipo de instalación enterrada indicadas en el apartado 3.1.2.1. En las condiciones especiales de instalación indicadas en el apartado 3.1.2.2 se aplicarán los factores de corrección que correspondan según las tablas 6 a 9. Dichos factores

de corrección se indican para cada condición que pueda diferenciar la instalación considerada de la instalación tipo.

En las tablas 10, 11 y 12 se indican las intensidades máximas permanentes admisibles en los diferentes tipos de cables, en las condiciones tipo de instalación al aire indicadas en el apartado 3.1.4.1. En las condiciones especiales de instalación indicadas en el apartado 3.1.4.2 se aplicarán los factores de corrección que corresponda, tablas 13 a 15. Dichos factores de corrección se indican para cada condición que pueda diferenciar la instalación considerada de la instalación tipo.

3.1.1 Temperatura máxima admisible

Las intensidades máximas admisibles en servicio permanente dependen en cada caso de la temperatura máxima que el aislamiento pueda soportar sin alteraciones de sus propiedades eléctricas, mecánicas o químicas. Esta temperatura es función del tipo de aislamiento y del régimen de carga.

En la tabla 2 se especifican, con carácter informativo, las temperaturas máximas admisibles, en servicio permanente y en cortocircuito, para algunos tipos de cables aislados con aislamiento seco.

Tabla 2. Cables aislados con aislamiento seco; temperatura máxima, en °C, asignada al conductor

Tipo de Aislamiento seco	Temperatura máxima °C	
	Servicio permanente	Cortocircuito t ≤ 5s
Policloruro de vinilo (PVC)		
S ≤ 300 mm ²	70	160
S > 300 mm ²	70	140
Polietileno reticulado (XLPE)	90	250
Etileno Propileno (EPR)	90	250

3.1.2 Condiciones de instalación enterrada

3.1.2.1 Condiciones tipo de instalación enterrada

A los efectos de determinar la intensidad máxima admisible, se considera la siguiente instalación tipo:

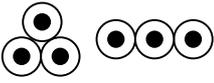
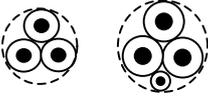
Un solo cable tripolar o tetrapolar o una terna de cables unipolares en contacto mutuo, o un cable bipolar o dos cables unipolares en contacto mutuo, directamente enterrados en toda su longitud en una zanja de 0,70 m de profundidad, en un terreno de resistividad térmica media de 1 K.m/W y temperatura ambiente del terreno a dicha profundidad, de 25°C.

Tabla 3. Intensidad máxima admisible en amperios para cables tetrapolares con conductores de aluminio y conductor neutro concéntrico de cobre, en instalación enterrada (servicio permanente).

CABLES	Sección nominal de los conductores (mm ²)	Intensidad
3 x 50 Al + 16 Cu	50	160
3 x 95 Al + 30 Cu	95	235
3 x 150 Al + 50 Cu	150	305
3 x 240 Al + 80 Cu	240	395

- Temperatura máxima en el conductor: 90°C.
- Temperatura del terreno: 25°C.
- Profundidad de instalación: 0,70 m.
- Resistividad térmica del terreno: 1 K.m/W

Tabla 4. Intensidad máxima admisible, en amperios, para cables con conductores de aluminio en instalación enterrada (servicio permanente)

SECCIÓN NOMINAL mm ²	Terna de cables unipolares (1) (2)			1 cable tripolar o tetrapolar (3)		
						
	TIPO DE AISLAMIENTO					
	XLPE	EPR	PVC	XLPE	EPR	PVC
16	97	94	86	90	86	76
25	125	120	110	115	110	98
35	150	145	130	140	135	120
50	180	175	155	165	160	140
70	220	215	190	205	220	170
95	260	255	225	240	235	210
120	295	290	260	275	270	235
150	330	325	290	310	305	265
185	375	365	325	350	345	300
240	430	420	380	405	395	350
300	485	475	430	460	445	395
400	550	540	480	520	500	445
500	615	605	525	-	-	-
630	690	680	600	-	-	-

Tipo de aislamiento

XLPE - Polietileno reticulado - Temperatura máxima en el conductor 90°C (servicio permanente).

EPR - Etileno propileno - Temperatura máxima en el conductor 90°C (servicio permanente).

PVC - Policloruro de vinilo - Temperatura máxima en el conductor 70°C (servicio permanente).

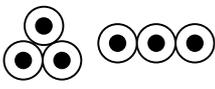
Temperatura del terreno 25°C.

Profundidad de instalación 0,70 m.

Resistividad térmica del terreno 1 K.m/W.

- (1) Incluye el conductor neutro, si existe.
- (2) Para el caso de dos cables unipolares, la intensidad máxima admisible será la correspondiente a la columna de la terna de cables unipolares de la misma sección y tipo de aislamiento, multiplicada por 1,225.
- (3) Para el caso de un cable bipolar, la intensidad máxima admisible será la correspondiente a la columna del cable tripolar o tetrapolar de la misma sección y tipo de aislamiento, multiplicada por 1,225.

Tabla 5. Intensidad máxima admisible, en amperios, para cables con conductores de cobre en instalación enterrada (servicio permanente).

SECCIÓN NOMINAL mm ²	Terna de cables unipolares (1) (2)			1 cable tripolar o tetrapolar (3)		
						
	TIPO DE AISLAMIENTO					
	XLPE	EPR	PVC	XLPE	EPR	PVC
6	72	70	63	66	64	56
10	96	94	85	88	85	75
16	125	120	110	115	110	97
25	160	155	140	150	140	125
35	190	185	170	180	175	150
50	230	225	200	215	205	180
70	280	270	245	260	250	220
95	335	325	290	310	305	265
120	380	375	335	355	350	305
150	425	415	370	400	390	340
185	480	470	420	450	440	385
240	550	540	485	520	505	445
300	620	610	550	590	565	505
400	705	690	615	665	645	570
500	790	775	685	-	-	-
630	885	870	770	-	-	-

Tipo de aislamiento:

XLPE - Polietileno reticulado - Temperatura máxima en el conductor 90°C (servicio permanente).

EPR - Etileno propileno - Temperatura máxima en el conductor 90°C (servicio permanente).

PVC - Policloruro de vinilo - Temperatura máxima en el conductor 70°C (servicio permanente).

Temperatura del terreno 25°C.

Profundidad de instalación 0,70 m.

Resistividad térmica del terreno 1 K.m/W.

- (1) Incluye el conductor neutro, si existe.
- (2) Para el caso de dos cables unipolares, la intensidad máxima admisible será la correspondiente a la columna de la terna de cables unipolares de la misma sección y tipo de aislamiento, multiplicada por 1,225.

(3) Para el caso de un cable bipolar, la intensidad máxima admisible será la correspondiente a la columna del cable tripolar o tetrapolar de la misma sección y tipo de aislamiento, multiplicada por 1,225.

3.1.2.2 Condiciones especiales de instalación enterrada y factores de corrección de intensidad admisible.

La intensidad admisible de un cable, determinada por las condiciones de instalación enterrada cuyas características se han especificado en los apartados 2.1.1 y 3.1.2.1, deberán corregirse teniendo en cuenta cada una de las magnitudes de la instalación real que difieran de aquellas, de forma que el aumento de temperatura provocado por la circulación de la intensidad calculada, no dé lugar a una temperatura en el conductor superior a la prescrita en la tabla 2. A continuación se exponen algunos casos particulares de instalación, cuyas características afectan al valor máximo de la intensidad admisible, indicando los factores de corrección a aplicar.

3.1.2.2.1 Cables enterrados en terrenos cuya temperatura sea distinta de 25°C.

En la tabla 6 se indican los factores de corrección, F , de la intensidad admisible para temperaturas del terreno Θ_t , distintas de 25°C, en función de la temperatura máxima de servicio Θ_s , de la tabla 2.

Tabla 6. Factor de corrección F , para temperatura del terreno distinto de 25°C

Temperatura de servicio Θ_s (°C)	Temperatura del terreno, Θ_t , en °C								
	10	15	20	25	30	35	40	45	50
90	1.11	1.07	1.04	1	0.96	0.92	0.88	0.83	0.78
70	1.15	1.11	1.05	1	0.94	0.88	0.82	0.75	0.67

El factor de corrección para otras temperaturas del terreno, distintas de las de la tabla, será:

$$F = \sqrt{\frac{\theta_s - \theta_t}{\theta_s - 25}}$$

3.1.2.2.2 Cables enterrados, directamente o en conducciones, en terreno de resistividad térmica distinta de 1 K. m/W.

En la tabla 7 se indican, para distintas resistividades térmicas del terreno, los correspondientes factores de corrección de la intensidad admisible.

Tabla 7. Factor de corrección para resistividad térmica del terreno distinta de 1 K.m/W.

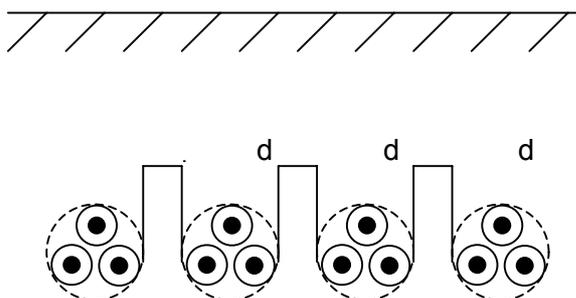
Tipo de cable	Resistividad térmica del terreno, en K.m/W										
	0.80	0.85	0.90	1	1.10	1.20	1.40	1.65	2.00	2.50	2.80
Unipolar	1.09	1.06	1.04	1	0.96	0.93	0.87	0.81	0.75	0.68	0.66
Tripolar	1.07	1.05	1.03	1	0.97	0.94	0.89	0.84	0.78	0.71	0.69

3.1.2.2.3 Cables tripolares o tetrapolares o ternas de cables unipolares agrupados bajo tierra.

En la tabla 8 se indican los factores de corrección que se deben aplicar, según el número de cables tripolares o ternas de unipolares y la distancia entre ellos.

Tabla 8. Factor de corrección para agrupaciones de cables trifásicos o ternas de cables unipolares

Factor de corrección								
Separación entre los cables o ternas	Número de cables o ternas de la zanja							
	2	3	4	5	6	8	10	12
D=0 (en contacto)	0,80	0,70	0,64	0,60	0,56	0,53	0,50	0,47
d= 0,07 m	0,85	0,75	0,68	0,64	0,6	0,56	0,53	0,50
d= 0,10 m	0,85	0,76	0,69	0,65	0,62	0,58	0,55	0,53
d= 0,15 m	0,87	0,77	0,72	0,68	0,66	0,62	0,59	0,57
d= 0,20 m	0,88	0,79	0,74	0,70	0,68	0,64	0,62	0,60
d= 0,25 m	0,89	0,80	0,76	0,72	0,70	0,66	0,64	0,62



3.1.2.2.4 Cables enterrados en zanja a diferentes profundidades.

En la tabla 9 se indican los factores de corrección que deben aplicarse para profundidades de instalación distintas de 0,70 m.

Tabla 9. Factores de corrección para diferentes profundidades de instalación

Profundidad de instalación (m)	0,4	0,5	0,6	0,7	0,80	0,90	1,00	1,20
Factor de corrección	1,03	1,02	1,01	1	0,99	0,98	0,97	0,95

3.1.3 Cables enterrados en zanja en el interior de tubos o similares.

En este tipo de instalaciones es de aplicación todo lo establecido en el apartado 3.1.2., además de lo indicado a continuación.

Se instalará un circuito por tubo. La relación entre el diámetro interior del tubo y el diámetro aparente del circuito será superior a 2, pudiéndose aceptar excepcionalmente 1,5.

En el caso de una línea con cable tripolar o con una terna de cables unipolares en el interior de un mismo tubo, se aplicará un factor de corrección de 0,8.

Si se trata de una línea con cuatro cables unipolares situados en sendos tubos, podrá aplicarse un factor de corrección de 0,9.

Si se trata de una agrupación de tubos, el factor dependerá del tipo de agrupación y variará para cada cable según esté colocado en un tubo central o periférico. Cada caso deberá estudiarse individualmente.

En el caso de canalizaciones bajo tubos que no superen los 15 m, si el tubo se rellena con aglomerados especiales no será necesario aplicar factor de corrección de intensidad por este motivo.

3.1.4 Condiciones de instalación al aire (en galerías, zanjas registrables, atarjeas o canales revisables).

3.1.4.1 Condiciones tipo de instalación al aire (en galerías, zanjas registrables, etc.).

A los efectos de determinar la intensidad máxima admisible, se considera la siguiente instalación tipo:

Un solo cable tripolar o tetrapolar o una terna de cables unipolares en contacto mutuo, con una colocación tal que permita una eficaz renovación del aire, siendo la temperatura del medio ambiente de 40°C. Por ejemplo, con el cable colocado sobre bandejas o fijado a una pared, etc..

Tabla 10. Intensidad máxima admisible, en amperios, en servicio permanente, para cables tetrapolares con conductores de aluminio y con conductor neutro concéntrico de cobre, en instalación al aire en galerías ventiladas.

Cables	Sección nominal de los conductores (mm ²)	Intensidad
3 x 50 Al + 16 Cu	50	125
3 x 95 Al + 30 Cu	95	195
3 x 150 Al + 50 Cu	150	260
3 x 240 Al + 80 Cu	240	360

- Temperatura máxima en el conductor: 90°C.
- Temperatura del aire ambiente: 40°C.
- Disposición que permita una eficaz renovación del aire.

Tabla 11. Intensidad máxima admisible, en amperios, en servicio permanente para cables con conductores de aluminio en instalación al aire en galerías ventiladas (temperatura ambiente 40°C)

Sección nominal mm ²	Tres cables unipolares (1)			1 cable trifásico		
						
	TIPO DE AISLAMIENTO					
	XLPE	EPR	PVC	XLPE	EPR	PVC
16	67	65	55	64	63	51
25	93	90	75	85	82	68
35	115	110	90	105	100	82
50	140	135	115	130	125	100
70	180	175	145	165	155	130
95	220	215	180	205	195	160
120	260	255	215	235	225	185
150	300	290	245	275	260	215
185	350	345	285	315	300	245
240	420	400	340	370	360	290
300	480	465	390	425	405	335
400	560	545	455	505	475	385
500	645	625	520	-	-	-
630	740	715	600	-	-	-

- Temperatura del aire: 40°C
 - Un cable trifásico al aire o un conjunto (terna) de cables unipolares en contacto mutuo.
 - Disposición que permita una eficaz renovación del aire.
- (1) Incluye el conductor neutro, si existiese.

Tabla 12. Intensidad máxima admisible, en amperios, en servicio permanente para cables con conductores de cobre en instalación al aire en galerías ventiladas (temperatura ambiente 40°C)

Sección nominal mm ²	Tres cables unipolares (1)			1 cable trifásico		
	TIPO DE AISLAMIENTO					
	XLPE	EPR	PVC	XLPE	EPR	PVC
6	46	45	38	44	43	36
10	64	62	53	61	60	50
16	86	83	71	82	80	65
25	120	115	96	110	105	87
35	145	140	115	135	130	105
50	180	175	145	165	160	130
70	230	225	185	210	220	165
95	285	280	235	260	250	205
120	335	325	275	300	290	240
150	385	375	315	350	335	275
185	450	440	365	400	385	315
240	535	515	435	475	460	370
300	615	595	500	545	520	425
400	720	700	585	645	610	495
500	825	800	665	-	-	-
630	950	915	765	-	-	-

- Temperatura del aire: 40°C
 - Un cable trifásico al aire o un conjunto (terna) de cables unipolares en contacto mutuo.
 - Disposición que permita una eficaz renovación del aire.
- (1) Incluye el conductor neutro, si existiese.

3.1.4.2 Condiciones especiales de instalación al aire en galerías ventiladas y factores de corrección de la intensidad admisible.

La intensidad admisible de un cable, determinada por las condiciones de instalación al aire en galerías ventiladas cuyas características se han especificado en el apartado 3.1.4.1., deberá corregirse teniendo en cuenta cada una de las magnitudes de la instalación real que difieran de aquellas, de forma que el aumento de temperatura provocado por la circulación de la intensidad calculada no de lugar a una temperatura en el conductor, superior a la prescrita en la tabla 2. A continuación, se exponen algunos casos particulares de instalación, cuyas características afectan al valor máximo de la intensidad admisible, indicando los coeficientes de corrección a aplicar.

3.1.4.2.1 Cables instalados al aire en ambientes de temperatura distinta de 40°C.

En la tabla 13 se indican los factores de corrección F, de la intensidad admisible para temperaturas del aire ambiente, Θ_a , distintas de 40°C, en función de la temperatura máxima de servicio Θ_s en la tabla 2.

Tabla 13. Coeficiente de corrección F para temperatura ambiente distinta de 40°C

Temperatura de servicio Θ_s en °C	Temperatura ambiente, Θ_a , en °C										
	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
90	1.27	1.22	1.18	1.14	1.10	1.05	1	0.95	0.90	0.84	0.77
70	1.41	1.35	1.29	1.22	1.15	1.08	1	0.91	0.81	0.71	0.58

El factor de corrección para otras temperaturas, distintas de las de la tabla, será:

$$F = \sqrt{\frac{\theta_s - \theta_a}{\theta_s - 40}}$$

3.1.4.2.2 Cables instalados al aire en canales o galerías pequeñas.

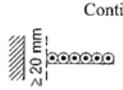
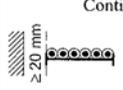
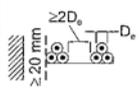
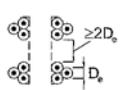
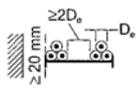
Se observa que en ciertas condiciones de instalación (en canalillos, galerías pequeñas, etc...), en los que no hay una eficaz renovación de aire, el calor disipado por los cables no puede difundirse libremente y provoca un aumento de la temperatura del aire.

La magnitud de este aumento depende de muchos factores y debe ser determinada en cada caso como una estimación aproximada. Debe tenerse en cuenta que el incremento de temperatura por este motivo puede ser del orden de 15 K. La intensidad admisible en las condiciones de régimen deberá, por tanto, reducirse con los coeficientes de la tabla 13.

3.1.4.2.3 Grupos de cables instalados al aire.

En las tablas 14 y 15 se dan los factores de corrección a aplicar en los agrupamientos de varios circuitos constituidos por cables unipolares o multipolares en función del tipo de instalación y número de circuitos.

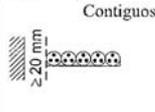
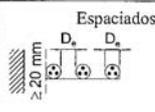
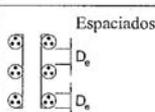
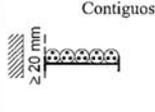
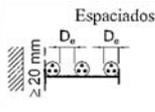
Tabla 14. Factor de corrección para agrupaciones de cables unipolares instalados al aire

Tipo de instalación		Nº de bandejas	Nº de circuitos trifásicos (2)			A utilizar para (1):
			1	2	3	
Bandejas perforadas (3)	 Contiguos	1	0,95	0,90	0,85	Tres cables en capa horizontal
		2	0,95	0,85	0,80	
		3	0,90	0,85	0,80	
Bandejas verticales perforadas (4)	 Contiguos	1	0,95	0,85	-	Tres cables en capa vertical
		2	0,90	0,85	-	
Bandejas escalera, soporte, etc. (3)	 Contiguos	1	1,00	0,95	0,95	Tres cables en capa horizontal
		2	0,95	0,90	0,90	
		3	0,95	0,90	0,85	
Bandejas perforadas (3)	 Contiguos	1	1,00	1,00	0,95	Tres cables dispuestos en trébol
		2	0,95	0,95	0,90	
		3	0,95	0,90	0,85	
Bandejas verticales perforadas (4)	 Contiguos	1	1,00	0,90	0,90	
		2	1,00	0,90	0,85	
Bandejas escalera, soporte, etc. (3)	 Contiguos	1	1,00	1,00	1,00	
		2	0,95	0,95	0,95	
		3	0,95	0,95	0,90	

NOTAS:

- (1) Incluye además el conductor neutro, si existiese.
- (2) Para circuitos con varios cables en paralelo por fase, a los efectos de la aplicación de esta tabla, cada grupo de tres conductores se considera como un circuito.
- (3) Los valores están indicados para una distancia vertical entre bandejas de 300 mm. Para distancias más pequeñas, se reducirán los factores.
- (4) Los valores están indicados para una distancia horizontal entre bandejas de 225 mm., estando las bandejas montadas dorso con dorso. Para distancias más pequeñas se reducirán los factores.

Tabla 15. Factor de corrección para agrupaciones de cables trifásicos

Tipo de instalación		Nº de circuitos trifásicos (1)						
		Nº de bandejas	1	2	3	4	6	9
Bandejas perforadas (2)	 Contiguos $\geq 20 \text{ mm}$	1	1,00	0,90	0,80	0,80	0,75	0,75
		2	1,00	0,85	0,80	0,75	0,75	0,70
		3	1,00	0,85	0,80	0,75	0,70	0,65
	 Espaciados $\geq 20 \text{ mm}$	1	1,00	1,00	1,00	0,95	0,90	-
		2	1,00	1,00	0,95	0,90	0,85	-
		3	1,00	1,00	0,95	0,90	0,85	-
Bandejas verticales perforadas (3)	 Contiguos	1	1,00	0,90	0,80	0,75	0,75	0,70
		2	1,00	0,90	0,80	0,75	0,70	0,70
	 Espaciados D_c	1	1,00	0,90	0,90	0,90	0,85	-
		2	1,00	0,90	0,90	0,85	0,85	-
Bandejas escalera, soportes, etc. (2)	 Contiguos $\geq 20 \text{ mm}$	1	1,00	0,85	0,80	0,80	0,80	0,80
		2	1,00	0,85	0,80	0,80	0,75	0,75
		3	1,00	0,85	0,80	0,75	0,75	0,70
	 Espaciados $\geq 20 \text{ mm}$	1	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	-
		2	1,00	1,00	1,00	0,95	0,95	-
		3	1,00	1,00	0,95	0,95	0,75	-

NOTAS:

- (1) Incluye además el conductor neutro, si existiese.
- (2) Los valores están indicados para una distancia vertical entre bandejas de 300 mm. Para distancias más pequeñas, se reducirán los factores.
- (3) Los valores están indicados para una distancia horizontal entre bandejas de 225 mm., estando las bandejas montadas dorso con dorso. Para distancias más pequeñas se reducirán los factores.

3.2 Intensidades de cortocircuito admisibles en los conductores

En las tablas 16 y 17 se indican las densidades de corriente de cortocircuito admisibles en los conductores de aluminio y de cobre de los cables aislados con diferentes materiales en función de los tiempos de duración del cortocircuito.

Tabla 16. Densidad de corriente de cortocircuito, en A/mm^2 , para conductores de aluminio.

Tipo de aislamiento	Duración del cortocircuito, en segundos								
	0.1	0.2	0.3	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0
XLPE y EPR	294	203	170	132	93	76	66	59	54
PVC									
Sección ≤ 300 mm²	237	168	137	106	75	61	53	47	43
Sección > 300 mm²	211	150	122	94	67	54	47	42	39

Tabla 17 Densidad de corriente de cortocircuito, en A/mm^2 , para conductores de cobre.

Tipo de aislamiento	Duración del cortocircuito, en segundos								
	0.1	0.2	0.3	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0
XLPE y EPR	449	318	259	201	142	116	100	90	82
PVC									
Sección ≤ 300 mm²	364	257	210	163	115	94	81	73	66
Sección > 300 mm²	322	228	186	144	102	83	72	64	59

3.3 Otros cables o sistemas de instalación

Para cualquier otro tipo de cable u otro sistema no contemplados en esta Instrucción, así como para cables que no figuran en las tablas anteriores, deberá consultarse la norma UNE 20.435 o calcularse según la norma UNE 21.144.

MINISTERIO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA	INSTALACIONES INTERIORES O RECEPTORAS	ITC-BT-21
	TUBOS Y CANALES PROTECTORAS	Página 1 de 14

0. ÍNDICE

0. ÍNDICE.....	1
1. TUBOS PROTECTORES	2
1.1 Generalidades	2
1.2 Características mínimas de los tubos, en función del tipo de instalación	2
1.2.1 Tubos en canalizaciones fijas en superficie	2
1.2.2 Tubos en canalizaciones empotradas	4
1.2.3 Canalizaciones aéreas o con tubos al aire	6
1.2.4 Tubos en canalizaciones enterradas	7
2. INSTALACIÓN Y COLOCACIÓN DE LOS TUBOS.....	8
2.1 Prescripciones generales	8
2.2 Montaje fijo en superficie	10
2.3 Montaje fijo empotrado	10
2.4 Montaje al aire	12
3. CANALES PROTECTORAS	12
3.1 Generalidades	12
3.2 Características de las canales	13
4. INSTALACIÓN Y COLOCACIÓN DE LAS CANALES.....	13
4.1 Prescripciones generales	13

MINISTERIO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA	INSTALACIONES INTERIORES O RECEPTORAS	ITC-BT-21
	TUBOS Y CANALES PROTECTORAS	Página 2 de 14

1. TUBOS PROTECTORES

1.1 Generalidades

Los tubos protectores pueden ser:

- Tubo y accesorios metálicos.
- Tubo y accesorios no metálicos.
- Tubo y accesorios compuestos (constituidos por materiales metálicos y no metálicos).

Los tubos se clasifican según lo dispuesto en las normas siguientes:

- UNE-EN 50.086 -2-1: Sistemas de tubos rígidos
- UNE-EN 50.086 -2-2: Sistemas de tubos curvables
- UNE-EN 50.086 -2-3: Sistemas de tubos flexibles
- UNE-EN 50.086 -2-4: Sistemas de tubos enterrados

Las características de protección de la unión entre el tubo y sus accesorios no deben ser inferiores a los declarados para el sistema de tubos.

La superficie interior de los tubos no deberá presentar en ningún punto aristas, asperezas o fisuras susceptibles de dañar los conductores o cables aislados o de causar heridas a instaladores o usuarios.

Las dimensiones de los tubos no enterrados y con unión roscada utilizados en las instalaciones eléctricas son las que se prescriben en la [UNE-EN 60.423](#). Para los tubos enterrados, las dimensiones se corresponden con las indicadas en la norma [UNE-EN 50.086 -2-4](#). Para el resto de los tubos, las dimensiones serán las establecidas en la norma correspondiente de las citadas anteriormente. La denominación se realizará en función del diámetro exterior.

El diámetro interior mínimo deberá ser declarado por el fabricante.

En lo relativo a la resistencia a los efectos del fuego considerados en la norma particular para cada tipo de tubo, se seguirá lo establecido por la aplicación de la [Directiva de Productos de la Construcción \(89/106/CEE\)](#)

1.2 Características mínimas de los tubos, en función del tipo de instalación

1.2.1 Tubos en canalizaciones fijas en superficie

En las canalizaciones superficiales, los tubos deberán ser preferentemente rígidos y en casos especiales podrán usarse tubos curvables. Sus características mínimas serán las indicadas en la tabla 1.

MINISTERIO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA	INSTALACIONES INTERIORES O RECEPTORAS	ITC-BT-21
	TUBOS Y CANALES PROTECTORAS	Página 3 de 14

Tabla 1. Características mínimas para tubos en canalizaciones superficiales ordinarias fijas

Característica	Código	Grado
Resistencia a la compresión	4	Fuerte
Resistencia al impacto	3	Media
Temperatura mínima de instalación y servicio	2	-5°C
Temperatura máxima de instalación y servicio	1	+60°C
Resistencia al curvado	1-2	Rígido/curvable
Propiedades eléctricas	1-2	Continuidad eléctrica/aislante
Resistencia a la penetración de objetos sólidos	4	Contra objetos D > 1 mm
Resistencia a la penetración del agua	2	Contra gotas de agua cayendo verticalmente cuando el sistema de tubos está inclinado 15°
Resistencia a la corrosión de tubos metálicos y compuestos	2	Protección interior y exterior media
Resistencia a la tracción	0	No declarada
Resistencia a la propagación de la llama	1	No propagador
Resistencia a las cargas suspendidas	0	No declarada

El cumplimiento de estas características se realizará según los ensayos indicados en las normas [UNE-EN 50.086 -2-1](#), para tubos rígidos y [UNE-EN 50.086 -2-2](#), para tubos curvables.

Los tubos deberán tener un diámetro tal que permitan un fácil alojamiento y extracción de los cables o conductores aislados. En la tabla 2 figuran los diámetros exteriores mínimos de los tubos en función del número y la sección de los conductores o cables a conducir.

Tabla 2. Diámetros exteriores mínimos de los tubos en función del número y la sección de los conductores o cables a conducir.

Sección nominal de los conductores unipolares (mm ²)	Diámetro exterior de los tubos (mm)				
	Número de conductores				
	1	2	3	4	5
1,5	12	12	16	16	16
2,5	12	12	16	16	20
4	12	16	20	20	20
6	12	16	20	20	25
10	16	20	25	32	32
16	16	25	32	32	32
25	20	32	32	40	40
35	25	32	40	40	50
50	25	40	50	50	50
70	32	40	50	63	63
95	32	50	63	63	75
120	40	50	63	75	75
150	40	63	75	75	--
185	50	63	75	--	--
240	50	75	--	--	--

Para más de 5 conductores por tubo o para conductores aislados o cables de secciones diferentes a instalar en el mismo tubo, su sección interior será, como mínimo igual a 2,5 veces la sección ocupada por los conductores.

1.2.2 Tubos en canalizaciones empotradas

En las canalizaciones empotradas, los tubos protectores podrán ser rígidos, curvables o flexibles y sus características mínimas se describen en la tabla 3 para tubos empotrados en obras de fábrica (paredes, techos y falsos techos), huecos de la construcción o canales protectoras de obra y en la tabla 4 para tubos empotrados embebidos en hormigón.

Las canalizaciones ordinarias precableadas destinadas a ser empotradas en ranuras realizadas en obra de fábrica (paredes, techos y falsos techos) serán flexibles o curvables y sus características mínimas para instalaciones ordinarias serán las indicadas en la tabla 4.

Tabla 3. Características mínimas para tubos en canalizaciones empotradas ordinarias en obra de fábrica (paredes, techos y falsos techos), huecos de la construcción y canales protectoras de obra

Característica	Código	Grado
Resistencia a la compresión	2	Ligera
Resistencia al impacto	2	Ligera
Temperatura mínima de instalación y servicio	2	-5°C
Temperatura máxima de instalación y servicio	1	+60°C
Resistencia al curvado	1-2-3-4	Cualquiera de las especificadas
Propiedades eléctricas	0	No declaradas
Resistencia a la penetración de objetos sólidos	4	Contra objetos $D \geq 1 \text{ mm}$
Resistencia a la penetración del agua	2	Contra gotas de agua cayendo verticalmente cuando el sistema de tubos está inclinado 15°
Resistencia a la corrosión de tubos metálicos y compuestos	2	Protección interior y exterior media
Resistencia a la tracción	0	No declarada
Resistencia a la propagación de la llama	1	No propagador
Resistencia a las cargas suspendidas	0	No declarada

MINISTERIO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA	INSTALACIONES INTERIORES O RECEPTORAS	ITC-BT-21
	TUBOS Y CANALES PROTECTORAS	Página 5 de 14

Tabla 4. Características mínimas para tubos en canalizaciones empotradas ordinarias embebidas en hormigón y para canalizaciones precableadas

Característica	Código	Grado
Resistencia a la compresión	3	Media
Resistencia al impacto	3	Media
Temperatura mínima de instalación y servicio	2	-5°C
Temperatura máxima de instalación y servicio	2	+90°C ⁽¹⁾
Resistencia al curvado	1-2-3-4	Cualquiera de las especificadas
Propiedades eléctricas	0	No declaradas
Resistencia a la penetración de objetos sólidos	5	Protegido contra el polvo
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
Resistencia a la tracción	0	No declarada
Resistencia a la propagación de la llama	1	No propagador
Resistencia a las cargas suspendidas	0	No declarada

⁽¹⁾ Para canalizaciones precableadas ordinarias empotradas en obra de fábrica (paredes, techos y falsos techos) se acepta una temperatura máxima de instalación y servicio código 1; +60°C.

El cumplimiento de las características indicadas en las tablas 3 y 4 se realizará según los ensayos indicados en las normas **UNE-EN 50.086 -2-1**, para tubos rígidos, **UNE-EN 50.086 -2-2**, para tubos curvables y **UNE-EN 50.086 -2-3**, para tubos flexibles.

Los tubos deberán tener un diámetro tal que permitan un fácil alojamiento y extracción de los cables o conductores aislados. En la Tabla 5 figuran los diámetros exteriores mínimos de los tubos en función del número y la sección de los conductores o cables a conducir.

Tabla 5. Diámetros exteriores mínimos de los tubos en función del número y la sección de los conductores o cables a conducir

Sección nominal de los conductores unipolares (mm ²)	Diámetro exterior de los tubos (mm)				
	Número de conductores				
	1	2	3	4	5
1,5	12	12	16	16	20
2,5	12	16	20	20	20
4	12	16	20	20	25
6	12	16	25	25	25
10	16	25	25	32	32
16	20	25	32	32	40
25	25	32	40	40	50
35	25	40	40	50	50
50	32	40	50	50	63
70	32	50	63	63	63
95	40	50	63	75	75
120	40	63	75	75	--
150	50	63	75	--	--
185	50	75	--	--	--
240	63	75	--	--	--

MINISTERIO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA	INSTALACIONES INTERIORES O RECEPTORAS	ITC-BT-21
	TUBOS Y CANALES PROTECTORAS	Página 6 de 14

Para más de 5 conductores por tubo o para conductores o cables de secciones diferentes a instalar en el mismo tubo, su sección interior será como mínimo, igual a 3 veces la sección ocupada por los conductores.

1.2.3 Canalizaciones aéreas o con tubos al aire

En las canalizaciones al aire, destinadas a la alimentación de máquinas o elementos de movilidad restringida, los tubos serán flexibles y sus características mínimas para instalaciones ordinarias serán las indicadas en la Tabla 6.

Se recomienda no utilizar este tipo de instalación para secciones nominales de conductor superiores a 16 mm².

Tabla 6. Características mínimas para canalizaciones de tubos al aire o aéreas

Característica	Código	Grado
Resistencia a la compresión	4	Fuerte
Resistencia al impacto	3	Media
Temperatura mínima de instalación y servicio	2	-5°C
Temperatura máxima de instalación y servicio	1	+60°C
Resistencia al curvado	4	Flexible
Propiedades eléctricas	1/2	Continuidad/aislado
Resistencia a la penetración de objetos sólidos	4	Contra objetos D ≥ 1 mm
Resistencia a la penetración del agua	2	Protegido contra las gotas de agua cayendo verticalmente cuando el sistema de tubos está inclinado 15°
Resistencia a la corrosión de tubos metálicos y compuestos	2	Protección interior mediana y exterior elevada
Resistencia a la tracción	2	Ligera
Resistencia a la propagación de la llama	1	No propagador
Resistencia a las cargas suspendidas	2	Ligera

El cumplimiento de estas características se realizará según los ensayos indicados en la norma **UNE-EN 50.086** -2-3.

Los tubos deberán tener un diámetro tal que permitan un fácil alojamiento y extracción de los cables o conductores aislados. En la Tabla 7 figuran los diámetros exteriores mínimos de los tubos en función del número y la sección de los conductores o cables a conducir.

Tabla 7. Diámetros exteriores mínimos de los tubos en función del número y la sección de los conductores o cables a conducir.

Sección nominal de los conductores (mm ²)	Diámetro exterior de los tubos (mm)				
	Número de conductores				
	1	2	3	4	5
1,5	12	12	16	16	20
2,5	12	16	20	20	20
4	12	16	20	20	25
6	12	16	25	25	25
10	16	25	25	32	32
16	20	25	32	32	40

MINISTERIO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA	INSTALACIONES INTERIORES O RECEPTORAS	ITC-BT-21
	TUBOS Y CANALES PROTECTORAS	Página 7 de 14

Para más de 5 conductores por tubo o para conductores o cables de secciones diferentes a instalar en el mismo tubo, su sección interior será como mínimo, igual a 4 veces la sección ocupada por los conductores.

1.2.4 Tubos en canalizaciones enterradas

En las canalizaciones enterradas, 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 tabla 8.

Tabla 8. Características mínimas para tubos en canalizaciones enterradas

Característica	Código	Grado
Resistencia a la compresión	NA	250 N / 450 N / 750 N
Resistencia al impacto	NA	Ligero / Normal / Normal
Temperatura mínima de instalación y servicio	NA	NA
Temperatura máxima de instalación y servicio	NA	NA
Resistencia al curvado	1-2-3-4	Cualquiera de las especificadas
Propiedades eléctricas	0	No declaradas
Resistencia a la penetración de objetos sólidos	4	Protegido contra objetos $D \geq 1$ 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
Resistencia a la tracción	0	No declarada
Resistencia a la propagación de la llama	0	No declarada
Resistencia a las cargas suspendidas	0	No declarada
Notas: NA : No aplicable (*) Para tubos embebidos en hormigón aplica 250 N y grado Ligero; para tubos en suelo ligero aplica 450 N y grado Normal; para tubos en suelos pesados aplica 750 N y grado Normal		

Se considera suelo ligero aquel suelo uniforme que no sea del tipo pedregoso y con cargas superiores ligeras, como por ejemplo, aceras, parques y jardines. Suelo pesado es aquel del tipo pedregoso y duro y con cargas superiores pesadas, como por ejemplo, calzadas y vías férreas.

El cumplimiento de estas características se realizará según los ensayos indicados en la norma UNE-EN 50.086 -2-4.

Los tubos deberán tener un diámetro tal que permitan un fácil alojamiento y extracción de los cables o conductores aislados. En la Tabla 9 figuran los diámetros exteriores mínimos de los tubos en función del número y la sección de los conductores o cables a conducir.

Tabla 9. Diámetros exteriores mínimos de los tubos en función del número y la sección de los conductores o cables a conducir.

Sección nominal de los conductores unipolares (mm ²)	Diámetro exterior de los tubos (mm)				
	Número de conductores				
	< 6	7	8	9	10
1,5	25	32	32	32	32
2,5	32	32	40	40	40
4	40	40	40	40	50
6	50	50	50	63	63
10	63	63	63	75	75
16	63	75	75	75	90
25	90	90	90	110	110
35	90	110	110	110	125
50	110	110	125	125	140
70	125	125	140	160	160
95	140	140	160	160	180
120	160	160	180	180	200
150	180	180	200	200	225
185	180	200	225	225	250
240	225	225	250	250	--

Para más de 10 conductores por tubo o para conductores o cables de secciones diferentes a instalar en el mismo tubo, su sección interior será como mínimo, igual a 4 veces la sección ocupada por los conductores.

2. INSTALACIÓN Y COLOCACIÓN DE LOS TUBOS

La instalación y puesta en obra de los tubos de protección deberá cumplir lo indicado a continuación y en su defecto lo prescrito en la norma [UNE 20.460-5-523](#) y en las [ITC-BT-19](#) e [ITC-BT-20](#).

2.1 Prescripciones generales

Para la ejecución de las canalizaciones bajo tubos protectores, se tendrán en cuenta las prescripciones generales siguientes:

- El trazado de las canalizaciones se hará siguiendo líneas verticales y horizontales o paralelas a las aristas de las paredes que limitan el local donde se efectúa la instalación.
- Los tubos se unirán entre sí mediante accesorios adecuados a su clase que aseguren la continuidad de la protección que proporcionan a los conductores.
- Los tubos aislantes rígidos curvables en caliente podrán ser ensamblados entre sí en caliente, recubriendo el empalme con una cola especial cuando se precise una unión estanca.
- Las curvas practicadas en los tubos serán continuas y no originarán reducciones de sección inadmisibles. Los radios mínimos de curvatura para cada clase de tubo serán los especificados por el fabricante conforme a [UNE-EN 50.086 -2-2](#).

MINISTERIO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA	INSTALACIONES INTERIORES O RECEPTORAS	ITC-BT-21
	TUBOS Y CANALES PROTECTORAS	Página 9 de 14

- Será posible la fácil introducción y retirada de los conductores en los tubos después de colocarlos y fijados éstos y sus accesorios, disponiendo para ello los registros que se consideren convenientes, que en tramos rectos no estarán separados entre sí más de 15 metros. El número de curvas en ángulo situadas entre dos registros consecutivos no será superior a 3. Los conductores se alojarán normalmente en los tubos después de colocados éstos.
- Los registros podrán estar destinadas únicamente a facilitar la introducción y retirada de los conductores en los tubos o servir al mismo tiempo como cajas de empalme o derivación.
- Las conexiones entre conductores se realizarán en el interior de cajas apropiadas de material aislante y no propagador de la llama. Si son metálicas estarán protegidas contra la corrosión. Las dimensiones de estas cajas serán tales que permitan alojar holgadamente todos los conductores que deban contener. Su profundidad será al menos igual al diámetro del tubo mayor más un 50 % del mismo, con un mínimo de 40 mm. Su diámetro o lado interior mínimo será de 60 mm. Cuando se quieran hacer estancas las entradas de los tubos en las cajas de conexión, deberán emplearse prensaestopas o racores adecuados.
- En ningún caso se permitirá la unión de conductores como empalmes o derivaciones por simple retorcimiento o arrollamiento entre sí de los conductores, sino que deberá realizarse siempre utilizando bornes de conexión montados individualmente o constituyendo bloques o regletas de conexión; puede permitirse asimismo, la utilización de bridas de conexión. El retorcimiento o arrollamiento de conductores no se refiere a aquellos casos en los que se utilice cualquier dispositivo conector que asegure una correcta unión entre los conductores aunque se produzca un retorcimiento parcial de los mismos y con la posibilidad de que puedan desmontarse fácilmente. Los bornes de conexión para uso doméstico o análogo serán conformes a lo establecido en la correspondiente parte de la norma UNE-EN 60.998.
- Durante la instalación de los conductores para que su aislamiento no pueda ser dañado por su roce con los bordes libres de los tubos, los extremos de éstos, cuando sean metálicos y penetren en una caja de conexión o aparato, estarán provistos de boquillas con bordes redondeados o dispositivos equivalentes, o bien los bordes estarán convenientemente redondeados.
- En los tubos metálicos sin aislamiento interior, se tendrá en cuenta las posibilidades de que se produzcan condensaciones de agua en su interior, para lo cual se elegirá convenientemente el trazado de su instalación, previendo la evacuación y estableciendo una ventilación apropiada en el interior de los tubos mediante el sistema adecuado, como puede ser, por ejemplo, el uso de una "T" de la que uno de los brazos no se emplea.
- Los tubos metálicos que sean accesibles deben ponerse a tierra. Su continuidad eléctrica deberá quedar convenientemente asegurada. En el caso de utilizar tubos metálicos flexibles, es necesario que la distancia entre dos puestas a tierra consecutivas de los tubos no exceda de 10 metros.
- No podrán utilizarse los tubos metálicos como conductores de protección o de neutro.
- Para la colocación de los conductores se seguirá lo señalado en la ITC-BT-20.
- A fin de evitar los efectos del calor emitido por fuentes externas (distribuciones de agua caliente, aparatos y luminarias, procesos de fabricación, absorción del

MINISTERIO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA	INSTALACIONES INTERIORES O RECEPTORAS	ITC-BT-21
	TUBOS Y CANALES PROTECTORAS	Página 10 de 14

calor del medio circundante, etc.) las canalizaciones se protegerán utilizando los siguientes métodos eficaces:

- Pantallas de protección calorífuga
- Alejamiento suficiente de las fuentes de calor
- Elección de la canalización adecuada que soporte los efectos nocivos que se puedan producir
- Modificación del material aislante a emplear

2.2 Montaje fijo en superficie

Cuando los tubos se coloquen en montaje superficial se tendrán en cuenta, además, las siguientes prescripciones:

- Los tubos se fijarán a las paredes o techos por medio de bridas o abrazaderas protegidas contra la corrosión y sólidamente sujetas. La distancia entre éstas será, como máximo, de 0,50 metros. Se dispondrán fijaciones de una y otra parte en los cambios de dirección, en los empalmes y en la proximidad inmediata de las entradas en cajas o aparatos.
- Los tubos se colocarán adaptándose a la superficie sobre la que se instalan, curvándose o usando los accesorios necesarios.
- En alineaciones rectas, las desviaciones del eje del tubo respecto a la línea que une los puntos extremos no serán superiores al 2 por 100.
- Es conveniente disponer los tubos, siempre que sea posible, a una altura mínima de 2,50 metros sobre el suelo, con objeto de protegerlos de eventuales daños mecánicos.
- En los cruces de tubos rígidos con juntas de dilatación de un edificio, deberán interrumpirse los tubos, quedando los extremos del mismo separados entre sí 5 centímetros aproximadamente, y empalmándose posteriormente mediante manguitos deslizantes que tengan una longitud mínima de 20 centímetros.

2.3 Montaje fijo empotrado

Cuando los tubos se coloquen empotrados, se tendrán en cuenta, las recomendaciones de la tabla 8 y las siguientes prescripciones:

- En la instalación de los tubos en el interior de los elementos de la construcción, las rozas no pondrán en peligro la seguridad de las paredes o techos en que se practiquen. Las dimensiones de las rozas serán suficientes para que los tubos queden recubiertos por una capa de 1 centímetro de espesor, como mínimo. En los ángulos, el espesor de esta capa puede reducirse a 0,5 centímetros.
- No se instalarán entre forjado y revestimiento tubos destinados a la instalación eléctrica de las plantas inferiores.
- Para la instalación correspondiente a la propia planta, únicamente podrán instalarse, entre forjado y revestimiento, tubos que deberán quedar recubiertos por una capa de hormigón o mortero de 1 centímetro de espesor, como mínimo, además del revestimiento.
- En los cambios de dirección, los tubos estarán convenientemente curvados o bien provistos de codos o "T" apropiados, pero en este último caso sólo se admitirán los provistos de tapas de registro.

MINISTERIO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA	INSTALACIONES INTERIORES O RECEPTORAS	ITC-BT-21
	TUBOS Y CANALES PROTECTORAS	Página 11 de 14

- Las tapas de los registros y de las cajas de conexión quedarán accesibles y desmontables una vez finalizada la obra. Los registros y cajas quedarán enrasados con la superficie exterior del revestimiento de la pared o techo cuando no se instalen en el interior de un alojamiento cerrado y practicable.
- En el caso de utilizarse tubos empotrados en paredes, es conveniente disponer los recorridos horizontales a 50 centímetros como máximo, de suelo o techos y los verticales a una distancia de los ángulos de esquinas no superior a 20 centímetros.

Tabla 10

ELEMENTO CONSTRUCTIVO	Colocación del tubo antes de terminar la construcción y revestimiento (*)	Preparación de la roza o alojamiento durante la construcción	Ejecución de la roza después de la construcción y revestimiento	OBSERVACIONES
Muros de: ladrillo macizo	SI	X	SI	Únicamente en rozas verticales y en las horizontales situadas a una distancia del borde superior del muro inferior a 50 cm. La roza, en profundidad, sólo interesará a un tabiquillo de hueco por ladrillo. La roza en profundidad, sólo interesará a un tabiquillo de hueco por ladrillo. No se colocarán los tubos en diagonal.
ladrillo hueco, siendo el nº de huecos en sentido transversal:				
- uno	SI	X	SI	
- dos o tres	SI	X	SI	
- mas de tres	SI	X	SI	
bloques macizos de hormigón	SI	X	X	
bloques huecos de hormigón	SI	X	NO	
hormigón en masa	SI	SI	X	
hormigón armado	SI	SI	X	
Forjados:				
placas de hormigón	SI	SI	NO	
forjados con nervios	SI	SI	NO	
forjados con nervios y elementos de relleno	SI	SI	NO (**)	
forjados con viguetas y bovedillas	SI	SI	NO (**)	
forjados con viguetas y tableros y revoltón de rasilla	SI	SI	NO (**)	

X: Difícilmente aplicable en la práctica

(*): Tubos blindados únicamente

MINISTERIO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA	INSTALACIONES INTERIORES O RECEPTORAS	ITC-BT-21
	TUBOS Y CANALES PROTECTORAS	Página 12 de 14

2.4 Montaje al aire

Solamente está permitido su uso para la alimentación de máquinas o elementos de movilidad restringida desde canalizaciones prefabricadas y cajas de derivación fijadas al techo. Se tendrán en cuenta las siguientes prescripciones:

La longitud total de la conducción en el aire no será superior a 4 metros y no empezará a una altura inferior a 2 metros.

Se prestará especial atención para que las características de la instalación establecidas en la tabla 6 se conserven en todo el sistema especialmente en las conexiones.

3. CANALES PROTECTORAS

3.1 Generalidades

La canal protectora es un material de instalación constituido por un perfil de paredes perforadas o no perforadas, destinado a alojar conductores o cables y cerrado por una tapa desmontable, según se indica en la **ITC-BT-01** "Terminología".

Las canales serán conformes a lo dispuesto en las normas de la serie **UNE-EN 50.085** y se clasificarán según lo establecido en la misma.

Las características de protección deben mantenerse en todo el sistema. Para garantizar éstas, la instalación debe realizarse siguiendo las instrucciones del fabricante.

En las canales protectoras de grado IP4X o superior y clasificadas como "canales con tapa de acceso que solo puede abrirse con herramientas" según la norma **UNE-EN 50.085 -1**, se podrá:

- a) Utilizar conductor aislado, de tensión asignada 450/750 V.
- b) Colocar mecanismos tales como interruptores, tomas de corrientes, dispositivos de mando y control, etc., en su interior, siempre que se fijen de acuerdo con las instrucciones del fabricante.
- c) Realizar empalmes de conductores en su interior y conexiones a los mecanismos.

En las canales protectoras de grado de protección inferior a IP4X ó clasificadas como "canales con tapa de acceso que puede abrirse sin herramientas", según la norma **UNE-EN 50.085 -1**, sólo podrá utilizarse conductor aislado bajo cubierta estanca, de tensión asignada mínima 300/500 V.

3.2 Características de las canales

En las canalizaciones para instalaciones superficiales ordinarias, las características mínimas de las canales serán las indicadas en la tabla 11.

Tabla 11. Características mínimas para canalizaciones superficiales ordinarias

Característica	Grado	
	≤ 16 mm	> 16 mm
Dimensión del lado mayor de la sección transversal	≤ 16 mm	> 16 mm
Resistencia al impacto	Muy ligera	Media
Temperatura mínima de instalación y servicio	+15°C	-5°C
Temperatura máxima de instalación y servicio	+60°C	+60°C
Propiedades eléctricas	Aislante	Continuidad eléctrica/aislante
Resistencia a la penetración de objetos sólidos	4	no inferior a 2
Resistencia a la penetración de agua	No declarada	
Resistencia a la propagación de la llama	No propagador	

El cumplimiento de estas características se realizará según los ensayos indicados en las normas [UNE-EN 50.085](#).

El número máximo de conductores que pueden ser alojados en el interior de una canal será el compatible con un tendido fácilmente realizable y considerando la incorporación de accesorios en la misma canal.

Salvo otras prescripciones en instrucciones particulares, las canales protectoras para aplicaciones no ordinarias deberán tener unas características mínimas de resistencia al impacto, de temperatura mínima y máxima de instalación y servicio, de resistencia a la penetración de objetos sólidos y de resistencia a la penetración de agua, adecuadas a las condiciones del emplazamiento al que se destina; asimismo las canales serán no propagadoras de la llama. Dichas características serán conformes a las normas de la serie [UNE-EN 50.085](#).

4. INSTALACIÓN Y COLOCACIÓN DE LAS CANALES

4.1 Prescripciones generales

- La instalación y puesta en obra de las canales protectoras deberá cumplir lo indicado en la norma [UNE 20.460](#) -5-52 y en las Instrucciones [ITC-BT-19](#) e [ITC-BT-20](#).

- El trazado de las canalizaciones se hará siguiendo preferentemente líneas verticales y horizontales o paralelas a las aristas de las paredes que limitan al local donde se efectúa la instalación.

- Las canales con conductividad eléctrica deben conectarse a la red de tierra, su continuidad eléctrica quedará convenientemente asegurada.

MINISTERIO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA	INSTALACIONES INTERIORES O RECEPTORAS	ITC-BT-21
	TUBOS Y CANALES PROTECTORAS	Página 14 de 14

- No se podrán utilizar las canales como conductores de protección o de neutro, salvo lo dispuesto en la Instrucción **ITC-BT-18** para canalizaciones prefabricadas .

- La tapa de las canales quedará siempre accesible.

REGLAMENTO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN INSTALACIONES DE ALUMBRADO EXTERIOR

Artículo 1. Objeto.

1. El presente reglamento tiene por objeto establecer las condiciones técnicas de diseño, ejecución y mantenimiento que deben reunir las instalaciones de alumbrado exterior, con la finalidad de:

- a) Mejorar la eficiencia y ahorro energético, así como la disminución de las emisiones de gases de efecto invernadero.
- b) Limitar el resplandor luminoso nocturno o contaminación luminosa y reducir la luz intrusa o molesta.

2. No es objeto del presente reglamento establecer valores mínimos para los niveles de iluminación en los distintos tipos de vías o espacios a iluminar, que se regirán por la normativa que les sea de aplicación.

Artículo 2. *Ámbito de aplicación.*

1. Este reglamento se aplicará a las instalaciones, de más de 1 kW de potencia instalada, incluidas en las instrucciones técnicas complementarias ITC-BT del Reglamento electrotécnico para baja tensión, aprobado por Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, siguientes:

- a) Las de alumbrado exterior, a las que se refiere la ITC-BT 09;
- b) Las de fuentes, objeto de la ITC-BT 31;
- c) Las de alumbrados festivos y navideños, contempladas en la ITC-BT 34.

2. A los efectos de este reglamento, se consideran los siguientes tipos de alumbrado:

- a) Vial (Funcional y ambiental);
- b) Específico.
- c) Ornamental;
- d) Vigilancia y seguridad nocturna
- e) Señales y anuncios luminosos
- f) Festivo y navideño

3. Este reglamento se aplicará:

- a) A las nuevas instalaciones, a sus modificaciones y ampliaciones.
- b) A las instalaciones existentes antes de su entrada en vigor, cuando, mediante un estudio de eficiencia energética, la Administración Pública competente lo considere necesario.
- c) A las instalaciones existentes antes de su entrada en vigor, que sean objeto de modificaciones de importancia y a sus ampliaciones, entendiéndose por modificación de importancia aquella que afecte a más del 50% de la potencia o luminarias instaladas.

4. Se excluyen de la aplicación de este reglamento las instalaciones y equipos de uso exclusivo en minas, usos militares, regulación de tráfico, balizas, faros, señales marítimas, aeropuertos y otras instalaciones y equipos que estuvieran sujetos a reglamentación específica.

Artículo 3. Definiciones.

A los efectos de este reglamento se entenderá lo siguiente:

1. **Deslumbramiento perturbador:** Deslumbramiento que perturba la visión de los objetos sin causar necesariamente una sensación desagradable. La medición de la pérdida de visibilidad producida por el deslumbramiento perturbador, ocasionado por las luminarias de la instalación de alumbrado público, se efectúa mediante el incremento de umbral de contraste. Su símbolo TI, carece de unidades y su expresión, en función de la luminancia de velo L_v y la luminancia media de la calzada L_m (entre 0,05 y 5 cd/m^2), es la siguiente:

$$TI = 65 \frac{L_v}{(L_m)^{0,8}} \text{ (en \%)}$$

Donde:

TI = Incremento de umbral correspondiente al deslumbramiento perturbador

L_v = Luminancia de velo total en cd/m^2 .

L_m = Luminancia media de la calzada en cd/m^2 .

En el caso de niveles de luminancia media en la calzada superiores a 5 cd/m^2 , el incremento de umbral de contraste viene dado por:

$$TI = 95 \frac{L_v}{(L_m)^{1,05}} \text{ (en \%)}$$

2. **Eficacia luminosa de una lámpara:** es la relación entre el flujo luminoso emitido por la lámpara y la potencia consumida por ésta. Se expresa en lm/W (lúmenes/vatio).
3. **Flujo luminoso:** Potencia emitida por una fuente luminosa en forma de radiación visible y evaluada según su capacidad de producir sensación luminosa, teniendo en cuenta la variación de la sensibilidad del ojo con la longitud de onda. Su símbolo es Φ y su unidad es el lumen (lm).
4. **Flujo Hemisférico Superior Instalado de la Luminaria (FHS_{inst}):** También denominado $ULOR_{inst}$, se define como la proporción en % del flujo de una luminaria que se emite sobre el plano horizontal que pasa por el centro óptico de la luminaria respecto al flujo total saliente de la luminaria, cuando la misma está montada en su posición de instalación.
5. **Iluminancia horizontal en un punto de una superficie:** Cociente entre el flujo luminoso incidente sobre un elemento de la superficie que contiene el punto y el área de ese elemento. Su símbolo es E y la unidad el lux (lm/m^2).

La expresión de la iluminancia horizontal en un punto P, en función de la intensidad luminosa que incide en dicho punto, definida por las coordenadas (C, γ) en la dirección del mismo, y de la altura h de montaje de la luminaria, es la siguiente:

$$E = \frac{I(c, \gamma) \cos^3 \gamma}{h^2}$$

6. **Iluminancia media horizontal:** Valor medio de la iluminancia horizontal en la superficie considerada. Su símbolo es E_m y se expresa en lux.
7. **Iluminancia mínima horizontal:** Valor mínimo de la iluminancia horizontal en la superficie considerada. Su símbolo es E_{min} y se expresa en lux.
8. **Iluminancia vertical en un punto de una superficie:** La iluminancia vertical en un punto P en función de la intensidad luminosa que incide en dicho punto y la altura h de montaje de la luminaria es la siguiente:

$$E_v = \frac{I(c, \gamma) \text{sen } \gamma \cos^2 \gamma}{h^2}$$

9. **Índice de deslumbramiento GR** : Es el índice que caracteriza el nivel de deslumbramiento (Glare Rating), mediante la formulación empírica reflejada en la norma CIE 112:94 según la siguiente expresión:

$$GR = 27 + 24 \log \frac{L_v}{L_{ve}^{0,9}}$$

Siendo:

L_v = luminancia de velo debida a las (n) luminarias.

L_{ve} = luminancia de velo denominada equivalente, producida por el entorno.

10. **Intensidad luminosa**: Es el flujo luminoso por unidad de ángulo sólido. Esta magnitud tiene característica direccional, su símbolo representativo es I y su unidad es la candela, cd = lm/sr (lumen/estereorradián).
11. **Luminancia de Velo**: Es la luminancia uniforme equivalente resultante de la luz que incide sobre el ojo de un observador y que produce el velado de la imagen en la retina, disminuyendo de este modo la facultad que posee el ojo para apreciar los contrastes. Su símbolo es (L_v) y se expresa en cd/m².

La luminancia de velo se debe a la incidencia de la luz emitida por una luminaria sobre el ojo de un observador en el plano perpendicular a la línea de visión, dependiendo así mismo del ángulo comprendido entre el centro de la fuente deslumbrante y la línea de visión, así como del estado fisiológico del ojo del observador.

La luminancia de velo L_v responde a la siguiente expresión:

$$L_v = K \frac{E_g}{\theta^2}$$

Siendo:

K = Constante que depende fundamentalmente de la edad del observador y, aunque es variable, se adopta como valor medio 10 si los ángulos se expresan en grados, y 3×10^{-3} si se expresan en radianes.

E_g = iluminancia en lux sobre la pupila, en un plano perpendicular a la dirección visual y tangente al ojo del observador.

θ = Ángulo entre el centro de la fuente deslumbrante y la línea de visión, es decir, ángulo formado por la dirección visual del observador.

Para el conjunto total de una instalación de alumbrado público habrá que tener en cuenta todas las luminancias de velo para cada luminaria, considerando además que la primera luminaria a tener en cuenta es la que forma 20° en ángulo de alzada con la horizontal, es decir:

$$L_v = K \sum_{i=1}^{i=n} \frac{E_g}{\theta^2}$$

Siendo i = la primera luminaria cuyo ángulo de alzada con la horizontal es 20°, siendo válida la expresión para $1,5^\circ < \theta < 30^\circ$

12. **Luminancia de velo equivalente L_{ve} producida por el entorno**: Se define considerando que la reflexión del entorno es totalmente difusa, se expresa en cd/m², y se calcula como

$$L_{ve} = \frac{0,035 r E_{hm}}{\pi}$$

Siendo:

r = Coeficiente de reflexión medio del área

E_{hm} = Iluminancia horizontal media del área

- 13. Luminancia en un punto de una superficie:** Es la intensidad luminosa por unidad de superficie reflejada por la misma superficie en la dirección del ojo del observador. Su símbolo es L y su unidad la candela entre metro cuadrado (cd/m^2).
- La expresión de la luminancia en un punto P , en función de la intensidad luminosa que incide en dicho punto, de la altura h de montaje de la luminaria y de las características de reflexión del pavimento $r(\beta, \text{tg } \gamma)$, es la siguiente:

$$L = \frac{I(c, \gamma) r(\beta, \text{tg } \gamma)}{h^2}$$

- 14. Luminancia media de una superficie:** Valor medio de la luminancia de la superficie considerada. Su símbolo es L_m y se expresa en cd/m^2 .
- 15. Luz intrusa o molesta:** Luz procedente de las instalaciones de alumbrado exterior que da lugar a incomodidad, distracción o reducción en la capacidad para detectar una información esencial y, por tanto, produce efectos potencialmente adversos en los residentes, ciudadanos que circulan y usuarios de sistemas de transportes.
- 16. Relación Entorno:** Relación entre la iluminancia media de la zona situada en el exterior de la calzada y la iluminancia media de la zona adyacente situada sobre la calzada, en ambos lados de los bordes de la misma. La relación entorno SR es la más pequeña de las dos relaciones entorno calculadas. La anchura de las dos zonas de cálculo para cada relación de entorno se tomará como 5 m o la mitad de la anchura de la calzada, si ésta es inferior a 10 m.
- 17. Rendimiento de una Luminaria:** Es la relación entre el flujo luminoso total procedente de la luminaria y el flujo luminoso emitido por la lámpara o lámparas instaladas en la luminaria. Su símbolo es η y carece de unidades.
- 18. Resplandor Luminoso Nocturno:** Luminosidad o brillo nocturno producido, entre otras causas, por la luz procedente de las instalaciones de alumbrado exterior, bien por emisión directa hacia el cielo o reflejada por las superficies iluminadas.
- 19. Uniformidad global de luminancias:** Relación entre la luminancia mínima y la media de la superficie de la calzada. Su símbolo es U_o y carece de unidades.
- 20. Uniformidad longitudinal de luminancias:** Relación entre la luminancia mínima y la máxima en el mismo eje longitudinal de los carriles de circulación de la calzada, adoptando el valor menor de todos ellos. Su símbolo es U_l y carece de unidades.
- 21. Uniformidad media de iluminancias:** Relación entre la iluminancia mínima y la media de la superficie de la calzada. Su símbolo es U_m y carece de unidades.
- 22. Uniformidad General de Iluminancias:** Relación entre la iluminancia mínima y la máxima de la superficie de la calzada. Su símbolo es U_g y carece de unidades.

Artículo 4. Eficiencia energética.

Con el fin de lograr una eficiencia energética adecuada en las instalaciones de alumbrado exterior, éstas deberán cumplir, al menos, con los requisitos siguientes:

- 1º- Los niveles de iluminación de la instalación no superen lo establecido en la instrucción técnica complementaria ITC-EA 02, salvo casos excepcionales, que requerirán autorización previa del órgano competente de la Administración Pública.
- 2º- Para el alumbrado vial, se cumplan los requisitos mínimos de eficiencia energética establecidos en la ITC-EA-01. Para el resto de instalaciones de alumbrado, se cumplan los requisitos de factor de utilización, pérdidas de los equipos, factor de mantenimiento y otros establecidos en las instrucciones técnicas complementarias correspondientes.
- 3º - En donde se requiera, dispongan de un sistema de accionamiento y de regulación del nivel luminoso, tal y como se define en la ITC-EA-04.

Artículo 5. Calificación energética de las instalaciones

Las instalaciones de alumbrado exterior se calificarán energéticamente en función de su índice de eficiencia energética, mediante una etiqueta de calificación energética según se especifica en la ITC-EA-01. Dicha etiqueta se adjuntará en la documentación del proyecto y deberá figurar en las instrucciones que se entreguen a los titulares, según lo especificado en el artículo 10 del reglamento.

Artículo 6. Resplandor luminoso nocturno, luz intrusa o molesta.

Con la finalidad de limitar el resplandor luminoso nocturno y reducir la luz intrusa o molesta, las instalaciones de alumbrado exterior se ajustarán, particularmente, a los requisitos establecidos en la ITC-EA-03.

Artículo 7. Niveles de iluminación.

Se cumplirán los niveles máximos de luminancia o iluminancia, y de uniformidad mínima permitida, en función de los diferentes tipos del alumbrado exterior, según lo dispuesto en la ITC-EA-02.

Artículo 8. Régimen de funcionamiento.

1. Los sistemas de accionamiento garantizarán que las instalaciones de alumbrado exterior se enciendan y apaguen con precisión, cuando la luminosidad ambiente lo requiera.
2. Para obtener ahorro energético en casos tales como instalaciones de alumbrado ornamental, anuncios luminosos, espacios deportivos y áreas de trabajo exteriores, se establecerán los correspondientes ciclos de funcionamiento (encendido y apagado) de dichas instalaciones, para lo que se dispondrá de relojes astronómicos o sistemas equivalentes, capaces de ser programados por ciclos diarios, semanales, mensuales o anuales.
3. Las instalaciones de alumbrado exterior con excepción de túneles y pasos inferiores, estarán en funcionamiento como máximo durante el periodo comprendido entre la puesta de sol y su salida o cuando la luminosidad ambiente lo requiera.
4. Cuando se especifique, los alumbrados exteriores tendrán dos niveles de iluminación de forma que en aquellos casos del periodo nocturno en los que disminuya la actividad o características de utilización, se pase del régimen de nivel normal de iluminación a otro con nivel de iluminación reducido, manteniendo la uniformidad.
5. Se podrá variar el régimen de funcionamiento de los alumbrados ornamentales, estableciéndose condiciones especiales, en épocas tales como festividades y temporada alta de afluencia turística.
6. Se podrá ajustar un régimen especial de alumbrado para los acontecimientos nocturnos singulares, festivos, feriales, deportivos o culturales, que compatibilicen el ahorro energético con las necesidades derivadas de los acontecimientos mencionados.
7. Corresponde a las Administraciones Locales regular el tiempo de funcionamiento de las instalaciones de alumbrado exterior que se encuentren en su ámbito territorial y que no sean de competencia estatal o autonómica.

Artículo 9. Documentación de las instalaciones

Con la finalidad de justificar el cumplimiento de las exigencias establecidas en este reglamento, toda instalación de alumbrado exterior deberá incluir la documentación, en forma de proyecto o memoria técnica de diseño, según se establece en la ITC-EA-05.

Artículo 10. Ejecución y puesta en servicio de las instalaciones.

Las instalaciones de alumbrado exterior están sometidas al procedimiento general de ejecución y puesta en servicio que determina el artículo 18 del Reglamento electrotécnico para baja tensión, aprobado por Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto.

La documentación de las instalaciones y el manual de instrucciones para el usuario, así como la revisión y, cuando proceda, la inspección inicial, deberán complementarse con lo dispuesto en el presente reglamento, en particular siguiendo lo indicado en la ITC EA-05.

Artículo 11. Información a los titulares de la instalación.

Como anexo al certificado de instalación que se entregue al titular de la instalación, la empresa instaladora deberá confeccionar unas instrucciones para el correcto uso, así como para el mantenimiento de la misma de acuerdo con lo dispuesto en el artículo 12 y con lo especificado en la ITC-EA-05.

Asimismo, la empresa instaladora deberá aportar la etiqueta energética de la instalación según lo especificado en la ITC-EA-01. Dicha etiqueta se adjuntará en la documentación del proyecto, junto con la relación de receptores y lámparas.

Cualquier modificación o ampliación requerirá la elaboración de un complemento a lo anterior, en la medida que sea necesario.

Artículo 12. Mantenimiento de la eficiencia energética de las instalaciones.

1. Los titulares de las instalaciones deberán mantener en buen estado de funcionamiento sus instalaciones, utilizándolas de acuerdo con sus características y absteniéndose de intervenir en las mismas para modificarlas.
2. La gestión del mantenimiento de las instalaciones exigirá el establecimiento de un registro de las operaciones llevadas a cabo, que se ajustará a lo dispuesto en la ITC-EA-06.
3. Todas las instalaciones deberán disponer de un plan de mantenimiento que comprenderá fundamentalmente las reposiciones masivas de lámparas, las operaciones de limpieza de luminarias y los trabajos de inspección y mediciones eléctricas. La programación de los trabajos y su periodicidad, se ajustarán al factor de mantenimiento adoptado, según lo establecido en la ITC-EA-06.
4. Al objeto de disminuir los consumos de energía eléctrica en los alumbrados exteriores, el titular de la instalación llevará a cabo, como mínimo una vez al año, un análisis de los consumos anuales y de su evolución, para observar las desviaciones y corregir las causas que las han motivado durante el mantenimiento periódico de la instalación.
5. En las instalaciones de alumbrado exterior será necesario disponer de un registro fiable de su componentes incluyendo las lámparas, luminarias, equipos auxiliares, dispositivos de regulación del nivel luminoso, sistemas de accionamiento y gestión centralizada, cuadros de alumbrado, etc.

Artículo 13. Inspecciones y verificaciones.

Sin perjuicio de la facultad que, de acuerdo con lo señalado en el artículo 14 de la Ley 21/1992, **de 16 de julio**, de Industria, posee la Administración Pública competente para llevar a cabo, por sí misma, las actuaciones de inspección y control que estime necesarias, según lo previsto en el artículo 12.3 de dicha Ley, el cumplimiento de las disposiciones y requisitos de eficiencia energética establecidos en el presente Reglamento deberá ser comprobado en todos los casos mediante una verificación inicial previa a la puesta en servicio de la instalación, realizada por un instalador autorizado en baja tensión y, además, según la potencia instalada, mediante inspección inicial y verificaciones o inspecciones periódicas, llevadas a cabo de acuerdo con lo indicado en la ITC-EA 05.

Artículo 14. Excepciones.

Cuando, por motivos de seguridad o interés público, y con carácter de excepcionalidad, no se puedan cumplir determinadas prescripciones de este reglamento, el titular de la instalación deberá presentar, ante el órgano competente de la Administración Pública, previamente al procedimiento contemplado en el artículo 10, una solicitud de excepción, exponiendo los motivos de la misma e indicando las medidas de eficiencia alternativa que se propongan.

El citado órgano competente podrá **denegar** la solicitud, requerir la modificación de las medidas alternativas o **conceder** la excepción, **siempre de manera** expresa.

Artículo 15. Normas de referencia.

1. Las instrucciones técnicas complementarias podrán establecer la aplicación de normas UNE u otras reconocidas internacionalmente, de manera total o parcial, a fin de facilitar la adaptación al estado de la técnica en cada momento.

2. Cuando una o varias normas varíen su año de edición con respecto a las vigentes en el momento de la aprobación de este reglamento, o se editen modificaciones posteriores a las mismas, deberán ser objeto de actualización, mediante resolución del centro directivo competente en materia de seguridad industrial del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, en la que deberá hacerse constar la fecha a partir de la cual la utilización de la nueva edición de la norma será válida y la fecha a partir de la cual la utilización de la antigua edición de la norma dejará de serlo, a efectos reglamentarios.

A falta de resolución expresa, se entenderá que también cumple las condiciones reglamentarias la edición de la norma posterior a la que figure en la ITC, siempre que la misma no modifique criterios básicos.

Artículo 16. Infracciones y sanciones.

Las infracciones a lo dispuesto en el presente reglamento se sancionarán de acuerdo con lo dispuesto en el Título V de la Ley 21/1992, **de 16 de julio**, de Industria.

MINISTERIO DE
INDUSTRIA TURISMO
Y COMERCIO

EFICIENCIA ENERGÉTICA

ITC – EA – 01

Instrucción Técnica Complementaria EA - 01 Eficiencia Energética

INDICE

1. EFICIENCIA ENERGÉTICA DE UNA INSTALACIÓN
2. REQUISITOS MÍNIMOS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA
 - 2.1 Instalaciones de alumbrado vial funcional
 - 2.2 Instalaciones de alumbrado vial ambiental
 - 2.3 Otras instalaciones de alumbrado
 - 2.4 Instalaciones de alumbrado festivo y navideño
3. CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DE LAS INSTALACIONES DE ALUMBRADO

MINISTERIO DE INDUSTRIA TURISMO Y COMERCIO	EFICIENCIA ENERGÉTICA	ITC – EA – 01
--	------------------------------	---------------

1. EFICIENCIA ENERGÉTICA DE UNA INSTALACIÓN

1.1 La eficiencia energética de una instalación de alumbrado exterior se define como la relación entre el producto de la superficie iluminada por la iluminancia media en servicio de la instalación entre la potencia activa total instalada.

$$\epsilon = \frac{S \cdot E_m}{P} \left(\frac{\text{m}^2 \cdot \text{lux}}{\text{W}} \right)$$

siendo:

- ϵ = eficiencia energética de la instalación de alumbrado exterior ($\text{m}^2 \cdot \text{lux}/\text{W}$)
- P = potencia activa total instalada (lámparas y equipos auxiliares) (W);
- S = superficie iluminada (m^2);
- E_m = iluminancia media en servicio de la instalación, considerando el mantenimiento previsto (lux);

1.2 La eficiencia energética se puede determinar mediante la utilización de los siguientes factores:

- ϵ_L = eficiencia de las lámparas y equipos auxiliares ($\text{lum}/\text{W} = \text{m}^2 \text{ lux}/\text{W}$);
- f_m = factor de mantenimiento de la instalación (en valores por unidad)
- f_u = factor de utilización de la instalación (en valores por unidad)

$$\epsilon = \epsilon_L \cdot f_m \cdot f_u \left(\frac{\text{m}^2 \cdot \text{lux}}{\text{W}} \right),$$

donde:

Eficiencia de la lámpara y equipos auxiliares (ϵ_L): Es la relación entre el flujo luminoso emitido por una lámpara y la potencia total consumida por la lámpara más su equipo auxiliar.

Factor de mantenimiento (f_m): Es la relación entre los valores de iluminancia que se pretenden mantener a lo largo de la vida de la instalación de alumbrado y los valores iniciales.

Factor de utilización (f_u): Es la relación entre el flujo útil procedente de las luminarias que llega a la calzada o superficie a iluminar y el flujo emitido por las lámparas instaladas en las luminarias.

El factor de utilización de la instalación es función del tipo de lámpara, de la distribución de la intensidad luminosa y rendimiento de las luminarias, así como de la geometría de la instalación, tanto en lo referente a las características dimensionales de la superficie a iluminar (longitud y anchura), como a la disposición de las luminarias en la instalación de alumbrado exterior (tipo de implantación, altura de las luminarias y separación entre puntos de luz).

1.3 Para mejorar la eficiencia energética de una instalación de alumbrado se podrá actuar incrementando el valor de cualquiera de los tres factores anteriores, de forma que la instalación más eficiente será aquella en la que el producto de los tres factores - eficiencia de las lámparas y equipos auxiliares y factores de mantenimiento y utilización de la instalación- sea máximo.

MINISTERIO DE
INDUSTRIA TURISMO
Y COMERCIO

EFICIENCIA ENERGÉTICA

ITC – EA – 01

2. REQUISITOS MÍNIMOS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA

2.1 Instalaciones de alumbrado vial funcional.

Se definen como tales las instalaciones de alumbrado vial de autopistas, autovías, carreteras y vías urbanas, consideradas en la Instrucción Técnica Complementaria ITC-EA-02 como situaciones de proyecto A y B.

Las instalaciones de alumbrado vial funcional, con independencia del tipo de lámpara, pavimento y de las características o geometría de la instalación, deberán cumplir los requisitos mínimos de eficiencia energética que se fijan en la tabla 1.

Tabla 1 – Requisitos mínimos de eficiencia energética en instalaciones de alumbrado vial funcional

Iluminancia media en servicio $E_m(\text{lux})$	EFICIENCIA ENERGÉTICA MÍNIMA $\left(\frac{\text{m}^2 \cdot \text{lux}}{\text{W}}\right)$
≥ 30	22
25	20
20	17,5
15	15
10	12
$\leq 7,5$	9,5

Nota - Para valores de iluminancia media proyectada comprendidos entre los valores indicados en la tabla, la eficiencia energética de referencia se obtendrán por interpolación lineal

Para las instalaciones de alumbrado en zonas especiales de viales, se aplicarán los requisitos mínimos de eficiencia energética establecidos en el apartado 2.3.

2.2 Instalaciones de alumbrado vial ambiental

Alumbrado vial ambiental es el que se ejecuta generalmente sobre soportes de baja altura (3-5 m) en áreas urbanas para la iluminación de vías peatonales, comerciales, aceras, parques y jardines, centros históricos, vías de velocidad limitada, etc., considerados en la Instrucción Técnica Complementaria ITC-EA-02 como situaciones de proyecto C, D y E.

Las instalaciones de alumbrado vial ambiental, con independencia del tipo de lámpara y de las características o geometría de la instalación -dimensiones de la superficie a iluminar (longitud y anchura), así como disposición de las luminarias (tipo de implantación, altura y separación entre puntos de luz)-, deberán cumplir los requisitos mínimos de eficiencia energética que se fijan en la tabla 2.

MINISTERIO DE
INDUSTRIA TURISMO
Y COMERCIO

EFICIENCIA ENERGÉTICA

ITC – EA – 01

Tabla 2 – Requisitos mínimos de eficiencia energética en instalaciones de alumbrado vial ambiental.

Iluminancia media en servicio $E_m(\text{lux})$	EFICIENCIA ENERGÉTICA MÍNIMA $\left(\frac{m^2 \cdot \text{lux}}{W}\right)$
≥ 20	9
15	7,5
10	6
7,5	5
≤ 5	3,5

Nota - Para valores de iluminancia media proyectada comprendidos entre los valores indicados en la tabla, la eficiencia energética de referencia se obtendrán por interpolación lineal

2.3 Otras instalaciones de alumbrado

En el alumbrado específico, el alumbrado ornamental, el alumbrado para vigilancia y seguridad nocturna, y el de señales y anuncios luminosos, se tendrán en cuenta los siguientes aspectos:

- Se iluminará únicamente la superficie que se quiere dotar de alumbrado.
- Se instalarán lámparas de elevada eficacia luminosa compatibles con los requisitos cromáticos de la instalación y con valores no inferiores a los establecidos en el capítulo 1 de la ITC-EA-04.
- Se utilizarán luminarias y proyectores de rendimiento luminoso elevado según la ITC-EA-04
- El equipo auxiliar será de pérdidas mínimas, dándose cumplimiento a los valores de potencia máxima del conjunto lámpara y equipo auxiliar, fijados en la ITC-EA-04.
- El factor de utilización de la instalación será el más elevado posible, según la ITC-EA-04.
- El factor de mantenimiento de la instalación será el mayor alcanzable, según la ITC-EA-06.

2.4 Instalaciones de alumbrado festivo y navideño

La potencia asignada de las lámparas incandescentes utilizadas será igual o inferior a 15 W, y la potencia máxima instalada por unidad de superficie (W/m^2) será la indicada en la ITC-EA-02.

3. CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DE LAS INSTALACIONES DE ALUMBRADO

Las instalaciones de alumbrado exterior, excepto las de alumbrados de señales y anuncios luminosos y festivo y navideño, se calificarán en función de su índice de eficiencia energética.

MINISTERIO DE INDUSTRIA TURISMO Y COMERCIO	EFICIENCIA ENERGÉTICA	ITC – EA – 01
--	------------------------------	---------------

El índice de eficiencia energética (I_{ϵ}) se define como el cociente entre la eficiencia energética de la instalación (ϵ) y el valor de eficiencia energética de referencia (ϵ_R) en función del nivel de iluminancia media en servicio proyectada, que se indica en tabla 3.

$$I_{\epsilon} = \frac{\epsilon}{\epsilon_R}$$

Tabla 3 – Valores de eficiencia energética de referencia

Alumbrado vial funcional		Alumbrado vial ambiental y otras instalaciones de alumbrado	
Iluminancia media en servicio proyectada E_m (lux)	Eficiencia energética de referencia ϵ_R $\left(\frac{m^2 \cdot lux}{W}\right)$	Iluminancia media en servicio proyectada E_m (lux)	Eficiencia energética de referencia ϵ_R $\left(\frac{m^2 \cdot lux}{W}\right)$
≥ 30	32	--	--
25	29	--	--
20	26	≥ 20	13
15	23	15	11
10	18	10	9
$\leq 7,5$	14	7,5	7
--	--	≤ 5	5

Nota - Para valores de iluminancia media proyectada comprendidos entre los valores indicados en la tabla, la eficiencia energética de referencia se obtendrán por interpolación lineal

Con objeto de facilitar la interpretación de la calificación energética de la instalación de alumbrado y en consonancia con lo establecido en otras reglamentaciones, se define una etiqueta que caracteriza el consumo de energía de la instalación mediante una escala de siete letras que va desde la letra A (instalación más eficiente y con menos consumo de energía) a la letra G (instalación menos eficiente y con más consumo de energía). El índice utilizado para la escala de letras será el índice de consumo energético (ICE) que es igual al inverso del índice de eficiencia energética:

$$ICE = \frac{1}{I_{\epsilon}}$$

La tabla 4 determina los valores definidos por las respectivas letras de consumo energético, en función de los índices de eficiencia energética declarados.

MINISTERIO DE
INDUSTRIA TURISMO
Y COMERCIO

EFICIENCIA ENERGÉTICA

ITC – EA – 01

Tabla 4 – Calificación energética de una instalación de alumbrado.

Calificación Energética	Índice de consumo energético	Índice de Eficiencia Energética
A	$ICE < 0,91$	$I_{\epsilon} > 1,1$
B	$0,91 \leq ICE < 1,09$	$1,1 \geq I_{\epsilon} > 0,92$
C	$1,09 \leq ICE < 1,35$	$0,92 \geq I_{\epsilon} > 0,74$
D	$1,35 \leq ICE < 1,79$	$0,74 \geq I_{\epsilon} > 0,56$
E	$1,79 \leq ICE < 2,63$	$0,56 \geq I_{\epsilon} > 0,38$
F	$2,63 \leq ICE < 5,00$	$0,38 \geq I_{\epsilon} > 0,20$
G	$ICE \geq 5,00$	$I_{\epsilon} \leq 0,20$

Entre la información que se debe entregar a los usuarios figurará la eficiencia energética (ϵ), su calificación mediante el índice de eficiencia energética (I_{ϵ}), medido, y la etiqueta que mide el consumo energético de la instalación, de acuerdo al modelo que se indica a continuación:

Calificación Energética de las Instalaciones de Alumbrado
<p>Más eficiente</p> <p>Menos eficiente</p>
<p>Instalación:</p> <p>Localidad / calle:</p> <p>Horario de funcionamiento:</p> <p>Consumo de energía anual (kWh/año):</p> <p>Emisiones de CO₂ anual (kgCO₂/año):</p> <p>Índice de eficiencia energética (I_{ϵ}):</p> <p>Iluminancia media en servicio E_m (lux):</p> <p>Uniformidad (%):</p>

MINISTERIO DE INDUSTRIA TURISMO Y COMERCIO	EFICIENCIA ENERGÉTICA	ITC – EA – 01
<p>Colores que deberán usarse en la etiqueta:</p> <p>CMYK: cian, magenta, amarillo, negro.</p> <ul style="list-style-type: none">○ Ejemplo: 07X0: 0 % cian, 70 % magenta, 100 % amarillo, 0 % negro.○ Flechas: A: X0X0; B: 70X0; C: 30X0; D: 00X0; E: 03X0; F: 07X0; G: 0XX0○ Color del contenido: X070○ Todo el texto en negro. El fondo es blanco.		

MINISTERIO DE
INDUSTRIA TURISMO
Y COMERCIO

MEDICIONES LUMINOTÉCNICAS EN LAS INSTALACIONES DE ALUMBRADO

ITC – EA – 02

Instrucción Técnica Complementaria EA - 02 NIVELES DE ILUMINACIÓN

INDICE

1. GENERALIDADES
2. ALUMBRADO VIAL
 - 2.1 Clasificación de las vías y selección de las clases de alumbrado
 - 2.2 Niveles de iluminación de los viales
 - 2.3 Niveles de iluminación de zonas especiales de viales
3. ALUMBRADOS ESPECÍFICOS
 - 3.1 Alumbrado de Pasarelas Peatonales, Escaleras y Rampas
 - 3.2 Alumbrado de Pasos Subterráneos Peatonales
 - 3.3 Alumbrado Adicional de Pasos de Peatones
 - 3.4 Alumbrado de Parques y Jardines
 - 3.5 Alumbrado de Pasos a Nivel de Ferrocarril
 - 3.6 Alumbrado de Fondos de Saco
 - 3.7 Alumbrado de Glorietas
 - 3.8 Alumbrado de Túneles y Pasos Inferiores
 - 3.9 Aparcamientos de vehículos al aire libre
 - 3.10 Alumbrado de Áreas de Trabajo Exteriores
4. ALUMBRADO ORNAMENTAL
5. ALUMBRADO PARA VIGILANCIA Y SEGURIDAD NOCTURNA
6. ALUMBRADO DE SEÑALES Y ANUNCIOS LUMINOSOS
7. ALUMBRADO FESTIVO Y NAVIDEÑO
8. DESLUMBRAMIENTOS
 - 8.1 Instalaciones de Alumbrado vial funcional
 - 8.2 Instalaciones de Alumbrado vial ambiental
 - 8.3 Otras Instalaciones de Alumbrado
9. NIVELES DE ILUMINACIÓN REDUCIDOS
10. CLASES DE ALUMBRADO DE SIMILAR NIVEL DE ILUMINACION

MINISTERIO DE
INDUSTRIA TURISMO
Y COMERCIO

MEDICIONES LUMINOTÉCNICAS EN LAS INSTALACIONES DE ALUMBRADO

ITC – EA – 02

1. GENERALIDADES

Se entiende por nivel de iluminación el conjunto de requisitos luminotécnicos o fotométricos (luminancia, iluminancia, uniformidad, deslumbramiento, relación de entorno, etc) cubiertos por la presente instrucción. En alumbrado vial, se conoce también como clase de alumbrado.

Los niveles máximos de luminancia o de iluminancia media de las instalaciones de alumbrado descritas a continuación no podrán superar en más de un 20% los niveles medios de referencia establecidos en la presente ITC. Estos niveles medios de referencia están basados en las normas de la serie UNE-EN 13201 "Iluminación de carreteras", y no tendrán la consideración de valores mínimos obligatorios, pues quedan fuera de los objetivos de este Reglamento.

Deberá garantizarse asimismo el valor de la uniformidad mínima, mientras que el resto de requisitos fotométricos, por ejemplo, valor mínimo de iluminancia en un punto, deslumbramiento e iluminación de alrededores, descritos para cada clase de alumbrado, son valores de referencia, pero no exigidos, que deberán considerarse para los distintos tipos de instalaciones.

Los requisitos fotométricos anteriores no serán aplicables a aquellas instalaciones o parte de las mismas en las que se justifique debidamente la excepcionalidad y sea aprobada por el órgano competente de la Administración Pública.

2. ALUMBRADO VIAL

El nivel de iluminación requerido por una vía depende de múltiples factores como son el tipo de vía, la complejidad de su trazado, la intensidad y sistema de control del tráfico y la separación entre carriles destinados a distintos tipos de usuarios.

En función de estos criterios, las vías de circulación se clasifican en varios grupos o situaciones de proyecto, asignándose a cada uno de ellos unos requisitos fotométricos específicos que tienen en cuenta las necesidades visuales de los usuarios así como aspectos medio ambientales de las vías

2.1 Clasificación de las vías y selección de las clases de alumbrado

2.1.1 El criterio principal de clasificación de las vías es la velocidad de circulación, según se establece en la Tabla 1.

Tabla 1 – Clasificación de las vías

Clasificación	Tipo de vía	Velocidad del tráfico rodado (km/h)
A	de alta velocidad	$v > 60$
B	de moderada velocidad	$30 < v \leq 60$
C	carriles bici	--
D	de baja velocidad	$5 < v \leq 30$
E	vías peatonales	$v \leq 5$

MINISTERIO DE
INDUSTRIA TURISMO
Y COMERCIO

MEDICIONES LUMINOTÉCNICAS EN LAS INSTALACIONES DE ALUMBRADO

ITC – EA – 02

2.1.2. Mediante otros criterios, tales como el tipo de vía y la intensidad media de tráfico diario (IMD), se establecen subgrupos dentro de la clasificación anterior.

En las tablas 2, 3, 4 y 5 se definen las clases de alumbrado para las diferentes situaciones de proyecto correspondientes a la clasificación de vías anteriores.

Tabla 2 – Clases de alumbrado para vías tipo A

Situaciones de proyecto	Tipos de vías	Clase de Alumbrado ^(*)
A1	<ul style="list-style-type: none"> • Carreteras de calzadas separadas con cruces a distinto nivel y accesos controlados (autopistas y autovías). Intensidad de tráfico Alta (IMD) \geq 25.000..... Media (IMD) \geq 15.000 y $<$ 25.000..... Baja (IMD) $<$ 15.000..... 	ME1 ME2 ME3a
	<ul style="list-style-type: none"> • Carreteras de calzada única con doble sentido de circulación y accesos limitados (vías rápidas). Intensidad de tráfico Alta (IMD) $>$ 15.000 Media y baja (IMD) $<$ 15.000 	ME1 ME2
A2	<ul style="list-style-type: none"> • Carreteras interurbanas sin separación de aceras o carriles bici. • Carreteras locales en zonas rurales sin vía de servicio. Intensidad de tráfico IMD \geq 7.000..... IMD $<$ 7.000 	ME1 / ME2 ME3a / ME4a
A3	<ul style="list-style-type: none"> • Vías colectoras y rondas de circunvalación. • Carreteras interurbanas con accesos no restringidos. • Vías urbanas de tráfico importante, rápidas radiales y de distribución urbana a distritos. • Vías principales de la ciudad y travesía de poblaciones. Intensidad de tráfico y complejidad del trazado de la carretera. IMD \geq 25.000..... IMD \geq 15.000 y $<$ 25.000 IMD \geq 7.000 y $<$ 15.000..... IMD $<$ 7.000 	ME1 ME2 ME3b ME4a / ME4b
<p>^(*) Para todas las situaciones de proyecto (A1, A2 y A3), cuando las zonas próximas sean claras (fondos claros), todas las vías de tráfico verán incrementadas sus exigencias a las de la clase de alumbrado inmediata superior.</p>		

Tabla 3 – Clases de alumbrado para vías tipo B

Situaciones de proyecto	Tipos de vías	Clase de Alumbrado ^(*)
B1	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Vías urbanas secundarias de conexión a urbanas de tráfico importante.</i> • <i>Vías distribuidoras locales y accesos a zonas residenciales y fincas.</i> 	ME2 / ME3c ME4b / ME5 / ME6
	Intensidad de tráfico IMD \geq 7.000 IMD $<$ 7.000	
B2	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Carreteras locales en áreas rurales.</i> 	ME2 / ME3b ME4b / ME5
	Intensidad de tráfico y complejidad del trazado de la carretera. IMD \geq 7.000 IMD $<$ 7.000	

(*) Para todas las situaciones de proyecto B1 y B2, cuando las zonas próximas sean claras (fondos claros), todas las vías de tráfico verán incrementadas sus exigencias a las de la clase de alumbrado inmediata superior.

Tabla 4 – Clases de alumbrado para vías tipos C y D

Situaciones de proyecto	Tipos de vías	Clase de Alumbrado ^(*)
C1	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Carriles bici independientes a lo largo de la calzada, entre ciudades en área abierta y de unión en zonas urbanas</i> 	S1 / S2 S3 / S4
	Flujo de tráfico de ciclistas Alto Normal	
D1 - D2	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Áreas de aparcamiento en autopistas y autovías.</i> • <i>Aparcamientos en general.</i> • <i>Estaciones de autobuses.</i> 	CE1A / CE2 CE3 / CE4
	Flujo de tráfico de peatones Alto Normal	
D3 - D4	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Calles residenciales suburbanas con aceras para peatones a lo largo de la calzada</i> • <i>Zonas de velocidad muy limitada</i> 	CE2 / S1 / S2 S3 / S4
	Flujo de tráfico de peatones y ciclistas Alto Normal	

(*) Para todas las situaciones de alumbrado C1-D1-D2-D3 y D4, cuando las zonas próximas sean claras (fondos claros), todas las vías de tráfico verán incrementadas sus exigencias a las de la clase de alumbrado inmediata superior.

MINISTERIO DE
INDUSTRIA TURISMO
Y COMERCIO

MEDICIONES LUMINOTÉCNICAS EN LAS INSTALACIONES DE ALUMBRADO

ITC – EA – 02

Tabla 5 – Clases de alumbrado para vías tipo E

Situaciones de proyecto	Tipos de vías	Clase de Alumbrado ^(*)	
E1	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Espacios peatonales de conexión, calles peatonales, y aceras a lo largo de la calzada.</i> • <i>Paradas de autobús con zonas de espera</i> • <i>Áreas comerciales peatonales.</i> 		
	Flujo de tráfico de peatones		CE1A / CE2 / S1 S2 / S3 / S4
	Alto.....		
Normal			
E2	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Zonas comerciales con acceso restringido y uso prioritario de peatones.</i> 		
	Flujo de tráfico de peatones		CE1A / CE2 / S1 S2 / S3 / S4
	Alto.....		
Normal			

^(*) Para todas las situaciones de alumbrado E1 y E2, cuando las zonas próximas sean claras (fondos claros), todas las vías de tráfico verán incrementadas sus exigencias a las de la clase de alumbrado inmediata superior.

2.1.3 Cuando para una determinada situación de proyecto e intensidad de tráfico puedan seleccionarse distintas clases de alumbrado, se elegirá la clase teniendo en cuenta la complejidad del trazado, el control de tráfico, la separación de los distintos tipos de usuarios y otros parámetros específicos.

MINISTERIO DE INDUSTRIA TURISMO Y COMERCIO	MEDICIONES LUMINOTÉCNICAS EN LAS INSTALACIONES DE ALUMBRADO	ITC – EA – 02
--	--	---------------

2.2 Niveles de iluminación de los viales

En las tablas 6, 7, 8 y 9 se reflejan los requisitos fotométricos aplicables a las vías correspondientes a las diferentes clases de alumbrado.

Tabla 6 – Series ME de clase de alumbrado para viales secos tipos A y B

Clase de Alumbrado	Luminancia de la superficie de la calzada en condiciones secas			Deslumbramiento Perturbador	Iluminación de alrededores
	Luminancia ⁽⁴⁾ Media L_m (cd/m ²) ⁽¹⁾	Uniformidad Global U_o [mínima]	Uniformidad Longitudinal U_l [mínima]	Incremento Umbral TI (%) ⁽²⁾ [máximo]	Relación Entorno SR ⁽³⁾ [mínima]
ME1	2,00	0,40	0,70	10	0,50
ME2	1,50	0,40	0,70	10	0,50
ME3a	1,00	0,40	0,70	15	0,50
ME3b	1,00	0,40	0,60	15	0,50
ME3c	1,00	0,40	0,50	15	0,50
ME4a	0,75	0,40	0,60	15	0,50
ME4b	0,75	0,40	0,50	15	0,50
ME5	0,50	0,35	0,40	15	0,50
ME6	0,30	0,35	0,40	15	Sin requisitos

⁽¹⁾ Los niveles de la tabla son valores mínimos en servicio con mantenimiento de la instalación de alumbrado, a excepción de (TI), que son valores máximos iniciales. A fin de mantener dichos niveles de servicio, debe considerarse un factor de mantenimiento (f_m) elevado que dependerá de la lámpara adoptada, del tipo de luminaria, grado de contaminación del aire y modalidad de mantenimiento preventivo.

⁽²⁾ Cuando se utilicen fuentes de luz de baja luminancia (lámparas fluorescentes y de vapor de sodio a baja presión), puede permitirse un aumento de 5% del incremento umbral (TI).

⁽³⁾ La relación entorno SR debe aplicarse en aquellas vías de tráfico rodado donde no existan otras áreas contiguas a la calzada que tengan sus propios requisitos. La anchura de las bandas adyacentes para la relación entorno SR será igual como mínimo a la de un carril de tráfico, recomendándose a ser posible 5 m de anchura.

⁽⁴⁾ Los valores de luminancia dados pueden convertirse en valores de iluminancia, multiplicando los primeros por el coeficiente R (según C.I.E.) del pavimento utilizado, tomando un valor de 15 cuando éste no se conozca.

En la tabla 7 se concretan los niveles de iluminación de las series MEW de clases de alumbrado a aplicar en aquellas zonas geográficas en las que la intensidad y persistencia de la lluvia provoque que, durante una parte significativa de las horas nocturnas a lo largo del año, la superficie de la calzada permanezca mojada (aproximadamente 120 días de lluvia anuales). En ella se incluye un requisito adicional de uniformidad global con calzada húmeda para evitar la degradación de las prestaciones durante los periodos húmedos.

MINISTERIO DE INDUSTRIA TURISMO Y COMERCIO	MEDICIONES LUMINOTÉCNICAS EN LAS INSTALACIONES DE ALUMBRADO	ITC – EA – 02
--	---	---------------

Tabla 7 – Series MEW de clase de alumbrado para viales húmedos tipos A y B

Clase de Alumbrado	Luminancia de la superficie de la calzada en condiciones secas y húmedas			Deslumbramiento Perturbador	Iluminación de alrededores	
	Calzada seca		Calzada húmeda			
	Luminancia Media L_m (cd/m ²) ⁽¹⁾	Uniformidad Global U_o [mínima]	Uniformidad Longitudinal U_l ⁽²⁾ [mínima]			Uniformidad Global U_o [mínima]
MEW1	2,00	0,40	0,60	0,15	10	0,50
MEW2	1,50	0,40	0,60	0,15	10	0,50
MEW3	1,00	0,40	0,60	0,15	15	0,50
MEW4	0,75	0,40	Sin requisitos	0,15	15	0,50
MEW5	0,50	0,35	Sin requisitos	0,15	15	0,50

⁽¹⁾ Los niveles de la tabla son valores mínimos en servicio con mantenimiento de la instalación de alumbrado, a excepción de (TI), que son valores máximos iniciales. A fin de mantener dichos niveles de servicio, debe considerarse un factor de mantenimiento (f_m) elevado que dependerá de la lámpara adoptada, del tipo de luminaria, grado de contaminación del aire y modalidad de mantenimiento preventivo.

⁽²⁾ Este criterio es voluntario pero puede utilizarse, por ejemplo, en autopistas, autovías y carreteras de calzada única de doble sentido de circulación y accesos limitados.

⁽³⁾ Cuando se utilicen fuentes de luz de baja luminancia (lámparas fluorescentes y de vapor de sodio a baja presión), puede permitirse un aumento de 5% del incremento umbral (TI)

⁽⁴⁾ La relación entorno SR debe aplicarse en aquellas vías de tráfico rodado donde no existan áreas contiguas a la calzada con sus propios requerimientos. La anchura de las bandas adyacentes para la relación entorno SR será igual como mínimo a la de un carril de tráfico recomendándose a ser posible 5 m de anchura.

⁽⁵⁾ Los valores de luminancia dados pueden convertirse en valores de iluminancia, multiplicando los primeros por el coeficiente R (según C.I.E.) del pavimento utilizado, tomando un valor de 15 cuando éste no se conozca.

Tabla 8 – Series S de clase de alumbrado para viales tipos C, D y E

Clase de Alumbrado ⁽¹⁾	Iluminancia horizontal en el área de la calzada	
	Iluminancia Media E_m (lux) ⁽¹⁾	Iluminancia mínima E_{min} (lux) ⁽¹⁾
S1	15	5
S2	10	3
S3	7,5	1,5
S4	5	1

⁽¹⁾ Los niveles de la tabla son valores mínimos en servicio con mantenimiento de la instalación de alumbrado. A fin de mantener dichos niveles de servicio, debe considerarse un factor de mantenimiento (f_m) elevado que dependerá de la lámpara adoptada, del tipo de luminaria, grado de contaminación del aire y modalidad de mantenimiento preventivo.

MINISTERIO DE
INDUSTRIA TURISMO
Y COMERCIO

MEDICIONES LUMINOTÉCNICAS EN LAS INSTALACIONES DE ALUMBRADO

ITC – EA – 02

Tabla 9 – Series CE de clase de alumbrado para viales tipos D y E

Clase de Alumbrado (¹)	Iluminancia horizontal	
	Iluminancia Media <i>Em (lux)</i> [mínima mantenida(¹)]	Uniformidad Media <i>Um</i> [mínima]
CE0	50	0,40
CE1	30	0,40
CE1A	25	0,40
CE2	20	0,40
CE3	15	0,40
CE4	10	0,40
CE5	7,5	0,40

(¹) Los niveles de la tabla son valores mínimos en servicio con mantenimiento de la instalación de alumbrado. A fin de mantener dichos niveles de servicio, debe considerarse un factor de mantenimiento (f_m) elevado que dependerá de la lámpara adoptada, del tipo de luminaria, grado de contaminación del aire y modalidad de mantenimiento preventivo.

(²) También se aplican es espacios utilizados por peatones y ciclistas.

2.3 Niveles de iluminación de zonas especiales de viales

Una zona de un vial se considera especial debido a los problemas específicos de visión y maniobras que tienen que realizar los vehículos que circulan por ella, tales como enlaces e intersecciones, glorietas y rotondas, zonas de reducción del número de carriles o disminución del ancho de la calzada, curvas y viales sinuosos en pendiente, zonas de incorporación de nuevos carriles, o pasos inferiores.

En los carriles-bici o zonas peatonales (vías del tipo C o E), no se considera que existan este tipo de zonas especiales.

Para dichos espacios se tendrá en cuenta, por orden de prelación, los siguientes criterios:

a) Criterio de luminancia

Si la zona especial es parte de una vía de tipo A o B, se aplicarán los niveles basados en la luminancia de la superficie de la calzada de las series ME de la tabla 6, de forma que para la zona especial, la clase de alumbrado que se establezca será un grado superior al de la vía a la que corresponde dicho espacio. Si confluyen varias vías en una zona especial, tal y como puede suceder en los cruces, la clase de alumbrado será un grado superior al de la vía que tenga la clase de alumbrado más elevada.

b) Criterio de iluminancia.

Si la zona especial es parte de una vía de tipo D o cuando no sea posible aplicar el criterio de luminancia, debido a que la distancia de visión resulte inferior a 60 m (valor mínimo utilizado en el cálculo de la luminancia) y cuando no se pueda situar adecuadamente al observador, dada la sinuosidad y complejidad de la zona especial de vial, se aplicará el criterio de iluminancia, con unos niveles de iluminación correspondientes a la serie CE de clases de alumbrado de la tabla 9. Entre las clases de alumbrado CE1 y CE0, podrá adoptarse un nivel de iluminancia intermedio.

MINISTERIO DE
INDUSTRIA TURISMO
Y COMERCIO

MEDICIONES LUMINOTÉCNICAS EN LAS INSTALACIONES DE ALUMBRADO

ITC – EA – 02

Cuando se utilice el criterio de iluminancia, la clase de alumbrado que se establezca para la zona especial de vial, será un grado superior a la de la vía de tráfico donde se sitúa dicha zona. Asimismo, si confluyen varias vías, la clase de alumbrado de la zona especial de vial será un grado superior al de la vía de tráfico que tenga la clase de alumbrado más elevada.

Cuando se utiliza el criterio de iluminancia, no es posible calcular el deslumbramiento perturbador o incremento de umbral TI fijado en las tablas 6 y 7, dado que se precisa determinar la luminancia media de la calzada. En este caso, la evaluación de dicho deslumbramiento se llevará a cabo mediante la utilización de los niveles de referencia de la intensidad luminosa de las luminarias, establecida en la tabla 10.

Tabla 10 - Clases G de intensidad luminosa de las luminarias

Clase de Intensidad	Intensidad Máxima (cd/klm) ⁽¹⁾			Otros requisitos
	$70^{\circ} \leq \gamma < 80^{\circ}$	$80^{\circ} \leq \gamma < 90^{\circ}$	$\gamma \geq 90^{\circ}$	
G1	-	200	50	Ninguno
G2	-	150	30	Ninguno
G3	-	100	20	Ninguno
G4	500	100	10	Intensidades por encima de 95° deben ser cero
G5	350	100	10	
G6	350	100	0	Ninguno

(1) Todas las intensidades son proporcionales al flujo de la lámpara para 1.000 lm.
 NOTA: Las clases de intensidad G1, G2 y G3 corresponden a distribuciones fotométricas "semi cut-off" y "cut-off", de uso tradicional. Las clases de intensidad G4, G5 y G6 se asignan a luminarias con distribución "cut-off" total, como las luminarias de cierre de vidrio plano en la posición horizontal.

3. ALUMBRADOS ESPECÍFICOS

Se consideran alumbrados específicos los que corresponden a pasarelas peatonales, escaleras y rampas, pasos subterráneos peatonales, alumbrado adicional de pasos de peatones, parques y jardines, pasos a nivel de ferrocarril, fondos de saco, glorietas, túneles y pasos inferiores, aparcamientos de vehículos al aire libre y áreas de trabajo exteriores, así como cualquier otro que pueda asimilarse a los anteriores..

Los requisitos fotométricos serán los especificados a continuación.

3.1 Alumbrado de Pasarelas Pevtonales, Escaleras y Rampas

La clase de alumbrado será CE2 y, en caso de riesgo de inseguridad ciudadana, podrá adoptarse la clase CE1. Cuando existan escaleras y rampas de acceso, la iluminancia en el plano vertical no será inferior al 50% del valor en el plano horizontal de forma que se asegure una buena percepción de los peldaños.

3.2 Alumbrado de Pasos Subterráneos Pevtonales

La clase de alumbrado será CE1, con una uniformidad media de 0,5 pudiendo elevarse, en el caso de que se estime un riesgo de inseguridad alto, a CE0 y la misma uniformidad. Asimismo, en el supuesto de que la longitud del paso subterráneo peatonal así lo exija, deberá preverse un alumbrado diurno con un nivel luminoso de 100 lux y una uniformidad media de 0,5.

MINISTERIO DE
INDUSTRIA TURISMO
Y COMERCIO

MEDICIONES LUMINOTÉCNICAS EN LAS INSTALACIONES DE ALUMBRADO

ITC – EA – 02

3.3 Alumbrado Adicional de Pasos de Peatones

En el alumbrado adicional de los pasos de peatones, cuya instalación será prioritaria en aquellos pasos sin semáforo, la iluminancia de referencia mínimo en el plano vertical será de 40 lux, y una limitación en el deslumbramiento G2 en la dirección de circulación de vehículos y G3 en la dirección del peatón (tabla 10). La clase de alumbrado será CE1 en áreas comerciales e industriales y CE2 en zonas residenciales.

3.4 Alumbrado de Parques y Jardines

Los viales principales, tales como accesos al parque o jardín, sus paseos y glorietas, áreas de estancia y escaleras, que estén abiertos al público durante las horas nocturnas, deberán iluminarse como las vías de tipo E (tabla 5).

3.5 Alumbrado de Pasos a Nivel de Ferrocarril

El nivel de iluminación sobre la zona de cruce, comenzando a una distancia mínima de 40 m y finalizando 40 m después, será CE2, recomendándose una clase de alumbrado CE1.

3.6 Alumbrado de Fondos de Saco

El alumbrado de una calzada en fondo de saco se ejecutará de forma que se señalen con exactitud a los conductores los límites de la calzada. El nivel de iluminación de referencia será CE2.

3.7 Alumbrado de Glorietas

Además de la iluminación de la glorieta el alumbrado deberá extenderse a las vías de acceso a la misma, en una longitud adecuada de al menos de 200 m en ambos sentidos.

Los niveles de iluminación para glorietas serán un 50% mayores que los niveles de los accesos o entradas, con los valores de referencia siguientes:

- Iluminancia media horizontal $E_m \geq 40$ lux
- Uniformidad media $U_m \geq 0,5$
- Deslumbramiento máximo $GR \leq 45$

En zonas urbanas o en carreteras dotadas de alumbrado público, el nivel de iluminación de las glorietas será como mínimo un grado superior al del tramo que confluye con mayor nivel de iluminación, cumpliéndose en todo caso lo establecido en el apartado 2.3 referente a zonas especiales de viales.

3.8 Alumbrado de Túneles y Pasos Inferiores

Se considerarán como valores de referencia, los niveles de iluminación especificados en la Publicación CIE 88:2004 "Guía para alumbrado de túneles de carretera y pasos inferiores".

3.9 Aparcamientos de vehículos al aire libre

El alumbrado de aparcamientos al aire libre cumplirá con los requisitos fotométricos de las clases de alumbrado correspondientes a la situación de proyecto D1-D2, establecidos en la tabla 4.

MINISTERIO DE INDUSTRIA TURISMO Y COMERCIO	MEDICIONES LUMINOTÉCNICAS EN LAS INSTALACIONES DE ALUMBRADO	ITC – EA – 02
--	---	---------------

3.10 Alumbrado de Áreas de Trabajo Exteriores

Se considerarán como valores de referencia, los niveles de iluminación especificados en la norma EN 12464-2:2007

4. ALUMBRADO ORNAMENTAL

Se consideran alumbrados ornamentales los que corresponden a la iluminación de fachadas de edificios y monumentos, así como estatuas, murallas, fuentes, etc., y paisajista de ríos, riberas, frondosidades, equipamientos acuáticos, etc.

Los valores de referencia de los niveles de iluminancia media en servicio, con mantenimiento de la instalación, del alumbrado ornamental serán los establecidos en la tabla 11.

Tabla 11 - Niveles mínimos de iluminancia media en servicio del alumbrado ornamental

NATURALEZA DE LOS MATERIALES DE LA SUPERFICIE ILUMINADA	NIVELES DE ILUMINANCIA MEDIA (Lux) ⁽¹⁾			COEFICIENTES MULTIPLICADORES DE CORRECCIÓN ⁽²⁾			
	Iluminación de los alrededores			Corrección para el tipo de lámpara		Corrección para el estado de la superficie iluminada	
	Baja	Media	Elevada	H.M. V.M.	S.A.P. S.B.P.	Sucia	Muy Sucia
Piedra clara, mármol claro	20	30	60	1,0	0,9	3,0	5,0
Piedra media, cemento, mármol coloreado claro	40	60	120	1,1	1,0	2,5	5,0
Piedra oscura, granito gris, mármol oscuro	100	150	300	1,0	1,1	2,0	3,0
Ladrillo amarillo claro	35	50	100	1,2	0,9	2,5	5,0
Ladrillo marrón claro	40	60	120	1,2	0,9	2,0	4,0
Ladrillo marrón oscuro, granito rosa	55	80	160	1,3	1,0	2,0	4,0
Ladrillo rojo	100	150	300	1,3	1,0	2,0	3,0
Ladrillo oscuro	120	180	360	1,3	1,2	1,5	2,0
Hormigón arquitectónico	60	100	200	1,3	1,2	1,5	2,0
REVESTIMIENTO DE ALUMINIO:							
- Terminación natural	200	300	600	1,2	1,1	1,5	2,0
- termolacado muy coloreado (10%) rojo, marrón, amarillo	120	180	360	1,3	1,0	1,5	2,0
- termolacado muy coloreado (10%) azul – verdoso	120	180	360	1,0	1,3	1,5	2,0
- termolacado colores medios (30 – 40%) rojo, marrón, amarillo	40	60	120	1,2	1,0	2,0	4,0
- termolacado colores medios (30 – 40%) azul – verdoso	40	60	120	1,0	1,2	2,0	4,0
- termolacado colores pastel (60 – 70%) rojo, marrón, amarillo	20	30	60	1,1	1,0	3,0	5,0
- termolacado colores pastel (60 – 70%) azul - verdoso	20	30	60	1,0	1,1	3,0	5,0

⁽¹⁾ Valores mínimos de iluminancia media en servicio con mantenimiento de la instalación sobre la superficie limpia iluminada con lámparas de incandescencia.

⁽²⁾ Coeficientes multiplicadores de corrección para lámparas de halogenuros metálicos (H.M.), vapor de mercurio (V.M.), de vapor de sodio a alta presión (S.A.P.) y a baja presión (S.B.P.), así como para el estado de limpieza de la superficie iluminada.

En todo caso, se deberán cumplir los valores máximos de luminancia media, establecidas para cada zona E1, E2, E3 y E4 en la tabla 3 de la Instrucción Técnica Complementaria ITC-EA-03.

MINISTERIO DE
INDUSTRIA TURISMO
Y COMERCIO

MEDICIONES LUMINOTÉCNICAS EN LAS INSTALACIONES DE ALUMBRADO

ITC – EA – 02

5. ALUMBRADO PARA VIGILANCIA Y SEGURIDAD NOCTURNA

Es el correspondiente a la iluminación de fachadas y áreas destinadas a actividades industriales, comerciales, de servicios, deportivas y recreativas, etc. con fines de vigilancia y seguridad durante la noche.

La tabla 12 incluye los valores de referencia de los niveles de iluminancia media vertical en fachada del edificio y horizontal en las inmediaciones del mismo, en función de la reflectancia o factor de reflexión ρ de la fachada.

Tabla 12 – Niveles de iluminancia media en alumbrado para vigilancia y seguridad nocturna

Factor de reflexión Fachada Edificio	Iluminancia Media E_m (lux) ⁽¹⁾	
	Vertical en Fachada ⁽²⁾	Horizontal en Inmediaciones
Muy clara $\rho=0,60$	1	1
Normal $\rho=0,30$	2	2
Oscura $\rho=0,15$	4	2
Muy oscura $\rho=0,075$	8	4

(1) Los niveles de la tabla son valores mínimos en servicio con mantenimiento de la instalación de alumbrado.
(2) La iluminancia media vertical solo se considerará hasta una altura de 4 m desde el suelo

En las áreas destinadas a actividades industriales, comerciales, de servicios, deportivas, recreativas, etc. los niveles de referencia medios de iluminancia serán los siguientes:

- Áreas de riesgo normal: 5 lux
- Áreas de riesgo elevado: 20 lux
- Áreas de alto riesgo: 50 lux

Para la obtención de los niveles anteriores se admitirá la instalación de un sistema de alumbrado de seguridad temporizado, activado por detectores de presencia.

6. ALUMBRADO DE SEÑALES Y ANUNCIOS LUMINOSOS

Es el correspondiente a señales, carteles, anuncios luminosos, anuncios iluminados, alumbrado de escaparates, mobiliario urbano y edículos como marquesinas, cabinas telefónicas, etc. Se excluyen de este tipo todas las señales y anuncios de tráfico.

Los valores de referencia de niveles máximos de luminancia (cd/m^2) para señales y anuncios luminosos e iluminados en función de la superficie (m^2), son los determinados en la tabla 13.

MINISTERIO DE
INDUSTRIA TURISMO
Y COMERCIO

MEDICIONES LUMINOTÉCNICAS EN LAS INSTALACIONES DE ALUMBRADO

ITC – EA – 02

Tabla 13 – Niveles de luminancia máxima de señales y anuncios luminosos.

Superficie (m ²)	Luminancia Máxima (cd/m ²)
$S \leq 0,5$	1.000
$0,5 < S \leq 2$	800
$2 < S \leq 10$	600
$S > 10$	400

En todo caso, se deberán cumplir los valores máximos de luminancia de rótulos y anuncios luminosos, establecidos para cada Zona E1, E2, E3 y E4 en la tabla 3 de la Instrucción Técnica Complementaria ITC-EA-03.

7. ALUMBRADO FESTIVO Y NAVIDEÑO

La potencia máxima instalada por unidad de superficie (W/m²), en función de la anchura de la calle y del número de horas de funcionamiento por año del alumbrado festivo o navideño, no sobrepasarán los valores establecidos en la tabla 14. No se establece límite de potencia instalada por unidad de superficie para alumbrados festivos y navideños cuya duración de funcionamiento sea inferior a 100 horas anuales.

Tabla 14 – Valores máximos de la potencia instalada en alumbrado festivo y navideño.

Anchura de la calle entre fachadas	Potencia máxima instalada por unidad de superficie W/m ²	
	Nº de horas al año de funcionamiento mayor de 200 horas	Nº de horas al año de funcionamiento entre 100 y 200 horas
Hasta 10 m	10	15
Entre 10 m y 20 m	8	12
Más de 20 m	6	9

8. DESLUMBRAMIENTOS

8.1 Instalaciones de Alumbrado vial funcional

En las instalaciones de alumbrado funcional, el deslumbramiento perturbador o incremento de umbral máximo T1 en %, para cada clase de alumbrado será el establecido en la tabla 6 de esta ITC-EA-02.

Cuando se utilice el criterio de iluminancia, de conformidad con lo señalado en el epígrafe 2.3 de esta ITC, se limitará la intensidad luminosa de las luminarias conforme a lo dispuesto en la tabla 10 de esta ITC-EA-02.

8.2 Instalaciones de Alumbrado vial ambiental

La tabla 15 proporciona las clases D de índice de deslumbramiento que se utilizará para satisfacer los requisitos apropiados del deslumbramiento molesto para las luminarias de ambiente con superficie luminosa difusora, instaladas a baja altura.

El índice de deslumbramiento de una instalación de alumbrado vial ambiental es

$$D = I \cdot A^{-0,5} \text{ cd/m}^2$$

donde:

- I es el valor máximo de la intensidad luminosa (cd) en cualquier dirección que forme un ángulo de 85° con la vertical.
- A es el área aparente (m²) de las partes luminosas de la luminaria en un plano perpendicular a la dirección de la intensidad (I).

Si en la dirección de la intensidad I, son visibles partes de la fuente luminosa, bien directamente o bien como imágenes, se aplicará la clase D0. En este caso se deberán utilizar fuentes luminosas de bajo brillo, por ejemplo lámparas fluorescentes.

Tabla 15 - Clases D de índice de deslumbramiento

Clase	D0	D1	D2	D3	D4	D5	D6
Índice de deslumbramiento máximo	-	7.000	5.500	4.000	2.000	1.000	500

Para alumbrado de vías peatonales, las clases D de índice de deslumbramiento máximo en función de la altura h de montaje en metros de las luminarias, serán las indicadas en la tabla 16:

Tabla 16 - Índice de deslumbramiento en función de la altura de montaje

Altura de Montaje	Clases D
$h \leq 4,5$	D3
$4,5 < h \leq 6$	D2
$h > 6$	D1

8.3 Otras Instalaciones de Alumbrado

Para evaluar el deslumbramiento en la iluminación -de recintos abiertos-superficies, instalaciones deportivas y áreas de trabajo exteriores, aparcamientos y, en general, en la iluminación a gran altura se utiliza el índice de deslumbramiento GR cuya escala de 0 a 100, en orden creciente de deslumbramiento es la indicada en la tabla 17:

MINISTERIO DE
INDUSTRIA TURISMO
Y COMERCIO

MEDICIONES LUMINOTÉCNICAS EN LAS INSTALACIONES DE ALUMBRADO

ITC – EA – 02

Tabla 17 - Evaluación del deslumbramiento mediante el índice GR

Deslumbramiento	Índice GR
Insignificante	10
Ligero	30
Límite admisible	50
Molesto	70
Insoportable	90

Los límites de deslumbramiento para este tipo de instalaciones de alumbrado son los establecidos en la tabla 18.

Tabla 18 - Límites del deslumbramiento en recintos abiertos y, en general en la iluminación a gran altura

Destino del alumbrado	Tipo de Actividad	GR _{máx}
A la salvaguarda y seguridad	Riesgos bajos	55
	Riesgos medios	50
	Riesgos altos	45
Al movimiento y seguridad	Solamente peatones	55
	Tráfico lento	50
	Tráfico normal	45
Al trabajo	Basto	55
	Basto y medio	50
	Fino	45
Instalaciones deportivas	Entrenamiento	55
	Competición	50
Para tareas decisivas de visión en áreas de trabajo los valores de GR máx serán 5 unidades por debajo de las establecidas		

9. NIVELES DE ILUMINACIÓN REDUCIDOS

Con la finalidad de ahorrar energía, disminuir el resplandor luminoso nocturno y limitar la luz molesta, a ciertas horas de la noche, deberá reducirse el nivel de iluminación en las instalaciones de alumbrado vial, alumbrado específico, alumbrado ornamental y alumbrado de señales y anuncios luminosos, con potencia instalada superior a 5 kW salvo que, por razones de seguridad, a justificar en el proyecto, no resultara recomendable efectuar variaciones temporales o reducción de los niveles de iluminación.

Cuando se reduzca el nivel de iluminación, es decir, se varíe la clase de alumbrado a una hora determinada, deberán mantenerse los criterios de uniformidad de luminancia / iluminancia y deslumbramiento establecidos en ésta Instrucción ITC-EA-02.

MINISTERIO DE
INDUSTRIA TURISMO
Y COMERCIO

MEDICIONES LUMINOTÉCNICAS EN LAS INSTALACIONES DE ALUMBRADO

ITC – EA – 02

10. CLASES DE ALUMBRADO DE SIMILAR NIVEL DE ILUMINACION

En la Tabla 19 se indican en la misma columna las diferentes clases de alumbrado que se consideran equivalentes por tener un nivel de iluminación similar.

TABLA 19 – Clases de alumbrado de similar nivel de iluminación.

	ME 1 MEW 1	ME 2 MEW 2	ME 3 MEW 3	ME 4 MEW 4	ME 5 MEW 5	ME 6
CEO	CE 1	CE 2	CE 3	CE 4	CE 5	
			S 1	S 2	S 3	S 4

MINISTERIO DE
INDUSTRIA TURISMO
Y COMERCIO

RESPLANDOR LUMINOSO NOCTURNO Y LUZ INTRUSA O MOLESTA

ITC - EA - 03

Instrucción Técnica Complementaria EA -03

RESPLANDOR LUMINOSO NOCTURNO Y LUZ INTRUSA O MOLESTA

INDICE

1. RESPLANDOR LUMINOSO NOCTURNO
 - 1.1 Limitaciones de las Emisiones Luminosas
 - 1.2 Lámparas
2. LIMITACIÓN DE LA LUZ INTRUSA O MOLESTA

MINISTERIO DE
INDUSTRIA TURISMO
Y COMERCIO

RESPLANDOR LUMINOSO NOCTURNO Y LUZ INTRUSA O MOLESTA

ITC – EA – 03

1. RESPLANDOR LUMINOSO NOCTURNO

El resplandor luminoso nocturno o contaminación lumínica es la luminosidad producida en el cielo nocturno por la difusión y reflexión de la luz en los gases, aerosoles y partículas en suspensión en la atmósfera, procedente, entre otros orígenes, de las instalaciones de alumbrado exterior, bien por emisión directa hacia el cielo o reflejada por las superficies iluminadas.

En la Tabla 1 se clasifican las diferentes zonas en función de su protección contra la contaminación luminosa, según el tipo de actividad a desarrollar en cada una de las zonas.

Tabla 1 – Clasificación de zonas de protección contra la contaminación luminosa

CLASIFICACIÓN DE ZONAS	DESCRIPCIÓN
E1	ÁREAS CON ENTORNOS O PAISAJES OSCUROS: Observatorios astronómicos de categoría internacional, parques nacionales, espacios de interés natural, áreas de protección especial (red natura, zonas de protección de aves, etc.), donde las carreteras están sin iluminar.
E2	ÁREAS DE BRILLO O LUMINOSIDAD BAJA: Zonas periurbanas o extrarradios de las ciudades, suelos no urbanizables, áreas rurales y sectores generalmente situados fuera de las áreas residenciales urbanas o industriales, donde las carreteras están iluminadas.
E3	ÁREAS DE BRILLO O LUMINOSIDAD MEDIA: Zonas urbanas residenciales, donde las calzadas (vías de tráfico rodado y aceras) están iluminadas.
E4	ÁREAS DE BRILLO O LUMINOSIDAD ALTA: Centros urbanos, zonas residenciales, sectores comerciales y de ocio, con elevada actividad durante la franja horaria nocturna.

1.1 Limitaciones de las Emisiones Luminosas

Se limitarán las emisiones luminosas hacia el cielo en las instalaciones de alumbrado exterior, con excepción de las de alumbrado festivo y navideño.

La luminosidad del cielo producida por las instalaciones de alumbrado exterior depende del flujo hemisférico superior instalado y es directamente proporcional a la superficie iluminada y a su nivel de iluminancia, e inversamente proporcional a los factores de utilización y mantenimiento de la instalación.

El flujo hemisférico superior instalado FHS_{inst} o emisión directa de las luminarias a implantar en cada zona E1, E2, E3 y E4, no superará los límites establecidos en la tabla 2.

MINISTERIO DE
INDUSTRIA TURISMO
Y COMERCIO

RESPLANDOR LUMINOSO NOCTURNO Y LUZ INTRUSA O MOLESTA

ITC – EA – 03

Tabla 2 - Valores límite del flujo hemisférico superior instalado

CLASIFICACIÓN DE ZONAS	FLUJO HEMISFÉRICO SUPERIOR INSTALADO FHS_{INST}
E1	$\leq 1\%$
E2	$\leq 5\%$
E3	$\leq 15\%$
E4	$\leq 25\%$

Además de ajustarse a los valores de la tabla 2, para reducir las emisiones hacia el cielo tanto directas, como las reflejadas por las superficies iluminadas, la instalación de las luminarias deberá cumplir los siguientes requisitos:

- Se iluminará solamente la superficie que se quiere dotar de alumbrado.
- Los niveles de iluminación no deberán superar los valores máximos establecidos en la ITC-EA-02.
- El factor de utilización y el factor de mantenimiento de la instalación satisfarán los valores mínimos establecidos en la ITC-EA-04.

1.2 Lámparas

En la Zona E1 se utilizarán lámparas de vapor de sodio. Cuando no resulte posible utilizar dichas lámparas, se procederá a filtrar la radiación de longitudes de onda inferiores a 440 nm.

2. LIMITACIÓN DE LA LUZ INTRUSA O MOLESTA

Con objeto de minimizar los efectos de la luz intrusa o molesta procedente de instalaciones de alumbrado exterior, sobre residentes y sobre los ciudadanos en general, las instalaciones de alumbrado exterior, con excepción del alumbrado festivo y navideño, se diseñarán para que cumplan los valores máximos establecidos en la tabla 3 de los siguientes parámetros:

- Iluminancia vertical (E_v) en ventanas;
- Luminancia (L) de las luminarias medida como Intensidad luminosa (I) emitida por cada luminaria en la dirección potencial de la molestia;
- Luminancia media (L_m) de las superficies de los paramentos de los edificios que como consecuencia de una iluminación excesiva pueda producir molestias;
- Luminancia máxima (L_{max}) de señales y anuncios luminosos;
- Incremento umbral de contraste (TI) que expresa la limitación del deslumbramiento perturbador o incapacitivo en las vías de tráfico rodado producido por instalaciones de alumbrado distintas de las de viales. Dicho incremento constituye la medida por la que se cuantifica la pérdida de visión causada por dicho deslumbramiento. El TI producido por el alumbrado vial esta limitado por la ITC-EA-02.

En función de la clasificación de zonas (E1, E2, E3 y E4) la luz molesta procedente de las instalaciones de alumbrado exterior, se limitará a los valores indicados en la tabla 3:

MINISTERIO DE INDUSTRIA TURISMO Y COMERCIO	RESPLANDOR LUMINOSO NOCTURNO Y LUZ INTRUSA O MOLESTA	ITC – EA – 03
--	---	---------------

Tabla 3.- Limitaciones de la luz molesta procedente de instalaciones de alumbrado exterior

Parámetros luminotécnicos	Valores máximos			
	Observatorios astronómicos y parques naturales E1	Zonas periurbanas y áreas rurales E2	Zonas urbanas residenciales E3	Centros urbanos y áreas comerciales E4
Illuminancia vertical (E_v)	2 lux	5 lux	10 lux	25 lux
Intensidad luminosa emitida por las luminarias (I)	2.500 cd	7.500 cd	10.000 cd	25.000 cd
Luminancia media de las fachadas (L_m)	5 cd/m ²	5 cd/m ²	10 cd/m ²	25 cd/m ²
Luminancia máxima de las fachadas (L_{max})	10 cd/m ²	10 cd/m ²	60 cd/m ²	150 cd/m ²
Luminancia máxima de señales y anuncios luminosos ($L_{máx}$)	50 cd/m ²	400 cd/m ²	800 cd/m ²	1.000 cd/m ²
Incremento de umbral de contraste (TI)	Clase de Alumbrado			
	Sin iluminación	ME 5	ME3 / ME4	ME1 / ME2
	TI = 15% para adaptación a L = 0,1 cd/m ²	TI = 15% para adaptación a L = 1 cd/m ²	TI = 15% para adaptación a L = 2 cd/m ²	TI = 15% para adaptación a L = 5 cd/m ²

MINISTERIO DE
INDUSTRIA TURISMO
Y COMERCIO

COMPONENTES DE LAS INSTALACIONES

ITC - EA - 04

Instrucción Técnica Complementaria EA -04

COMPONENTES DE LAS INSTALACIONES

INDICE

1. GENERALIDADES
2. LÁMPARAS
3. LUMINARIAS
 - 3.1 Prescripciones específicas de los proyectores
4. EQUIPOS AUXILIARES
5. SISTEMAS DE ACCIONAMIENTO
6. SISTEMAS DE REGULACIÓN DEL NIVEL LUMINOSO

MINISTERIO DE INDUSTRIA TURISMO Y COMERCIO	COMPONENTES DE LAS INSTALACIONES	ITC – EA – 04
1. GENERALIDADES		
<p>En lo referente a los métodos de medida y presentación de las características fotométricas de lámparas y luminarias, se seguirá lo establecido en las normas relevantes de la serie UNE-EN 13032 “Luz y alumbrado. Medición y presentación de datos fotométricos de lámparas y luminarias”.</p>		
<p>El flujo hemisférico superior instalado (FHS_{INST}), rendimiento de la luminaria (η), factor de utilización (f_u), grado de protección IP, eficacia de la lámpara y demás características relevantes para cada tipo de luminaria, lámpara o equipos auxiliares, deberán ser garantizados por el fabricante, mediante una declaración expresa o certificación de un laboratorio acreditado.</p>		
<p>A fin de garantizar que los parámetros de diseño de las instalaciones se ajustan a los valores nominales previstos, los equipos auxiliares que se incorporen en las instalaciones de alumbrado, deberán cumplir las condiciones de funcionamiento establecidas en las normas UNE-EN de prescripciones de funcionamiento siguientes:</p>		
<ul style="list-style-type: none">a) UNE-EN 60921 - Balastos para lámparas fluorescentesb) UNE-EN 60923 - Balastos para lámparas de descarga, excluidas las fluorescentes.c) UNE-EN 60929 - Balastos electrónicos alimentados en c.a. para lámparas fluorescentes.		
2. LÁMPARAS		
<p>Con excepción de las iluminaciones navideñas y festivas, las lámparas utilizadas en instalaciones de alumbrado exterior tendrán una eficacia luminosa superior a:</p>		
<ul style="list-style-type: none">a) 40 lum/W, para alumbrados de vigilancia y seguridad nocturna y de señales y anuncios luminososb) 65 lum/W, para alumbrados vial, específico y ornamental		
3. LUMINARIAS		
<p>Las luminarias incluyendo los proyectores, que se instalen en las instalaciones de alumbrado excepto las de alumbrado festivo y navideño, deberán cumplir con los requisitos de la tabla 1 respecto a los valores de rendimiento de la luminaria (η) y factor de utilización (f_u).</p>		
<p>En lo referente al factor de mantenimiento (f_m) y al flujo hemisférico superior instalado (FHS_{inst}), cumplirán lo dispuesto en las ITC-EA-06 y la ITC-EA-03, respectivamente.</p>		
<p>Además, las luminarias deberán elegirse de forma que se cumplan los valores de eficiencia energética mínima, para instalaciones de alumbrado vial y el resto de requisitos para otras instalaciones de alumbrado, según lo establecido en la ITC-EA-01.</p>		

MINISTERIO DE INDUSTRIA TURISMO Y COMERCIO	COMPONENTES DE LAS INSTALACIONES	ITC – EA – 04
--	----------------------------------	---------------

Tabla 1 - Características de las luminarias y proyectores.

PARÁMETROS	ALUMBRADO VIAL		RESTO ALUMBRADOS (1)	
	Funcional	Ambiental	Proyectores	Luminarias
Rendimiento	≥ 65%	≥ 55%	≥ 55%	≥ 60%
Factor de utilización	(2)	(2)	≥ 0,25	≥ 0,30

(1) A excepción de alumbrado festivo y navideño.

(2) Alcanzarán los valores que permitan cumplir los requisitos mínimos de eficiencia energética establecidos en las tablas 1 y 2 de la ITC-EA-01.

3.1 Prescripciones específicas de los proyectores

3.1.1 Los proyectores son luminarias cuya distribución fotométrica, conseguida mediante un sistema óptico especialmente diseñado, permite la iluminación a cierta distancia de la ubicación del proyector.

3.1.2 A fin de conseguir una elevada eficiencia energética, cuando se utilicen proyectores para la iluminación de superficies horizontales, deberán cumplirse los siguientes aspectos:

- a) Se emplearán preferentemente proyectores del tipo asimétrico con objeto de controlar la luz emitida hacia el hemisferio superior.
- b) El ángulo de inclinación en el emplazamiento, que corresponde al valor de $I_{máx}/2$ situado por encima de la intensidad máxima ($I_{máx}$) emitida por el proyector, será inferior a 70° respecto a la vertical. Es decir, que la inclinación de la intensidad máxima ($I_{máx}$) debe ser inferior a:
 - b.1.- 60° para un proyector cuyo semiángulo de apertura por encima de la $I_{máx}$ sea de 10° .
 - b.2.- 65° para un proyector cuyo semiángulo de apertura por encima de la $I_{máx}$ sea de 5° .

No obstante, en todo caso, el ángulo de inclinación correspondiente a la intensidad máxima ($I_{máx}$) será inferior a 70° respecto a la vertical.

- c) La intensidad en ángulos superiores a 85° emitida por el proyector, se limitará a 50 cd/klm como máximo.

3.1.3 En la iluminación de superficies verticales, como por ejemplo, la ornamental de fachadas y monumentos, siempre que resulte factible, deberán cumplirse los siguientes aspectos:

- a) Con objeto de controlar la luz, se emplearán preferentemente proyectores del tipo asimétrico o que dispongan del apantallamiento preciso.
- b) La iluminación deberá realizarse preferentemente en sentido descendente, es decir, de arriba hacia abajo.

MINISTERIO DE
INDUSTRIA TURISMO
Y COMERCIO

COMPONENTES DE LAS INSTALACIONES

ITC – EA – 04

- c) Cuando esto resulte imposible, deberá tratarse que la línea de intensidad máxima del proyector no sobrepase la horizontal en más de 30°
- d) El flujo luminoso emitido por el proyector se ajustará a la superficie a iluminar y, en todo caso, no se proyectará fuera de la referida superficie una intensidad luminosa superior a 50 cd/klm.

4. EQUIPOS AUXILIARES

La potencia eléctrica máxima consumida por el conjunto del equipo auxiliar y lámpara de descarga, no superará los valores de la tabla 2.

Tabla 2 - Potencia máxima del conjunto lámpara y equipo auxiliar.

POTENCIA NOMINAL DE LÁMPARA (W)	POTENCIA TOTAL DEL CONJUNTO (W)			
	SAP	HM	SBP	VM
18	--	--	23	--
35	--	--	42	--
50	62	--	--	60
55	--	--	65	--
70	84	84	--	--
80	--	--	--	92
90	--	--	112	--
100	116	116	--	--
125	--	--	--	139
135	--	--	163	--
150	171	171	--	--
180	--	--	215	--
250	277	270 (2,15A) 277 (3A)	--	270
400	435	425 (3,5A) 435 (4,6A)	--	425

La potencia eléctrica máxima consumida del conjunto equipo auxiliar y lámpara fluorescente se ajustarán a los valores admitidos por el Real Decreto 838/2002, de 2 de agosto, por el que se establecen los requisitos de eficiencia energética de los balastos de lámparas fluorescentes.

5. SISTEMAS DE ACCIONAMIENTO

Los sistemas de accionamiento deberán garantizar que las instalaciones de alumbrado exterior se enciendan y apaguen con precisión a las horas previstas cuando la luminosidad ambiente lo requiera, al objeto de ahorrar energía.

El accionamiento de las instalaciones de alumbrado exterior podrá llevarse a cabo mediante diversos dispositivos, como por ejemplo, fotocélulas, relojes astronómicos y sistemas de encendido centralizado.

Toda instalación de alumbrado exterior con una potencia de lámparas y equipos auxiliares superiores a 5 kW, deberá incorporar un sistema de accionamiento por reloj astronómico o sistema de encendido centralizado, mientras que en aquellas con una potencia en lámparas y equipos auxiliares inferior o igual a 5 kW también podrá incorporarse un sistema de accionamiento mediante fotocélula.

MINISTERIO DE INDUSTRIA TURISMO Y COMERCIO	COMPONENTES DE LAS INSTALACIONES	ITC - EA - 04
--	----------------------------------	---------------

6. SISTEMAS DE REGULACIÓN DEL NIVEL LUMINOSO

Con la finalidad de ahorrar energía, las instalaciones de alumbrado recogidas en el capítulo 9 de la ITC-EA-02, se proyectarán con dispositivos o sistemas para regular el nivel luminoso mediante alguno de los sistemas siguientes:

- a) balastos serie de tipo inductivo para doble nivel de potencia;
- b) reguladores - estabilizadores en cabecera de línea;
- c) balastos electrónicos de potencia regulable.

Los sistemas de regulación del nivel luminoso deberán permitir la disminución del flujo emitido hasta un 50% del valor en servicio normal, manteniendo la uniformidad de los niveles de iluminación, durante las horas con funcionamiento reducido.

MINISTERIO DE
INDUSTRIA TURISMO
Y COMERCIO

DOCUMENTACIÓN TÉCNICA, VERIFICACIONES E INSPECCIONES

ITC – EA – 05

Instrucción Técnica Complementaria EA- 05

DOCUMENTACIÓN TÉCNICA, VERIFICACIONES E INSPECCIONES

INDICE

1. DOCUMENTACIÓN TÉCNICA

1.1 Proyecto

1.2 Memoria Técnica de Diseño (MTD)

2. VERIFICACIÓN E INSPECCIÓN DE LAS INSTALACIONES

2.1 Régimen de verificaciones e inspecciones

2.2 Mediciones

2.3 Procedimiento de evaluación

2.4 Clasificación de Defectos y Deficiencias de Funcionamiento

MINISTERIO DE INDUSTRIA TURISMO Y COMERCIO	DOCUMENTACIÓN TÉCNICA, VERIFICACIONES E INSPECCIONES	ITC – EA – 05
--	---	---------------

1. DOCUMENTACIÓN TÉCNICA

Según lo previsto en el artículo 10 del reglamento de eficiencia de alumbrado exterior, la documentación complementaria de las instalaciones incluidas en el ámbito de aplicación del mismo contendrá los cálculos de eficiencia energética y demás requisitos establecidos en la presente instrucción técnica complementaria, en forma de proyecto o memoria técnica de diseño, según corresponda.

1.1 Proyecto

La redacción del proyecto deberá ser tal que permita la ejecución de las obras e instalaciones previstas por otro técnico distinto al autor del mismo.

En la memoria del proyecto se concretarán las características de todos y cada uno de los componentes y de las obras proyectadas, con especial referencia al cumplimiento del reglamento de eficiencia energética en instalaciones de alumbrado exterior y a la mejora de la eficiencia y ahorro energético. Entre otros datos, se deberán incluir:

- a) Los referentes al titular de la instalación.
- b) Emplazamiento de la instalación.
- c) Uso al que se destina.
- d) Relación de luminarias, lámparas y equipos auxiliares que se prevea instalar y su potencia.
- e) Factor de utilización (f_u) y de mantenimiento (f_m) de la instalación de alumbrado exterior, eficiencia de las lámparas y equipos auxiliares a utilizar (ϵ_L), rendimiento de la luminaria (η), flujo hemisférico superior instalado (FHS_{inst}), disposición espacial adoptada para las luminarias y, cuando proceda, la relación luminancia/iluminancia (L/E) de la instalación.
- f) Régimen de funcionamiento previsto y descripción de los sistemas de accionamiento y de regulación del nivel luminoso.
- g) Medidas adoptadas para la mejora de la eficiencia y ahorro energético, así como para la limitación del resplandor luminoso nocturno y reducción de la luz intrusa o molesta.

Asimismo, de acuerdo con lo dispuesto en la ITC-EA-01, en las instalaciones de alumbrado exterior, con excepción de las de alumbrado de señales y anuncios luminosos y las de alumbrado festivo y navideño, deberá incorporarse:

- h) Cálculo de la eficiencia energética de la instalación ϵ , para cada una de las soluciones adoptadas.
- i) Calificación energética de la instalación en función del índice de eficiencia energética (I_ϵ).

La memoria del proyecto se complementará con los anexos relativos a los cálculos luminotécnicos -iluminancias, luminancias con sus uniformidades y deslumbramientos, relación de entorno-, el plan de mantenimiento a llevar a cabo y los correspondientes a la determinación de los costes de explotación y mantenimiento.

1.2 Memoria Técnica de Diseño (MTD)

En la memoria se concretarán las características de todos y cada uno de los componentes y de las obras proyectadas, con especial referencia al cumplimiento del reglamento de eficiencia energética en instalaciones de alumbrado exterior y a la mejora de la eficiencia y ahorro energético. Entre otros datos, se deberán incluir:

MINISTERIO DE INDUSTRIA TURISMO Y COMERCIO	DOCUMENTACIÓN TÉCNICA, VERIFICACIONES E INSPECCIONES	ITC – EA – 05
--	---	---------------

a) Los referentes al titular de la instalación.

b) Emplazamiento de la instalación.

c) Uso al que se destina.

d) Relación de luminarias, lámparas y equipos auxiliares que se prevea instalar y su potencia.

e) Factor de utilización (f_u) y de mantenimiento (f_m) de la instalación de alumbrado exterior, eficiencia de las lámparas y equipos auxiliares a utilizar (ϵ_L), rendimiento de la luminaria (η), flujo hemisférico superior instalado (FHS_{inst}) y disposición espacial adoptada para las luminarias.

f) Régimen de funcionamiento previsto y descripción de los sistemas de accionamiento de la instalación.

g) Medidas adoptadas para la mejora de la eficiencia y ahorro energético, así como para la limitación del resplandor luminoso nocturno y reducción de la luz intrusa o molesta.

Asimismo, de acuerdo con lo dispuesto en la ITC-EA-01, en las instalaciones de alumbrado exterior, con excepción de las de alumbrado de señales y anuncios luminosos y las de alumbrado festivo y navideño, deberá incorporarse:

h) Cálculo de la eficiencia energética de la instalación ϵ , para cada una de las soluciones adoptadas.

i) Calificación energética de la instalación en función del índice de eficiencia energética (I_e).
La memoria técnica de diseño se complementará con los anexos relativos a los cálculos luminotécnicos de iluminancia con sus uniformidades.

Para las instalaciones de alumbrado festivo y navideño, solo será necesario incluir la información correspondiente a los apartados a), b), c) y d) anteriores, así como:

j) Porcentaje de la potencia instalada correspondiente a lámparas incandescentes convencionales

k) Anchura de la calle

l) Potencia de las lámparas incandescentes convencionales utilizadas.

m) Potencia máxima instalada, por unidad de superficie de la calle.

2. VERIFICACIÓN E INSPECCIÓN DE LAS INSTALACIONES

2.1 Régimen de verificaciones e inspecciones

En virtud de lo estipulado en el artículo 13 del reglamento, se comprobará el cumplimiento de las disposiciones y requisitos de eficiencia energética establecidos en el reglamento y sus instrucciones técnicas complementarias, mediante verificaciones e inspecciones, que serán realizadas, respectivamente, por instaladores autorizados de acuerdo con el Reglamento electrotécnico para baja tensión, aprobado por Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, y por organismos de control, autorizados para este campo reglamentario según lo dispuesto en el Real Decreto 2200/1995, de 28 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de la infraestructura para la calidad y la seguridad industrial, que se indican a continuación:

a) Verificación inicial, previa a su puesta en servicio: Todas las instalaciones;

b) Inspección inicial, previa a su puesta en servicio: Las instalaciones de más de 5 kW de potencia instalada;

c) Verificaciones cada 5 años: Las instalaciones de hasta 5 kW de potencia instalada;

MINISTERIO DE INDUSTRIA TURISMO Y COMERCIO	DOCUMENTACIÓN TÉCNICA, VERIFICACIONES E INSPECCIONES	ITC – EA – 05
--	---	---------------

d) Inspecciones cada 5 años: Las instalaciones de más de 5 kW de potencia instalada.

2.2 Mediciones

2.2.1 Una vez finalizada la instalación del alumbrado exterior se procederá a efectuar las mediciones eléctricas y luminotécnicas, con objeto de comprobar los cálculos del proyecto.

2.2.2 La verificación de la instalación de alumbrado, tanto inicial como periódica, a realizar por el instalador autorizado, comprenderá las siguientes mediciones:

- a) Potencia eléctrica consumida por la instalación. Dicha potencia se medirá mediante un analizador de potencia trifásico con una exactitud mejor que el 5%. Durante la medida de la potencia consumida, se registrará la tensión de alimentación y se tendrá en cuenta su desviación respecto a la tensión nominal, para el cálculo de la potencia de referencia utilizada en el proyecto.
- b) Iluminancia media de la instalación. El valor de dicha iluminancia será el valor medio de las iluminancias medidas en los puntos de la retícula de cálculo, de acuerdo con lo establecido en la ITC-EA-07. Podrá aplicarse el método simplificado de medida de la iluminancia media, denominado de los "nueve puntos".
- c) Uniformidad de la instalación. Para el cálculo de los valores de uniformidad media se tendrán en cuenta las medidas individuales realizadas para el cálculo de la iluminancia media.

2.2.3 La inspección de las instalaciones, tanto inicial como periódica, a realizar por el organismo de control, incluirá, además de las medidas descritas anteriormente, las siguientes:

- d) Luminancia media de la instalación. Esta medida se realizará cuando la situación de proyecto incluya clases de alumbrado con valores de referencia para dicha magnitud.
- e) Deslumbramiento perturbador y relación entorno SR

2.2.4 A partir de las medidas anteriores, se determinarán la eficiencia energética (ϵ) y el índice de eficiencia energética (l_{ϵ}) reales de la instalación de alumbrado exterior. El valor de la eficiencia energética (ϵ) no deberá ser inferior en más de un 10% al del valor (ϵ) proyectado y la calificación energética de la instalación (l_{ϵ}) deberá coincidir con la proyectada.

2.3 Procedimiento de evaluación

2.3.1 Los organismos de control realizarán la inspección de las instalaciones sobre la base de las prescripciones del reglamento de eficiencia energética de alumbrado exterior y sus instrucciones técnicas complementarias y, en su caso, de lo especificado en la documentación técnica, aplicando los criterios para la clasificación de defectos que se relacionan en el apartado siguiente. La empresa instaladora, si lo estima conveniente, podrá asistir a la realización de estas inspecciones.

En las verificaciones periódicas, los instaladores autorizados se atenderán a las mediciones establecidas en el apartado anterior.

Como resultado de la inspección o verificación, el organismo de control o el instalador autorizado, según el caso, emitirá un certificado de inspección o de verificación, respectivamente, en el cual figurarán los datos de identificación de la instalación, las medidas realizadas y la posible relación de defectos, con su clasificación, y la calificación de la instalación, que podrá ser:

MINISTERIO DE INDUSTRIA TURISMO Y COMERCIO	DOCUMENTACIÓN TÉCNICA, VERIFICACIONES E INSPECCIONES	ITC – EA – 05
<p>a) Favorable: Cuando no se determine la existencia de ningún defecto muy grave o grave. En este caso, los posibles defectos leves se anotarán para constancia del titular, con la indicación de que deberá poner los medios para subsanarlos antes de la próxima inspección; Asimismo, podrán servir de base a efectos estadísticos y de control del buen hacer de las empresas instaladoras.</p> <p>b) Condicionada: Cuando se detecte la existencia de, al menos, un defecto grave o defecto leve procedente de otra inspección anterior que no se haya corregido. En este caso:</p> <p>b.1) Las instalaciones nuevas que sean objeto de esta calificación no podrán ser suministradas de energía eléctrica en tanto no se hayan corregido los defectos indicados y puedan obtener la calificación de favorable.</p> <p>b.2) A las instalaciones ya en servicio se les fijará un plazo para proceder a su corrección, que no podrá superar los 6 meses. Transcurrido dicho plazo sin haberse subsanado los defectos, el Organismo de Control deberá remitir el Certificado con la calificación negativa a la Administración pública competente.</p> <p>c) Negativa: Cuando se observe, al menos, un defecto muy grave. En este caso:</p> <p>c.1) Las nuevas instalaciones no podrán entrar en servicio, en tanto no se hayan corregido los defectos indicados y puedan obtener la calificación de favorable.</p> <p>c.2) A las instalaciones ya en servicio se les emitirá Certificado negativo, que se remitirá inmediatamente a la Administración pública competente.</p>		
<u>2.4 Clasificación de Defectos y Deficiencias de Funcionamiento</u>		
<p>Los defectos y deficiencias de funcionamiento en las instalaciones de alumbrado exterior se clasificarán en muy graves, graves y leves.</p>		
2.4.1 Defecto y deficiencia de funcionamiento muy grave		
<p>Defecto y deficiencia de funcionamiento muy grave serán aquellos que afecten muy gravemente a la eficiencia energética de la instalación, resplandor luminoso nocturno y luz intrusa o molesta generada.</p>		
<p>Sin carácter exhaustivo, se consideran, de modo expreso, defectos o deficiencias de funcionamiento muy graves, los siguientes:</p>		
<p>a) No alcanzar injustificadamente el 75% de los valores de eficiencia energética mínima (ϵ) establecidos en la ITC-EA-01 o no llegar al 75% de los valores de eficiencia energética proyectados, cuando no existan valores mínimos.</p> <p>b) Superar injustificadamente en más del 50% los niveles máximos de iluminación en servicio con mantenimiento de la instalación (ITC-EA-02).</p> <p>c) Carecer de sistema de regulación del nivel luminoso conforme a las condiciones establecidas en el apartado 10 de la ITC-EA-02.</p> <p>d) Eludir reiteradamente el cumplimiento de los horarios de utilización de las instalaciones.</p> <p>e) Incumplir en más del 15% las limitaciones del flujo hemisférico superior instalado emitido por las luminarias establecidas en la ITC-EA-03.</p>		

MINISTERIO DE INDUSTRIA TURISMO Y COMERCIO	DOCUMENTACIÓN TÉCNICA, VERIFICACIONES E INSPECCIONES	ITC – EA – 05
--	--	---------------

- f) No implantar el servicio de mantenimiento.
- g) La manifiesta reincidencia en defectos y deficiencias de funcionamiento graves.

2.4.2 Defecto y deficiencia de funcionamiento grave

Defecto y deficiencia de funcionamiento grave serán aquellos que perjudiquen sustancialmente a la eficiencia energética de la instalación, o supongan un incremento importante del resplandor luminoso nocturno y la luz intrusa o molesta.

Sin carácter exhaustivo, se consideran, de modo expreso, defectos o deficiencias de funcionamiento graves, los siguientes:

- a) No alcanzar injustificadamente el 85% de los valores de eficiencia energética mínima (ϵ) establecidos en la ITC-EA-01 o no llegar al 85% de los valores de eficiencia energética proyectados, cuando no existan valores mínimos.
- b) Superar injustificadamente en más de un 30% los niveles máximos de iluminación en servicio con mantenimiento de la instalación establecidos en la ITC-EA-02.
- c) Implantar un sistema de regulación del nivel luminoso inadecuado o mantenerlo averiado de manera repetida.
- d) Eludir de forma reiterada, más de 10 veces durante el último año, el cumplimiento de los horarios de utilización de las instalaciones.
- e) Incumplir en más del 8% las limitaciones del flujo hemisférico superior instalado emitido por las luminarias establecidas en la ITC-EA-03.
- f) No adecuar las acciones de mantenimiento a las operaciones preventivas con la periodicidad necesaria, con caída sustancial del factor de mantenimiento establecido en la documentación técnica.
- g) La sucesiva reiteración en defectos y deficiencias de funcionamiento leves.

2.4.3 Defecto y deficiencia de funcionamiento leve

Defecto y deficiencia de funcionamiento leve será todo aquel que no perturbe de modo esencial la eficiencia energética de la instalación, o no genere un aumento trascendental del resplandor luminoso nocturno y de la luz intrusa o molesta.

Sin carácter exhaustivo, se consideran, de modo expreso, defectos o deficiencias de funcionamiento leves, los siguientes:

- a) No alcanzar, injustificadamente, el 90 % de los valores de eficiencia energética mínima (ϵ) establecidos en la ITC-EA-01 o no llegar al 90 % de los valores de eficiencia energética proyectados, cuando no existan valores mínimos.
- b) Superar, injustificadamente, en más de un 15% los niveles máximos de iluminación en servicio con mantenimiento de la instalación establecidos en la ITC-EA-02.
- c) Funcionamiento deficiente del sistema de regulación del nivel luminoso, con ahorro energético inferior al previsto en la documentación técnica (Proyecto o Memoria Técnica de Diseño).
- d) Eludir más de 4 veces al año el cumplimiento de los horarios de utilización de las instalaciones.

MINISTERIO DE INDUSTRIA TURISMO Y COMERCIO	DOCUMENTACIÓN TÉCNICA, VERIFICACIONES E INSPECCIONES	ITC – EA – 05
<p>e) Incumplir en más del 3% las limitaciones del flujo hemisférico superior instalado, emitido por las luminarias establecidas en la ITC-EA-03.</p> <p>f) Efectuar un mantenimiento insuficiente con caída del factor de mantenimiento de la instalación.</p> <p>g) Todos aquellos defectos y deficiencias de funcionamiento no calificados como graves y muy graves.</p>		

MINISTERIO DE
INDUSTRIA TURISMO
Y COMERCIO

MANTENIMIENTO DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LAS INSTALACIONES

ITC – EA – 06

Instrucción Técnica Complementaria EA- 06
MANTENIMIENTO DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA
DE LAS INSTALACIONES

INDICE

- 1. GENERALIDADES**
- 2. FACTOR DE MANTENIMIENTO**
- 3. OPERACIONES DE MANTENIMIENTO Y SU REGISTRO**

MINISTERIO DE
INDUSTRIA TURISMO
Y COMERCIO

MANTENIMIENTO DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LAS INSTALACIONES

ITC – EA – 06

1. GENERALIDADES

Las características y las prestaciones de una instalación de alumbrado exterior se modifican y degradan a lo largo del tiempo. Una explotación correcta y un buen mantenimiento permitirán conservar la calidad de la instalación, asegurar el mejor funcionamiento posible y lograr una idónea eficiencia energética.

Las características fotométricas y mecánicas de una instalación de alumbrado exterior se degradarán a lo largo del tiempo debido a numerosas causas, siendo las más importantes las siguientes:

- La baja progresiva del flujo emitido por las lámparas.
- El ensuciamiento de las lámparas y del sistema óptico de la luminaria.
- El envejecimiento de los diferentes componentes del sistema óptico de las luminarias (reflector, refractor, cierre, etc.).
- El prematuro cese de funcionamiento de las lámparas.
- Los desperfectos mecánicos debidos a accidentes de tráfico, actos de vandalismo, etc.

La peculiar implantación de las instalaciones de alumbrado exterior a la intemperie, sometidas a los agentes atmosféricos, el riesgo que supone que parte de sus elementos sean fácilmente accesibles, así como la primordial función que dichas instalaciones desempeñan en materia de seguridad vial, así como de las personas y los bienes, obligan a establecer un correcto mantenimiento de las mismas.

2. FACTOR DE MANTENIMIENTO

El factor de mantenimiento (f_m) es la relación entre la iluminancia media en la zona iluminada después de un determinado período de funcionamiento de la instalación de alumbrado exterior (Iluminancia media en servicio – $E_{servicio}$), y la iluminancia media obtenida al inicio de su funcionamiento como instalación nueva (Iluminación media inicial – $E_{inicial}$).

$$f_m = \frac{E_{servicio}}{E_{inicial}} = \frac{E}{E_i}$$

El factor de mantenimiento será siempre menor que la unidad ($f_m < 1$), e interesará que resulte lo más elevado posible para una frecuencia de mantenimiento lo más baja que pueda llevarse a cabo.

El factor de mantenimiento será función fundamentalmente de:

- a) El tipo de lámpara, depreciación del flujo luminoso y su supervivencia en el transcurso del tiempo;
- b) La estanqueidad del sistema óptico de la luminaria mantenida a lo largo de su funcionamiento;
- c) La naturaleza y modalidad de cierre de la luminaria;
- d) La calidad y frecuencia de las operaciones de mantenimiento;
- e) El grado de contaminación de la zona donde se instale la luminaria.

El factor de mantenimiento será el producto de los factores de depreciación del flujo luminoso de las lámparas, de su supervivencia y de depreciación de la luminaria, de forma que se verificará:

MINISTERIO DE
INDUSTRIA TURISMO
Y COMERCIO

MANTENIMIENTO DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LAS INSTALACIONES

ITC – EA – 06

$$f_m = \text{FDFL} \cdot \text{FSL} \cdot \text{FDLU}$$

Siendo:

FDFL = factor de depreciación del flujo luminoso de la lámpara.

FSL = factor de supervivencia de la lámpara.

FDLU = factor de depreciación de la luminaria.

En el caso de túneles y pasos inferiores de tráfico rodado y peatonales también se tendrá en cuenta el factor de depreciación de las superficies del recinto (FDSR), de forma que se cumplirá:

$$f_m = \text{FDFL} \cdot \text{FSL} \cdot \text{FDLU} \cdot \text{FDSR}$$

Los factores de depreciación y supervivencia máximos admitidos se indican en las tablas 1, 2 y 3:

Tabla 1 – Factores de depreciación del flujo luminoso de las lámparas (FDFL)

Tipo de lámpara	Período de funcionamiento en horas				
	4.000 h	6.000 h	8.000 h	10.000 h	12.000 h
Sodio alta presión	0,98	0,97	0,94	0,91	0,90
Sodio baja presión	0,98	0,96	0,93	0,90	0,87
Halogenuros metálicos	0,82	0,78	0,76	0,76	0,73
Vapor de mercurio	0,87	0,83	0,80	0,78	0,76
Fluorescente tubular Trifósforo	0,95	0,94	0,93	0,92	0,91
Fluorescente tubular Halofosfato	0,82	0,78	0,74	0,72	0,71
Fluorescente compacta	0,91	0,88	0,86	0,85	0,84

Tabla 2 – Factores de supervivencia de las lámparas (FSL)

Tipo de lámpara	Período de funcionamiento en horas				
	4.000 h	6.000 h	8.000 h	10.000 h	12.000 h
Sodio alta presión	0,98	0,96	0,94	0,92	0,89
Sodio baja presión	0,92	0,86	0,80	0,74	0,62
Halogenuros metálicos	0,98	0,97	0,94	0,92	0,88
Vapor de mercurio	0,93	0,91	0,87	0,82	0,76
Fluorescente tubular Trifósforo	0,99	0,99	0,99	0,98	0,96
Fluorescente tubular Halofosfato	0,99	0,98	0,93	0,86	0,70
Fluorescente compacta	0,98	0,94	0,90	0,78	0,50

Tabla 3 – Factores de depreciación de las luminarias (FDLU)

Grado protección sistema óptico	Grado de contaminación	Intervalo de limpieza en años				
		1 año	1,5 años	2 años	2,5 años	3 años
IP 2X	Alto	0,53	0,48	0,45	0,43	0,42
	Medio	0,62	0,58	0,56	0,54	0,53
	Bajo	0,82	0,80	0,79	0,78	0,78
IP 5X	Alto	0,89	0,87	0,84	0,80	0,76
	Medio	0,90	0,88	0,86	0,84	0,82
	Bajo	0,92	0,91	0,90	0,89	0,88
IP 6X	Alto	0,91	0,90	0,88	0,85	0,83
	Medio	0,92	0,91	0,89	0,88	0,87
	Bajo	0,93	0,92	0,91	0,90	0,90

A los efectos del cálculo del factor de mantenimiento, 1 año equivale a 4.000 h de funcionamiento.

MINISTERIO DE
INDUSTRIA TURISMO
Y COMERCIO

MANTENIMIENTO DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LAS INSTALACIONES

ITC – EA – 06

En el caso de túneles y pasos inferiores, los factores de depreciación máximos de las superficies del recinto (FDSR) serán los establecidos en la tabla 4.

Tabla 4 – Factores de depreciación de las superficies del recinto (FDSR)

Índice del recinto ⁽¹⁾ I_r	Distribución flujo luminoso	Intervalo de limpieza en años																	
		0,5 años			1 año			1,5 años			2 años			2,5 años			3 años		
		Grado de Contaminación ⁽¹⁾			Grado de Contaminación ⁽¹⁾			Grado de Contaminación ⁽¹⁾			Grado de Contaminación ⁽¹⁾			Grado de Contaminación ⁽¹⁾			Grado de Contaminación ⁽¹⁾		
		B	M	A	B	M	A	B	M	A	B	M	A	B	M	A	B	M	A
Pequeño $I_r = 0,7$	Directo	0,97	0,96	0,95	0,97	0,94	0,93	0,96	0,94	0,92	0,95	0,93	0,90	0,94	0,92	0,89	0,94	0,92	0,88
	Direc/Indirec	0,94	0,88	0,84	0,90	0,86	0,82	0,89	0,83	0,80	0,87	0,82	0,78	0,85	0,80	0,75	0,84	0,79	0,74
	Indirecto	0,90	0,84	0,80	0,85	0,78	0,73	0,83	0,75	0,69	0,81	0,73	0,66	0,77	0,70	0,62	0,75	0,68	0,59
Medio $I_r = 2,5$	Directo	0,98	0,97	0,96	0,98	0,96	0,95	0,97	0,96	0,95	0,96	0,95	0,94	0,96	0,95	0,94	0,96	0,95	0,94
	Direc/Indirec	0,95	0,90	0,86	0,92	0,88	0,85	0,90	0,86	0,83	0,89	0,85	0,81	0,87	0,84	0,79	0,86	0,82	0,78
	Indirecto	0,92	0,87	0,83	0,88	0,82	0,77	0,86	0,79	0,74	0,84	0,77	0,70	0,81	0,74	0,67	0,78	0,72	0,64
Grande $I_r = 5$	Directo	0,99	0,97	0,96	0,98	0,96	0,95	0,97	0,96	0,93	0,96	0,95	0,94	0,96	0,95	0,94	0,96	0,95	0,94
	Direc/Indirec	0,95	0,90	0,86	0,94	0,88	0,85	0,90	0,86	0,83	0,89	0,85	0,81	0,87	0,84	0,79	0,86	0,82	0,78
	Indirecto	0,92	0,87	0,83	0,88	0,82	0,77	0,86	0,79	0,74	0,84	0,77	0,70	0,81	0,74	0,68	0,78	0,72	0,65

⁽¹⁾ Grado de contaminación: B = baja, M = media, A = alta

⁽²⁾ Índice del recinto $I_r = \frac{L \cdot A}{H \cdot (L + A)}$; siendo L = longitud recinto, A = anchura recinto y H = altura montaje luminarias

El grado de contaminación atmosférica referido en las tablas 3 y 4, corresponderá a las siguientes especificaciones:

1) Grado de contaminación alto

Existe en las proximidades actividades generadoras de humo y polvo con niveles elevados. Con frecuencia las luminarias se encuentran envueltas en penachos de humo y nubes de polvo, que comportará un ensuciamiento importante de la luminaria en un medio corrosivo y corresponderá, entre otras, a:

- Vías de tráfico rodado de muy alta intensidad de tráfico.
- Zonas expuestas al polvo, contaminación atmosférica elevada y, eventualmente, a compuestos corrosivos generados por la industria de producción o de transformación.
- Sectores sometidos a la influencia marítima.

2) Grado de contaminación medio

Hay en el entorno actividades generadoras de humo y polvo con niveles moderados con intensidad de tráfico media, compuesto de vehículos ligeros y pesados, y un nivel de partículas en el ambiente igual o inferior a 600 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, que supondrá un ensuciamiento intermedio o mediano de la luminaria y corresponderá, entre otras, a:

MINISTERIO DE INDUSTRIA TURISMO Y COMERCIO	MANTENIMIENTO DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LAS INSTALACIONES	ITC – EA – 06
--	--	---------------

- a) Vías urbanas o periurbanas sometidas a una intensidad de tráfico medio.
- b) Zonas residenciales, de actividad u ocio, con las mismas condiciones de tráfico de vehículos.
- c) Aparcamientos al aire libre de vehículos

3) Grado de contaminación bajo

Ausencia en las zonas circundantes de actividades generadoras de humo y polvo, con poca intensidad de tráfico casi exclusivamente ligero. El nivel de partículas en el ambiente es igual o inferior a $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$, que corresponderá, entre otras, a:

- a) Vías residenciales no sometidas a un tráfico intenso de vehículos.
- b) Grandes espacios no sometidos a contaminación.
- c) Medio rural.

En el proyecto de alumbrado exterior, de acuerdo con los valores establecidos en las tablas 1, 2 y 3, se efectuará el cálculo del factor de mantenimiento (f_m), que servirá para determinar la iluminancia media inicial (E_i) en función de los valores de iluminancia media (E) en servicio con mantenimiento de la instalación establecidos en la ITC-EA-02 ($E_i = E/f_m$).

3. OPERACIONES DE MANTENIMIENTO Y SU REGISTRO

Para garantizar en el transcurso del tiempo el valor del factor de mantenimiento de la instalación, se realizarán las operaciones de reposición de lámparas y limpieza de luminarias con la periodicidad determinada por el cálculo del factor.

El titular de la instalación será el responsable de garantizar la ejecución del plan de mantenimiento de la instalación descrito en el proyecto o memoria técnica de diseño.

Las operaciones de mantenimiento relativas a la limpieza de las luminarias y a la sustitución de lámparas averiadas podrán ser realizadas directamente por el titular de la instalación o mediante subcontratación.

Las mediciones eléctricas y luminotécnicas incluidas en el plan de mantenimiento serán realizadas por un instalador autorizado en baja tensión, que deberá llevar un registro de operaciones de mantenimiento, en el que se reflejen los resultados de las tareas realizadas.

El registro podrá realizarse en un libro u hojas de trabajo o un sistema informatizado. En cualquiera de los casos, se numerarán correlativamente las operaciones de mantenimiento de la instalación de alumbrado exterior, debiendo figurar, como mínimo, la siguiente información:

- a) El titular de la instalación y la ubicación de ésta.
- b) El titular del mantenimiento.
- c) El número de orden de la operación de mantenimiento preventivo en la instalación.
- d) El número de orden de la operación de mantenimiento correctivo.

MINISTERIO DE INDUSTRIA TURISMO Y COMERCIO	MANTENIMIENTO DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LAS INSTALACIONES	ITC – EA – 06
<p>e) La fecha de ejecución.</p> <p>f) Las operaciones realizadas y el personal que las realizó.</p> <p>Además, con objeto de facilitar la adopción de medidas de ahorro energético, se registrará:</p> <p>g) Consumo energético anual.</p> <p>h) Tiempos de encendido y apagado de los puntos de luz.</p> <p>i) Medida y valoración de la energía activa y reactiva consumida, con discriminación horaria y factor de potencia,.</p> <p>j) Niveles de iluminación mantenidos.</p> <p>El registro de las operaciones de mantenimiento de cada instalación se hará por duplicado y se entregará una copia al titular de la instalación. Tales documentos deberán guardarse al menos durante cinco años, contados a partir de la fecha de ejecución de la correspondiente operación de mantenimiento.</p>		

MINISTERIO DE
INDUSTRIA TURISMO
Y COMERCIO

MEDICIONES LUMINOTÉCNICAS EN LAS INSTALACIONES DE ALUMBRADO

ITC – EA – 07

Instrucción Técnica Complementaria EA-07

MEDICIONES LUMINOTÉCNICAS EN LAS INSTALACIONES DE ALUMBRADO

INDICE

1. OBJETO
2. COMPROBACIONES ANTES DE REALIZAR LAS MEDIDAS
 - 2.1 Condiciones de validez para las medidas
 - 2.2 Medida de Luminancias
 - 2.3 Medida de Iluminancias
 - 2.4 Comprobación de las Mediciones Luminotécnicas
3. MEDIDA DE LUMINANCIA
 - 3.1 Selección de la retícula de medida
 - 3.2 Posición del observador
 - 3.3 Área límite
4. MEDIDA DE ILUMINANCIA
 - 4.1 Selección de la retícula de medida
 - 4.2 Área límite
 - 4.3 Método simplificado de medida de la iluminancia media
5. MEDIDA DE ILUMINANCIA EN GLORIETAS
6. DESLUMBRAMIENTO PERTURBADOR
 - 6.1 Ángulo de apantallamiento
 - 6.2 Posición del observador
 - 6.3 Control de la limitación del deslumbramiento en glorietas
7. RELACIÓN ENTORNO SR
 - 7.1 Número y posición de los puntos de cálculo en el sentido longitudinal
 - 7.2 Número y posición de los puntos de cálculo en el sentido transversal

MINISTERIO DE
INDUSTRIA TURISMO
Y COMERCIO

MEDICIONES LUMINOTÉCNICAS EN LAS INSTALACIONES DE ALUMBRADO

ITC – EA – 07

1. OBJETO

En la presente instrucción se describen las medidas luminotécnicas correspondientes a las verificaciones e inspecciones de las instalaciones de alumbrado exterior.

2. COMPROBACIONES ANTES DE REALIZAR LAS MEDIDAS

2.1 Condiciones de validez para las medidas

- a) **Geometría de la instalación:** los cálculos y medidas serán representativos para todas aquellas zonas que tengan la misma geometría en cuanto a:
- Distancia entre puntos de luz;
 - Altura de montaje de los puntos de luz que intervienen en la medida;
 - Longitud del brazo, saliente e inclinación;
 - Ancho de calzada;
 - Dimensiones de arceles, medianas, etc.
- b) **Tensión de alimentación:** durante la medida se registrará el valor de la tensión de alimentación mediante un voltímetro registrador o, en su defecto, se realizarán medidas de la tensión de alimentación cada 30 minutos. Si se miden desviaciones o variaciones en la tensión de alimentación respecto al valor asignado de la instalación que pudieran afectar significativamente al flujo luminoso emitido por las lámparas, se aplicarán las correcciones correspondientes. En caso de utilizar sistemas de regulación de flujo, la medición se llevará a cabo con los equipos a régimen nominal.
- c) **Influencia de otras instalaciones:** Todas las lámparas próximas a una instalación ajenas a la misma deberán apagarse en el momento de las medidas (incluidos los faros de los vehículos, en cualquiera de los sentidos de circulación).
- d) **Condiciones meteorológicas:** Aunque las exigencias de visibilidad son análogas para todas las condiciones meteorológicas, las medidas deben realizarse con tiempo seco y con los pavimentos limpios (salvo que se diseñe para pavimentos húmedos, de modo que las condiciones visuales no se deterioren notablemente durante los intervalos lluviosos). Además, no deben ejecutarse las medidas si la atmósfera no está completamente despejada de brumas o nieblas.

2.2 Medida de Luminancias

La medida de la luminancia media y las uniformidades deberán realizarse sobre el terreno, comparándose los resultados obtenidos en el cálculo incluido en el proyecto con los de la medida. La medida requiere un pavimento usado durante cierto tiempo, y un tramo recto de calzada de longitud aproximada de 250 m.

- a) Luminancias puntuales (L)

La medida deberá hacerse con luminancímetro, con un medidor de ángulo no mayor de 2' en la vertical, y entre 6' y 20' en la horizontal.

MINISTERIO DE INDUSTRIA TURISMO Y COMERCIO	MEDICIONES LUMINOTÉCNICAS EN LAS INSTALACIONES DE ALUMBRADO	ITC – EA – 07
--	--	---------------

b) Luminancia media (L_m)

Para la medida de la luminancia media se utilizará un luminancímetro integrador, con limitadores de campo que correspondan a la superficie a medir: 100 m de longitud por el ancho de los carriles de circulación. El punto de observación estará situado a 60 m antes del límite anterior de la zona de medida, y el luminancímetro estará situado a 1,5 m de altura y a 1/4 del ancho de la calzada, medido desde el límite exterior en el último carril.

El método de referencia para comprobar la luminancia media dinámica consiste en hacer dos medidas con el luminancímetro integrador, una comenzando la zona de medida entre dos luminarias y otra coincidiendo con una de las luminarias (en el caso de una disposición tresbolillo, entre dos luminarias en diferentes carriles).

La media de estas dos medidas es una buena aproximación a la luminancia media dinámica.

2.3 Medida de Iluminancias

La medida se realizará con un iluminancímetro, también llamado luxómetro, que deberá cumplir las siguientes exigencias:

- a) Deberá tener un rango de medida adecuado, acorde a los niveles a medir y estar calibrado por un laboratorio acreditado
- b) Deberá disponer de corrección del coseno hasta un ángulo de 85°.
- c) Tendrá corrección cromática, según CIE 69:1987 de acuerdo con la distribución espectral de las fuentes luminosas empleadas y su respuesta se ajustará a la curva media de sensibilidad $V(\lambda)$.
- d) El coeficiente de error por temperatura deberá estar especificado para margen de las temperaturas de funcionamiento previstas durante su uso
- e) La fotocélula de luxómetro estará montada sobre un sistema que permita que ésta se mantenga horizontal en cualquier punto de medida.

Las medidas se realizarán sobre la capa de rodadura de la calzada, en los puntos determinados en la retícula de cálculo del proyecto. Todas las luminarias que intervienen en la medida y forman parte de la instalación de alumbrado, deben estar libres de obstáculos y podrán verse desde la fotocélula.

Una reducción de la retícula de medida, con respecto a la de cálculo, será admisible cuando no modifique los valores mínimos, máximos y medios en $\pm 5\%$

2.4 Comprobación de las Mediciones Luminotécnicas

Los valores medios de las magnitudes medidas no diferirán más de un 10% respecto a los valores de cálculo de proyecto.

3. MEDIDA DE LUMINANCIA

La luminancia en un punto de la calzada se obtiene mediante la fórmula:

$$L = \Sigma (I \cdot r/h^2),$$

MINISTERIO DE
INDUSTRIA TURISMO
Y COMERCIO

MEDICIONES LUMINOTÉCNICAS EN LAS INSTALACIONES DE ALUMBRADO

ITC – EA – 07

donde el sumatorio (Σ) comprende todas las luminarias de la instalación considerada. Los valores de la intensidad luminosa (I) y del coeficiente de luminancia reducido (r) se obtienen por interpolación cuadrática en la matriz de intensidades de la luminaria y en la tabla de reflexión del pavimento. Por último, la variable (h) es la altura de la luminaria.

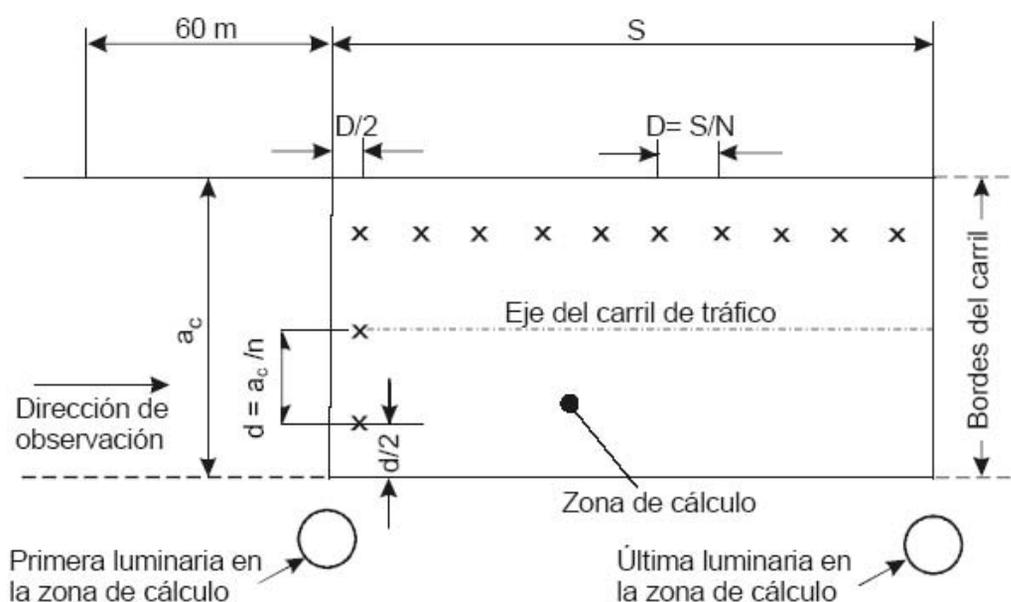
Una vez finalizada la instalación del alumbrado exterior, se procederá a efectuar las mediciones luminotécnicas, al objeto de comprobar los resultados del proyecto. La retícula de medida que se concreta más adelante es la que se utilizará en las medidas de campo. No obstante, podrán utilizarse otras retículas en el cálculo del proyecto siempre que incorporen un mayor número de puntos.

3.1 Selección de la retícula de medida

La retícula de medida es el conjunto de puntos en los que en el proyecto se calcularán los valores de luminancia. En sentido longitudinal, la retícula cubrirá el tramo de calzada comprendido entre dos luminarias consecutivas del mismo lado. En sentido transversal, deberá abarcar el ancho definido para el área de referencia (normalmente la anchura del carril de tráfico), tal y como se representa en la figura 1.

Los puntos de medida se dispondrán, uniformemente separados, como muestra la figura 1, siendo su separación longitudinal D , no superior a 5 m, y su separación transversal d , no superior a 1,5 m. El número mínimo de puntos en la dirección longitudinal N , o transversal n , será de 3.

Figura 1 – Posición de los puntos de medida en un carril de tráfico.



S = separación entre dos puntos de luz, en la misma fila

X = puntos de medida de la luminancia

a_c = anchura del carril

D = distancia en la dirección longitudinal entre dos puntos de medida contiguos

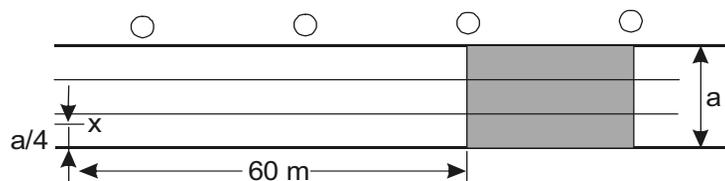
d = distancia en la dirección transversal entre dos puntos de medida contiguos

3.2 Posición del observador

El observador se colocará a 1,5 m de altura sobre la superficie de la calzada y en sentido longitudinal, a 60 m de la primera línea transversal de puntos de cálculo. En sentido transversal se situará a:

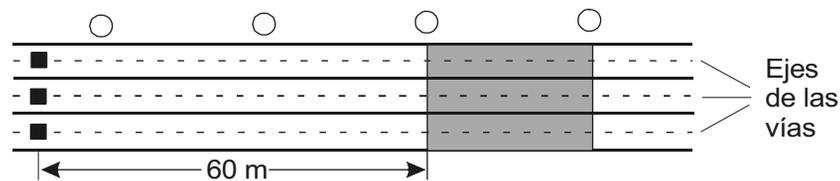
- a) $1/4$ de ancho total de la calzada, medido desde el borde derecho de la misma (lado opuesto al de los puntos de luz en implantación unilateral), para la medida de la luminancia media L_m y de la uniformidad global U_0 y

Figura 2 – Posición del observador para medida de L_m y U_0



- b) en el centro de cada uno de los carriles del sentido considerado Para la medida de la uniformidad longitudinal U_l , para cada sentido de circulación.

Figura 3 – Posiciones del observador para medida de U_l

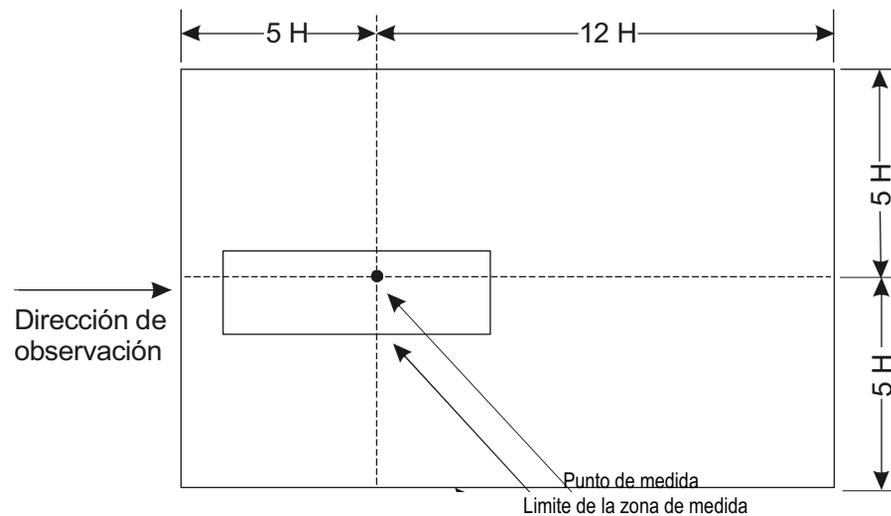


3.3 Área límite

Con el fin de evitar el efecto de otras instalaciones de alumbrado en los valores medidos de luminancia de una instalación, se establece un área límite dentro de la cual, deberá apagarse durante la medida cualquier luminaria que no pertenezca a dicha instalación.

La figura 4 refleja el área límite citada anteriormente, siendo H la altura de montaje de las luminarias de la instalación considerada.

Figura 4 – Área límite de las luminarias que pueden contribuir a la luminancia en el punto de medida



4. MEDIDA DE ILUMINANCIA

La iluminancia horizontal en un punto de la calzada se expresa mediante:

$$E = \sum (I \cdot \cos^3 \gamma / h^2)$$

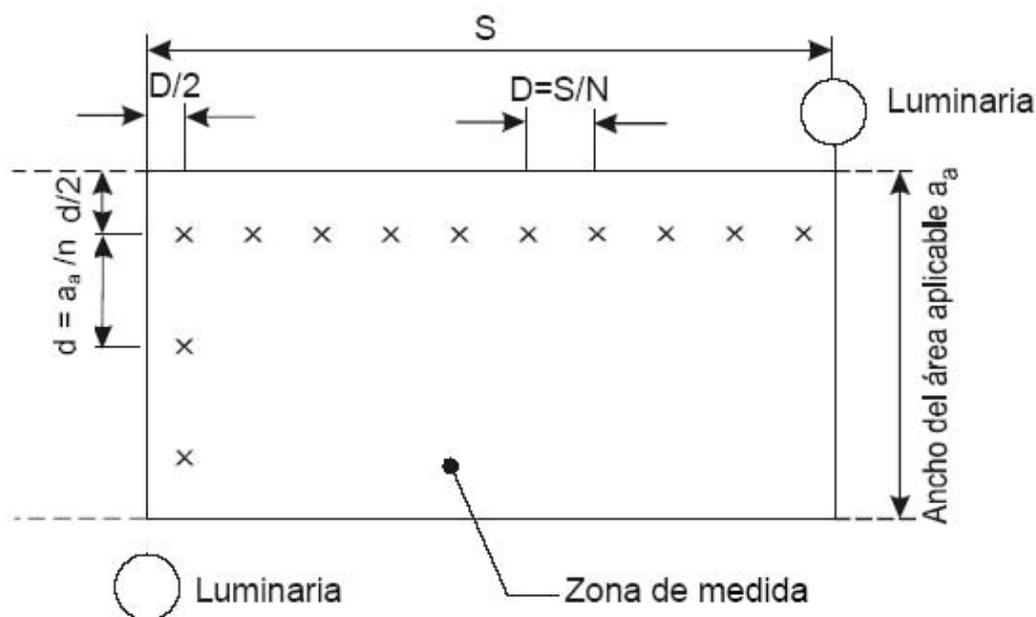
Siendo, I la intensidad luminosa, γ el ángulo formado por la dirección de incidencia en el punto con la vertical y h la altura de la luminaria. El sumatorio (Σ) comprende todas las luminarias de la instalación.

4.1 Selección de la retícula de medida

La retícula de medida es el conjunto de puntos en los que en el proyecto se calcularán los valores de iluminancia. En sentido longitudinal, la retícula cubrirá el tramo de superficie iluminada comprendido entre dos luminarias consecutivas. En sentido transversal, deberá abarcar el ancho de área aplicable, tal y como se representa en la figura 5.

Los puntos de medida se dispondrán, uniformemente separados y cubriendo todo el área aplicable, como muestra la figura 5, siendo su separación longitudinal D, no superior a 3 m, y su separación transversal d, no superior a 1 m. El número mínimo de puntos en la dirección longitudinal N será de 3.

Figura 5 - Puntos de medida para la iluminancia



S = separación entre dos puntos de luz consecutivos

X = puntos de medida de la iluminancia

a_a = ancho del área aplicable

n = número de puntos de medida en la dirección transversal

N = número de puntos de medida en la dirección longitudinal

D = distancia en la dirección longitudinal entre dos puntos de medida contiguos

d = distancia en la dirección transversal entre dos puntos de medida contiguos

4.2 Área límite

Con el fin de evitar el efecto de otras instalaciones de alumbrado en los valores medidos de iluminancia de una instalación, se establece un área límite dentro de la cual, deberá apagarse durante la medida, cualquier luminaria que no pertenezca a dicha instalación.

El área límite a considerar está definida por una distancia al punto de medida de 5 veces la altura de montaje H de las luminarias de la instalación considerada.

4.3 Método simplificado de medida de la iluminancia media

El método denominado de los "nueve puntos" permite determinar de forma simplificada, la iluminancia media (E_m), así como también las uniformidades media (U_m) y general (U_g).

MINISTERIO DE
INDUSTRIA TURISMO
Y COMERCIO

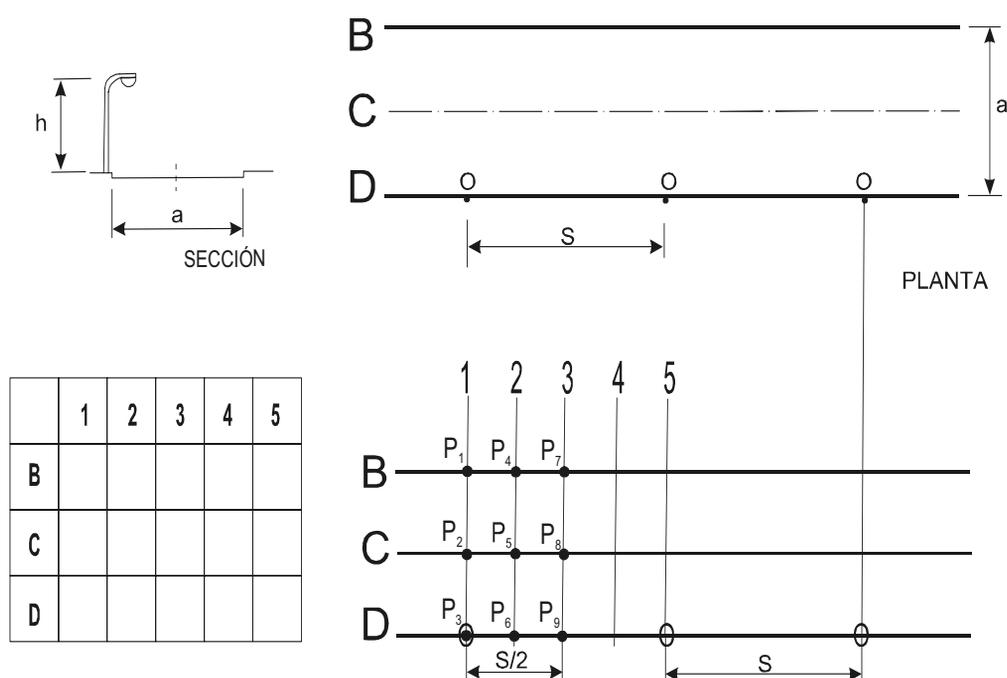
MEDICIONES LUMINOTÉCNICAS EN LAS INSTALACIONES DE ALUMBRADO

ITC – EA – 07

A partir de la medición de la iluminancia en quince puntos de la calzada (véase fig. 6), se determinará la iluminancia media horizontal (E_m) mediante una media ponderada, de acuerdo con el denominado método de los “nueve puntos”.

Mediante el luxómetro se mide la iluminancia en los quince puntos resultantes de la intersección de las abscisas B, C, D, con las ordenadas 1, 2, 3, 4 y 5, de la figura 6.

Fig. 6 - Determinación de la iluminancia media y uniformidades mediante el método de los nueve puntos.



Teniendo en cuenta una eventual inclinación de las luminarias hacia un lado u otro, se debe adoptar como medida real de la iluminancia en el punto teórico P_1 la media aritmética de las medidas obtenidas en los puntos B1 y B5 y así sucesivamente, tal y como consta en la tabla que se adjunta más adelante.

La iluminancia media es la siguiente:

$$E_m = \frac{E_1 + 2E_2 + E_3 + 2E_4 + 4E_5 + 2E_6 + E_7 + 2E_8 + E_9}{16}$$

MINISTERIO DE
INDUSTRIA TURISMO
Y COMERCIO

MEDICIONES LUMINOTÉCNICAS EN LAS INSTALACIONES DE ALUMBRADO

ITC – EA – 07

Donde:

$$E_1 = (B1 + B5) / 2$$

$$E_2 = (C1 + C5) / 2$$

$$E_3 = (D1 + D5) / 2$$

$$E_4 = (B2 + B4) / 2$$

$$E_5 = (C2 + C4) / 2$$

$$E_6 = (D2 + D4) / 2$$

$$E_7 = B3$$

$$E_8 = C3$$

$$E_9 = D3$$

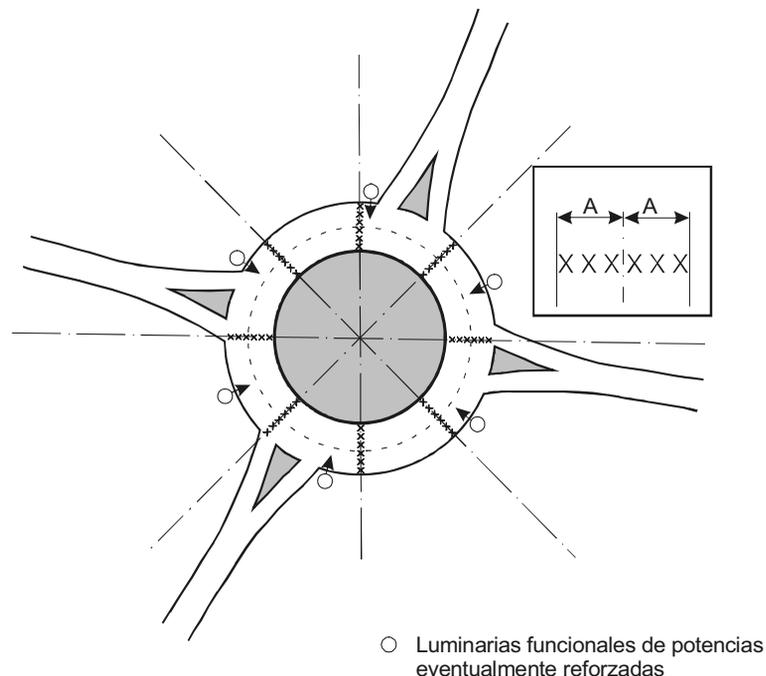
La uniformidad media (U_m) de iluminancia es el cociente entre el valor mínimo de las iluminancias E_i calculadas anteriormente y la iluminancia media (E_m).

La uniformidad general o extrema (U_g) se calcula dividiendo el valor mínimo de de las iluminancias E_i entre el valor máximo de dichas iluminancias.

5. MEDIDA DE ILUMINANCIA EN GLORIETAS

La retícula de medida se representa en la figura 7 y parte de 8 radios que tienen su origen en el centro de la glorieta, formando un ángulo entre ellos de 45° . El origen angular de los radios se elige arbitrariamente con independencia de la implantación de las luminarias.

Figura 7 – Retícula de cálculo y mediciones en glorietas



MINISTERIO DE
INDUSTRIA TURISMO
Y COMERCIO

MEDICIONES LUMINOTÉCNICAS EN LAS INSTALACIONES DE ALUMBRADO

ITC – EA – 07

El número de puntos de cálculo de cada uno de los 8 radios es función del número de carriles de tráfico del anillo de la glorieta, a razón de 3 puntos por carril de anchura (A), tal y como se representa en la figura 7.

En el caso de una implantación simétrica, el número de radios a considerar se podrá reducir a 2 consecutivos, que cubran un cuarto de la glorieta.

Cualquiera que sea el tipo de implantación de los puntos de luz -periférica o central-, exista simetría o no, la iluminancia media horizontal (E_m) del anillo de la glorieta será la media aritmética de las iluminancias (E_i) calculadas o medidas en los diferentes puntos de la retícula:

$$E_m = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{i=n} E_i$$

La uniformidad media de iluminancia horizontal del citado anillo de la glorieta será el cociente entre el valor más pequeño de la iluminancia puntual (E_i) y la iluminancia media (E_m).

6. DESLUMBRAMIENTO PERTURBADOR

Se basa en el cálculo de la luminancia de velo:

$$L_v = 10 \cdot \sum (E_g / \theta^2) \text{ (en } cd/m^2 \text{)}$$

donde E_g (lux) es la iluminancia producida en el ojo en un plano perpendicular a la línea de visión, y θ (grados) es el ángulo entre la dirección de incidencia de la luz en el ojo y la dirección de observación. El sumatorio (Σ) está extendido a todas las luminarias de la instalación.

Se considera que contribuyen al deslumbramiento perturbador todas las luminarias que se encuentren a menos de 500 m de distancia del observador (véase fig. 8).

Para el cálculo de la luminancia de velo para cada hilera de luminarias, se comienza por la más cercana, alejándose progresivamente y acumulando las luminancias de velo producidas por cada una de ellas, hasta que su contribución individual sea inferior al 2% de la acumulada, y como máximo hasta las luminarias situadas a 500 m del observador. Finalmente, se sumarán las luminancias de velo de todas las hileras de luminarias.

El incremento del umbral de percepción se calcula según la expresión:

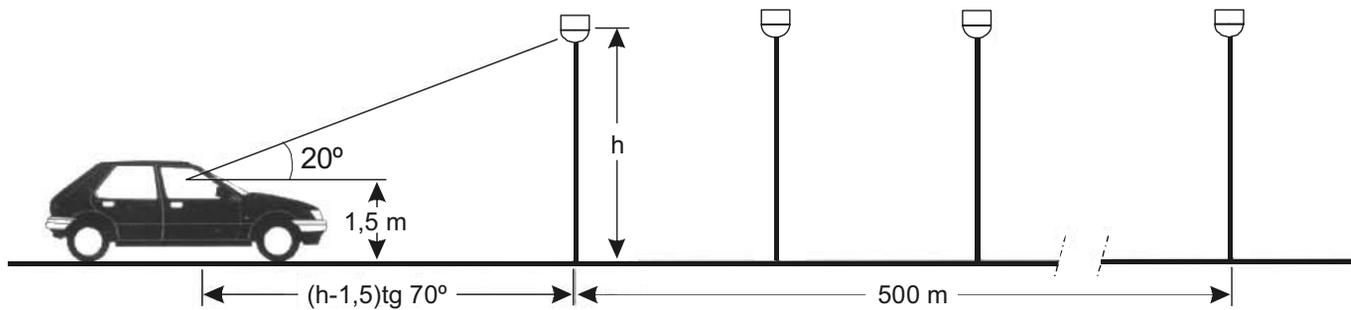
$$TI = 65 \cdot \frac{L_v}{(L_m)^{0.8}} \text{ (en \%)}$$

que es una fórmula válida para luminancias medias de calzada (L_m) entre 0,05 y 5 cd/m^2 .

6.1 Ángulo de apantallamiento

A efectos de cálculo del deslumbramiento perturbador en alumbrado vial, no se considerarán las luminarias cuya dirección de observación forme un ángulo mayor de 20° con la línea de visión, ya que se suponen apantalladas por el techo del vehículo, tal y como se representa en la figura 8.

Figura 8 – Luminancia que se tiene en cuenta para el cálculo del deslumbramiento perturbador.



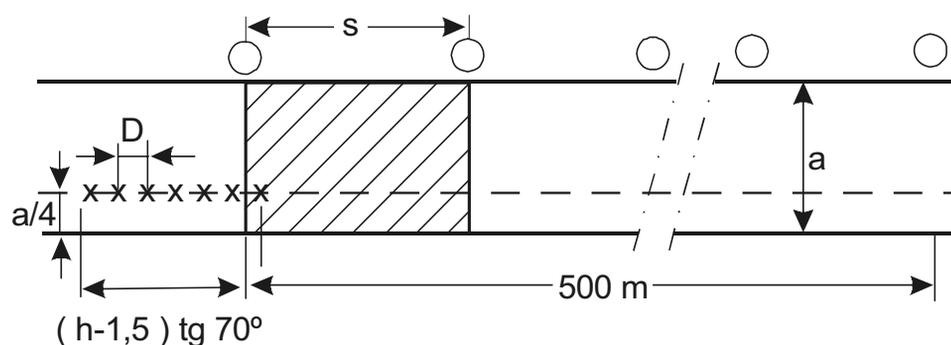
6.2 Posición del observador

La posición del observador se definirá tanto en altura como en dirección longitudinal y transversal a la dirección de las luminarias:

- El observador se colocará a 1,5 m de altura sobre la superficie de la calzada
- en dirección longitudinal, de forma tal que la luminaria más cercana a considerar se encuentre formando exactamente 20° con la línea de visión, es decir a una distancia igual a $(h-1,5) \operatorname{tg} 70^\circ$. En el caso de disposiciones al tresbolillo, se efectuarán dos cálculos diferentes (con la primera luminaria de cada lado formando 20°) y se considerará para los cálculos, el mayor valor de los dos.
- En dirección transversal se situará a $1/4$ de ancho total de la calzada, medido desde el borde derecho de la misma.

A partir de esta posición se calcula la suma de las luminancias de velo producidas por la primera luminaria en la dirección de observación y las luminarias siguientes hasta una distancia de 500 m.

Figura 9 – Posiciones del observador para el cálculo del deslumbramiento perturbador



- Luminarias a tener en cuenta para el cálculo de L_v
 x Posiciones del observador

6.3 Control de la limitación del deslumbramiento en glorietas

En el caso de glorietas no se puede evaluar el deslumbramiento perturbador (incremento de umbral TI), dado que el anillo de una rotonda no es un tramo recto de longitud suficiente para poder situar al observador y medir luminancias en la calzada.

El índice GR puede utilizarse igual que se aplica en la iluminación de otras instalaciones de alumbrado de la ITC-EA-02.

Conviene definir una o varias posiciones del conductor de un vehículo que circula por una vía que afluye a la glorieta en posición lejana y próxima, incluso en el propio anillo.

Preferentemente se considerarán dos posiciones de observación representadas en las figuras 10 y 11, con una altura de observación de 1,50 m.

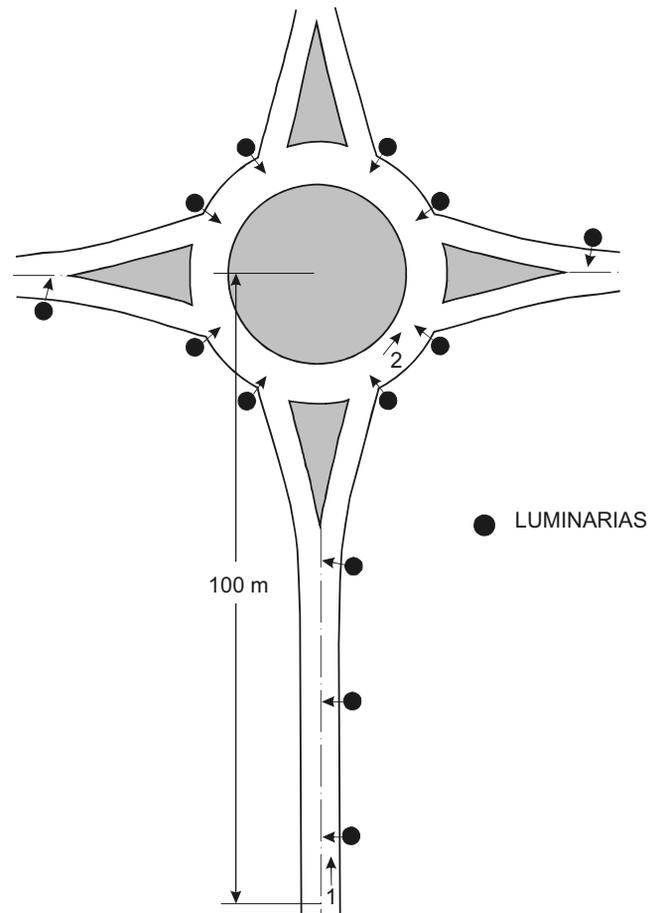
- Posición 1

Sobre una vía de tráfico que afluye a la glorieta, y el observador mirando el centro de la isleta.

- Posición 2

Sobre el anillo que rodea la isleta central, con dirección de la mirada tangencial al anillo.

Figura 10 – Posiciones de observación en glorietas iluminadas perimetralmente

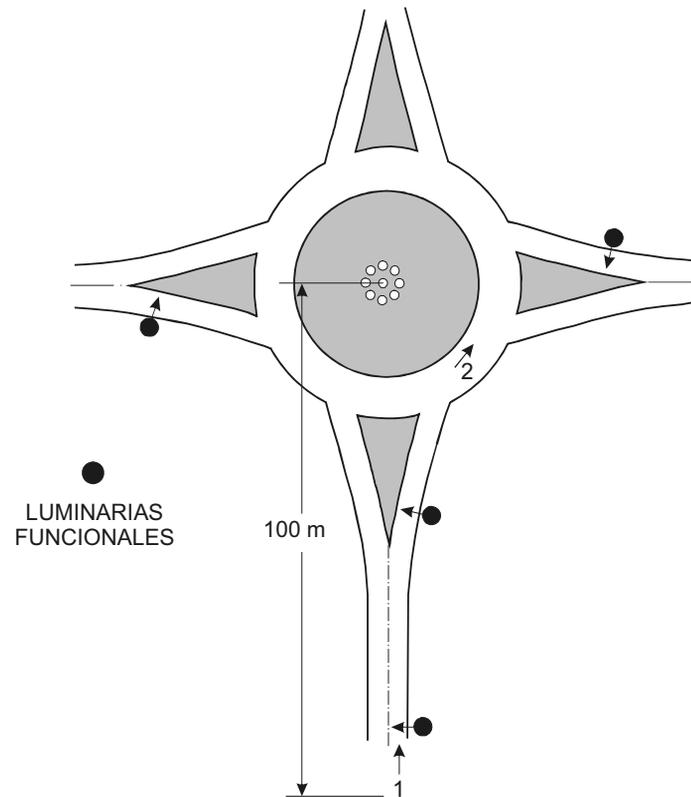


MINISTERIO DE
INDUSTRIA TURISMO
Y COMERCIO

MEDICIONES LUMINOTÉCNICAS EN LAS INSTALACIONES DE ALUMBRADO

ITC - EA - 07

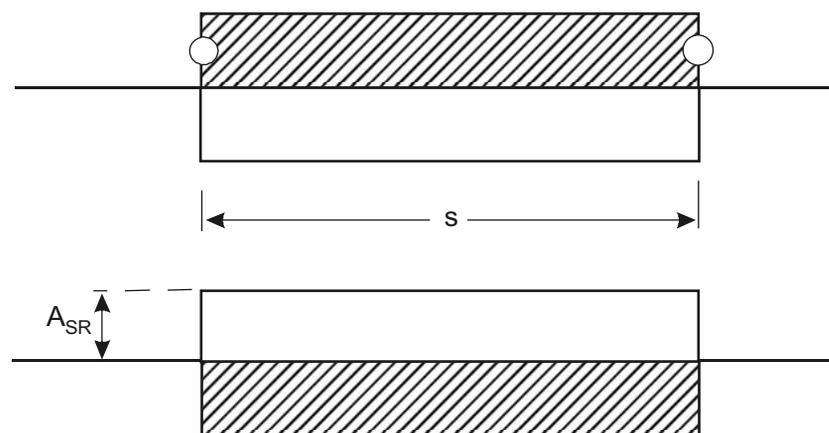
Figura 11 – Posiciones de observación en glorietas iluminadas centralmente



7. RELACIÓN ENTORNO SR

Para calcular la relación entorno (SR), es necesario definir 4 zonas de cálculo de forma rectangular situadas a ambos lados de los dos bordes de la calzada, tal y como se representa en la figura 12.

Figura 12 – Definición de las 4 zonas de cálculo utilizadas para la determinación de la relación entorno (SR).



-  ZONAS SITUADAS SOBRE LA CALZADA
-  ZONAS SITUADAS FUERA DE LA CALZADA
-  LUMINARIAS

A cada lado de la calzada, se calcula la relación entre la iluminancia media de la zona situada en el exterior de la calzada y la iluminancia media de la zona adyacente situada sobre la calzada. La relación entorno SR es la más pequeña de las dos relaciones.

La anchura (A_{SR}) de cada una de las zonas de cálculo se tomará como 5 m o la mitad de la anchura de la calzada, si ésta es inferior a 10 m.

Si los bordes de la calzada están obstruidos, se limitará el cálculo a la parte de los bordes que están despejados.

En presencia, por ejemplo, de una banda de parada de urgencia, o de un arcén que bordea la calzada, se tomará para (A_{SR}) la anchura de este espacio.

La longitud de las zonas de cálculo de la relación entorno (SR) es igual a la separación (S) entre puntos de luz.

MINISTERIO DE INDUSTRIA TURISMO Y COMERCIO	MEDICIONES LUMINOTÉCNICAS EN LAS INSTALACIONES DE ALUMBRADO	ITC – EA – 07
--	---	---------------

7.1 Número y posición de los puntos de cálculo en el sentido longitudinal

El número (N) de puntos de cálculo y la separación (D) entre dos puntos sucesivos, se determinan de igual forma a la establecida para el cálculo de luminancias e iluminancias de la calzada.

Los puntos exteriores de la malla están separados, respecto a los bordes de la zona de cálculo, por una distancia (D/2) en el sentido transversal.

7.2 Número y posición de los puntos de cálculo en el sentido transversal

El número de puntos de cálculo será $n=3$ si $A_{SR} > 2,5$ m y $n=1$ en caso contrario. La separación (d) entre dos puntos sucesivos, se calculará en función la anchura (A_{SR}) de la zona de cálculo, como:

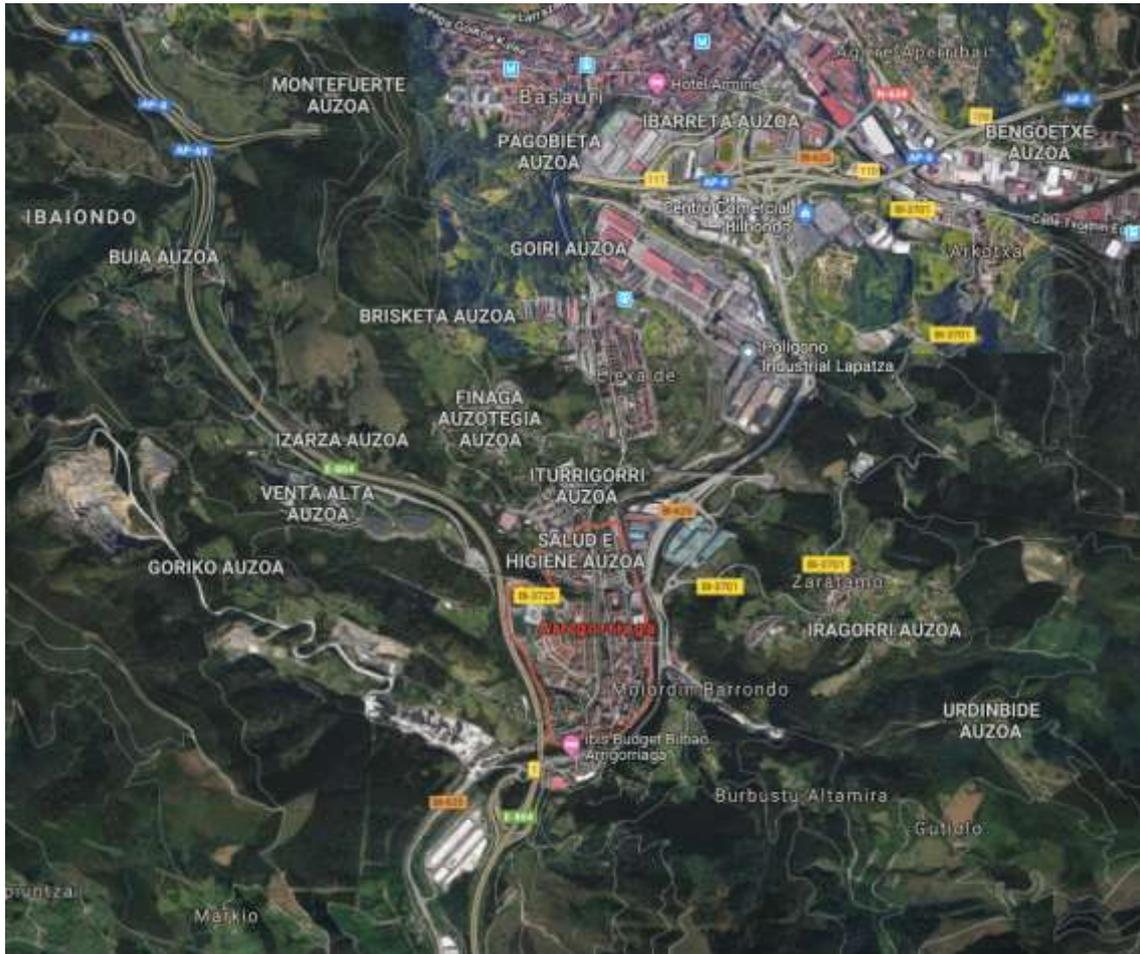
$$d = 2 \frac{A_{SR}}{n}$$

Las líneas transversales extremas de los puntos de cálculo estarán separadas una distancia (d/2), de la primera y última luminaria, respectivamente.

ANEXO II:

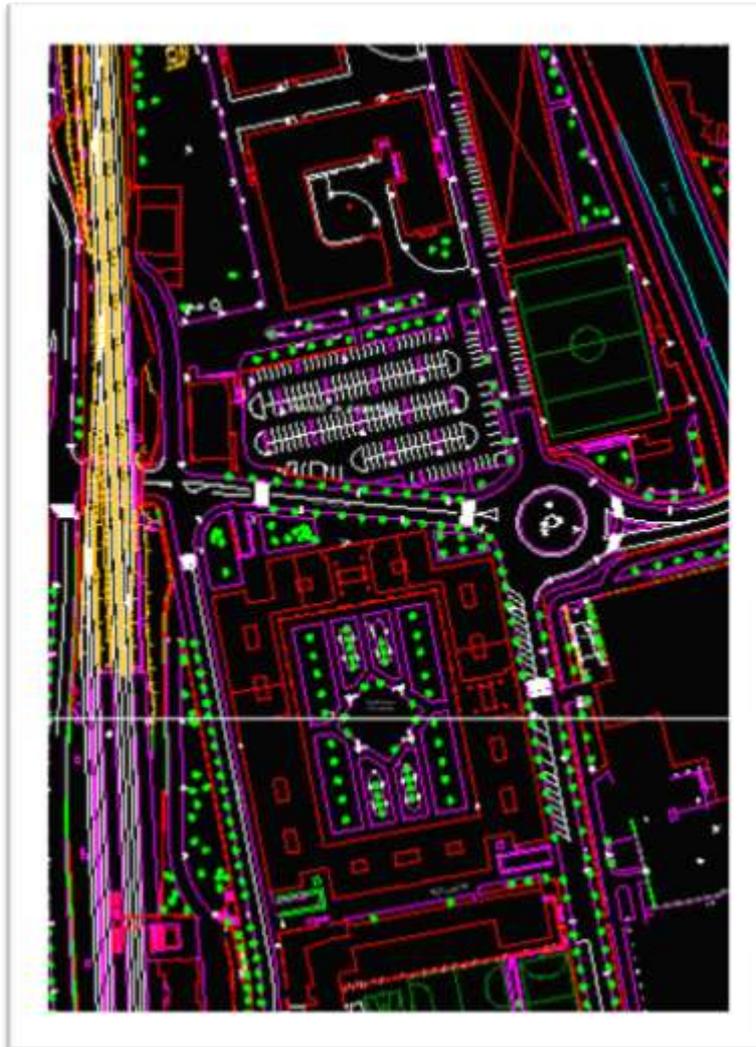
PLANOS

1 Plano de situación





2 Plano de emplazamiento



3 Detalles constructivos

A continuación se muestran los planos de la instalación donde se muestran detalles de canalizaciones, arquetas y alzados de las calles:

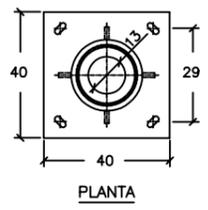
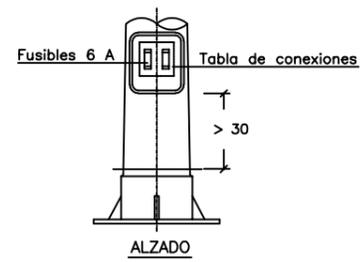
A

B

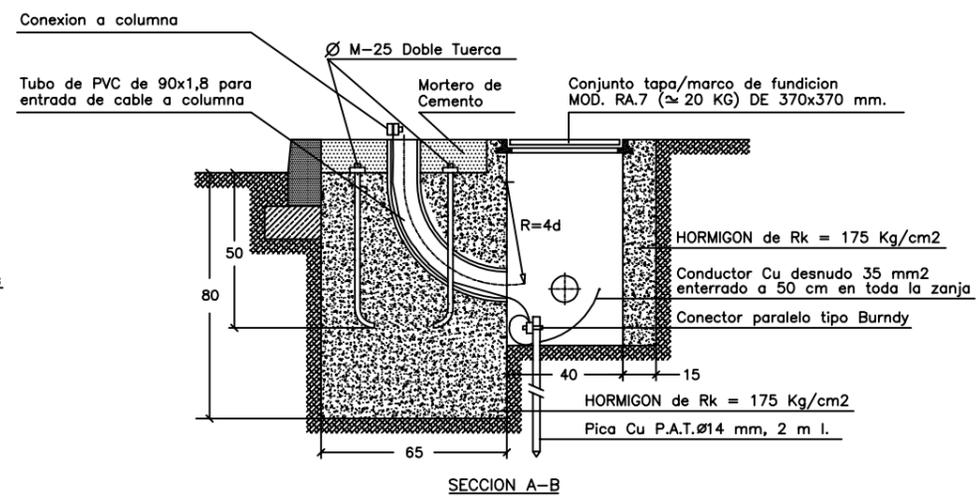
C

D

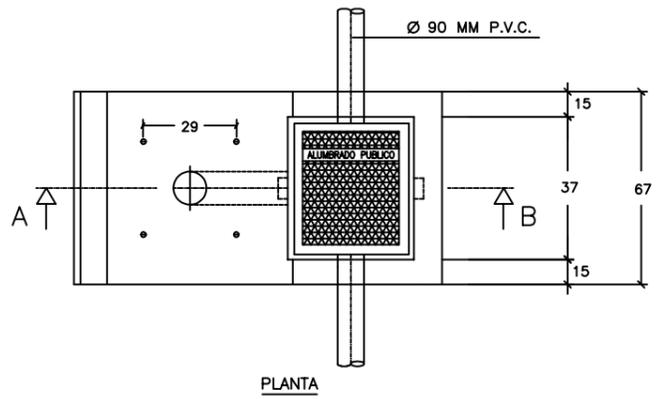
E



COLUMNA

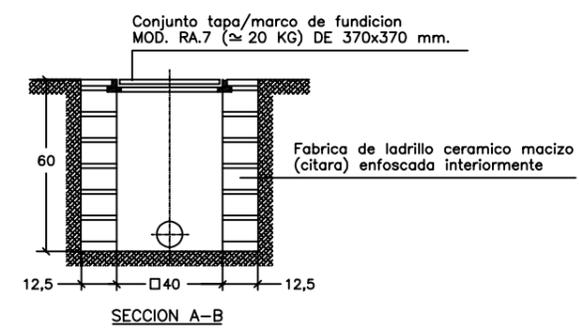


SECCION A-B

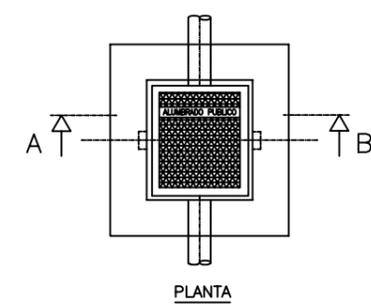


PLANTA

CIMENTACION DE COLUMNA CON ARQUETA ADOSADA

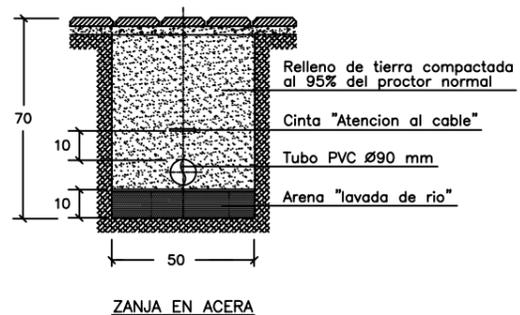


SECCION A-B

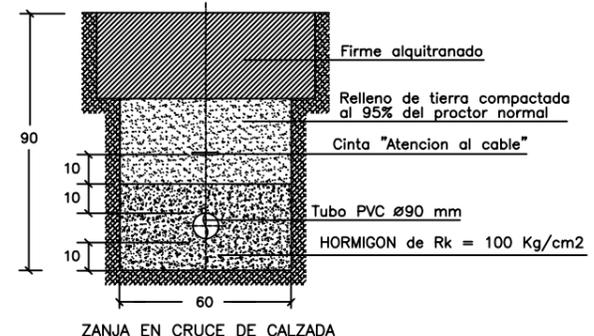


PLANTA

DETALLE DE ARQUETA



ZANJA EN ACERA



ZANJA EN CRUCE DE CALZADA

DETALLE DE CANALIZACIONES


 Universidad del País Vasco Euskal Herriko Unibertsitatea

AUTOR: Aitor Pérez Aguirre
 ESCALA: 1/3

CLIENTE: AYTO. ARRIGORRIAGA
 DETALLES CONSTRUCTIVOS
 Arquetas y canalizaciones

HOJA: 1

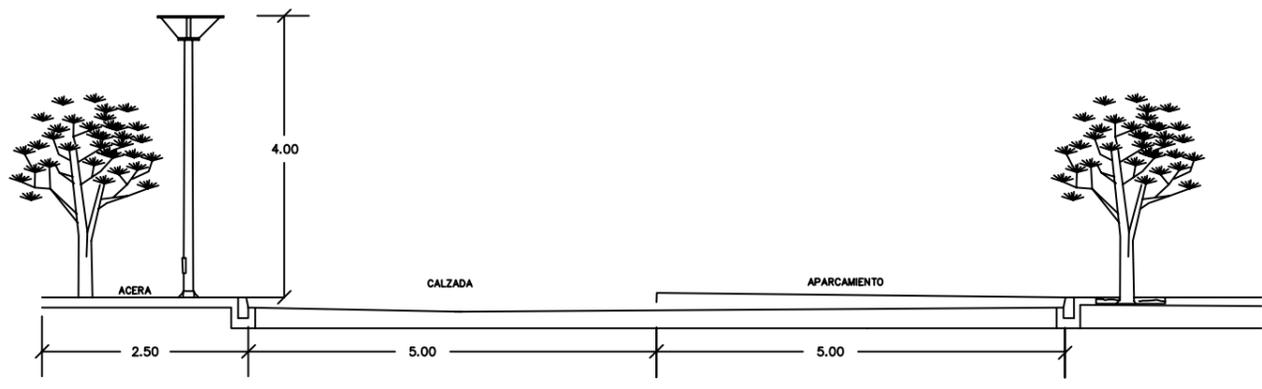
A

B

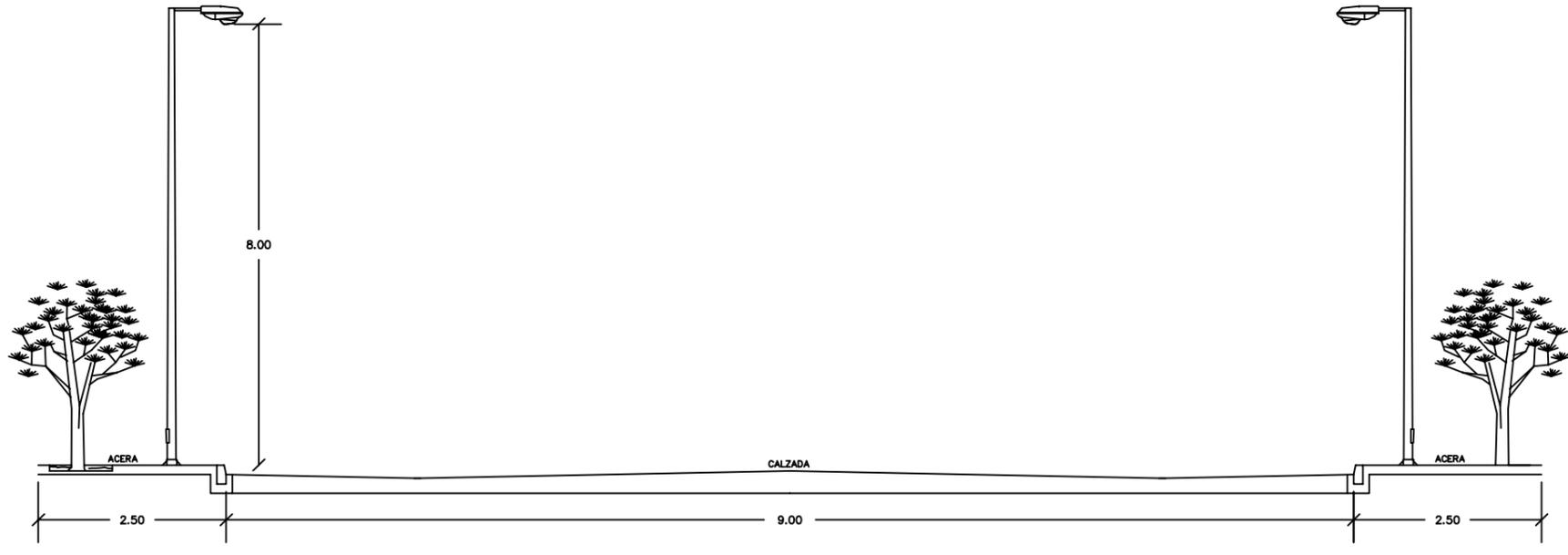
C

D

E



DETALLE CALLE LOMBO – DISPOSICION UNILATERAL

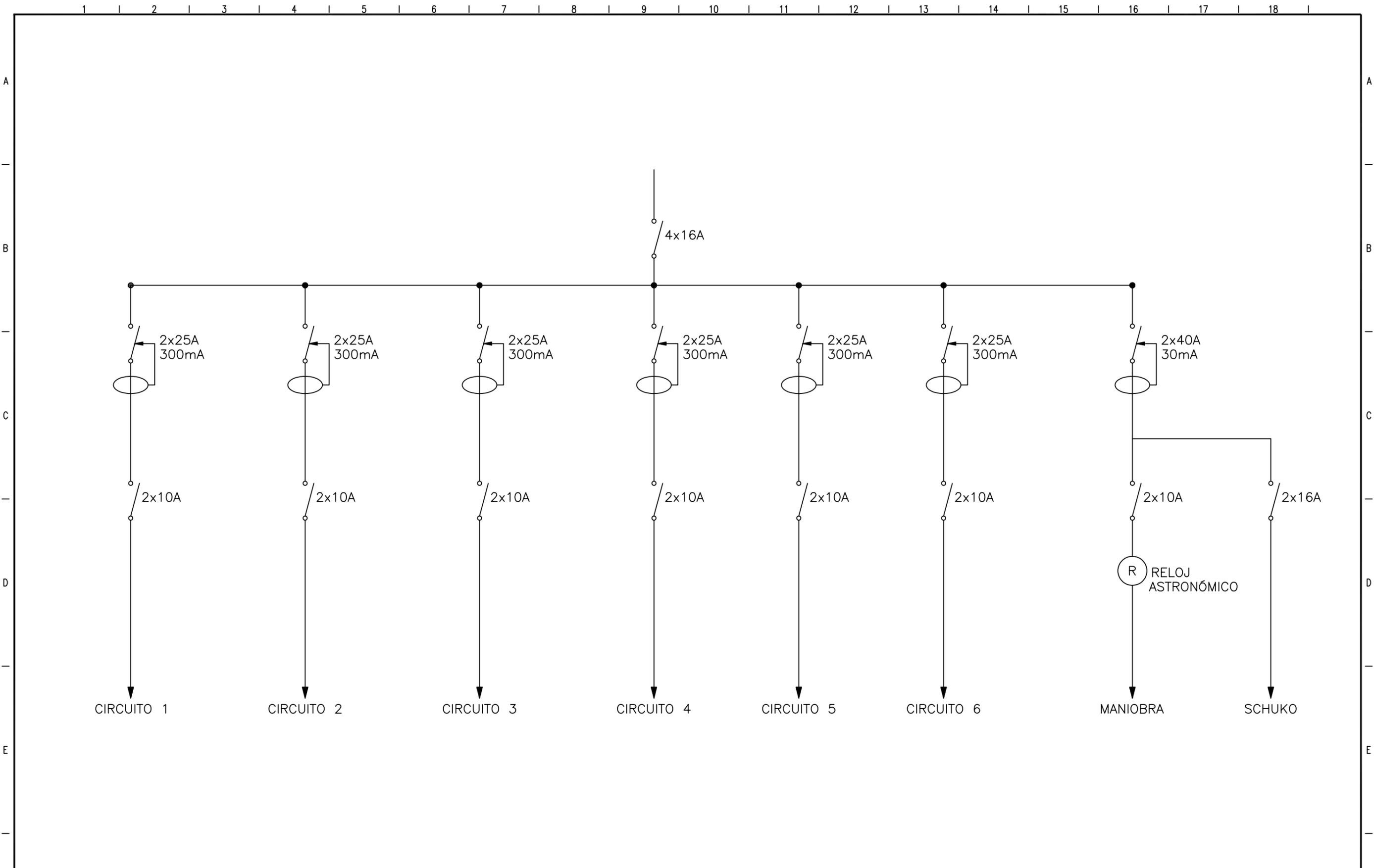


DETALLE CALLE SEVERO OCHOA – DISPOSICION BILATERAL TRESBOLILLO

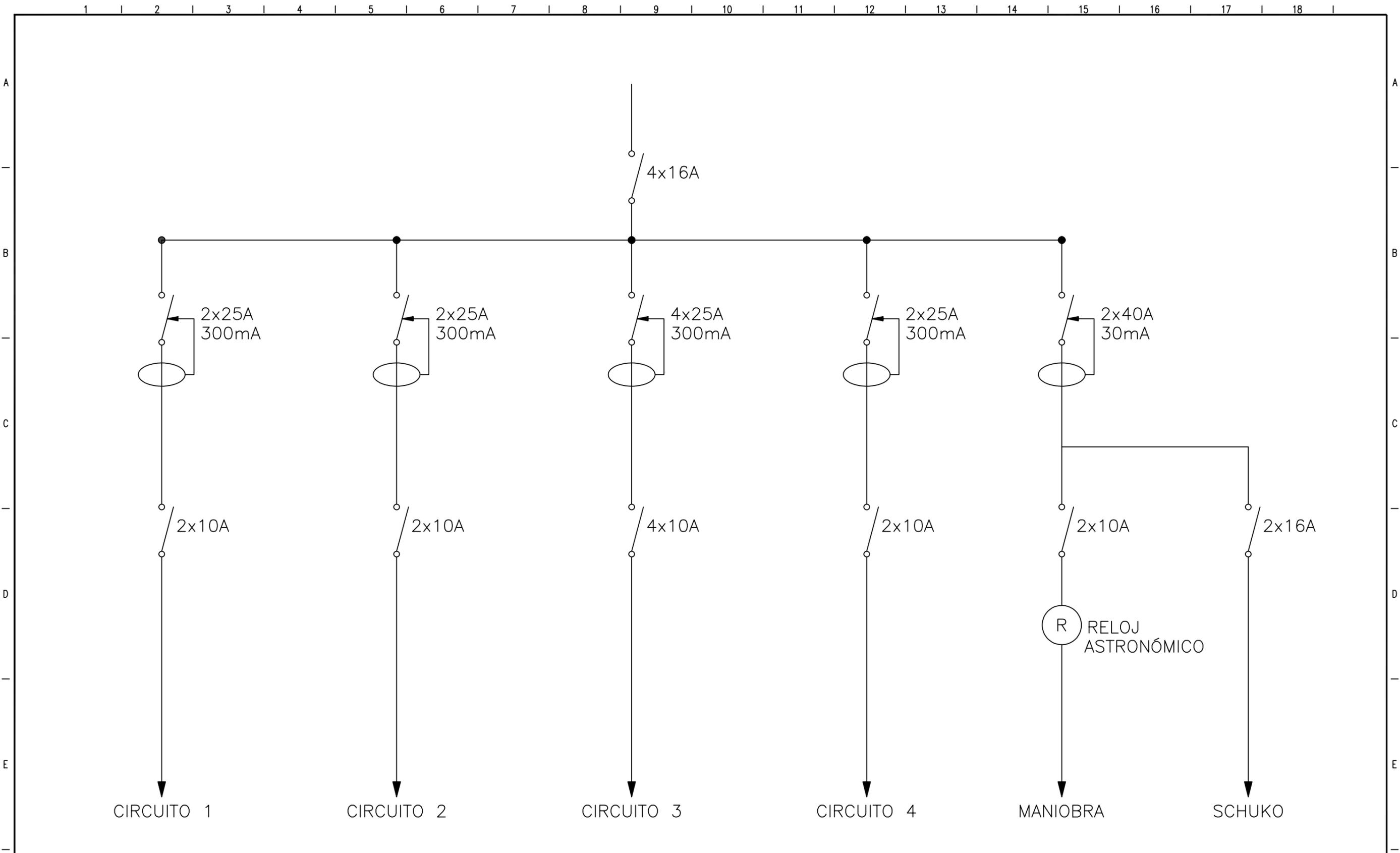
 Universidad del País Vasco Euskal Herriko Unibertsitatea	AUTOR: Aitor Pérez Aguirre	CLIENTE: AYTO. ARRIGORRIAGA	HOJA: 2
	ESCALA: 1/3	DETALLES CONSTRUCTIVOS Alzado de viales	

4 Esquemas unifilares de la instalación

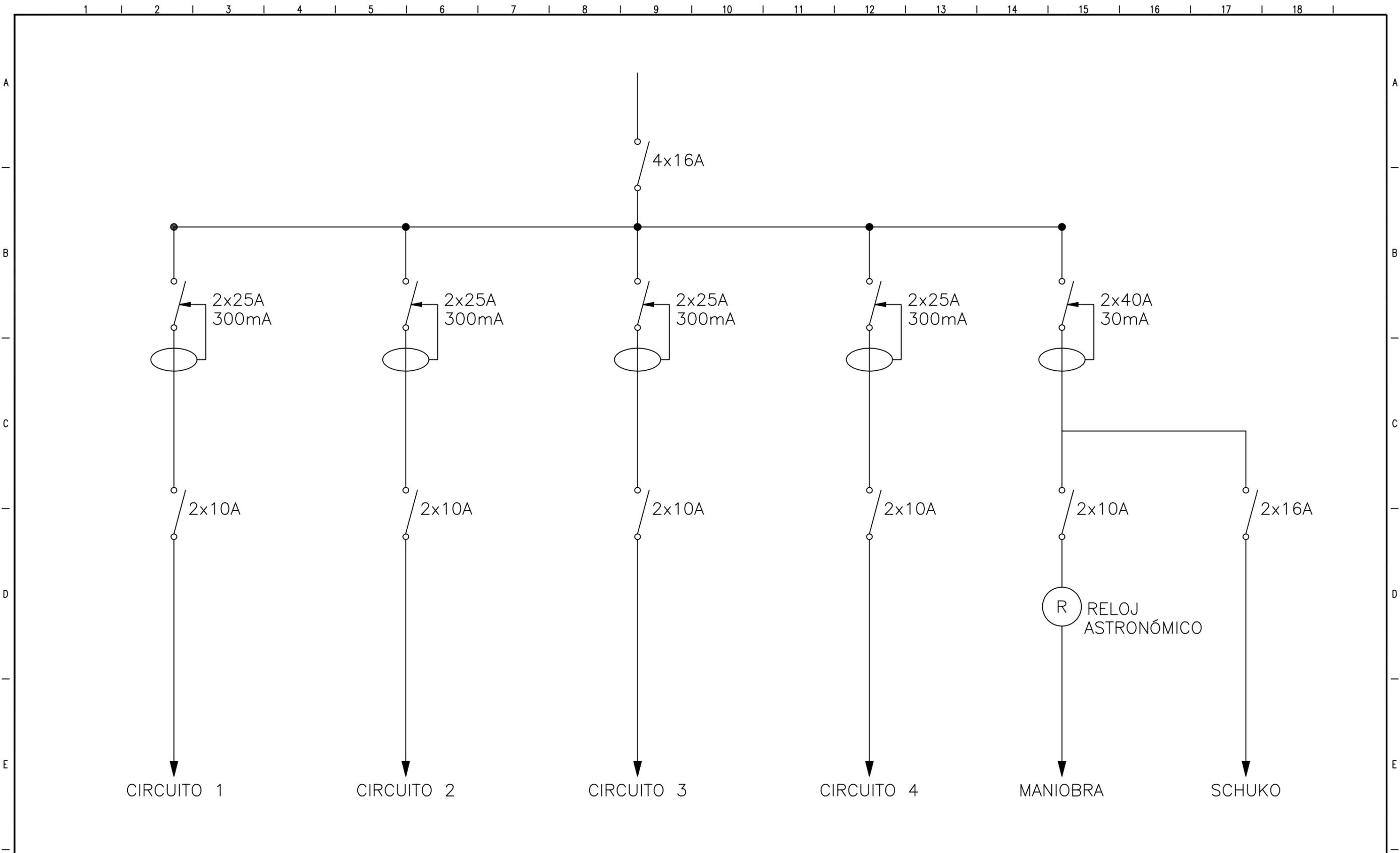
A continuación se muestran los planos unifilares de los cuatro centros de mando pertenecientes a la instalación:

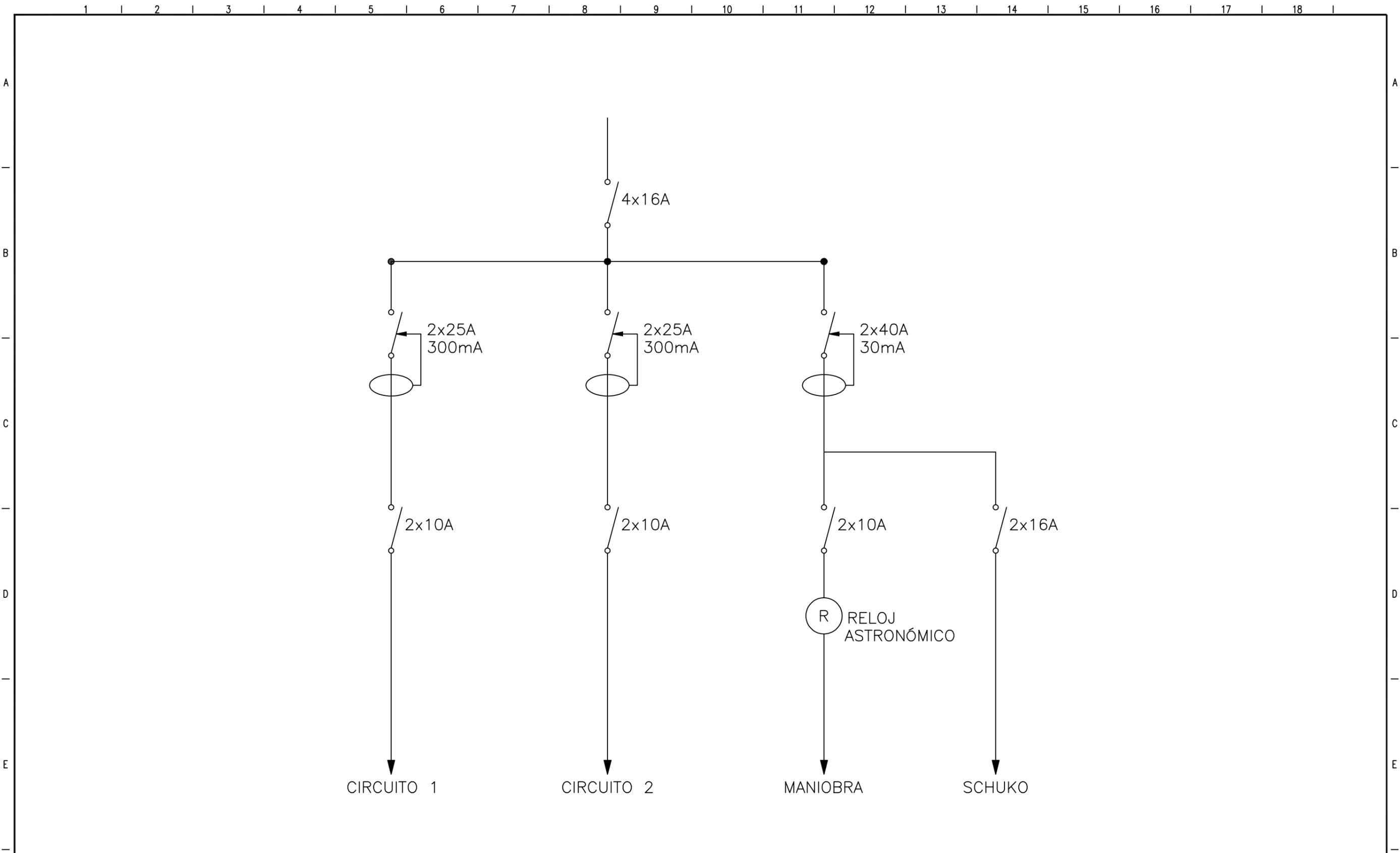


 Universidad del País Vasco Euskal Herriko Unibertsitatea	AUTOR: Aitor Pérez Aguirre	CLIENTE: AYO. ARRIGORRIAGA	HOJA: 1
	ESCALA: % A3	ESQUEMA UNIFILAR CENTRO DE MANDO 006	



 Universidad del País Vasco Euskal Herriko Unibertsitatea	AUTOR: Aitor Pérez Aguirre	CLIENTE: AYO. ARRIGORRIAGA	HOJA: 2
	ESCALA: % A3	ESQUEMA UNIFILAR CENTRO DE MANDO 007	





ANEXO III:

CÁLCULOS LUMINOTÉCNICOS Y ELÉCTRICOS

Alumbrado público del municipio de Arrigorriaga

En este estudio se realiza el análisis luminotécnico del municipio de Arrigorriaga. Se estudiarán los niveles lumínicos sobre una rotonda, un vial de velocidad moderada y una calle residencial. Siempre se buscará obtener la máxima eficiencia energética.

Contacto:

Nº de encargo:

Empresa: Euskal Herriko Unibertsitatea / Universidad del País Vasco

Nº de cliente:

Fecha: 23.01.2019

Proyecto elaborado por: Aitor Pérez Aguirre

Índice

Alumbrado público del municipio de Arrigorriaga	
Portada del proyecto	1
Índice	2
PHILIPS BGP204 T25 1 xLED220-4S/740 DM10	
Hoja de datos de luminarias	3
PHILIPS BDP102 PCC 1xGRN50/840 DRW	
Hoja de datos de luminarias	4
PHILIPS BCP463 1xLED-HB-4000 +ZCP462 BSP A10-41	
Hoja de datos de luminarias	5
PHILIPS BGP243 T25 1 xLED90-4S/740 DN10	
Hoja de datos de luminarias	6
Arrigorriaga	
Objetos (plano de situación)	7
Trama de cálculo (lista de coordenadas)	9
Superficies exteriores	
Rotonda	
Resumen	10
Gráfico de valores (E, perpendicular)	11
Lombo kalea	
Datos de planificación	12
Lista de luminarias	13
Resultados luminotécnicos	14
Rendering (procesado) en 3D	16
Rendering (procesado) de colores falsos	17
Severo Ochoa kalea	
Datos de planificación	18
Lista de luminarias	19
Resultados luminotécnicos	20
Rendering (procesado) en 3D	22
Rendering (procesado) de colores falsos	23
Recuadros de evaluación	
Calzada	
Observador	
Observador 1	
Isolíneas (L)	24
Observador 2	
Isolíneas (L)	25



Trabajo Fin de Máster
Departamento de Ingeniería Eléctrica
EHU / UPV

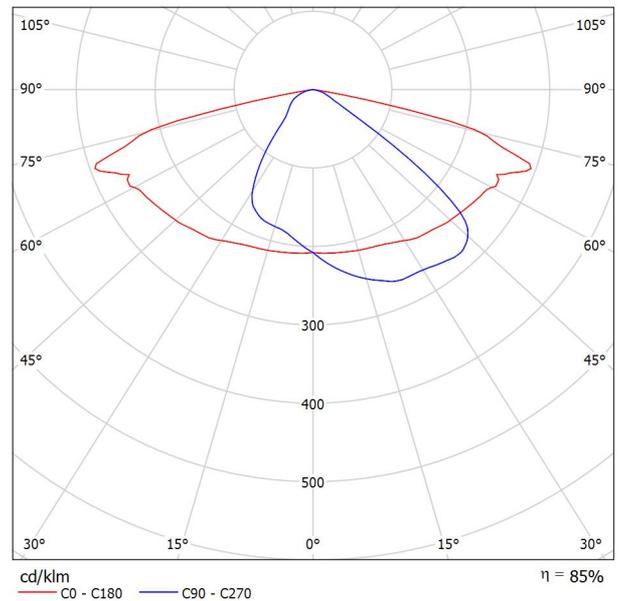
Proyecto elaborado por Aitor Pérez Aguirre
Teléfono
Fax
e-Mail aperez212@ikasle.ehu.eus

PHILIPS BGP204 T25 1 xLED220-4S/740 DM10 / Hoja de datos de luminarias

Dispone de una imagen de la luminaria en nuestro catálogo de luminarias.



Emisión de luz 1:



Clasificación luminarias según CIE: 100
Código CIE Flux: 39 74 97 100 85

UniStreet – luminaria de alumbrado vial sencilla y rentable. Con un coste inicial relativamente bajo, la luminaria UniStreet basada en LED y de gran eficacia ofrece un importante ahorro de costes en comparación con el alumbrado público convencional, por lo que garantiza una plena amortización de la inversión en un corto periodo de tiempo. Disponible en varios paquetes lumínicos, UniStreet permite una sustitución individual de las luminarias y fuentes de luz convencionales ya desfasadas. Esta luminaria con un diseño muy cuidado y compacta está fabricada con materiales reciclables de calidad. Y, al tratarse de una solución LED, requiere un mínimo mantenimiento.

Diseño de la versión Core para proyectos de alto volumen con un presupuesto inicial relativamente bajo. Ofrece una gama limitada de ópticas. Diseño versión Performer para clientes que preparan grandes proyectos de renovación, orientado al TCO

Para esta luminaria no puede presentarse ninguna tabla UGR porque carece de atributos de simetría.



Trabajo Fin de Máster
Departamento de Ingeniería Eléctrica
EHU / UPV

Proyecto elaborado por Aitor Pérez Aguirre
Teléfono
Fax
e-Mail aperez212@ikasle.ehu.eus

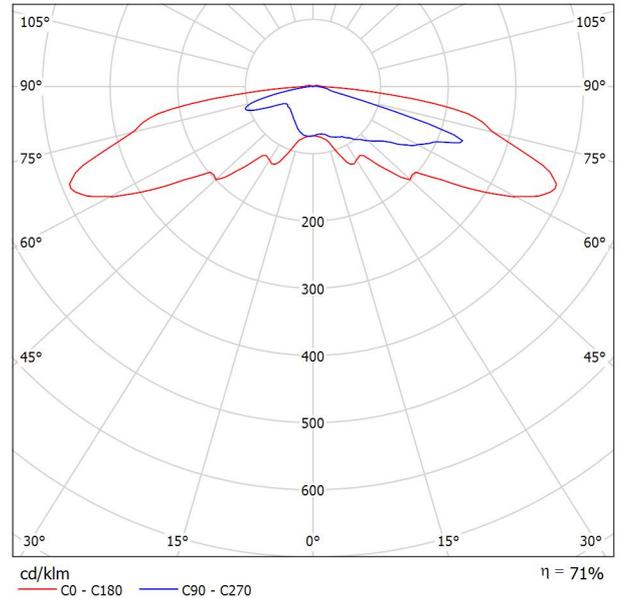
PHILIPS BDP102 PCC 1xGRN50/840 DRW / Hoja de datos de luminarias



Clasificación luminarias según CIE: 98
Código CIE Flux: 21 49 88 98 71

TownGuide TownGuide BDP100, es una luminaria LED, con un diseño sencillo, pero a la vez contemporáneo y atemporal, para alumbrado residencial que combina en cualquier entorno clásico y moderno. TownGuide esta disponible con difusor transparente o mate. Su amplia gama de paquetes luminicos, y sistemas ópticos hacen que sea muy fácil de seleccionar la versión más adecuada para los requisitos de cada proyecto. Además, TownGuide dispone de diversas opciones de sistema de control que pueden hacer de ella una parte integrante de los programas inteligentes de reducción del consumo. Hay sistemas independientes como LumiStep y DynaDimmer, de control de regulación de interruptores SDU, así como conexión remota directa con el software de gestión de la iluminación CityTouch. La instalación es sencilla. El conector esta integrado en el acoplamiento de la luminaria, por lo que no hace falta abrir la luminaria para instalarla. Philips ha hecho todo lo posible para que el coste total de propiedad (TCO) de la luminaria sea muy razonable. TownGuide es una luminaria LED dedicada, compatible con diversos sistemas de control, por lo que los costes de energía y mantenimiento son sensiblemente inferiores a los de la iluminación convencional.

Emisión de luz 1:



Para esta luminaria no puede presentarse ninguna tabla UGR porque carece de atributos de simetría.



Trabajo Fin de Máster
 Departamento de Ingeniería Eléctrica
 EHU / UPV

Proyecto elaborado por Aitor Pérez Aguirre
 Teléfono
 Fax
 e-Mail aperez212@ikasle.ehu.eus

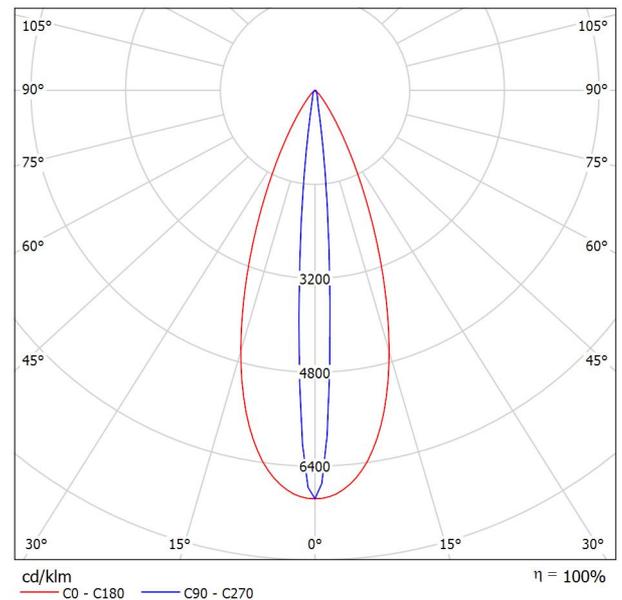
PHILIPS BCP463 1xLED-HB-4000 +ZCP462 BSP A10-41 / Hoja de datos de luminarias



Clasificación luminarias según CIE: 100
 Código CIE Flux: 96 100 100 100 101

eW Burst Powercore: foco blanco de alto rendimiento para exteriores diseñado para la iluminación de acento y monumental eW Burst Powercore es una luminaria LED de alto rendimiento para exteriores diseñada para la iluminación de acento y monumental. Las versiones Arquitectural y Landscape estándar y compacta generan luz blanca de alta calidad en diversas temperaturas de color cálidas o neutras, así como cuatro colores sólidos que las hacen adecuadas para una gran variedad de aplicaciones de iluminación ascendente, proyección de luz e iluminación decorativa. La tecnología Powercore integrada garantiza un control rápido, eficiente y preciso de la salida de potencia a la luminaria directamente desde el voltaje de línea, lo que elimina la necesidad de recurrir a fuentes de alimentación externas. El uso del cableado estándar simplifica enormemente la instalación y ayuda a reducir el coste total del sistema.

Emisión de luz 1:



Para esta luminaria no puede presentarse ninguna tabla UGR porque carece de atributos de simetría.

Existencias:

•2 x



Trabajo Fin de Máster
Departamento de Ingeniería Eléctrica
EHU / UPV

Proyecto elaborado por Aitor Pérez Aguirre
Teléfono
Fax
e-Mail aperez212@ikasle.ehu.eus

PHILIPS BGP243 T25 1 xLED90-4S/740 DN10 / Hoja de datos de luminarias

Dispone de una imagen de la luminaria en nuestro catálogo de luminarias.

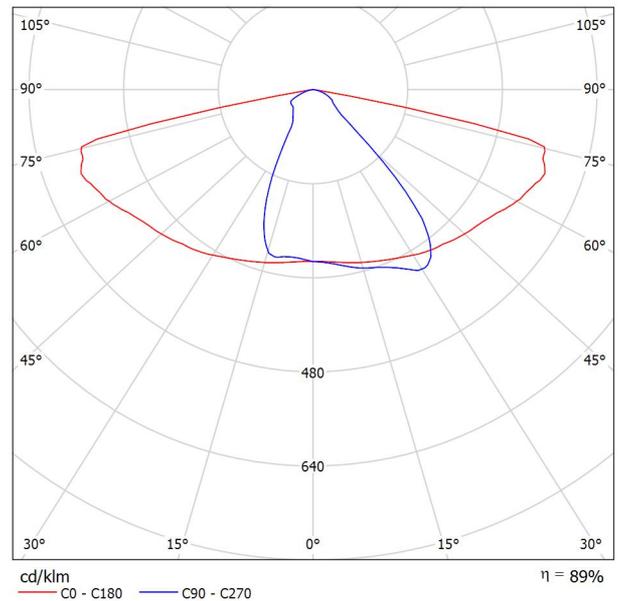


Clasificación luminarias según CIE: 100
Código CIE Flux: 48 78 97 100 89

UniStreet – luminaria de alumbrado vial sencilla y rentable. Con un coste inicial relativamente bajo, la luminaria UniStreet basada en LED y de gran eficacia ofrece un importante ahorro de costes en comparación con el alumbrado público convencional, por lo que garantiza una plena amortización de la inversión en un corto periodo de tiempo. Disponible en varios paquetes lumínicos, UniStreet permite una sustitución individual de las luminarias y fuentes de luz convencionales ya desfasadas. Esta luminaria con un diseño muy cuidado y compacta está fabricada con materiales reciclables de calidad. Y, al tratarse de una solución LED, requiere un mínimo mantenimiento.

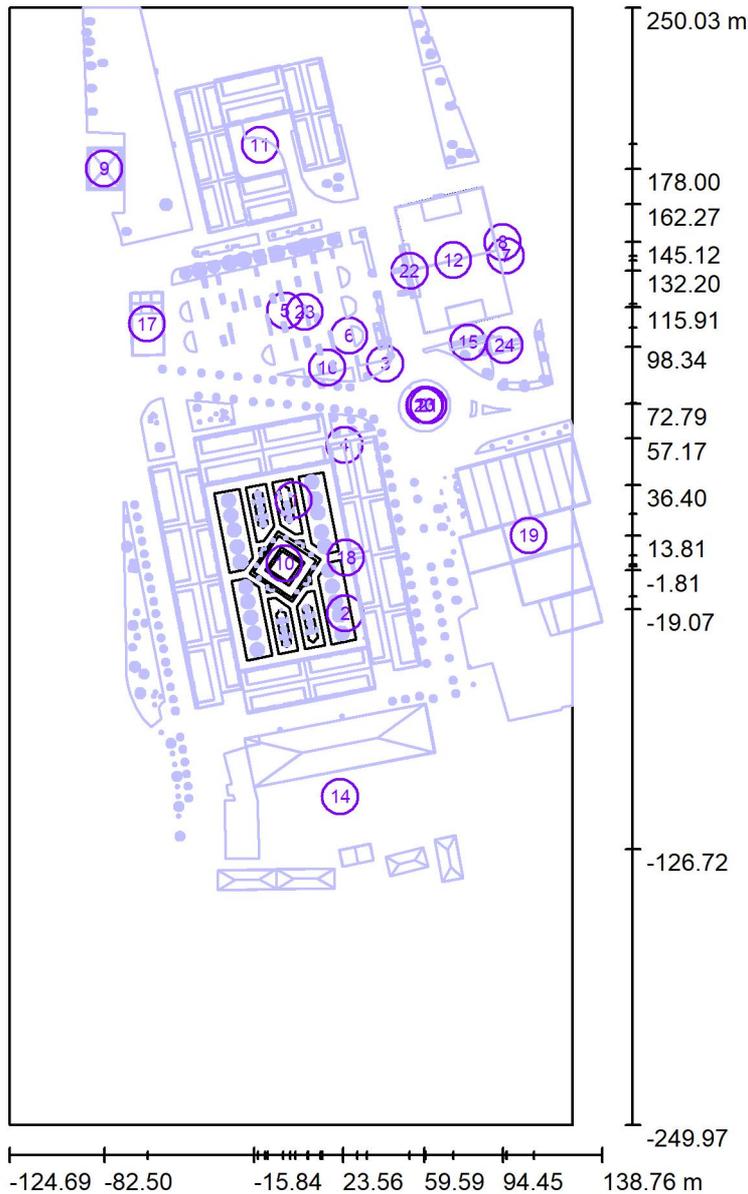
Diseño de la versión Core para proyectos de alto volumen con un presupuesto inicial relativamente bajo. Ofrece una gama limitada de ópticas. Diseño versión Performer para clientes que preparan grandes proyectos de renovación, orientado al TCO

Emisión de luz 1:



Para esta luminaria no puede presentarse ninguna tabla UGR porque carece de atributos de simetría.

Arrigorriaga / Objetos (plano de situación)



Escala 1 : 3382

Objeto-Lista de piezas

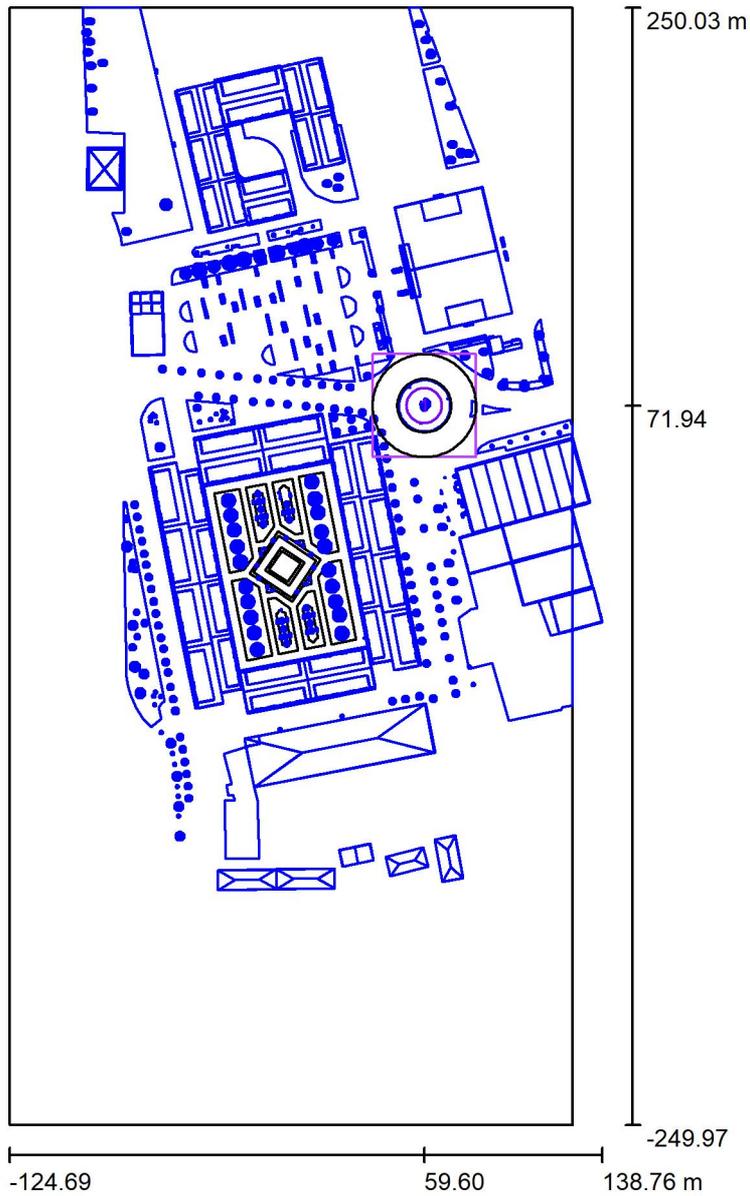
N°	Pieza	Designación
1	1	Árboles 1 (Objeto decorativo)
2	1	Árboles 2 (Objeto decorativo)
3	1	Árboles 3 (Objeto decorativo)
4	1	Árboles 4 (Objeto decorativo)

Arrigorriaga / Objetos (plano de situación)**Objeto-Lista de piezas**

Nº	Pieza	Designación
5	1	Árboles 5 (Objeto decorativo)
6	1	Bancos (Objeto decorativo)
7	1	Banquillo 1 (Objeto decorativo)
8	1	Banquillo 2 (Objeto decorativo)
9	1	Baserri (Objeto decorativo)
10	1	Bloque Viviendas (Objeto decorativo)
11	1	Bloque Viviendas 2 (Objeto decorativo)
12	1	Campo de fútbol (Objeto decorativo)
13	1	Escultura (Objeto decorativo)
14	1	Eskola (Objeto decorativo)
15	1	Grada (Objeto decorativo)
16	1	Jardín (Objeto decorativo)
17	1	Oficinas (Objeto decorativo)
18	1	Papeleras (Objeto decorativo)
19	1	Polideportivo (Objeto decorativo)
20	1	Rotonda (Objeto decorativo)
21	1	Señales tráfico (Objeto decorativo)
22	1	Tribuna (Objeto decorativo)
23	1	Vehículos (Objeto decorativo)
24	1	Vestuarios (Objeto decorativo)



Arrigorriaga / Trama de cálculo (lista de coordenadas)



Escala 1 : 3382

Lista de tramas de cálculo

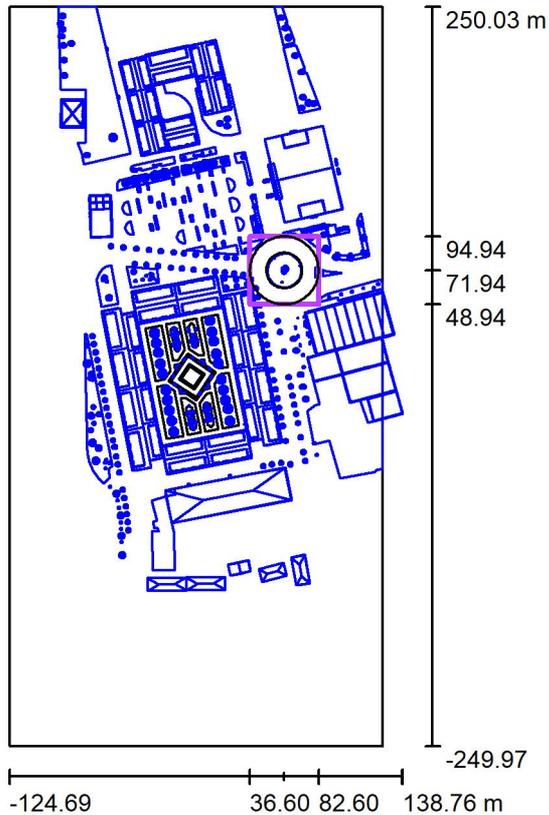
N°	Designación	Posición [m]			Tamaño [m]		Rotación [°]		
		X	Y	Z	L	A	X	Y	Z
1	Rotonda	59.598	71.941	0.000	46.000	46.000	0.0	0.0	0.0



Trabajo Fin de Máster
 Departameno de Ingeniería Eléctrica
 EHU / UPV

Proyecto elaborado por Aitor Pérez Aguirre
 Teléfono
 Fax
 e-Mail aperez212@ikasle.ehu.eus

Arrigorriaga / Rotonda / Resumen



Escala 1 : 5109

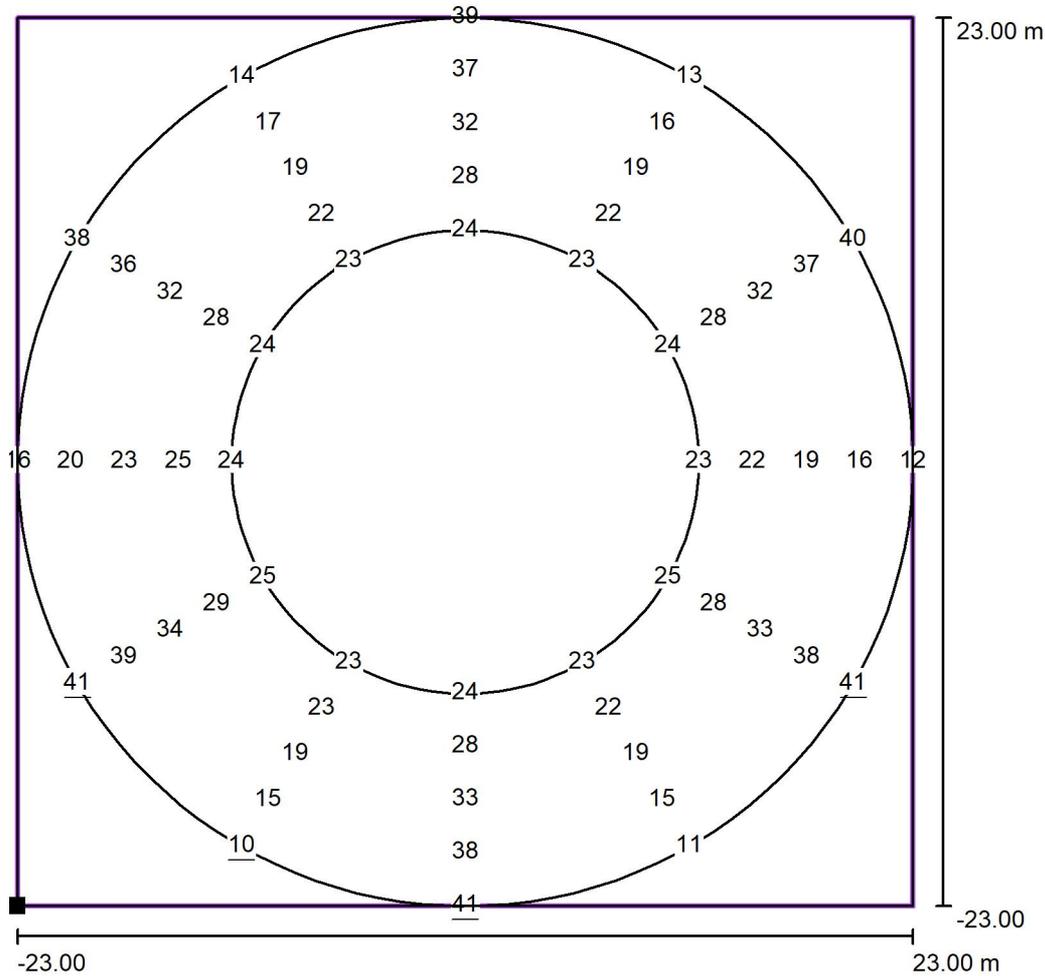
Posición: (59.598 m, 71.941 m, 0.000 m)
 Tamaño: (46.000 m, 46.000 m)
 Rotación: (0.0°, 0.0°, 0.0°)
 Tipo: Radial, Trama: 12 x 5 Puntos

Sumario de los resultados

N°	Tipo	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}	$E_{h\ m} / E_m$	H [m]	Cámara
1	perpendicular	26	10	41	0.41	0.25	/	0.000	/

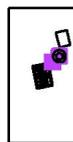
$E_{h\ m} / E_m$ = Relación entre la intensidad lumínica central horizontal y vertical, H = Medición altura

Arrigorriaga / Rotonda / Gráfico de valores (E, perpendicular)



Valores en Lux, Escala 1 : 391

Situación de la superficie en la escena exterior:
Punto marcado: (36.598 m, 48.941 m, 0.000 m)



Trama: 12 x 5 Puntos

E_m [lx]
26

E_{min} [lx]
10

E_{max} [lx]
41

E_{min} / E_m
0.41

E_{min} / E_{max}
0.25



Trabajo Fin de Máster
 Departameno de Ingeniería Eléctrica
 EHU / UPV

Proyecto elaborado por Aitor Pérez Aguirre
 Teléfono
 Fax
 e-Mail aperez212@ikasle.ehu.eus

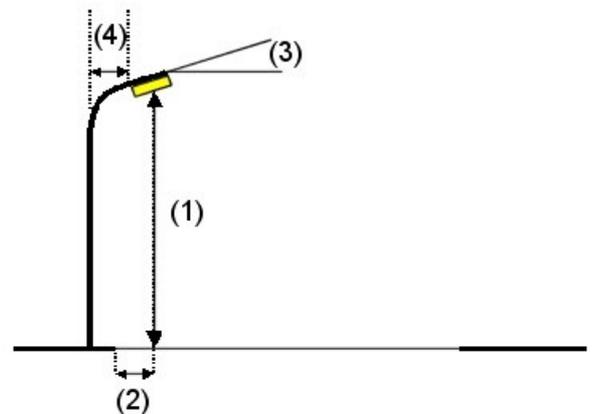
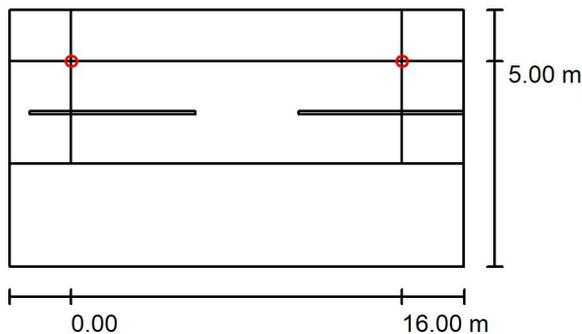
Lombo kalea / Datos de planificación

Perfil de la vía pública

Camino peatonal 1 (Anchura: 2.500 m)
 Calzada (Anchura: 5.000 m, Cantidad de carriles de tránsito: 2, Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070)
 Carril de estacionamiento 1 (Anchura: 5.000 m)

Factor mantenimiento: 0.85

Disposiciones de las luminarias



Luminaria: PHILIPS BDP102 PCC 1xGRN50/840 DRW
 Flujo luminoso (Luminaria): 3749 lm
 Flujo luminoso (Lámparas): 5280 lm
 Potencia de las luminarias: 38.0 W
 Organización: unilateral arriba
 Distancia entre mástiles: 16.000 m
 Altura de montaje (1): 4.317 m
 Altura del punto de luz: 4.000 m
 Saliente sobre la calzada (2): 0.000 m
 Inclinación del brazo (3): 0.0 °
 Longitud del brazo (4): 0.000 m

Valores máximos de la intensidad lumínica
 con 70°: 377 cd/klm
 con 80°: 233 cd/klm
 con 90°: 15 cd/klm

Respectivamente en todas las direcciones que forman los ángulos especificados con las verticales inferiores (con luminarias instaladas aptas para el funcionamiento).

La disposición cumple con la clase del índice de deslumbramiento D.3.

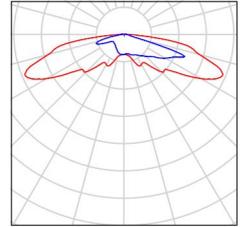


Trabajo Fin de Máster
Departamento de Ingeniería Eléctrica
EHU / UPV

Proyecto elaborado por Aitor Pérez Aguirre
Teléfono
Fax
e-Mail aperez212@ikasle.ehu.eus

Lombo kalea / Lista de luminarias

PHILIPS BDP102 PCC 1xGRN50/840 DRW
N° de artículo:
Flujo luminoso (Luminaria): 3749 lm
Flujo luminoso (Lámparas): 5280 lm
Potencia de las luminarias: 38.0 W
Clasificación luminarias según CIE: 98
Código CIE Flux: 21 49 88 98 71
Lámpara: 1 x GRN50/840/- (Factor de corrección
1.000).

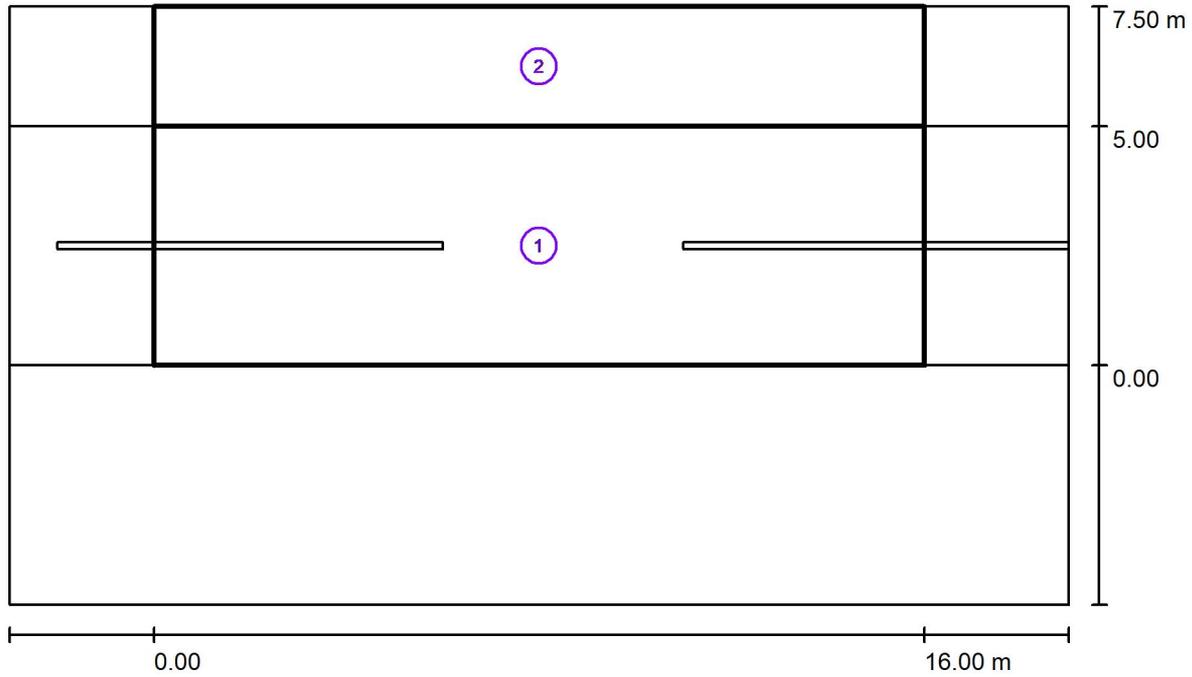




Trabajo Fin de Máster
 Departameno de Ingeniería Eléctrica
 EHU / UPV

Proyecto elaborado por Aitor Pérez Aguirre
 Teléfono
 Fax
 e-Mail aperez212@ikasle.ehu.eus

Lombo kalea / Resultados luminotécnicos



Factor mantenimiento: 0.85

Escala 1:158

Lista del recuadro de evaluación

- 1 Calzada
 Longitud: 16.000 m, Anchura: 5.000 m
 Trama: 10 x 4 Puntos
 Elemento de la vía pública respectivo: Calzada.
 Clase de iluminación seleccionada: S2 (Se cumplen todos los requerimientos fotométricos.)

Valores reales según cálculo:	E_m [lx] 14.63	E_{min} [lx] 8.75
Valores de consigna según clase:	≥ 10.00	≥ 3.00
Cumplido/No cumplido:	✓	✓



Trabajo Fin de Máster
Departamento de Ingeniería Eléctrica
EHU / UPV

Proyecto elaborado por Aitor Pérez Aguirre
Teléfono
Fax
e-Mail aperez212@ikasle.ehu.eus

Lombo kalea / Resultados luminotécnicos

Lista del recuadro de evaluación

2 Recuadro de evaluación Camino peatonal 1

Longitud: 16.000 m, Anchura: 2.500 m

Trama: 10 x 3 Puntos

Elemento de la vía pública respectivo: Camino peatonal 1.

Clase de iluminación seleccionada: CE5 (Se cumplen todos los requerimientos fotométricos.)

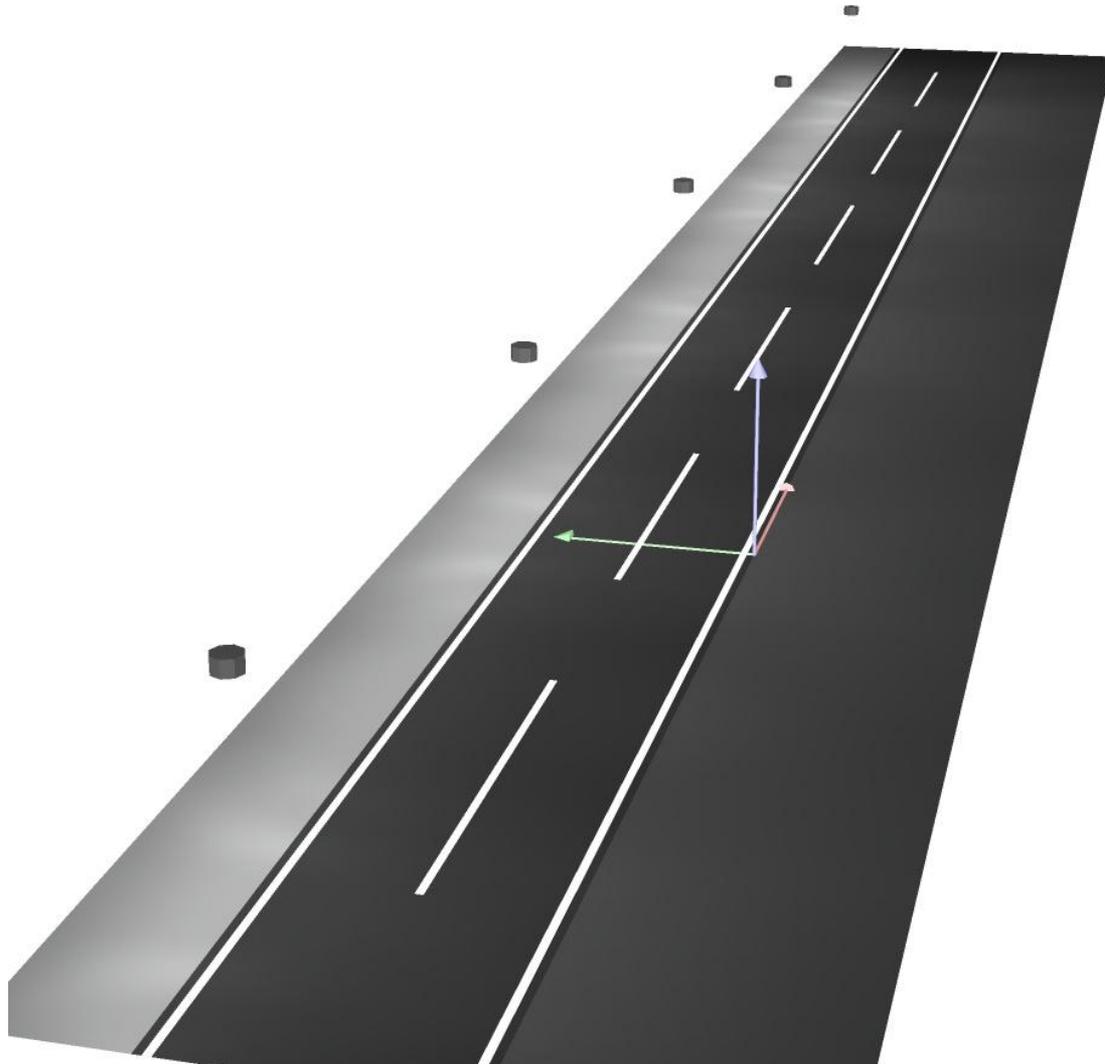
	E_m [lx]	U0
Valores reales según cálculo:	17.28	0.62
Valores de consigna según clase:	≥ 7.50	≥ 0.40
Cumplido/No cumplido:	✓	✓



Trabajo Fin de Máster
Departamento de Ingeniería Eléctrica
EHU / UPV

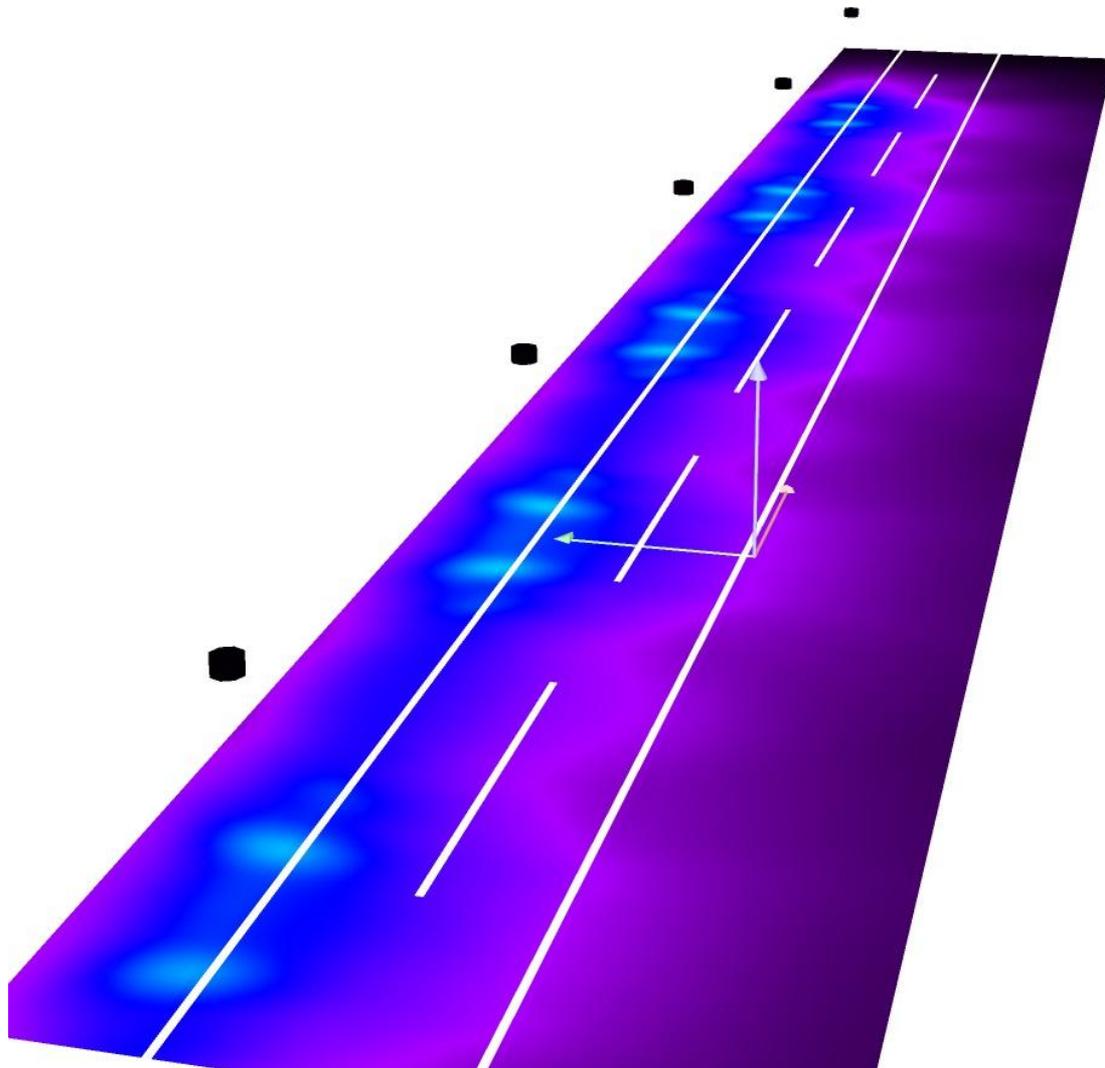
Proyecto elaborado por Aitor Pérez Aguirre
Teléfono
Fax
e-Mail aperez212@ikasle.ehu.eus

Lombo kalea / Rendering (procesado) en 3D





Lombo kalea / Rendering (procesado) de colores falsos



0 10 20 30 40 50 60 70 80 lx

Trabajo Fin de Máster
Departamento de Ingeniería Eléctrica
EHU / UPV

Proyecto elaborado por Aitor Pérez Aguirre
Teléfono
Fax
e-Mail aperez212@ikasle.ehu.eus

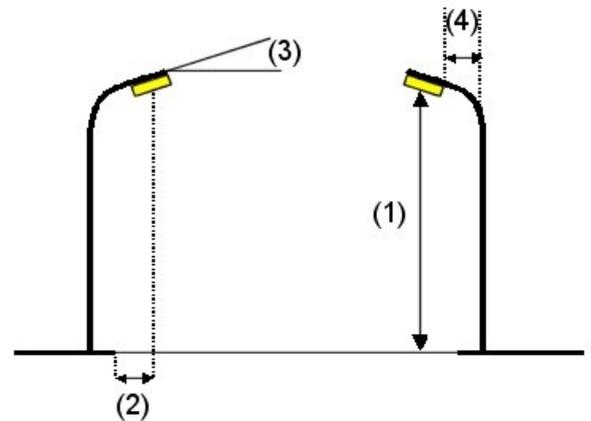
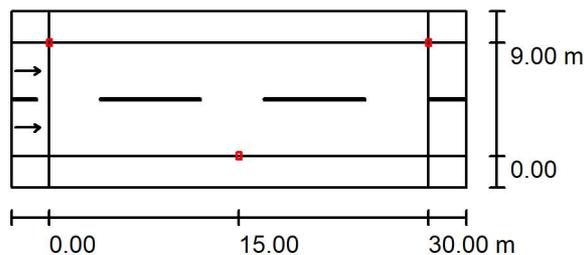
Severo Ochoa kalea / Datos de planificación

Perfil de la vía pública

Camino peatonal 2 (Anchura: 2.500 m)
Calzada (Anchura: 9.000 m, Cantidad de carriles de tránsito: 2, Revestimiento de la calzada: R3, q_0 : 0.070)
Camino peatonal 1 (Anchura: 2.500 m)

Factor mantenimiento: 0.85

Disposiciones de las luminarias



Luminaria: PHILIPS BGP243 T25 1 xLED90-4S/740 DN10
Flujo luminoso (Luminaria): 5766 lm
Flujo luminoso (Lámparas): 6479 lm
Potencia de las luminarias: 54.0 W
Organización: bilateral desplazado
Distancia entre mástiles: 30.000 m
Altura de montaje (1): 8.099 m
Altura del punto de luz: 8.000 m
Saliente sobre la calzada (2): 0.000 m
Inclinación del brazo (3): 0.0 °
Longitud del brazo (4): 0.000 m

Valores máximos de la intensidad lumínica
con 70°: 560 cd/klm
con 80°: 122 cd/klm
con 90°: 0.00 cd/klm

Respectivamente en todas las direcciones que forman los ángulos especificados con las verticales inferiores (con luminarias instaladas aptas para el funcionamiento).

Ninguna intensidad lumínica por encima de 90°.
La disposición cumple con la clase de intensidad lumínica G2.

La disposición cumple con la clase del índice de deslumbramiento D.6.

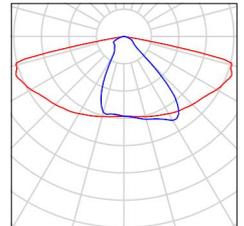


Trabajo Fin de Máster
Departamento de Ingeniería Eléctrica
EHU / UPV

Proyecto elaborado por Aitor Pérez Aguirre
Teléfono
Fax
e-Mail aperez212@ikasle.ehu.eus

Severo Ochoa kalea / Lista de luminarias

PHILIPS BGP243 T25 1 xLED90-4S/740 DN10
(Tipo 1)
N° de artículo:
Flujo luminoso (Luminaria): 5766 lm
Flujo luminoso (Lámparas): 6479 lm
Potencia de las luminarias: 54.0 W
Clasificación luminarias según CIE: 100
Código CIE Flux: 48 78 97 100 89
Lámpara: 1 x Ajustes definidos por el usuario
(Factor de corrección 1.000).

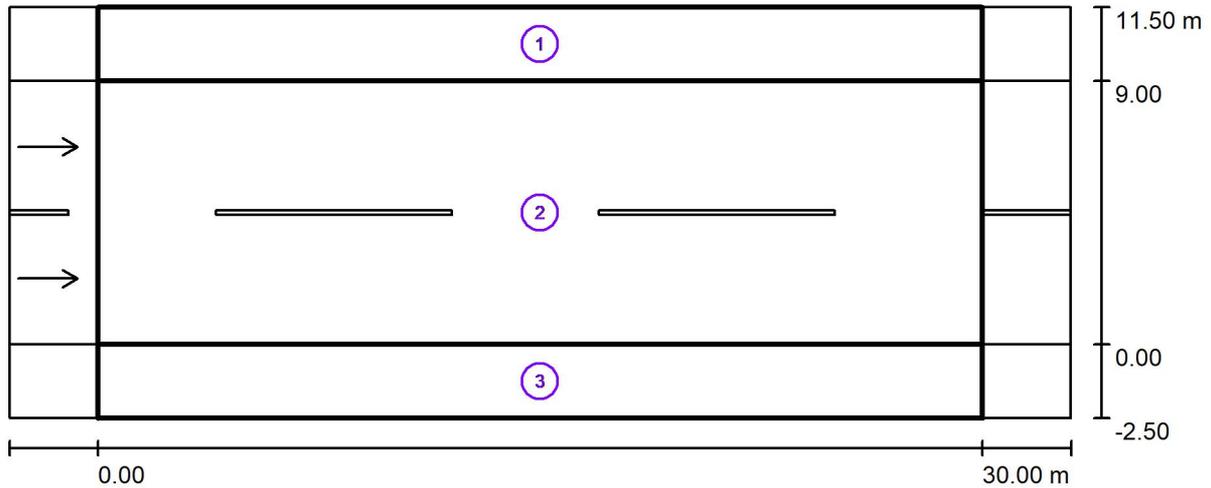




Trabajo Fin de Máster
 Departameno de Ingeniería Eléctrica
 EHU / UPV

Proyecto elaborado por Aitor Pérez Aguirre
 Teléfono
 Fax
 e-Mail aperez212@ikasle.ehu.eus

Severo Ochoa kalea / Resultados luminotécnicos



Factor mantenimiento: 0.85

Escala 1:258

Lista del recuadro de evaluación

- 1 Camino peatonal 2
 Longitud: 30.000 m, Anchura: 2.500 m
 Trama: 10 x 3 Puntos
 Elemento de la vía pública respectivo: Camino peatonal 2.
 Clase de iluminación seleccionada: CE5 (Se cumplen todos los requerimientos fotométricos.)

	E_m [lx]	U0
Valores reales según cálculo:	14.44	0.42
Valores de consigna según clase:	≥ 7.50	≥ 0.40
Cumplido/No cumplido:	✓	✓

Trabajo Fin de Máster
Departamento de Ingeniería Eléctrica
EHU / UPV

Proyecto elaborado por Aitor Pérez Aguirre
Teléfono
Fax
e-Mail aperez212@ikasle.ehu.eus

Severo Ochoa kalea / Resultados luminotécnicos

Lista del recuadro de evaluación

2 Calzada

Longitud: 30.000 m, Anchura: 9.000 m
Trama: 10 x 6 Puntos
Elemento de la vía pública respectivo: Calzada.
Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070
Clase de iluminación seleccionada: ME4a

(Se cumplen todos los requerimientos fotométricos.)

	L_m [cd/m ²]	U0	UI	TI [%]	SR
Valores reales según cálculo:	1.64	0.83	0.90	9	0.50
Valores de consigna según clase:	≥ 0.75	≥ 0.40	≥ 0.60	≤ 15	≥ 0.50
Cumplido/No cumplido:	✓	✓	✓	✓	✓

3 Recuadro de evaluación Camino peatonal 1

Longitud: 30.000 m, Anchura: 2.500 m
Trama: 10 x 3 Puntos
Elemento de la vía pública respectivo: Camino peatonal 1.
Clase de iluminación seleccionada: CE5

(Se cumplen todos los requerimientos fotométricos.)

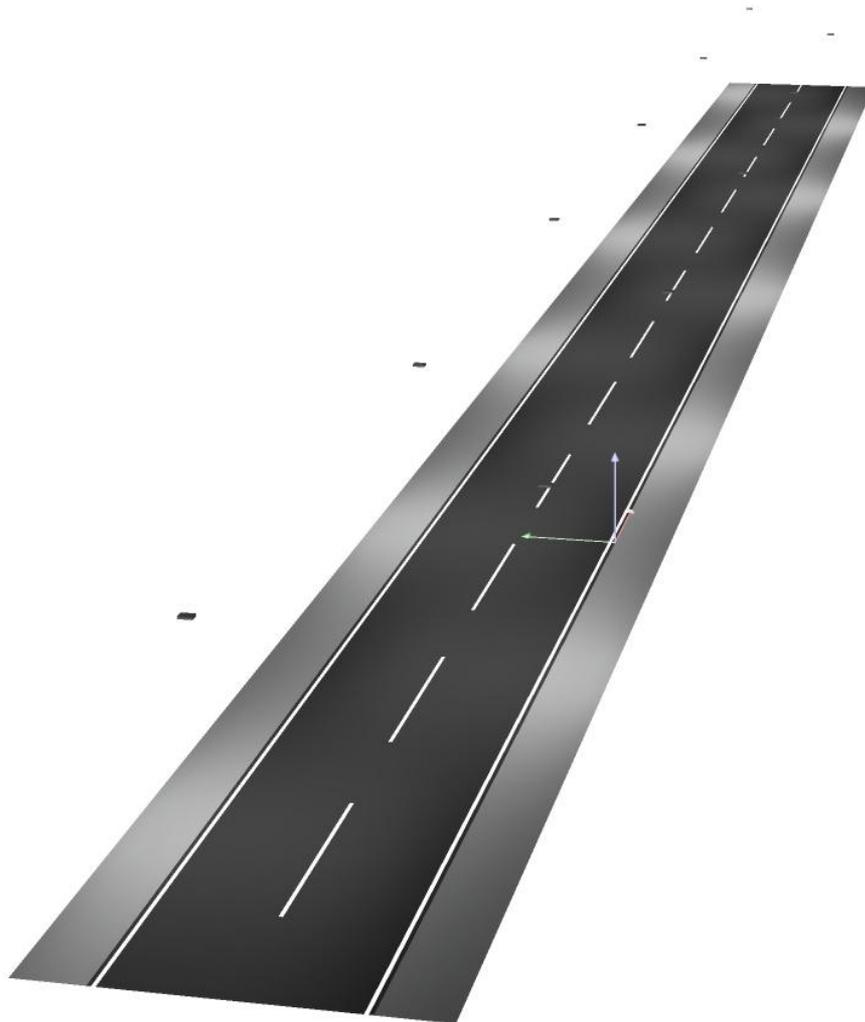
	E_m [lx]	U0
Valores reales según cálculo:	14.44	0.42
Valores de consigna según clase:	≥ 7.50	≥ 0.40
Cumplido/No cumplido:	✓	✓



Trabajo Fin de Máster
Departamento de Ingeniería Eléctrica
EHU / UPV

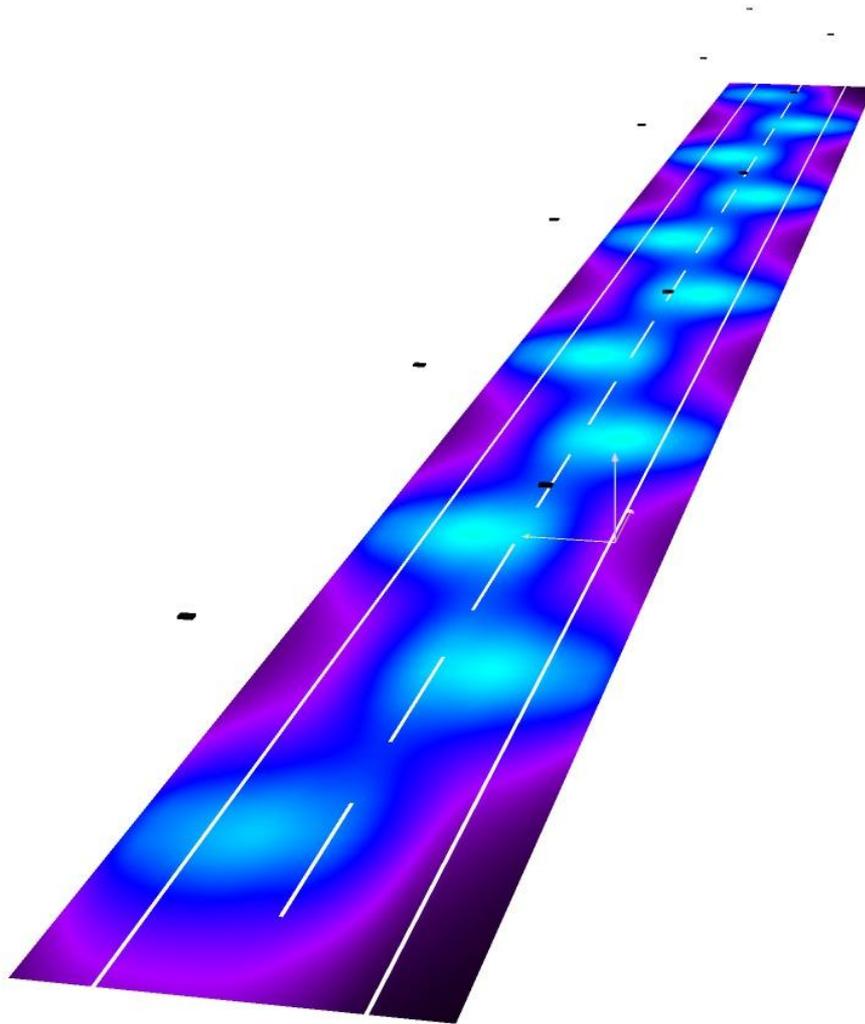
Proyecto elaborado por Aitor Pérez Aguirre
Teléfono
Fax
e-Mail aperez212@ikasle.ehu.eus

Severo Ochoa kalea / Rendering (procesado) en 3D





Severo Ochoa kalea / Rendering (procesado) de colores falsos



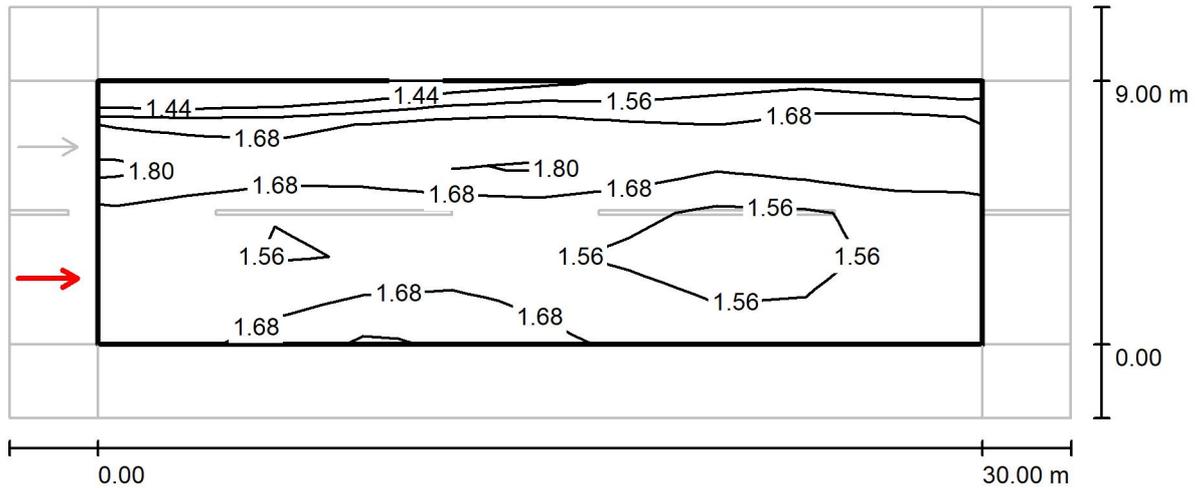
0 10 20 30 40 50 60 70 80 lx



Trabajo Fin de Máster
 Departameno de Ingeniería Eléctrica
 EHU / UPV

Proyecto elaborado por Aitor Pérez Aguirre
 Teléfono
 Fax
 e-Mail aperez212@ikasle.ehu.eus

Severo Ochoa kalea / Calzada / Observador 1 / Isolíneas (L)

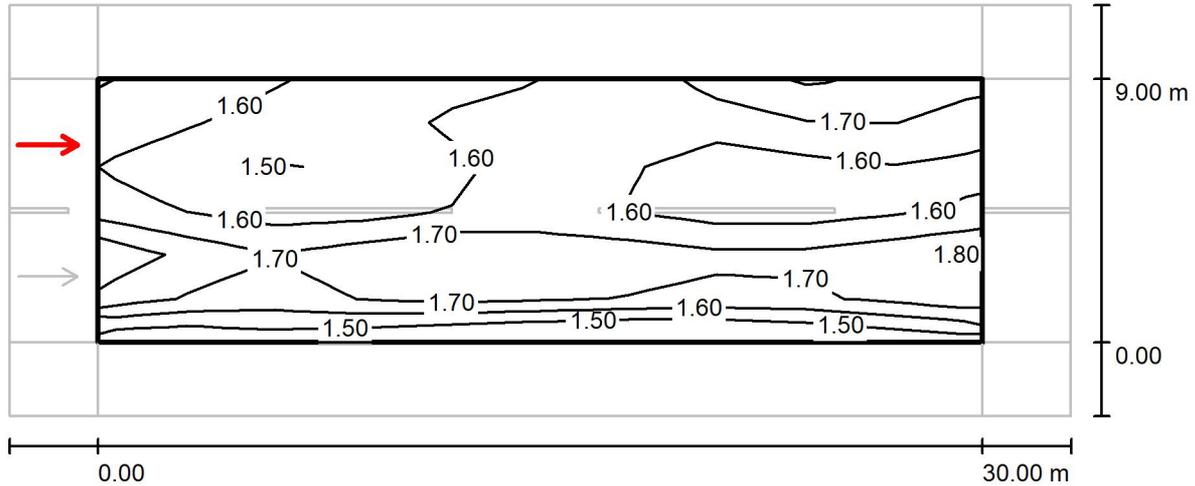


Valores en Candela/m², Escala 1 : 258

Trama: 10 x 6 Puntos
 Posición del observador: (-60.000 m, 2.250 m, 1.500 m)
 Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070

	L_m [cd/m ²]	U0	UI	TI [%]
Valores reales según cálculo:	1.64	0.83	0.90	9
Valores de consigna según clase ME4a:	≥ 0.75	≥ 0.40	≥ 0.60	≤ 15
Cumplido/No cumplido:	✓	✓	✓	✓

Severo Ochoa kalea / Calzada / Observador 2 / Isolíneas (L)



Valores en Candela/m², Escala 1 : 258

Trama: 10 x 6 Puntos
 Posición del observador: (-60.000 m, 6.750 m, 1.500 m)
 Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070

	L_m [cd/m²]	U0	UI	TI [%]
Valores reales según cálculo:	1.64	0.88	0.90	9
Valores de consigna según clase ME4a:	≥ 0.75	≥ 0.40	≥ 0.60	≤ 15
Cumplido/No cumplido:	✓	✓	✓	✓

2 Cálculos DmElect

Fórmulas Generales

Emplearemos las siguientes:

Sistema Trifásico

$$I = Pc / 1,732 \times U \times \text{Cos}\varphi = \text{amp (A)}$$

$$e = 1,732 \times I [(L \times \text{Cos}\varphi / k \times S \times n) + (Xu \times L \times \text{Sen}\varphi / 1000 \times n)] = \text{voltios (V)}$$

Sistema Monofásico:

$$I = Pc / U \times \text{Cos}\varphi = \text{amp (A)}$$

$$e = 2 \times I [(L \times \text{Cos}\varphi / k \times S \times n) + (Xu \times L \times \text{Sen}\varphi / 1000 \times n)] = \text{voltios (V)}$$

En donde:

Pc = Potencia de Cálculo en Watios.

L = Longitud de Cálculo en metros.

e = Caída de tensión en Voltios.

K = Conductividad.

I = Intensidad en Amperios.

U = Tensión de Servicio en Voltios (Trifásica ó Monofásica).

S = Sección del conductor en mm².

Cos φ = Coseno de φ . Factor de potencia.

n = N^o de conductores por fase.

Xu = Reactancia por unidad de longitud en m Ω /m.

Fórmula Conductividad Eléctrica

$$K = 1/\rho$$

$$\rho = \rho_{20} [1 + \alpha (T - 20)]$$

$$T = T_0 + [(T_{\max} - T_0) (I/I_{\max})^2]$$

Siendo,

K = Conductividad del conductor a la temperatura T.

ρ = Resistividad del conductor a la temperatura T.

ρ_{20} = Resistividad del conductor a 20°C.

$$Cu = 0.018$$

$$Al = 0.029$$

α = Coeficiente de temperatura:

$$Cu = 0.00392$$

$$Al = 0.00403$$

T = Temperatura del conductor (°C).

T₀ = Temperatura ambiente (°C):

Cables enterrados = 25°C

Cables al aire = 40°C

T_{max} = Temperatura máxima admisible del conductor (°C):

XLPE, EPR = 90°C

PVC = 70°C

I = Intensidad prevista por el conductor (A).

I_{max} = Intensidad máxima admisible del conductor (A).

Fórmulas Sobrecargas

$$I_b \leq I_n \leq I_z$$

$$I_2 \leq 1,45 I_z$$

Donde:

I_b: intensidad utilizada en el circuito.

I_z: intensidad admisible de la canalización según la norma UNE 20-460/5-523.

I_n: intensidad nominal del dispositivo de protección. Para los dispositivos de protección regulables, I_n es la intensidad de regulación escogida.

I₂: intensidad que asegura efectivamente el funcionamiento del dispositivo de protección. En la práctica I₂ se toma igual:

- a la intensidad de funcionamiento en el tiempo convencional, para los interruptores automáticos (1,45 I_n como máximo).
- a la intensidad de fusión en el tiempo convencional, para los fusibles (1,6 I_n).

Fórmulas Cortocircuito

$$* I_{pccI} = C_t U / \sqrt{3} Z_t$$

Siendo,

I_{pccI}: intensidad permanente de c.c. en inicio de línea en kA.

C_t: Coeficiente de tensión.

U: Tensión trifásica en V.

Z_t: Impedancia total en ohm, aguas arriba del punto de c.c. (sin incluir la línea o circuito en estudio).

$$* I_{pccF} = C_t U_F / 2 Z_t$$

Siendo,

I_{pccF}: Intensidad permanente de c.c. en fin de línea en kA.

C_t: Coeficiente de tensión.

U_F: Tensión monofásica en V.

Z_t: Impedancia total en ohm, incluyendo la propia de la línea o circuito (por tanto es igual a la impedancia en origen mas la propia del conductor o línea).

* La impedancia total hasta el punto de cortocircuito será:

$$Z_t = (R_t^2 + X_t^2)^{1/2}$$

Siendo,

R_t: R₁ + R₂ + + R_n (suma de las resistencias de las líneas aguas arriba hasta el punto de c.c.)

X_t: X₁ + X₂ + + X_n (suma de las reactancias de las líneas aguas arriba hasta el punto de c.c.)

$$R = L \cdot 1000 \cdot C_R / K \cdot S \cdot n \quad (\text{ohm})$$

$$X = X_u \cdot L / n \quad (\text{ohm})$$

R: Resistencia de la línea en ohm.

X: Reactancia de la línea en ohm.

L: Longitud de la línea en m.

C_R: Coeficiente de resistividad, extraído de condiciones generales de c.c.

K: Conductividad del metal.

S: Sección de la línea en mm².

X_u: Reactancia de la línea, en ohm por metro.

n: n° de conductores por fase.

$$* t_{mcc} = C_c \cdot S^2 / I_{pccF}^2$$

Siendo,

t_{mcc}: Tiempo máximo en sg que un conductor soporta una I_{pcc}.

C_c= Constante que depende de la naturaleza del conductor y de su aislamiento.

S: Sección de la línea en mm².

I_{pccF}: Intensidad permanente de c.c. en fin de línea en A.

$$* t_{ficc} = cte. \text{ fusible} / I_{pccF}^2$$

Siendo,

t_{ficc}: tiempo de fusión de un fusible para una determinada intensidad de cortocircuito.

I_{pccF}: Intensidad permanente de c.c. en fin de línea en A.

$$* L_{max} = 0,8 U_F / 2 \cdot I_{F5} \cdot \sqrt{(1,5 / K \cdot S \cdot n)^2 + (X_u / n \cdot 1000)^2}$$

Siendo,

L_{max}: Longitud máxima de conductor protegido a c.c. (m) (para protección por fusibles)

U_F: Tensión de fase (V)

K: Conductividad

S: Sección del conductor (mm²)

38	B	d	30	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE, 0.6/1 kV Bipol.	2,41	10	25/.300	2x6	64,68/0,8	90
39	d	32	15	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE, 0.6/1 kV Bipol.	2,41	10		2x6	64,68/0,8	90
40	32	33	15	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE, 0.6/1 kV Bipol.	2,3			2x6	64,68/0,8	90
41	33	34	15	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE, 0.6/1 kV Bipol.	2,19			2x6	64,68/0,8	90
42	34	35	15	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE, 0.6/1 kV Bipol.	2,08			2x6	64,68/0,8	90
43	35	36	15	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE, 0.6/1 kV Bipol.	1,97			2x6	64,68/0,8	90
44	36	37	15	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE, 0.6/1 kV Bipol.	1,86			2x6	64,68/0,8	90
45	37	38	15	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE, 0.6/1 kV Bipol.	1,75			2x6	64,68/0,8	90
46	38	39	15	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE, 0.6/1 kV Bipol.	1,64			2x6	64,68/0,8	90
47	39	40	15	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE, 0.6/1 kV Bipol.	1,53			2x6	64,68/0,8	90
48	40	41	15	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE, 0.6/1 kV Bipol.	1,42			2x6	64,68/0,8	90
49	41	42	15	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE, 0.6/1 kV Bipol.	1,31			2x6	64,68/0,8	90
50	42	43	15	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE, 0.6/1 kV Bipol.	1,2			2x6	64,68/0,8	90
51	43	44	15	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE, 0.6/1 kV Bipol.	1,09			2x6	64,68/0,8	90
52	44	45	15	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE, 0.6/1 kV Bipol.	0,98			2x6	64,68/0,8	90
53	45	46	15	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE, 0.6/1 kV Bipol.	0,88			2x6	64,68/0,8	90
54	46	47	15	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE, 0.6/1 kV Bipol.	0,77			2x6	64,68/0,8	90
55	47	48	15	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE, 0.6/1 kV Bipol.	0,66			2x6	64,68/0,8	90
56	48	49	15	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE, 0.6/1 kV Bipol.	0,55			2x6	64,68/0,8	90
57	49	50	15	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE, 0.6/1 kV Bipol.	0,44			2x6	64,68/0,8	90
58	50	51	15	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE, 0.6/1 kV Bipol.	0,33			2x6	64,68/0,8	90
59	51	52	15	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE, 0.6/1 kV Bipol.	0,22			2x6	64,68/0,8	90
60	52	53	15	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE, 0.6/1 kV Bipol.	0,11			2x6	64,68/0,8	90
61	B	e	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE, 0.6/1 kV Bipol.	3,32	10	25/.300	2x6	64,68/0,8	90
62	e	54	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE, 0.6/1 kV Bipol.	3,32	10		2x6	64,68/0,8	90
63	54	55	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE, 0.6/1 kV Bipol.	3,14			2x6	64,68/0,8	90
64	55	56	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE, 0.6/1 kV Bipol.	2,95			2x6	64,68/0,8	90
65	56	57	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE, 0.6/1 kV Bipol.	2,77			2x6	64,68/0,8	90
66	57	58	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE, 0.6/1 kV Bipol.	2,58			2x6	64,68/0,8	90
67	58	59	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE, 0.6/1 kV Bipol.	2,4			2x6	64,68/0,8	90
68	59	60	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE, 0.6/1 kV Bipol.	2,22			2x6	64,68/0,8	90
69	60	61	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE, 0.6/1 kV Bipol.	2,03			2x6	64,68/0,8	90
70	61	62	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE, 0.6/1 kV Bipol.	1,85			2x6	64,68/0,8	90
71	62	63	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE, 0.6/1 kV Bipol.	1,66			2x6	64,68/0,8	90
72	63	64	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE, 0.6/1 kV Bipol.	1,48			2x6	64,68/0,8	90
73	64	65	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE, 0.6/1 kV Bipol.	1,29			2x6	64,68/0,8	90
74	65	66	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE, 0.6/1 kV Bipol.	1,11			2x6	64,68/0,8	90
75	66	67	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE, 0.6/1 kV Bipol.	0,92			2x6	64,68/0,8	90
76	67	68	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE, 0.6/1 kV Bipol.	0,74			2x6	64,68/0,8	90
77	68	68	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE, 0.6/1 kV Bipol.	0,55			2x6	64,68/0,8	90
78	68	70	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE, 0.6/1 kV Bipol.	0,37			2x6	64,68/0,8	90
79	70	71	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE, 0.6/1 kV Bipol.	0,18			2x6	64,68/0,8	90
80	C	f	70	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE, 0.6/1 kV Bipol.	4,43	10	25/.300	2x10	86,24/0,8	90
81	f	72	30	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE, 0.6/1 kV Bipol.	4,43	10		2x10	86,24/0,8	90
82	72	73	30	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE, 0.6/1 kV Bipol.	4,18			2x10	86,24/0,8	90
83	73	74	30	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE, 0.6/1 kV Bipol.	3,94			2x10	86,24/0,8	90
84	74	75	30	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE, 0.6/1 kV Bipol.	3,69			2x10	86,24/0,8	90
85	75	76	30	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE, 0.6/1 kV Bipol.	3,45			2x10	86,24/0,8	90
86	76	77	30	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE, 0.6/1 kV Bipol.	3,2			2x10	86,24/0,8	90
87	77	78	30	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE, 0.6/1 kV Bipol.	2,95			2x10	86,24/0,8	90
88	78	79	30	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE, 0.6/1 kV Bipol.	2,71			2x10	86,24/0,8	90
89	79	80	30	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE, 0.6/1 kV Bipol.	2,46			2x10	86,24/0,8	90
90	80	81	30	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE, 0.6/1 kV Bipol.	2,22			2x10	86,24/0,8	90
91	81	82	30	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE, 0.6/1 kV Bipol.	1,97			2x6	64,68/0,8	90
92	82	83	30	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE, 0.6/1 kV Bipol.	1,72			2x6	64,68/0,8	90
93	83	84	30	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE, 0.6/1 kV Bipol.	1,48			2x6	64,68/0,8	90
94	84	85	30	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE, 0.6/1 kV Bipol.	1,23			2x6	64,68/0,8	90
95	85	86	30	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE, 0.6/1 kV Bipol.	0,98			2x6	64,68/0,8	90
96	86	87	30	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE, 0.6/1 kV Bipol.	0,74			2x6	64,68/0,8	90
97	87	88	30	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE, 0.6/1 kV Bipol.	0,49			2x6	64,68/0,8	90
98	88	89	30	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE, 0.6/1 kV Bipol.	0,25			2x6	64,68/0,8	90

Nudo	C.d.t.(V)	Tensión Nudo(V)	C.d.t.(%)	Carga Nudo
CM-06	0	400	0	(3.757 W)
A	-0,568	399,432	0,142	(0 W)
a	-0,839	229,161	0,365	(0 W)
1	-1,349	228,651	0,586	(-132 W)
2	-1,757	228,243	0,764	(-132 W)
3	-2,063	227,937	0,897	(-132 W)

4	-2,267	227,733	0,986	(-132 W)
5	-2,369	227,631	1,03	(-132 W)
b	-1,112	228,888	0,483	(0 W)
6	-1,503	228,497	0,654	(-38 W)
7	-1,876	228,124	0,816	(-38 W)
8	-2,228	227,772	0,969	(-38 W)
9	-2,561	227,439	1,114	(-38 W)
10	-2,875	227,125	1,25	(-38 W)
11	-3,168	226,832	1,378	(-38 W)
12	-3,443	226,557	1,497	(-38 W)
13	-3,697	226,303	1,608	(-38 W)
14	-3,932	226,068	1,71	(-38 W)
15	-4,148	225,852	1,803	(-38 W)
16	-4,344	225,656	1,889	(-38 W)
17	-4,52	225,48	1,965	(-38 W)
18	-4,677	225,323	2,033	(-38 W)
19	-4,814	225,186	2,093	(-38 W)
20	-4,931	225,069	2,144	(-38 W)
21	-5,029	224,971	2,187	(-38 W)
22	-5,108	224,892	2,221	(-38 W)
23	-5,166	224,834	2,246	(-38 W)
24	-5,206	224,794	2,263	(-38 W)
25	-5,225	224,775	2,272	(-38 W)
c	-0,398	229,602	0,173	(0 W)
26	-0,453	229,547	0,197	(-18 W)
27	-0,472	229,528	0,205	(-18 W)
28	-0,487	229,513	0,212	(-18 W)
29	-0,498	229,502	0,217	(-18 W)
30	-0,505	229,495	0,22	(-18 W)
31	-0,509	229,491	0,221	(-18 W)
C	-0,995	399,005	0,249	(0 W)
B	-1,463	398,537	0,366	(0 W)
d	-1,253	228,747	0,545	(0 W)
32	-1,457	228,543	0,633	(-24 W)
33	-1,652	228,348	0,718	(-24 W)
34	-1,837	228,163	0,799	(-24 W)
35	-2,014	227,986	0,875	(-24 W)
36	-2,181	227,819	0,948	(-24 W)
37	-2,338	227,662	1,017	(-24 W)
38	-2,487	227,513	1,081	(-24 W)
39	-2,626	227,374	1,142	(-24 W)
40	-2,756	227,244	1,198	(-24 W)
41	-2,877	227,123	1,251	(-24 W)
42	-2,988	227,012	1,299	(-24 W)
43	-3,09	226,91	1,343	(-24 W)
44	-3,183	226,817	1,384	(-24 W)
45	-3,266	226,734	1,42	(-24 W)
46	-3,34	226,66	1,452	(-24 W)
47	-3,405	226,595	1,481	(-24 W)
48	-3,461	226,539	1,505	(-24 W)
49	-3,507	226,493	1,525	(-24 W)
50	-3,545	226,455	1,541	(-24 W)
51	-3,572	226,428	1,553	(-24 W)
52	-3,591	226,409	1,561	(-24 W)
53	-3,6	226,4	1,565	(-24 W)
e	-1,22	228,78	0,531	(0 W)
54	-1,596	228,404	0,694	(-40,5 W)
55	-1,951	228,049	0,848	(-40,5 W)
56	-2,285	227,715	0,993	(-40,5 W)
57	-2,598	227,402	1,13	(-40,5 W)
58	-2,89	227,11	1,257	(-40,5 W)
59	-3,162	226,838	1,375	(-40,5 W)
60	-3,412	226,588	1,484	(-40,5 W)
61	-3,642	226,358	1,583	(-40,5 W)
62	-3,851	226,149	1,674	(-40,5 W)
63	-4,039	225,961	1,756	(-40,5 W)
64	-4,206	225,794	1,829	(-40,5 W)
65	-4,352	225,648	1,892	(-40,5 W)
66	-4,477	225,523	1,947	(-40,5 W)
67	-4,581	225,419	1,992	(-40,5 W)

68	-4,665	225,335	2,028	(-40,5 W)
68	-4,728	225,272	2,055	(-40,5 W)
70	-4,769	225,231	2,074	(-40,5 W)
71	-4,79	225,21	2,083	(-40,5 W)
f	-1,627	228,373	0,707	(0 W)
72	-2,078	227,922	0,903	(-54 W)
73	-2,504	227,496	1,088	(-54 W)
74	-2,904	227,096	1,263	(-54 W)
75	-3,28	226,72	1,426	(-54 W)
76	-3,631	226,369	1,579	(-54 W)
77	-3,957	226,043	1,72	(-54 W)
78	-4,257	225,743	1,851	(-54 W)
79	-4,533	225,467	1,971	(-54 W)
80	-4,783	225,217	2,08	(-54 W)
81	-5,009	224,991	2,178	(-54 W)
82	-5,343	224,657	2,323	(-54 W)
83	-5,635	224,365	2,45	(-54 W)
84	-5,886	224,114	2,559	(-54 W)
85	-6,094	223,906	2,65	(-54 W)
86	-6,261	223,739	2,722	(-54 W)
87	-6,387	223,613	2,777	(-54 W)
88	-6,47	223,53	2,813	(-54 W)
89	-6,512	223,488	2,831*	(-54 W)

NOTA:

- * Nudo de mayor c.d.t.

Caída de tensión total en los distintos itinerarios:

CM-06-A-a-1-2-3-4-5 = 1.03 %

CM-06-A-b-6-7-8-9-10-11-12-13-14-15-16-17-18-19-20-21-22-23-24-25 = 2.27 %

CM-06-A-c-26-27-28-29-30-31 = 0.22 %

CM-06-C-B-d-32-33-34-35-36-37-38-39-40-41-42-43-44-45-46-47-48-49-50-51-52-53 = 1.57 %

CM-06-C-B-e-54-55-56-57-58-59-60-61-62-63-64-65-66-67-68-68-70-71 = 2.08 %

CM-06-C-f-72-73-74-75-76-77-78-79-80-81-82-83-84-85-86-87-88-89 = 2.83 %

Resultados Cortocircuito:

Línea	Nudo Orig.	Nudo Dest.	IpccI (kA)	P de C (kA)	IpccF(A)	tmcicc (sg)	tficc (sg)	In;Curvas
1	CM-06	A	12	15	521,24	2,71		10; B,C,D
2	A	a	1,05		335,93	6,52		
3	a	1	0,67		247,81	11,99	0,204	10
4	1	2	0,5		196,31	19,1		
5	2	3	0,39		162,53	27,87		
6	3	4	0,33		138,67	38,28		
7	4	5	0,28		120,92	50,35		
8	A	b	1,05		300,34	8,16		
9	b	6	0,6		247,81	11,99	0,204	10
10	6	7	0,5		210,92	16,55		
11	7	8	0,42		183,59	21,84		
12	8	9	0,37		162,53	27,87		
13	9	10	0,33		145,81	34,63		
14	10	11	0,29		132,2	42,12		
15	11	12	0,27		120,92	50,35		
16	12	13	0,24		111,41	59,31		
17	13	14	0,22		103,29	69		
18	14	15	0,21		96,27	79,43		
19	15	16	0,19		90,15	90,59		
20	16	17	0,18		84,75	102,48		
21	17	18	0,17		79,97	115,11		
22	18	19	0,16		75,7	128,47		
23	19	20	0,15		71,86	142,57		
24	20	21	0,14		68,39	157,4		
25	21	22	0,14		65,24	172,96		
26	22	23	0,13		62,37	189,25		
27	23	24	0,13		59,74	206,28		
28	24	25	0,12		57,32	224,04		
30	c	26	0,72		285,22	9,05	0,154	10
31	26	27	0,57		263,97	10,56		
32	27	28	0,53		245,67	12,2		

33	28	29	0,49		229,73	13,95		
34	29	30	0,46		215,74	15,82		
35	30	31	0,43		203,36	17,8		
35	A	c	1,05		357,1	5,77		
36	CM-06	C	12	15	440,29	10,55		10; B,C,D
37	C	B	0,88		247,81	11,99		
38	B	d	0,5		196,31	19,1		
39	d	32	0,39		177,83	23,28	0,395	10
40	32	33	0,36		162,53	27,87		
41	33	34	0,33		149,66	32,87		
42	34	35	0,3		138,67	38,28		
43	35	36	0,28		129,19	44,11		
44	36	37	0,26		120,92	50,35		
45	37	38	0,24		113,65	57		
46	38	39	0,23		107,2	64,06		
47	39	40	0,22		101,44	71,54		
48	40	41	0,2		96,27	79,43		
49	41	42	0,19		91,6	87,73		
50	42	43	0,18		87,37	96,45		
51	43	44	0,18		83,5	105,57		
52	44	45	0,17		79,97	115,11		
53	45	46	0,16		76,72	125,06		
54	46	47	0,15		73,73	135,43		
55	47	48	0,15		70,96	146,21		
56	48	49	0,14		68,39	157,4		
57	49	50	0,14		66	169		
58	50	51	0,13		63,77	181,01		
59	51	52	0,13		61,69	193,44		
60	52	53	0,12		59,74	206,28		
61	B	e	0,5		210,92	16,55		
62	e	54	0,42		183,59	21,84	0,371	10
63	54	55	0,37		162,53	27,87		
64	55	56	0,33		145,81	34,63		
65	56	57	0,29		132,2	42,12		
66	57	58	0,27		120,92	50,35		
67	58	59	0,24		111,41	59,31		
68	59	60	0,22		103,29	69		
69	60	61	0,21		96,27	79,43		
70	61	62	0,19		90,15	90,59		
71	62	63	0,18		84,75	102,48		
72	63	64	0,17		79,97	115,11		
73	64	65	0,16		75,7	128,47		
74	65	66	0,15		71,86	142,57		
75	66	67	0,14		68,39	157,4		
76	67	68	0,14		65,24	172,96		
77	68	68	0,13		62,37	189,25		
78	68	70	0,13		59,74	206,28		
79	70	71	0,12		57,32	224,04		
80	C	f	0,88		266,45	28,8		
81	f	72	0,54		227,89	39,38	0,241	10
82	72	73	0,46		199,07	51,6		
83	73	74	0,4		176,73	65,47		
84	74	75	0,35		158,89	81		
85	75	76	0,32		144,32	98,17		
86	76	77	0,29		132,2	117		
87	77	78	0,27		121,96	137,48		
88	78	79	0,24		113,19	159,6		
89	79	80	0,23		105,6	183,38		
90	80	81	0,21		98,96	208,81		
91	81	82	0,2		89,58	91,75		
92	82	83	0,18		81,82	109,97		
93	83	84	0,16		75,3	129,85		
94	84	85	0,15		69,74	151,38		
95	85	86	0,14		64,94	174,55		
96	86	87	0,13		60,76	199,38		
97	87	88	0,12		57,09	225,86		
98	88	89	0,11		53,84	253,99		

CM-07

Las características generales de la red son:

Tensión (V): Trifásica 400, Monofásica 230
 C.d.t. máx. (%): 3
 Cos φ : 0,95
 Temperatura cálculo conductividad eléctrica (°C):
 - XLPE, EPR: 20
 - PVC: 20

Resultados obtenidos para las distintas ramas y nudos:

Línea	Nudo Orig.	Nudo Dest.	Long. (m)	Metal/ Xu(m□/m)	Canal./Aislam/Polar.	I.Cálculo (A)	In/Ireg (A)	In/Sens. Dif(A/mA)	Sección (mm2)	I. Admisi. (A)/Fc	D.tubo (mm)
100	B	a	50	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	2,3	10	25/.300	2x10	86,24/0,8	90
101	a	1	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	2,3	10		2x10	86,24/0,8	90
102	1	2	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	2,17			2x10	86,24/0,8	90
103	2	3	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	2,04			2x10	86,24/0,8	90
104	3	4	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	1,91			2x10	86,24/0,8	90
105	4	5	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	1,79			2x10	86,24/0,8	90
106	5	6	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	1,66			2x10	86,24/0,8	90
107	6	7	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	1,53			2x10	86,24/0,8	90
108	7	8	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	1,4			2x10	86,24/0,8	90
109	8	9	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	1,28			2x10	86,24/0,8	90
110	9	10	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	1,15			2x10	86,24/0,8	90
111	10	11	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	1,02			2x10	86,24/0,8	90
112	11	12	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	0,89			2x10	86,24/0,8	90
113	12	13	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	0,77			2x10	86,24/0,8	90
114	13	14	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	0,64			2x10	86,24/0,8	90
115	14	15	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	0,51			2x10	86,24/0,8	90
116	15	16	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	0,38			2x10	86,24/0,8	90
117	16	17	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	0,26			2x10	86,24/0,8	90
118	17	18	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	0,13			2x10	86,24/0,8	90
119	B	b	15	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	2,71	10	25/.300	2x10	86,24/0,8	90
120	b	19	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	2,71	10		2x10	86,24/0,8	90
121	19	20	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	2,63			2x10	86,24/0,8	90
122	20	21	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	2,54			2x10	86,24/0,8	90
123	21	22	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	2,46			2x10	86,24/0,8	90
124	22	23	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	2,38			2x10	86,24/0,8	90
125	23	24	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	2,3			2x10	86,24/0,8	90
126	24	25	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	2,22			2x10	86,24/0,8	90
127	25	26	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	2,13			2x10	86,24/0,8	90
128	26	27	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	2,05			2x10	86,24/0,8	90
129	27	28	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	1,97			2x10	86,24/0,8	90
130	28	29	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	1,89			2x10	86,24/0,8	90
131	29	30	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	1,8			2x10	86,24/0,8	90
132	30	31	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	1,72			2x10	86,24/0,8	90
133	31	32	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	1,64			2x10	86,24/0,8	90
134	32	33	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	1,56			2x10	86,24/0,8	90
135	33	34	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	1,48			2x10	86,24/0,8	90
136	34	35	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	1,39			2x10	86,24/0,8	90
137	35	36	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	1,31			2x10	86,24/0,8	90
138	36	37	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	1,23			2x10	86,24/0,8	90
139	37	38	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	1,15			2x10	86,24/0,8	90
140	38	39	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	1,07			2x10	86,24/0,8	90
141	39	40	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	0,98			2x10	86,24/0,8	90
44	40	41	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	0,9			2x10	86,24/0,8	90
45	41	42	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	0,82			2x10	86,24/0,8	90
46	42	43	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	0,74			2x10	86,24/0,8	90
47	43	44	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	0,66			2x10	86,24/0,8	90
48	44	45	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	0,57			2x10	86,24/0,8	90
49	45	46	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	0,49			2x10	86,24/0,8	90
50	46	47	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	0,41			2x10	86,24/0,8	90
51	47	48	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	0,33			2x10	86,24/0,8	90
52	48	49	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	0,25			2x10	86,24/0,8	90
53	49	50	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	0,16			2x10	86,24/0,8	90
54	50	51	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	0,08			2x10	86,24/0,8	90
56	C	d	50	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	2,46	10	25/.300	2x6	64,68/0,8	90
57	d	121	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	2,46	10		2x6	64,68/0,8	90
58	121	122	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	2,23			2x6	64,68/0,8	90
59	122	123	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	2,01			2x6	64,68/0,8	90
60	123	124	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	1,79			2x6	64,68/0,8	90

61	124	125	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	1,56			2x6	64,68/0,8	90
62	125	126	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	1,34			2x6	64,68/0,8	90
63	126	127	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	1,12			2x6	64,68/0,8	90
64	127	128	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	0,89			2x6	64,68/0,8	90
65	128	129	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	0,67			2x6	64,68/0,8	90
66	129	130	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	0,45			2x6	64,68/0,8	90
67	130	131	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	0,22			2x6	64,68/0,8	90
68	C	c	120	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra.	1,78	10	25/300	3x25/16	120/0,8	90
69	c	52	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra.	1,78	10		3x25/16	120/0,8	90
70	52	53	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra.	1,76			3x25/16	120/0,8	90
71	53	54	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra.	1,73			3x25/16	120/0,8	90
72	54	55	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra.	1,7			3x25/16	120/0,8	90
73	55	56	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra.	1,68			3x25/16	120/0,8	90
74	56	57	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra.	1,65			3x25/16	120/0,8	90
75	57	58	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra.	1,63			3x25/16	120/0,8	90
76	58	59	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra.	1,6			3x25/16	120/0,8	90
77	59	60	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra.	1,58			3x25/16	120/0,8	90
78	60	61	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra.	1,55			3x25/16	120/0,8	90
79	61	62	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra.	1,52			3x25/16	120/0,8	90
80	62	63	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra.	1,5			3x25/16	120/0,8	90
81	63	64	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra.	1,47			3x25/16	120/0,8	90
82	64	65	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra.	1,45			3x25/16	120/0,8	90
83	65	66	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra.	1,42			3x25/16	120/0,8	90
84	66	67	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra.	1,39			3x25/16	120/0,8	90
85	67	68	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra.	1,37			3x25/16	120/0,8	90
86	68	69	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra.	1,34			3x25/16	120/0,8	90
87	69	70	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra.	1,32			3x25/16	120/0,8	90
88	70	71	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra.	1,29			3x25/16	120/0,8	90
89	71	72	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra.	1,27			3x25/16	120/0,8	90
90	72	73	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra.	1,24			3x25/16	120/0,8	90
91	73	74	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra.	1,21			3x25/16	120/0,8	90
92	74	75	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra.	1,19			3x25/16	120/0,8	90
93	75	76	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra.	1,16			3x25/16	120/0,8	90
94	76	77	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra.	1,14			3x25/16	120/0,8	90
95	77	78	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra.	1,11			3x25/16	120/0,8	90
96	78	79	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra.	1,08			3x25/16	120/0,8	90
97	79	80	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra.	1,06			3x25/16	120/0,8	90
98	80	81	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra.	1,03			3x25/16	120/0,8	90
99	81	82	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra.	1,01			3x25/16	120/0,8	90
100	82	83	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra.	0,98			3x25/16	120/0,8	90
101	83	84	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra.	0,96			3x25/16	120/0,8	90
102	84	85	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra.	0,93			3x25/16	120/0,8	90
103	85	86	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra.	0,9			3x25/16	120/0,8	90
104	86	87	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra.	0,88			3x25/16	120/0,8	90
105	87	88	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra.	0,85			3x25/16	120/0,8	90
106	88	89	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra.	0,83			3x25/16	120/0,8	90
107	89	90	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra.	0,8			3x25/16	120/0,8	90
108	90	91	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra.	0,77			3x25/16	120/0,8	90
109	91	92	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra.	0,75			3x25/16	120/0,8	90
110	92	93	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra.	0,72			3x25/16	120/0,8	90
111	93	94	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra.	0,7			3x25/16	120/0,8	90
112	94	95	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra.	0,67			3x25/16	120/0,8	90
113	95	96	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra.	0,65			3x25/16	120/0,8	90
114	96	97	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra.	0,62			3x25/16	120/0,8	90
115	97	98	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra.	0,59			3x25/16	120/0,8	90
116	98	99	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra.	0,57			3x25/16	120/0,8	90
117	99	100	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra.	0,54			3x25/16	120/0,8	90
118	100	101	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra.	0,52			3x25/16	120/0,8	90
119	101	102	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra.	0,49			3x25/16	120/0,8	90
120	102	103	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra.	0,46			3x25/16	120/0,8	90
121	103	104	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra.	0,44			3x25/16	120/0,8	90
122	104	105	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra.	0,41			3x25/16	120/0,8	90
123	105	106	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra.	0,39			3x25/16	120/0,8	90
124	106	107	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra.	0,36			3x25/16	120/0,8	90
125	107	108	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra.	0,34			3x25/16	120/0,8	90
126	108	109	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra.	0,31			3x25/16	120/0,8	90
127	109	110	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra.	0,28			3x25/16	120/0,8	90
128	110	111	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra.	0,26			3x25/16	120/0,8	90
129	111	112	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra.	0,23			3x25/16	120/0,8	90
130	112	113	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra.	0,21			3x25/16	120/0,8	90

131	113	114	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra.	0,18			3x25/16	120/0,8	90
132	114	115	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra.	0,15			3x25/16	120/0,8	90
133	115	116	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra.	0,13			3x25/16	120/0,8	90
134	116	117	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra.	0,1			3x25/16	120/0,8	90
135	117	118	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra.	0,08			3x25/16	120/0,8	90
136	118	119	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra.	0,05			3x25/16	120/0,8	90
137	119	120	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra.	0,03			3x25/16	120/0,8	90
137	CM-07	A	30	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra.	4,27	10		4x25	120/0,8	90
137	A	C	25	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra.	2,6			4x25	120/0,8	90
138	A	B	125	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra.	1,67			4x10	70,4/0,8	90

Nudo	C.d.t.(V)	Tensión Nudo(V)	C.d.t.(%)	Carga Nudo
CM-07	0	400	0	(2.810 W)
B	-0,763	399,237	0,191	(0 W)
a	-0,83	229,17	0,361	(0 W)
1	-0,986	229,014	0,429	(-28 W)
2	-1,133	228,867	0,493	(-28 W)
3	-1,272	228,728	0,553	(-28 W)
4	-1,402	228,598	0,61	(-28 W)
5	-1,523	228,477	0,662	(-28 W)
6	-1,636	228,364	0,711	(-28 W)
7	-1,74	228,26	0,756	(-28 W)
8	-1,835	228,165	0,798	(-28 W)
9	-1,922	228,078	0,835	(-28 W)
10	-1,999	228,001	0,869	(-28 W)
11	-2,069	227,931	0,899	(-28 W)
12	-2,129	227,871	0,926	(-28 W)
13	-2,181	227,819	0,948	(-28 W)
14	-2,225	227,775	0,967	(-28 W)
15	-2,259	227,741	0,982	(-28 W)
16	-2,285	227,715	0,994	(-28 W)
17	-2,303	227,697	1,001	(-28 W)
18	-2,311	227,689	1,005	(-28 W)
b	-0,578	229,422	0,252	(0 W)
19	-0,762	229,238	0,331	(-18 W)
20	-0,94	229,06	0,409	(-18 W)
21	-1,113	228,887	0,484	(-18 W)
22	-1,28	228,72	0,556	(-18 W)
23	-1,441	228,559	0,627	(-18 W)
24	-1,597	228,403	0,694	(-18 W)
25	-1,748	228,252	0,76	(-18 W)
26	-1,892	228,108	0,823	(-18 W)
27	-2,031	227,969	0,883	(-18 W)
28	-2,165	227,835	0,941	(-18 W)
29	-2,293	227,707	0,997	(-18 W)
30	-2,416	227,584	1,05	(-18 W)
31	-2,533	227,467	1,101	(-18 W)
32	-2,644	227,356	1,15	(-18 W)
33	-2,75	227,25	1,196	(-18 W)
34	-2,85	227,15	1,239	(-18 W)
35	-2,945	227,055	1,28	(-18 W)
36	-3,034	226,966	1,319	(-18 W)
37	-3,117	226,883	1,355	(-18 W)
38	-3,195	226,805	1,389	(-18 W)
39	-3,267	226,733	1,421	(-18 W)
40	-3,334	226,666	1,45	(-18 W)
41	-3,395	226,605	1,476	(-18 W)
42	-3,451	226,549	1,5	(-18 W)
43	-3,501	226,499	1,522	(-18 W)
44	-3,546	226,454	1,542	(-18 W)
45	-3,585	226,415	1,559	(-18 W)
46	-3,618	226,382	1,573	(-18 W)
47	-3,646	226,354	1,585	(-18 W)
48	-3,668	226,332	1,595	(-18 W)
49	-3,685	226,315	1,602	(-18 W)
50	-3,696	226,304	1,607	(-18 W)
51	-3,702	226,298	1,609*	(-18 W)
C	-0,227	399,773	0,057	(0 W)
d	-0,826	229,174	0,359	(0 W)

121	-1,103	228,897	0,48	(-49 W)
122	-1,356	228,644	0,59	(-49 W)
123	-1,583	228,417	0,688	(-49 W)
124	-1,785	228,215	0,776	(-49 W)
125	-1,962	228,038	0,853	(-49 W)
126	-2,114	227,886	0,919	(-49 W)
127	-2,24	227,76	0,974	(-49 W)
128	-2,341	227,659	1,018	(-49 W)
129	-2,417	227,583	1,051	(-49 W)
130	-2,467	227,533	1,073	(-49 W)
131	-2,493	227,507	1,084	(-49 W)
c	-0,478	399,522	0,12	(0 W)
52	-0,52	399,48	0,13	(-17 W)
53	-0,562	399,439	0,14	(-17 W)
54	-0,602	399,398	0,151	(-17 W)
55	-0,642	399,358	0,161	(-17 W)
56	-0,682	399,318	0,17	(-17 W)
57	-0,721	399,279	0,18	(-17 W)
58	-0,759	399,241	0,19	(-17 W)
59	-0,796	399,204	0,199	(-17 W)
60	-0,834	399,167	0,208	(-17 W)
61	-0,87	399,13	0,217	(-17 W)
62	-0,906	399,094	0,226	(-17 W)
63	-0,941	399,059	0,235	(-17 W)
64	-0,976	399,024	0,244	(-17 W)
65	-1,01	398,99	0,252	(-17 W)
66	-1,043	398,957	0,261	(-17 W)
67	-1,076	398,924	0,269	(-17 W)
68	-1,108	398,892	0,277	(-17 W)
69	-1,14	398,861	0,285	(-17 W)
70	-1,17	398,83	0,293	(-17 W)
71	-1,201	398,799	0,3	(-17 W)
72	-1,231	398,769	0,308	(-17 W)
73	-1,26	398,74	0,315	(-17 W)
74	-1,288	398,712	0,322	(-17 W)
75	-1,316	398,684	0,329	(-17 W)
76	-1,344	398,656	0,336	(-17 W)
77	-1,37	398,63	0,343	(-17 W)
78	-1,396	398,604	0,349	(-17 W)
79	-1,422	398,578	0,355	(-17 W)
80	-1,447	398,553	0,362	(-17 W)
81	-1,471	398,529	0,368	(-17 W)
82	-1,495	398,505	0,374	(-17 W)
83	-1,518	398,482	0,379	(-17 W)
84	-1,54	398,46	0,385	(-17 W)
85	-1,562	398,438	0,391	(-17 W)
86	-1,583	398,417	0,396	(-17 W)
87	-1,604	398,396	0,401	(-17 W)
88	-1,624	398,376	0,406	(-17 W)
89	-1,643	398,357	0,411	(-17 W)
90	-1,662	398,338	0,416	(-17 W)
91	-1,68	398,32	0,42	(-17 W)
92	-1,698	398,302	0,425	(-17 W)
93	-1,715	398,285	0,429	(-17 W)
94	-1,731	398,269	0,433	(-17 W)
95	-1,747	398,253	0,437	(-17 W)
96	-1,762	398,238	0,441	(-17 W)
97	-1,777	398,223	0,444	(-17 W)
98	-1,791	398,209	0,448	(-17 W)
99	-1,804	398,196	0,451	(-17 W)
100	-1,817	398,183	0,454	(-17 W)
101	-1,829	398,171	0,457	(-17 W)
102	-1,841	398,159	0,46	(-17 W)
103	-1,852	398,148	0,463	(-17 W)
104	-1,862	398,138	0,465	(-17 W)
105	-1,872	398,128	0,468	(-17 W)
106	-1,881	398,119	0,47	(-17 W)
107	-1,889	398,111	0,472	(-17 W)
108	-1,897	398,103	0,474	(-17 W)
109	-1,905	398,095	0,476	(-17 W)

110	-1,911	398,089	0,478	(-17 W)
111	-1,917	398,083	0,479	(-17 W)
112	-1,923	398,077	0,481	(-17 W)
113	-1,928	398,072	0,482	(-17 W)
114	-1,932	398,068	0,483	(-17 W)
115	-1,935	398,065	0,484	(-17 W)
116	-1,939	398,061	0,485	(-17 W)
117	-1,941	398,059	0,485	(-17 W)
118	-1,943	398,057	0,486	(-17 W)
119	-1,944	398,056	0,486	(-17 W)
120	-1,945	398,055	0,486	(-17 W)
A	-0,151	399,849	0,038	(0 W)

NOTA:

- * Nudo de mayor c.d.t.

Caída de tensión total en los distintos itinerarios:

CM-07-A-B-a-1-2-3-4-5-6-7-8-9-10-11-12-13-14-15-16-17-18 = 1 %

CM-07-A-B-b-19-20-21-22-23-24-25-26-27-28-29-30-31-32-33-34-35-36-37-38-39-40-41-42-43-44-45-46-47-48-49-50-51 = 1.61 %

CM-07-A-C-d-121-122-123-124-125-126-127-128-129-130-131 = 1.08 %

CM-07-A-C-c-52-53-54-55-56-57-58-59-60-61-62-63-64-65-66-67-68-69-70-71-72-73-74-75-76-77-78-79-80-81-82-83-84-85-86-87-88-89-90-91-92-93-94-95-96-97-98-99-100-101-102-103-104-105-106-107-108-109-110-111-112-113-114-115-116-117-118-119-120 = 0.49 %

Resultados Cortocircuito:

Línea	Nudo Orig.	Nudo Dest.	IpccI (kA)	P de C (kA)	IpccF(A)	tmcicc (sg)	tficc (sg)	In;Curvas
100	B	a	0,66		243,14	34,59		
101	a	1	0,49		220,44	42,08	0,257	10
102	1	2	0,44		201,62	50,3		
103	2	3	0,4		185,76	59,26		
104	3	4	0,37		172,21	68,95		
105	4	5	0,35		160,51	79,37		
106	5	6	0,32		150,29	90,53		
107	6	7	0,3		141,3	102,42		
108	7	8	0,28		133,32	115,04		
109	8	9	0,27		126,2	128,4		
110	9	10	0,25		119,8	142,49		
111	10	11	0,24		114,01	157,32		
112	11	12	0,23		108,76	172,87		
113	12	13	0,22		103,97	189,16		
114	13	14	0,21		99,59	206,19		
115	14	15	0,2		95,56	223,95		
116	15	16	0,19		91,84	242,44		
117	16	17	0,18		88,4	261,66		
118	17	18	0,18		85,21	281,62		
119	B	b	0,66		296,57	23,25		
120	b	19	0,6		263,48	29,46	0,18	10
121	19	20	0,53		237,04	36,4		
122	20	21	0,48		215,41	44,07		
123	21	22	0,43		197,41	52,47		
124	22	23	0,4		182,18	61,61		
125	23	24	0,37		169,13	71,49		
126	24	25	0,34		157,83	82,09		
127	25	26	0,32		147,94	93,43		
128	26	27	0,3		139,22	105,51		
129	27	28	0,28		131,47	118,31		
130	28	29	0,26		124,53	131,85		
131	29	30	0,25		118,3	146,13		
132	30	31	0,24		112,65	161,14		
133	31	32	0,23		107,52	176,88		
134	32	33	0,22		102,84	193,35		
135	33	34	0,21		98,55	210,56		
136	34	35	0,2		94,6	228,5		
137	35	36	0,19		90,96	247,18		
138	36	37	0,18		87,58	266,58		
139	37	38	0,18		84,45	286,73		
140	38	39	0,17		81,53	307,6		
141	39	40	0,16		78,81	329,21		

44	40	41	0,16		76,27	351,55		
45	41	42	0,15		73,88	374,63		
46	42	43	0,15		71,64	398,44		
47	43	44	0,14		69,53	422,98		
48	44	45	0,14		67,54	448,26		
49	45	46	0,14		65,66	474,26		
50	46	47	0,13		63,89	501,01		
51	47	48	0,13		62,2	528,48		
52	48	49	0,12		60,61	556,69		
53	49	50	0,12		59,09	585,64		
54	50	51	0,12		57,65	615,32		
56	C	d	3,23		419,45	4,18		
57	d	121	0,84		323,66	7,03	0,119	10
58	121	122	0,65		263,48	10,6		
59	122	123	0,53		222,17	14,91		
60	123	124	0,45		192,06	19,96		
61	124	125	0,39		169,13	25,74		
62	125	126	0,34		151,09	32,25		
63	126	127	0,3		136,53	39,49		
64	127	128	0,27		124,53	47,47		
65	128	129	0,25		114,47	56,18		
66	129	130	0,23		105,92	65,62		
67	130	131	0,21		98,55	75,8		
68	C	c	3,23		611,11	34,22		
69	c	52	1,23		553,82	41,67	0,041	10
70	52	53	1,11		506,35	49,85		
71	53	54	1,02		466,37	58,76		
72	54	55	0,94		432,24	68,41		
73	55	56	0,87		402,76	78,79		
74	56	57	0,81		377,05	89,9		
75	57	58	0,76		354,42	101,75		
76	58	59	0,71		334,35	114,33		
77	59	60	0,67		316,43	127,64		
78	60	61	0,64		300,34	141,69		
79	61	62	0,6		285,8	156,47		
80	62	63	0,57		272,6	171,98		
81	63	64	0,55		260,57	188,23		
82	64	65	0,52		249,56	205,21		
83	65	66	0,5		239,44	222,93		
84	66	67	0,48		230,11	241,38		
85	67	68	0,46		221,47	260,56		
86	68	69	0,44		213,47	280,47		
87	69	70	0,43		206,02	301,12		
88	70	71	0,41		199,07	322,5		
89	71	72	0,4		192,58	344,62		
90	72	73	0,39		186,49	367,47		
91	73	74	0,37		180,78	391,05		
92	74	75	0,36		175,41	415,37		
93	75	76	0,35		170,35	440,42		
94	76	77	0,34		165,57	466,2		
95	77	78	0,33		161,06	492,72		
96	78	79	0,32		156,78	519,97		
97	79	80	0,31		152,72	547,95		
98	80	81	0,31		148,87	576,67		
99	81	82	0,3		145,21	606,12		
100	82	83	0,29		141,72	636,3		
101	83	84	0,28		138,4	667,22		
102	84	85	0,28		135,23	698,87		
103	85	86	0,27		132,2	731,25		
104	86	87	0,27		129,31	764,37		
105	87	88	0,26		126,54	798,22		
106	88	89	0,25		123,88	832,81		
107	89	90	0,25		121,33	868,12		
108	90	91	0,24		118,89	904,18		
109	91	92	0,24		116,54	940,96		
110	92	93	0,23		114,29	978,48		
111	93	94	0,23		112,12	1.016,73		
112	94	95	0,23		110,03	1.055,72		
113	95	96	0,22		108,01	1.095,44		
114	96	97	0,22		106,07	1.135,89		

115	97	98	0,21		104,2	1.177,08		
116	98	99	0,21		102,39	1.218,99		
117	99	100	0,21		100,65	1.261,65		
118	100	101	0,2		98,96	1.305,03		
119	101	102	0,2		97,33	1.349,15		
120	102	103	0,2		95,75	1.394,01		
121	103	104	0,19		94,22	1.439,59		
122	104	105	0,19		92,74	1.485,91		
123	105	106	0,19		91,31	1.532,97		
124	106	107	0,18		89,92	1.580,76		
125	107	108	0,18		88,57	1.629,28		
126	108	109	0,18		87,26	1.678,53		
127	109	110	0,18		85,99	1.728,52		
128	110	111	0,17		84,75	1.779,24		
129	111	112	0,17		83,55	1.830,7		
130	112	113	0,17		82,39	1.882,88		
131	113	114	0,17		81,25	1.935,8		
132	114	115	0,16		80,15	1.989,46		
133	115	116	0,16		79,08	2.043,85		
134	116	117	0,16		78,03	2.098,97		
135	117	118	0,16		77,01	2.154,83		
136	118	119	0,15		76,02	2.211,42		
137	119	120	0,15		75,06	2.268,74		
137	CM-07	A	12	15	2.424,04	2,18		10; B,C,D
137	A	C	4,87		1.606,84	4,95		
138	A	B	4,87		327,4	19,08		

CM-08

Las características generales de la red son:

Tensión(V): Trifásica 400, Monofásica 230

C.d.t. máx.(%): 3

Cos φ : 0,95

Temperatura cálculo conductividad eléctrica (°C):

- XLPE, EPR: 20

- PVC: 20

Resultados obtenidos para las distintas ramas y nudos:

Línea	Nudo Orig.	Nudo Dest.	Long. (m)	Metal/ Xu(m ² /m)	Canal./Aislam./Polar.	I.Cálculo (A)	In/Ireg (A)	In/Sens. Dif(A/mA)	Sección (mm ²)	I. Admisi. (A)/Fc	D.tubo (mm)
1	CM-08	A	28	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra.	4,29	10		4x6	52,8/0,8	90
2	A	a	44	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	4,89	10	25/.300	2x6	64,68/0,8	90
3	a	1	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	4,89	10		2x6	64,68/0,8	90
4	1	2	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	4,58			2x6	64,68/0,8	90
5	2	3	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	4,28			2x6	64,68/0,8	90
6	3	4	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	3,97			2x6	64,68/0,8	90
7	4	5	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	3,66			2x6	64,68/0,8	90
8	5	6	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	3,36			2x6	64,68/0,8	90
9	6	7	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	3,05			2x6	64,68/0,8	90
10	7	8	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	2,75			2x6	64,68/0,8	90
12	12	13	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	1,22			2x6	64,68/0,8	90
13	13	14	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	0,92			2x6	64,68/0,8	90
14	14	15	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	0,61			2x6	64,68/0,8	90
15	15	16	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	0,31			2x6	64,68/0,8	90
16	A	b	24	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	2,87	10	25/.300	2x6	64,68/0,8	90
18	18	19	10	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	2,3			2x6	64,68/0,8	90
19	19	20	10	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	2,01			2x6	64,68/0,8	90
20	20	21	10	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	1,72			2x6	64,68/0,8	90
21	21	22	10	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	1,44			2x6	64,68/0,8	90
22	22	23	10	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	1,15			2x6	64,68/0,8	90
23	23	24	10	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	0,86			2x6	64,68/0,8	90
24	24	25	10	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	0,57			2x6	64,68/0,8	90
25	25	26	10	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	0,29			2x6	64,68/0,8	90
24	A	c	18	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	4,02	10	25/.300	2x6	64,68/0,8	90
26	28	29	10	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	3,45			2x6	64,68/0,8	90
27	29	30	10	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	3,16			2x6	64,68/0,8	90
28	30	31	10	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	2,87			2x6	64,68/0,8	90
29	31	32	10	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	2,58			2x6	64,68/0,8	90
30	32	33	10	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	2,3			2x6	64,68/0,8	90
31	33	34	10	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	2,01			2x6	64,68/0,8	90
32	34	35	10	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	1,72			2x6	64,68/0,8	90
33	35	36	10	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	1,44			2x6	64,68/0,8	90
34	36	37	10	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	1,15			2x6	64,68/0,8	90
35	37	38	10	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	0,86			2x6	64,68/0,8	90
36	38	39	10	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	0,57			2x6	64,68/0,8	90
37	39	40	10	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	0,29			2x6	64,68/0,8	90
37	A	d	31	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	1,09	10	25/.300	2x6	64,68/0,8	90
39	42	43	10	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	0,88			2x6	64,68/0,8	90
40	43	44	10	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	0,77			2x6	64,68/0,8	90
41	44	45	10	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	0,66			2x6	64,68/0,8	90
42	45	46	10	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	0,55			2x6	64,68/0,8	90
43	46	47	10	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	0,44			2x6	64,68/0,8	90
44	47	48	10	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	0,33			2x6	64,68/0,8	90
45	48	49	10	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	0,22			2x6	64,68/0,8	90
46	49	50	10	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	0,11			2x6	64,68/0,8	90
46	42	41	10	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	-0,98			2x6	64,68/0,8	90
47	41	d	25	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	-1,09	10		2x6	64,68/0,8	90
48	12	11	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	-1,53			2x6	64,68/0,8	90
49	11	10	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	-1,83			2x6	64,68/0,8	90
50	10	9	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	-2,14			2x6	64,68/0,8	90
51	9	8	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	-2,44			2x6	64,68/0,8	90
52	18	17	10	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	-2,58			2x6	64,68/0,8	90
53	17	b	10	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	-2,87	10		2x6	64,68/0,8	90
54	28	27	10	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	-3,73			2x6	64,68/0,8	90
55	27	c	10	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	-4,02	10		2x6	64,68/0,8	90

Nudo	C.d.t.(V)	Tensión Nudo(V)	C.d.t.(%)	Carga Nudo
CM-08	0	400	0	(2.824 W)
A	-0,588	399,412	0,147	(0 W)
a	-1,555	228,445	0,676	(0 W)
1	-2,108	227,892	0,917	(-67 W)
2	-2,626	227,374	1,142	(-67 W)
3	-3,11	226,89	1,352	(-67 W)
4	-3,559	226,441	1,547	(-67 W)
5	-3,973	226,027	1,727	(-67 W)
6	-4,353	225,647	1,893	(-67 W)
7	-4,698	225,302	2,043	(-67 W)
8	-5,009	224,991	2,178	(-67 W)
12	-5,907	224,093	2,568	(-67 W)
13	-6,045	223,955	2,628	(-67 W)
14	-6,149	223,851	2,673	(-67 W)
15	-6,218	223,782	2,703	(-67 W)
16	-6,252	223,748	2,718*	(-67 W)
b	-0,729	229,271	0,317	(0 W)
18	-1,038	228,962	0,451	(-63 W)
19	-1,168	228,832	0,508	(-63 W)
20	-1,281	228,719	0,557	(-63 W)
21	-1,379	228,621	0,6	(-63 W)
22	-1,46	228,54	0,635	(-63 W)
23	-1,525	228,475	0,663	(-63 W)
24	-1,574	228,426	0,684	(-63 W)
25	-1,606	228,394	0,698	(-63 W)
26	-1,622	228,378	0,705	(-63 W)
c	-0,749	229,251	0,326	(0 W)
28	-1,187	228,813	0,516	(-63 W)
29	-1,382	228,618	0,601	(-63 W)
30	-1,561	228,439	0,679	(-63 W)
31	-1,723	228,277	0,749	(-63 W)
32	-1,869	228,131	0,813	(-63 W)
33	-1,999	228,001	0,869	(-63 W)
34	-2,113	227,887	0,919	(-63 W)
35	-2,21	227,79	0,961	(-63 W)
36	-2,291	227,709	0,996	(-63 W)
37	-2,356	227,644	1,025	(-63 W)
38	-2,405	227,595	1,046	(-63 W)
39	-2,438	227,562	1,06	(-63 W)
40	-2,454	227,546	1,067	(-63 W)
d	-0,531	229,469	0,231	(0 W)
42	-0,742	229,258	0,323	(-24 W)
43	-0,791	229,209	0,344	(-24 W)
44	-0,835	229,165	0,363	(-24 W)
45	-0,872	229,128	0,379	(-24 W)
46	-0,903	229,097	0,392	(-24 W)
47	-0,927	229,073	0,403	(-24 W)
48	-0,946	229,054	0,411	(-24 W)
49	-0,958	229,042	0,417	(-24 W)
50	-0,964	229,036	0,419	(-24 W)
41	-0,686	229,314	0,298	(-24 W)
11	-5,734	224,266	2,493	(-67 W)
10	-5,527	224,473	2,403	(-67 W)
9	-5,285	224,715	2,298	(-67 W)
17	-0,892	229,108	0,388	(-63 W)
27	-0,976	229,024	0,424	(-63 W)

NOTA:

- * Nudo de mayor c.d.t.

Caída de tensión total en los distintos itinerarios:

CM-08-A-a-1-2-3-4-5-6-7-8-9-10-11-12-13-14-15-16 = 2.72 %

CM-08-A-b-17-18-19-20-21-22-23-24-25-26 = 0.71 %

CM-08-A-c-27-28-29-30-31-32-33-34-35-36-37-38-39-40 = 1.07 %

CM-08-A-d-41-42-43-44-45-46-47-48-49-50 = 0.42 %

Resultados Cortocircuito:

Línea	Nudo Orig.	Nudo Dest.	IpccI (kA)	P de C (kA)	IpccF(A)	tmcicc (sg)	tficc (sg)	In;Curvas
1	CM-08	A	12	15	874,95	0,96		10; B,C,D
2	A	a	1,76		371,12	5,34		
3	a	1	0,75		294,1	8,51	0,145	10
4	1	2	0,59		243,55	12,41		
5	2	3	0,49		207,83	17,04		
6	3	4	0,42		181,25	22,41		
7	4	5	0,36		160,69	28,51		
8	5	6	0,32		144,32	35,34		
9	6	7	0,29		130,98	42,91		
10	7	8	0,26		119,9	51,21		
12	12	13	0,18		84,25	103,71		
13	13	14	0,17		79,52	116,42		
14	14	15	0,16		75,3	129,85		
15	15	16	0,15		71,5	144,02		
16	A	b	1,76		502,76	2,91		
18	18	19	0,75		328,16	6,84		
19	19	20	0,66		294,1	8,51		
20	20	21	0,59		266,45	10,37		
21	21	22	0,54		243,55	12,41		
22	22	23	0,49		224,28	14,64		
23	23	24	0,45		207,83	17,04		
24	24	25	0,42		193,63	19,63		
25	25	26	0,39		181,25	22,41		
24	A	c	1,76		562,61	2,33		
26	28	29	0,81		352,65	5,92		
27	29	30	0,71		313,63	7,48		
28	30	31	0,63		282,38	9,23		
29	31	32	0,57		256,8	11,16		
30	32	33	0,52		235,46	13,28		
31	33	34	0,47		217,4	15,58		
32	34	35	0,44		201,91	18,06		
33	35	36	0,41		188,48	20,72		
34	36	37	0,38		176,73	23,57		
35	37	38	0,35		166,35	26,6		
36	38	39	0,33		157,13	29,82		
37	39	40	0,32		148,87	33,22		
37	A	d	1,76		447,24	3,68		
39	42	43	0,58		261,53	10,76		
40	43	44	0,53		239,44	12,84		
41	44	45	0,48		220,78	15,1		
42	45	46	0,44		204,83	17,55		
43	46	47	0,41		191,02	20,18		
44	47	48	0,38		178,96	22,99		
45	48	49	0,36		168,33	25,98		
46	49	50	0,34		158,89	29,16		
46	42	41	0,64		288,12	8,87		
47	41	d	0,9		320,73	7,16	0,122	10
48	12	11	0,19		89,58	91,75		
49	11	10	0,21		95,62	80,51		
50	10	9	0,22		102,54	70,01		
51	9	8	0,24		110,54	60,24		
52	18	17	0,86		371,12	5,34		
53	17	b	1,01		427,03	4,04	0,069	10
54	28	27	0,94		402,76	4,54		
55	27	c	1,13		469,46	3,34	0,057	10

CM-09

Las características generales de la red son:

Tensión(V): Trifásica 400, Monofásica 230

C.d.t. máx.(%): 3

Cos φ : 0,95

Temperatura cálculo conductividad eléctrica (°C):

- XLPE, EPR: 20

- PVC: 20

Resultados obtenidos para las distintas ramas y nudos:

Línea	Nudo Orig.	Nudo Dest.	Long. (m)	Metal/ Xu(m ² /m)	Canal./Aislam./Polar.	I.Cálculo (A)	In/Ireg (A)	In/Sens. Dif(A/mA)	Sección (mm ²)	I. Admisi. (A)/Fc	D.tubo (mm)
1	CM-09	A	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra.	0,56	10		4x6	52,8/0,8	90
2	A	a	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	1,39	10	25/.300	2x6	64,68/0,8	90
3	a	1	15	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	1,39	10		2x6	64,68/0,8	90
4	1	2	15	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	1,3			2x6	64,68/0,8	90
6	6	7	15	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	0,87			2x6	64,68/0,8	90
7	7	8	15	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	0,78			2x6	64,68/0,8	90
8	8	9	15	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	0,69			2x6	64,68/0,8	90
9	9	10	15	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	0,61			2x6	64,68/0,8	90
10	10	11	15	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	0,52			2x6	64,68/0,8	90
11	11	12	15	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	0,43			2x6	64,68/0,8	90
12	12	13	15	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	0,35			2x6	64,68/0,8	90
13	13	14	15	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	0,26			2x6	64,68/0,8	90
14	14	15	15	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	0,17			2x6	64,68/0,8	90
15	15	16	15	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	0,09			2x6	64,68/0,8	90
15	2	3	15	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	1,21			2x6	64,68/0,8	90
16	3	4	15	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	1,13			2x6	64,68/0,8	90
17	4	5	15	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	1,04			2x6	64,68/0,8	90
18	5	6	15	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	0,95			2x6	64,68/0,8	90
19	A	b	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	0,3	10	25/.300	2x6	64,68/0,8	90
20	b	17	15	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	0,3	10		2x6	64,68/0,8	90
21	17	18	15	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	0,22			2x6	64,68/0,8	90
22	18	19	15	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	0,15			2x6	64,68/0,8	90
23	19	20	15	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	0,07			2x6	64,68/0,8	90

Nudo	C.d.t.(V)	Tensión Nudo(V)	C.d.t.(%)	Carga Nudo
CM-09	0	400	0	(369,6 W)
A	-0,055	399,945	0,014	(0 W)
a	-0,188	229,812	0,082	(0 W)
1	-0,306	229,694	0,133	(-19 W)
2	-0,416	229,584	0,181	(-19 W)
6	-0,783	229,217	0,341	(-19 W)
7	-0,857	229,143	0,373	(-19 W)
8	-0,923	229,077	0,401	(-19 W)
9	-0,982	229,018	0,427	(-19 W)
10	-1,033	228,967	0,449	(-19 W)
11	-1,077	228,923	0,468	(-19 W)
12	-1,114	228,886	0,484	(-19 W)
13	-1,143	228,857	0,497	(-19 W)
14	-1,165	228,835	0,507	(-19 W)
15	-1,18	228,82	0,513	(-19 W)
16	-1,187	228,813	0,516*	(-19 W)
3	-0,519	229,481	0,226	(-19 W)
4	-0,615	229,385	0,267	(-19 W)
5	-0,703	229,297	0,305	(-19 W)
b	-0,066	229,934	0,029	(0 W)
17	-0,091	229,909	0,04	(-16,4 W)
18	-0,11	229,89	0,048	(-16,4 W)
19	-0,123	229,877	0,053	(-16,4 W)
20	-0,129	229,871	0,056	(-16,4 W)

NOTA:

- * Nudo de mayor c.d.t.

Caída de tensión total en los distintos itinerarios:

CM-09-A-a-1-2-3-4-5-6-7-8-9-10-11-12-13-14-15-16 = 0.52 %

CM-09-A-b-17-18-19-20 = 0.06 %

Resultados Cortocircuito:

Línea	Nudo Orig.	Nudo Dest.	IpccI (kA)	P de C (kA)	IpccF(A)	tmcicc (sg)	tficc (sg)	In;Curvas
1	CM-09	A	12	15	1.161,08	0,55		10; B,C,D
2	A	a	2,33		638,63	1,8		
3	a	1	1,28		477,36	3,23	0,055	10
4	1	2	0,96		381,1	5,07		
6	6	7	0,42		189,74	20,45		
7	7	8	0,38		172,42	24,76		
8	8	9	0,35		158	29,49		
9	9	10	0,32		145,81	34,63		
10	10	11	0,29		135,36	40,18		
11	11	12	0,27		126,31	46,14		
12	12	13	0,25		118,39	52,52		
13	13	14	0,24		111,41	59,31		
14	14	15	0,22		105,21	66,51		
15	15	16	0,21		99,66	74,12		
15	2	3	0,77		317,14	7,32		
16	3	4	0,64		271,56	9,98		
17	4	5	0,55		237,43	13,06		
18	5	6	0,48		210,92	16,55		
19	A	b	2,33		638,63	1,8		
20	b	17	1,28		477,36	3,23	0,055	10
21	17	18	0,96		381,1	5,07		
22	18	19	0,77		317,14	7,32		
23	19	20	0,64		271,56	9,98		

Cálculo de la Puesta a Tierra:

- La resistividad del terreno es 300 ohmios-m.
- El electrodo en la puesta a tierra, se constituye con los siguientes elementos:

M. conductor de Cu desnudo	35 mm ² 30 m.
M. conductor de Acero galvanizado	95 mm ²
Picas verticales de Cobre	14 mm
de Acero recubierto Cu	14 mm 1 picas de 2m.
de Acero galvanizado	25 mm

Con lo que se obtendrá una Resistencia de tierra de 17,65 ohmios.

ANEXO IV:

FICHAS TÉCNICAS DE LUMINARIAS



TownGuide Performer

BDP102 PCC 1xGRN50/840 DRW

TOWNGUIDE PERF CLASSIC CONE - LED module 7000 lm -
Distribución residencial ancha - Policarbonato transparente -
Post-top para diámetro de 62 mm

TownGuide BDP100, es una luminaria LED, con un diseño sencillo, pero a la vez contemporáneo y atemporal, para alumbrado residencial que combina en cualquier entorno clásico y moderno. TownGuide esta disponible con difusor transparente o mate. Su amplia gama de paquetes lumínicos, y sistemas ópticos hacen que sea muy fácil de seleccionar la versión más adecuada para los requisitos de cada proyecto. Además, TownGuide dispone de diversas opciones de sistema de control que pueden hacer de ella una parte integrante de los programas inteligentes de reducción del consumo. Hay sistemas independientes como LumiStep y DynaDimmer, de control de regulación de interruptores SDU, así como conexión remota directa con el software de gestión de la iluminación CityTouch. La instalación es sencilla. El conector esta integrado en el acoplamiento de la luminaria, por lo que no hace falta abrir la luminaria para instalarla. Philips ha hecho todo lo posible para que el coste total de propiedad (TCO) de la luminaria sea muy razonable.

TownGuide es una luminaria LED dedicada, compatible con diversos sistemas de control, por lo que los costes de energía y mantenimiento son sensiblemente inferiores a los de la iluminación convencional.

Datos del producto

Información general

Número de fuentes de luz	8 [8 piezas]
Código familia de lámparas	LED50 [LED module 7000 lm]
Temperatura de color	840 blanco neutro
Fuente de luz sustituible	Si
Número de unidades de equipo	1

Driver/ unidad de potencia/transformador	PSD [Unidad de fuente de alimentación con interfaz DALI]
Driver incluido	Si
Tipo lente/cubierta óptica	PCC [Policarbonato transparente]
Apertura de haz de luz de la luminaria	39° x 96°
Control integrado	No [-]

TownGuide Performer

Interfaz de control	DALI
Regulación de luz	Regulación via externa comunicación DALI
Cable	No
Clase de protección IEC	Seguridad clase I
Color de los componentes	AL
Revestimiento	No
Test del hilo incandescente	Temperatura 650 °C, duración 5 s
Marca de inflamabilidad	NO [No]
Dispositivo de seguridad	PCBC [Cubierta de PCB]
Marca CE	Marcado CE
Certificado ENEC	Marcado ENEC
Período de garantía	5 años
Optic type outdoor	Distribución residencial ancha
Fotocélula	No [-]
Flujo luminoso constante	No
Número de productos en MCB	10
Certificado RoHS	ROHS
Certificado RAEE	No
Tipo de LED engine	LED
Product Family Code	BDP102 [TOWNGUIDE PERF CLASSIC CONE]

Datos técnicos de la luz

Ratio de flujo luminoso ascendente	3
Post-top en ángulo de inclinación estándar	0°
Entrada lateral en ángulo de inclinación estándar	-

Operativos y eléctricos

Tensión de entrada	220-240 V
Frecuencia de entrada	50 a 60 Hz
Corriente de arranque	45 A
Tiempo de irrupción	0,285 ms
Factor de potencia (nom.)	0.93

Controles y regulación

Regulable	Si
-----------	----

Mecánicos y de carcasa

Material de la carcasa	Aluminio
Material del reflector	-
Material óptico	AC

Material cubierta óptica/lente	Policarbonato
Material de fijación	Steel
Dispositivo de montaje	62P [Post-top para diámetro de 62 mm]
Forma cubierta óptica/lente	CONE
Acabado cubierta óptica/lente	Mate
Par de torsión	15
Altura total	317 mm
Diámetro total	570 mm
Área de proyección efectiva	0,088 m²

Aprobación y aplicación

Código de protección de entrada	IP66 [Protección frente a la penetración de polvo, protección frente a chorros de agua a presión]
Índice de protección frente a choque mecánico	IK10 [IK10]

Rendimiento inicial (conforme con IEC)

Flujo lumínico inicial	4900 lm
Tolerancia de flujo lumínico	+/-7%
Eficacia de la luminaria LED inicial	73 lm/W
Índice inic. de temperatura de color	4000 K
Inic. Índice de reproducción del color	70
Cromacidad inicial	(0.38, 0.38) SDCM <5
Potencia de entrada inicial	47 W
Tolerancia de consumo de energía	+/-11%

Condiciones de aplicación

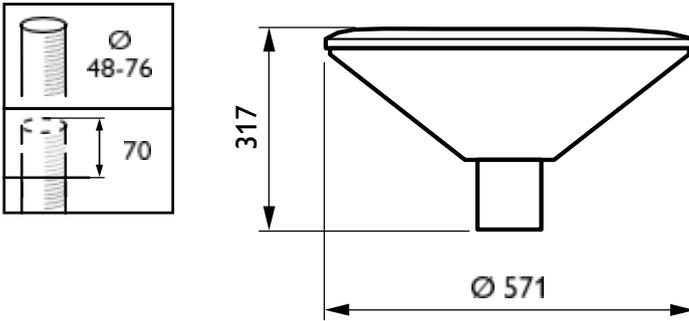
Rango de temperatura ambiente	-40 °C a +35 °C
Nivel máximo de regulación	0%

Datos de producto

Código de producto completo	871869634709600
Nombre de producto del pedido	BDP102 PCC 1xGRN50/840 DRW
EAN/UPC - Producto	8718696347096
Código de pedido	34709600
Cantidad por paquete	1
Numerador - Paquetes por caja exterior	1
N.º de material (12NC)	910925863297
Peso neto (pieza)	7,900 kg

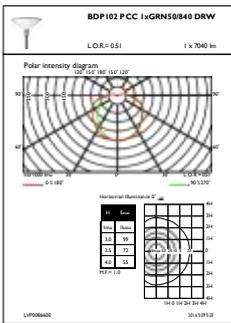
TownGuide Performer

Plano de dimensiones

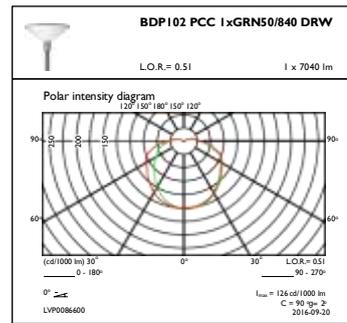


TownGuide Performer BDP100-105

Datos fotométricos



OFPL1_BDP102PCC1xGRN50/840DRW



OFPC1_BDP102PCC1xGRN50/840DRW





UniStreet

BGP204 LED220-4S/740 I DM50 D9 48/60A

UniStreet Large - LED module 22000 lm - 740 blanco neutro - Seguridad clase I - Distribución media - - - Regulación via externa comunicación DALI - Universal para diámetro de 48-60 mm ajustable - 25 °C

Con un coste inicial relativamente bajo, la luminaria UniStreet basada en LED y de gran eficacia ofrece un importante ahorro de costes en comparación con el alumbrado público convencional, por lo que garantiza una plena amortización de la inversión en un corto periodo de tiempo. Disponible en varios paquetes lumínicos, UniStreet permite una sustitución individual de las luminarias y fuentes de luz convencionales ya desfasadas. Esta luminaria con un diseño muy cuidado y compacta está fabricada con materiales reciclables de calidad. Y, al tratarse de una solución LED, requiere un mínimo mantenimiento. Diseño de la versión Core para proyectos de alto volumen con un presupuesto inicial relativamente bajo. Ofrece una gama limitada de ópticas. Diseño versión Performer para clientes que preparan grandes proyectos de renovación, orientado al TCO

Datos del producto

Información general	
Número de fuentes de luz	2 [2 piezas]
Código familia de lámparas	LED220 [LED module 22000 lm]
Temperatura de color	740 blanco neutro
Fuente de luz sustituible	Si
Número de unidades de equipo	1
Driver/unidad de potencia/transformador	PSD [Unidad de fuente de alimentación con interfaz DALI]
Driver incluido	Si
Tipo lente/cubierta óptica	FG [Cristal plano]

Apertura de haz de luz de la luminaria	154°
Control integrado	No [-]
Interfaz de control	DALI
Regulación de luz	Regulación via externa comunicación DALI
Connection	Bloque de conexión mediante tornillos
Cable	No
Clase de protección IEC	Seguridad clase I
Revestimiento	No
Test del hilo incandescente	Temperatura 650 °C, duración 5 s

Marca de inflamabilidad	NO [No]
Marca CE	Marcado CE
Certificado ENEC	Marcado ENEC
Período de garantía	5 años
Optic type outdoor	Distribución media
Fotocélula	No [-]
Remarks	*-Per Lighting Europe guidance paper "Evaluating performance of LED based luminaires - January 2018": statistically there is no relevant difference in lumen maintenance between B50 and for example B10. Therefore the median useful life (B50) value also represents the B10 value.
Tipo de cable de suministro	No [-]
Flujo luminoso constante	No
Piezas de recambio disponibles	Sí
Número de productos en MCB	8
Certificado RoHS	No
Certificado RAEE	No
Tipo de LED engine	LED
Product Family Code	BGP204 [UniStreet Large]

Datos técnicos de la luz

Ratio de flujo luminoso ascendente	0
Ratio lúmenes escotópicos/fotópicos	1,6
Post-top en ángulo de inclinación estándar	0°
Entrada lateral en ángulo de inclinación estándar	0°

Operativos y eléctricos

Tensión de entrada	220-240 V
Frecuencia de entrada	50 a 60 Hz
Corriente de arranque	53 A
Tiempo de irrupción	0,3 ms
Corriente del driver	445 mA
Factor de potencia (mín.)	0.96

Controles y regulación

Regulable	Sí
-----------	----

Mecánicos y de carcasa

Material de la carcasa	Aluminio fundido
Material del reflector	Polycarbonato
Material óptico	PC
Material cubierta óptica/lente	Vidrio templado
Material de fijación	Aluminum
Dispositivo de montaje	48/60A [Universal para diámetro de 48-60 mm ajustable]
Forma cubierta óptica/lente	FT

Acabado cubierta óptica/lente	Clara
Par de torsión	15
Longitud total	755 mm
Anchura total	355 mm
Altura total	98 mm
Área de proyección efectiva	0,04 m²

Aprobación y aplicación

Código de protección de entrada	IP66 [Protección frente a la penetración de polvo, protección frente a chorros de agua a presión]
Índice de protección frente a choque mecánico	IK08 [IK08]
Protección contra sobretensiones (común/diferencial)	STD kV

Rendimiento inicial (conforme con IEC)

Flujo lumínico inicial	10440 lm
Tolerancia de flujo lumínico	+/-7%
Eficacia de la luminaria LED inicial	147 lm/W
Índice inic. de temperatura de color	4000 K
Inic. Índice de reproducción del color	70
Cromacidad inicial	(0.381, 0.379) SDCM <5
Potencia de entrada inicial	71 W
Tolerancia de consumo de energía	+/-11%

Rendimiento en el tiempo (conforme con IEC)

Control gear failure rate at median useful life	10 %
100000 h	
Lumen maintenance at median useful life*	L92
100000 h	

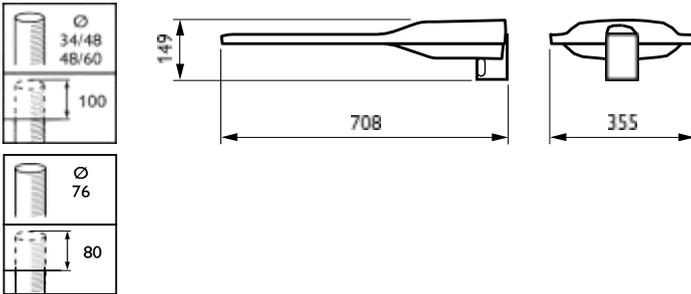
Condiciones de aplicación

Rango de temperatura ambiente	-40 °C a +50 °C
Performance ambient temperature Tq	25 °C
Nivel máximo de regulación	10%

Datos de producto

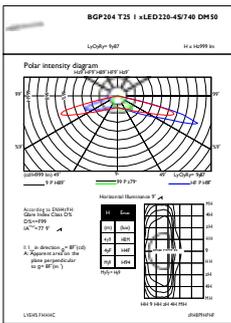
Código de producto completo	871869637225800
Nombre de producto del pedido	BGP204 LED220-4S/740 I DM50 D9 48/60A
EAN/UPC - Producto	8718696372258
Código de pedido	37225800
Cantidad por paquete	1
Numerador - Paquetes por caja exterior	1
N.º de material (12NC)	910925452097
Peso neto (pieza)	9,000 kg

Plano de dimensiones

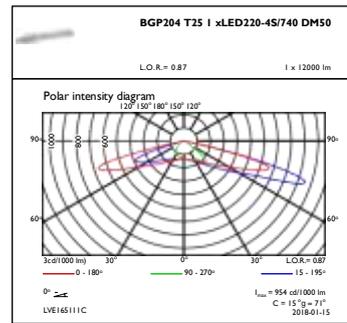


UniStreet BGP/BGS202/203/204

Datos fotométricos



OFPL1_BGP204T251xLED220-4S740DM50



OFPC1_BGP204T251xLED220-4S740DM50





UniStreet

BGP243 LED90-4S/740 I DM50 D9 48/60A

UniStreet Medium - LED module 9000 lm - 740 neutral white - Safety class I - Distribution medium 50 - Flat glass - Side-entry for diameter 48 to 60 mm

At relatively low initial cost, the highly efficient LED-based UniStreet luminaire offers significant cost savings compared with conventional street lighting, ensuring full payback within a short period of time. Available in a choice of lumen packages, UniStreet allows point-to-point replacement of outdated conventional light sources and luminaires. The compact, slim luminaire is made of quality recyclable materials. And being a LED solution, it requires little maintenance. Core version design for high-volume projects at relatively low initial budget. Offer limited range of optics. Performer version design for customers who are preparing big renovation projects, TCO oriented

Product data

General Information		Flammability mark	For mounting on normally flammable surfaces
Lamp family code	LED90 [LED module 9000 lm]	CE mark	CE mark
Light source color	740 neutral white	ENEC mark	ENEC mark
Light source replaceable	Yes	Warranty period	5 years
Number of gear units	1 unit	Optic type outdoor	Distribution medium 50
Driver/power unit/transformer	Power supply unit with DALI interface	Remarks	* At extreme ambient temperatures the luminaire might automatically dim down to protect components
Driver included	Yes	Constant light output	No
Optical cover/lens type	Flat glass	Number of products on MCB of 16 A type	11
Luminaire light beam spread	53° x 71°	B	
Control interface	DALI	RoHS mark	RoHS mark
Connection	Connection unit 5-pole		
Cable	-		
Protection class IEC	Safety class I		

Light source engine type	LED
Serviceability class	Class A, luminaire is equipped with serviceable parts (when applicable): LED board, driver, control units, surge protection device, optics, front cover and mechanical parts
Product family code	BGP243 [UniStreet Medium]

Light Technical

Upward light output ratio	0
Standard tilt angle posttop	0°
Standard tilt angle side entry	0°

Operating and Electrical

Input Voltage	230 V
Input Frequency	50 to 60 Hz
Initial CLO power consumption	0 W
Average CLO power consumption	[DELETE] W
End CLO power consumption	[DELETE] W
Inrush current	46 A
Inrush time	0.25 ms
Power Factor (Min)	0.97

Controls and Dimming

Dimmable	Yes
----------	-----

Mechanical and Housing

Housing Material	Aluminum die-cast
Reflector material	Polycarbonate
Optic material	Polycarbonate
Optical cover/lens material	Polycarbonate
Fixation material	Aluminum
Mounting device	Side-entry for diameter 48 to 60 mm
Optical cover/lens shape	Curved
Optical cover/lens finish	Clear
Overall length	580 mm

Overall width	353 mm
Overall height	98 mm
Overall diameter	0 mm
Effective projected area	0.42 m²

Approval and Application

Ingress protection code	IP66 [Dust penetration-protected, jet-proof]
Mech. impact protection code	IK08 [5 J vandal-protected]
Surge Protection (Common/Differential)	Philips standard surge protection level

Initial Performance (IEC Compliant)

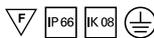
Initial luminous flux (system flux)	7830 lm
Luminous flux tolerance	+/-7%
Initial LED luminaire efficacy	145 lm/W
Init. Corr. Color Temperature	4000 K
Init. Color Rendering Index	70
Initial chromaticity	(0.38, 0.38) SDCM <5
Initial input power	54 W
Power consumption tolerance	+/-11%

Application Conditions

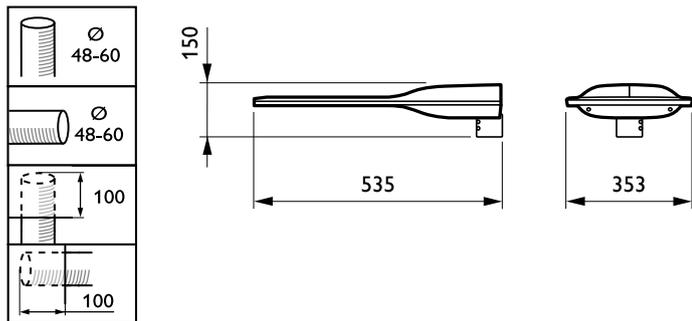
Ambient temperature range	-40 to +50 °C
Maximum dim level	0% (digital)

Product Data

Full product code	871869698839800
Order product name	BGP243 LED90-4S/740 I DM50 D9 48/60A
EAN/UPC - Product	8718696988398
Order code	910925866154
Numerator - Quantity Per Pack	1
Numerator - Packs per outer box	1
Material Nr. (12NC)	910925866154
Net Weight (Piece)	6.020 kg



Dimensional drawing



UniStreet Medium BGP/BGS243





CoreLine Aplique

WL120V LED16S/840 PSU WH

LED Module, system flux 1600 lm - 840 blanco neutro - Fuente de alimentación - - - WH

Tanto si se trata de un nuevo edificio como de un espacio rehabilitado, los clientes prefieren soluciones de iluminación que combinen luz de calidad con un sustancial ahorro de energía y de mantenimiento. El nuevo aplique de la gama de productos CoreLine LED se puede usar para sustituir luminarias de montaje en pared o techo tradicionales con lámparas fluorescentes compactas. El proceso de selección, instalación y mantenimiento es sencillísimo.

Datos del producto

Información general		Marca CE	Marcado CE
Número de fuentes de luz	1 [1 pieza]	Certificado ENEC	No
Código familia de lámparas	LED16S [LED Module, system flux 1600 lm]	Remarks	*-Per Lighting Europe guidance paper "Evaluating performance of LED based luminaires - January 2018": statistically there is no relevant difference in lumen maintenance between B50 and for example B10. Therefore the median useful life (B50) value also represents the B10 value.
Ángulo del haz de fuente de luz	120 °	Flujo luminoso constante	No
Temperatura de color	840 blanco neutro	Número de productos en MCB	15
Fuente de luz sustituible	No	Certificado RoHS	ROHS
Número de unidades de equipo	1	Operativos y eléctricos	
Driver/unidad de potencia/transformador	PSU [Fuente de alimentación]	Tensión de entrada	220-240 V
Driver incluido	Si	Frecuencia de entrada	50 a 60 Hz
Tipo de óptica	S	Corriente de arranque	22 A
Apertura de haz de luz de la luminaria	180°		
Iluminación de emergencia	No [-]		
Conexión	Conector push-in y retenedor		
Cable	No		
Clase de protección IEC	Seguridad clase I		
Test del hilo incandescente	Temperatura 850 °C, duración 30 s		
Marca de inflamabilidad	F [F]		

CoreLine Aplique

Tiempo de irrupción	0,32 ms
Factor de potencia (mín.)	0.9

Controles y regulación

Regulable	No
-----------	----

Mecánicos y de carcasa

Material de la carcasa	Materiales compuestos
Material del reflector	-
Material óptico	PC
Material cubierta óptica/lente	Polycarbonato
Material de fijación	Polyamide
Acabado cubierta óptica/lente	Ópalo
Altura total	120 mm
Diámetro total	344 mm
Altura	120 mm

Aprobación y aplicación

Código de protección de entrada	IP65 [Protección frente a la penetración de polvo, protección frente a chorros de agua a presión]
Índice de protección frente a choque mecánico	IK10 [IK10]

Rendimiento inicial (conforme con IEC)

Flujo lumínico inicial	1600 lm
------------------------	---------

Tolerancia de flujo lumínico	+/-10%
Eficacia de la luminaria LED inicial	67 lm/W
Índice inic. de temperatura de color	4000 K
Inic. Índice de reproducción del color	>80
Cromacidad inicial	(0.37, 0.37) SDCM<3
Potencia de entrada inicial	24 W
Tolerancia de consumo de energía	+/-10%

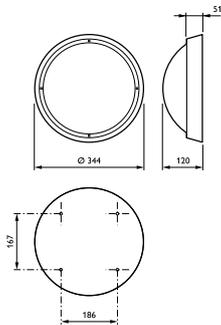
Condiciones de aplicación

Rango de temperatura ambiente	-20 °C a +35 °C
Performance ambient temperature Tq	25 °C
Apta para encendidos y apagados aleatorios	No

Datos de producto

Código de producto completo	871869606633199
Nombre de producto del pedido	WL120V LED16S/840 PSU WH
EAN/UPC - Producto	8718696066331
Código de pedido	06633199
Cantidad por paquete	1
Numerador - Paquetes por caja exterior	6
N.º de material (12NC)	910503910010
Peso neto (pieza)	1,650 kg

Plano de dimensiones



CoreLine Wall-mounted WL120V/WL121V





PacificLED gen4

WT470C LED42S/840 PSU WB L1300

PACIFIC LED WATERPROOF - 840 blanco neutro - Fuente de alimentación - Haz ancho - Conexión de rosca macho y hembra

PacificLED gen4 es una luminaria LED estanca, fiable y de alta eficiencia que ofrece una excelente calidad de luz con una distribución de luz uniforme sin franjas ni artefactos de color visibles. La gama proporciona una construcción modular que permite una actualización y mantenimiento sencillos. El nuevo sistema óptico brinda iluminación sin distorsiones con una orientación visual mejorada, lo que la hace especialmente idónea para la industria en general, los almacenes y los aparcamientos. La gama también ofrece la opción de diversas ópticas para garantizar un sistema de iluminación optimizado para una amplia variedad de aplicaciones. Para aplicaciones industriales, PacificLED gen4 dispone de una arquitectura de producto abierta con acceso a la bandeja portaequipos sin necesidad de herramientas y un innovador diseño con conector integrado para una instalación rápida y sencilla. La abrazadera de montaje de una sola pieza garantiza que no haya pequeños componentes sueltos, lo que podría afectar al proceso de producción principal.

Datos del producto

Información general			
Ángulo del haz de fuente de luz	120 °	Cable	No
Temperatura de color	840 blanco neutro	Clase de protección IEC	Seguridad clase I
Fuente de luz sustituible	Si	Test del hilo incandescente	Temperatura 850 °C, duración 5 s
Número de unidades de equipo	1	Marca de inflamabilidad	D [D]
Driver/unidad de potencia/transformador	PSU [Fuente de alimentación]	Marca CE	Marcado CE
Driver incluido	Si	Certificado ENEC	Marcado ENEC
Tipo de óptica	WB [Haz ancho]	Período de garantía	5 años
Apertura de haz de luz de la luminaria	110° x 110°	Flujo luminoso constante	No
Connection	Conexión de rosca macho y hembra	Número de productos en MCB	32
		Certificado RoHS	ROHS

PacificLED gen4

Product Family Code	WT470C [PACIFIC LED WATERPROOF]
Operativos y eléctricos	
Tensión de entrada	220-240 V
Frecuencia de entrada	50 a 60 Hz
Corriente de arranque	15.1 A
Tiempo de irrupción	0.23 ms
Factor de potencia (mín.)	0.98
Controles y regulación	
Regulable	No
Mecánicos y de carcasa	
Material de la carcasa	Policarbonato
Material del reflector	-
Material óptico	PC
Material cubierta óptica/lente	Policarbonato
Material de fijación	Steel
Acabado cubierta óptica/lente	Clara
Longitud total	1321 mm
Anchura total	96 mm
Altura total	108 mm
Aprobación y aplicación	
Código de protección de entrada	IP66 [Protección frente a la penetración de polvo, protección frente a chorros de agua a presión]
Índice de protección frente a choque mecánico	IK08 [IK08]
Rendimiento inicial (conforme con IEC)	
Flujo lumínico inicial	4293 lm

Tolerancia de flujo lumínico	+/-7%
Eficacia de la luminaria LED inicial	141 lm/W
Índice inic. de temperatura de color	4000 K
Inic. Índice de reproducción del color	>80
Cromacidad inicial	(0.38, 0.38) SDCM <3
Potencia de entrada inicial	30.5 W
Tolerancia de consumo de energía	+/-11%

Rendimiento en el tiempo (conforme con IEC)

Índice de fallos del driver 5.000 h	0.5 %
Vida útil media L70B50	70000 h
Vida útil media L80B50	50000 h
Vida útil media L90B50	25000 h

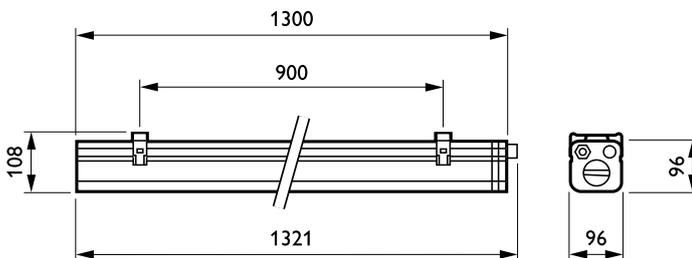
Condiciones de aplicación

Rango de temperatura ambiente	-25 °C a +45 °C
Temperatura ambiente media	25 °C
Apta para encendidos y apagados aleatorios	-

Datos de producto

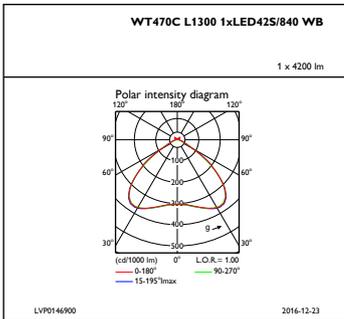
Código de producto completo	871869637941700
Nombre de producto del pedido	WT470C LED42S/840 PSU WB L1300
EAN/UPC - Producto	8718696379417
Código de pedido	37941700
Cantidad por paquete	1
Numerador - Paquetes por caja exterior	1
N.º de material (12NC)	910925863819
Peso neto (pieza)	2.610 kg

Plano de dimensiones



Pacific LED WT470C-WT482C

Datos fotométricos



IFPC1_WT470CL13001xLED42S840WB





Coreline tempo mediana

BVP125 LED80-4S/740 S

Coreline tempo medium - LED module 8000 lm - 740 blanco neutro - Simétrico

CoreLine tempo mediano es una gama muy eficiente de proyectores diseñados para la sustitución 1:1 de tecnología convencional conservando los mismos postes e instalación eléctrica. Una gama limitada que facilita encontrar el mejor sustituto lux por lux. CoreLine tempo mediana, de fácil instalación, ofrece paquetes lumínicos para muchas áreas de aplicación diferentes, así como diversas ópticas simétricas y asimétricas de alto rendimiento. Incluye un soporte de montaje universal en forma de U y conector IP68 rápido de 3 polos.

Datos del producto

Información general		Certificado ENEC	Marcado ENEC
Código familia de lámparas	LED80 [LED module 8000 lm]	Período de garantía	3 años
Temperatura de color	740 blanco neutro	Optic type outdoor	Simétrico
Fuente de luz sustituible	No	Remarks	*-Per Lighting Europe guidance paper "Evaluating performance of LED based luminaires - January 2018": statistically there is no relevant difference in lumen maintenance between B50 and for example B10. Therefore the median useful life (B50) value also represents the B10 value.
Número de unidades de equipo	1	Flujo luminoso constante	No
Driver/unidad de potencia/transformador	PSU [Fuente de alimentación]	Número de productos en MCB	8
Driver incluido	Si	Certificado RoHS	ROHS
Tipo lente/cubierta óptica	FG [Cristal plano]		
Apertura de haz de luz de la luminaria	69° x 25°		
Connection	Conector externo		
Cable	C450C3		
Clase de protección IEC	Seguridad clase I		
Marca de inflamabilidad	F [F]		
Marca CE	Marcado CE		

Coreline tempo mediana

Tipo de LED engine	LED
Product Family Code	BVP125 [Coreline tempo medium]

Datos técnicos de la luz

Ratio de flujo luminoso ascendente	0
Post-top en ángulo de inclinación estándar	0°
Entrada lateral en ángulo de inclinación estándar	0°

Operativos y eléctricos

Tensión de entrada	220-240 V
Frecuencia de entrada	50 a 60 Hz
Corriente de arranque	53 A
Tiempo de irrupción	0,3 ms
Factor de potencia (mín.)	0.94

Controles y regulación

Regulable	No
-----------	----

Mecánicos y de carcasa

Material de la carcasa	Aluminio
Material del reflector	-
Material óptico	PC
Material cubierta óptica/lente	Vidrio
Material de fijación	Aluminum
Dispositivo de montaje	MBW [Anclaje del montaje para pared]
Forma cubierta óptica/lente	FT
Acabado cubierta óptica/lente	Clara
Longitud total	340,5 mm
Anchura total	265 mm
Altura total	67,4 mm
Área de proyección efectiva	0,09 m ²

Aprobación y aplicación

Código de protección de entrada	IP66 [Protección frente a la penetración de polvo, protección frente a chorros de agua a presión]
---------------------------------	--

Índice de protección frente a choque mecánico	IK08 [IK08]
---	--------------

Rendimiento inicial (conforme con IEC)

Flujo lumínico inicial	8000 lm
Tolerancia de flujo lumínico	+/-7%
Eficacia de la luminaria LED inicial	133 lm/W
Índice inic. de temperatura de color	4000 K
Inic. Índice de reproducción del color	>70
Cromacidad inicial	(0.382, 0.379) SDCM <3
Potencia de entrada inicial	63 W
Tolerancia de consumo de energía	+/-11%

Rendimiento en el tiempo (conforme con IEC)

Control gear failure rate at median useful life 75000 h	7,5 %
Lumen maintenance at median useful life* 75000 h	L80

Condiciones de aplicación

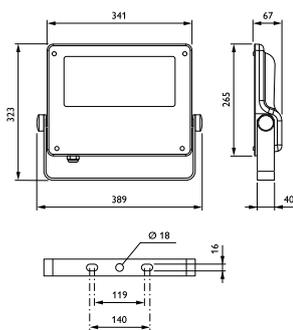
Rango de temperatura ambiente	-40 °C a +50 °C
Performance ambient temperature Tq	25 °C

Datos de producto

Código de producto completo	871869945590300
Nombre de producto del pedido	BVP125 LED80-4S/740 S
EAN/UPC - Producto	8718699455903
Código de pedido	45590300
Cantidad por paquete	1
Numerador - Paquetes por caja exterior	1
N.º de material (12NC)	912300024004
Peso neto (pieza)	4,750 kg



Plano de dimensiones



CoreLine Tempo BVP110/120/125/130/140

Coreline tempo mediana





ClearFlood

BVP650 LED380--4S/740 PSU OFA52 ALU

ClearFlood - LED module 38000 lm - LED - Fuente de alimentación - Optiflux asimétrico, ángulo del eje de 52° - ALU

ClearFlood es una gama de proyectores que permite elegir con exactitud el número de lúmenes requeridos para cada aplicación. En su diseño se utilizan LED de última generación y sistemas ópticos de eficiencia muy elevada. Es una solución muy competitiva que ofrece una excelente relación lúmen/precio. Las distintas ópticas disponibles en ClearFlood abren nuevas posibilidades en el uso de proyectores LED. ClearFlood es fácil de instalar y puede reemplazar puntos de luz convencionales, ya que se usan los mismos postes e instalación eléctrica. También es muy sencillo seleccionar la potencia lumínica necesaria.

Datos del producto

Información general			
Número de fuentes de luz	120 [120 piezas]	Clase de protección IEC	Seguridad clase I
Código familia de lámparas	LED380 [LED module 38000 lm]	Test del hilo incandescente	Temperatura 960 °C, duración 5 s
Versión de lámpara	4S [4th generation, screw fixation]	Marca de inflamabilidad	F [F]
Temperatura de color	740 blanco neutro	Marca CE	Marcado CE
Fuente de luz sustituible	Si	Certificado ENEC	Marcado ENEC
Número de unidades de equipo	2	Certificado UL	No
Equipo	Electrónico	Periodo de garantía	5 años
Driver/unidad de potencia/transformador	PSU [Fuente de alimentación]	Optic type outdoor	Optiflux asimétrico, ángulo del eje de 52°
Driver incluido	Si	Remarks	*-Per Lighting Europe guidance paper "Evaluating performance of LED based luminaires - January 2018": statistically there is no relevant difference in lumen maintenance between B50 and for example B10. Therefore the median useful life (B50) value also represents the B10 value.
Tipo lente/cubierta óptica	FG [Cristal plano]		
Apertura de haz de luz de la luminaria	83° x 130°		
Interfaz de control	No		
Connection	Unidad de conexión de 3 polos		
Cable	No		

Flujo luminoso constante	No
Piezas de recambio disponibles	Sí
Número de productos en MCB	4
Servicios durante el ciclo de vida 'útil	MNT
Riesgo fotobiológico	Risk group 1
Capacidad de reciclaje del producto	80%
Certificado RoHS	ROHS
Certificado RAEE	WEEE
Tipo de LED engine	LED
Product Family Code	BVP650 [ClearFlood]

Datos técnicos de la luz

Ratio de flujo luminoso ascendente	0
Flujo lumínico inicial a 25 °C	31777 lm
Post-top en ángulo de inclinación estándar	0°
Entrada lateral en ángulo de inclinación estándar	0°

Operativos y eléctricos

Tensión de entrada	220-240 V
Frecuencia de entrada	50 a 60 Hz
Voltaje de señal de control	-
Corriente de arranque	53 A
Tiempo de irrupción	300 ms
Corriente del driver	780 mA
Factor de potencia (máx.)	0.98
Factor de potencia (mín.)	0.98
Factor de potencia (nom.)	0.9

Controles y regulación

Regulable	No
-----------	----

Mecánicos y de carcasa

Material de la carcasa	Aluminio fundido
Material del reflector	-
Material óptico	AC
Material cubierta óptica/lente	Vidrio
Material de fijación	Steel
Dispositivo de montaje	MBA [Anclaje montaje ajustable]
Forma cubierta óptica/lente	FT
Acabado cubierta óptica/lente	Clara
Par de torsión	35
Longitud total	562 mm
Anchura total	580 mm

Altura total	95 mm
Área de proyección efectiva	0,26 m ²

Aprobación y aplicación

Código de protección de entrada	IP66 [Protección frente a la penetración de polvo, protección frente a chorros de agua a presión]
Índice de protección frente a choque mecánico	IK09 [IK09]

Rendimiento inicial (conforme con IEC)

Flujo lumínico inicial	32035 lm
Tolerancia de flujo lumínico	+/-7%
Eficacia de la luminaria LED inicial	127 lm/W
Índice inic. de temperatura de color	4000 K
Inic. Índice de reproducción del color	≥70
Cromacidad inicial	(0.380, 0.390) SDCM <5
Potencia de entrada inicial	255 W
Tolerancia de consumo de energía	+/-11%

Rendimiento en el tiempo (conforme con IEC)

Control gear failure rate at median useful life 100000 h	10 %
Lumen maintenance at median useful life* 100000 h	L88

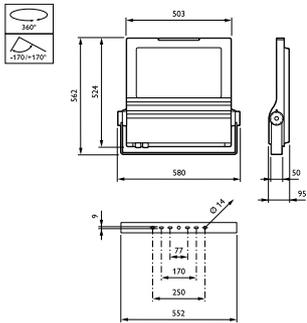
Condiciones de aplicación

Rango de temperatura ambiente	-40 °C a +50 °C
Performance ambient temperature Tq	25 °C

Datos de producto

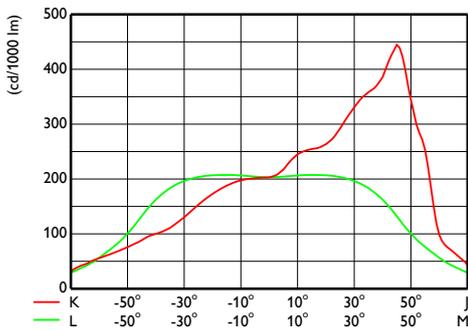
Código de producto completo	871869909869800
Nombre de producto del pedido	BVP650 LED380--4S/740 PSU OFA52 ALU
EAN/UPC - Producto	8718699098698
Código de pedido	09869800
Cantidad por paquete	1
Numerador - Paquetes por caja exterior	1
N.º de material (12NC)	912300023688
Peso neto (pieza)	16,150 kg

Plano de dimensiones

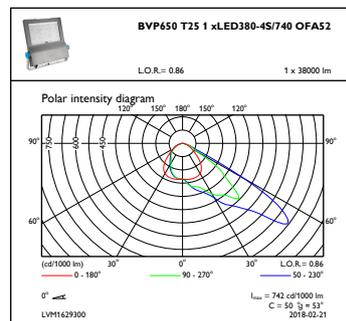


ClearFlood BVP650/651

Datos fotométricos



OFCS1_BVP650T251xLED380-4S740OFA52



OFPC1_BVP650T251xLED380-4S740OFA52



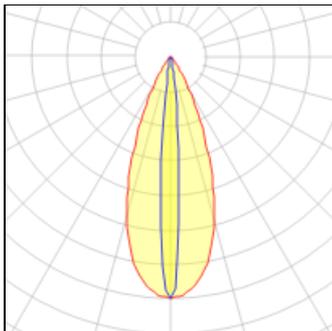
Product data sheet

EW BURST COMPACT POWERCORE BCP463 1XLED-HB-4000 +ZCP462 BSP A10-41
BCP463T2
PHILIPS



eW Burst Compact Powercore – Compact architectural and landscape LED spotlight with solid white light eW Burst Compact Powercore is a high-output, exterior LED spotlight designed for accent and site lighting. Architectural and landscape versions deliver high-quality white light in a warm 2700 K and a neutral 4000 K to support a range of uplighting, floodlighting, and decorative lighting applications. For more information please visit <http://www.colorkinetics.com/ls/essentialwhite/ewburstcompactpc/>

Light output 1



1 x General service incandescent lamp

Nominal lamp power		LOR	100%
Lamp flux	1320 lm	Total flux	1317 lm
Luminous efficacy	44 lm/W	Total power	29.9 W
CCT	3000 K		
CRI	99		

Mounting mode

Ceiling mounted

Electric

System power: 29.9 W

Shape and measurements

Height: 176 mm

Diameter: 204 mm

ANEXO V:

TELEGESTIÓN

Software “Citigis Smart” Municipal

Es un programa de inventario y telegestión de Instalaciones Municipales, diseñado para todo tipo de poblaciones con un alto grado de automatización que permite el funcionamiento totalmente automático sin necesidad de operador.

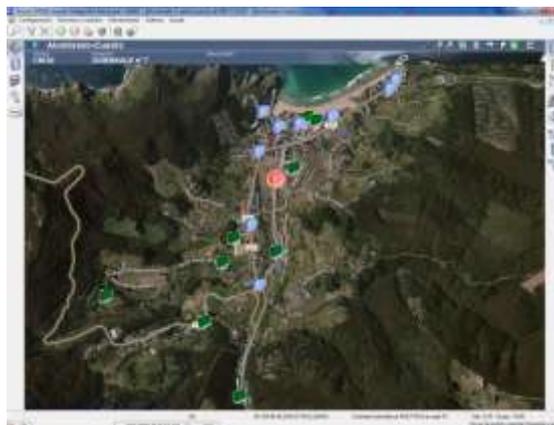


Figura III.1 CITIGIS. Sinóptico general de la instalación

Está especialmente diseñado para la gestión completa del mantenimiento de las instalaciones de la ciudad, alumbrado público, alumbrado artístico, dependencias municipales, riegos, bombeos, etc.

Se caracteriza por estar constituido por varios módulos escalables, de manera que cada población puede disponer de una solución óptima a sus requerimientos, sin tener que adquirir elementos o funcionalidades que no desea o duplicar funciones que ya realiza con otro sistema.

El acceso a la información, y la instalación del software, está disponible en diversos formatos, pudiéndose realizar la instalación tanto en un servidor propio, hosting externo o la nube. Sean cuales sean las necesidades, la información está disponible tanto a través de un software instalable en ordenadores personales, o mediante acceso web, y el acceso total a la información o el filtrado por medio de usuarios y contraseñas.

Módulos básicos del programa.

✓ **Telegestión.**

Permite la comunicación con una amplia gama de dispositivos: Contadores de Compañía de mercado libre, terminales Urbilux, Citilux, terminales Citicontrol y Citiexpansión (tipo PLC programable), estabilizadores-reductores, diferenciales rearmables, estaciones de recarga de vehículos eléctricos, etc.

Se puede realizar las siguientes funciones de gestión y control:

- Función Sinóptico general del estado de las instalaciones. Se accede a un resumen del estado del alumbrado con un simple vistazo.
- Central de recogida de incidencias y alarmas en tiempo real.
- Aviso inmediato de incidencias y alarmas al personal de mantenimiento.
- Obtener un informe diario de anomalías detectadas.
- Visualizar medidas instantáneas.
- Control de encendidos/apagados.
- Registros de medidas.
- Control de contadores de energía.
- Telemando de las instalaciones.

✓ **Cartografía avanzada.**

- Módulo cartográfico con coordenadas UTM.
- Plano general en formato AutoCAD, MicroStation, etc. o visualización en un sistema gráfico basado en Google Maps.

✓ **Inventario avanzado.**

- Inventario relacionado con cartografía GIS.
- Operaciones con cuadros de maniobra.
- Operaciones con líneas y tramos de líneas eléctricas
- Operaciones con puntos de luz, luminarias y lámparas

El software funciona de manera autónoma gestionando las comunicaciones con los dispositivos sensores (vía radio, módem telefónico, GPRS, 3G o Ethernet) y realiza automáticamente los siguientes controles:

- Control de encendidos y apagados de las instalaciones de alumbrado u otras.
- Controles especializados del correcto funcionamiento de las instalaciones.

En caso de detectarse cualquier tipo de anomalía cambia el estado del sinóptico gráfico, se comunicará la ubicación y tipología del fallo. En dicha situación, se genera un parte con la incidencia detectada y se vincula al personal determinado para ello, agilizando la resolución de eventualidades.

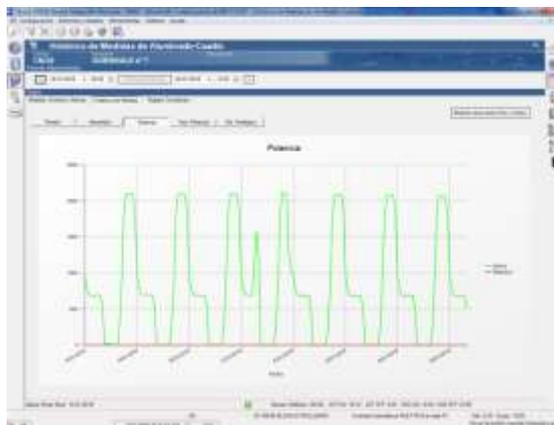


Figura III.2 CITIGIS. Detalle de las mediciones de potencia registradas

Se generan informes técnicos personalizados a medida del usuario de:

- Inventario.
- Consumos eléctricos.
- Incidencias.
- Ahorro energético.
- Estado de las comunicaciones, etc.

Importación / exportación de datos personalizada:

La base de datos está diseñada con una arquitectura abierta, lo que permite crear módulos para sincronizarla con bases de datos externas (por ejemplo, un programa de gestión de activos municipales que contiene toda la información de inventario y Citigis sólo se usa para la telegestión). Esto posibilita la integración con otros software o sistemas de gestión ya instalados.

Módulos opcionales del programa

Nuestra oferta está abierta a evolucionar, de manera que en caso de querer ampliar las funcionalidades del sistema de telegestión, podemos integrar módulos opcionales que dan servicios de valor añadido al software, convirtiendo la solución de telegestión en un software de gestión del mantenimiento y verificación de la energía.

✓ **Gestión de la energía.**

- Lecturas automatizadas de los contadores de Compañía.
- Lecturas automatizadas de los recibos de Compañía.
- Control y gestión de los recibos eléctricos.
- Optimización de las tarifas eléctricas.
- Racionalización y mejora de los consumos energéticos.
- Planes personalizados de ahorro energético

✓ **Mantenimiento correctivo.**

- Entrada de partes de avería.
- Entrada de reparaciones.
- Averías pendientes.

✓ **Mantenimiento preventivo.**

- Programación de trabajos.
- Cambio masivo de lámparas.
- Gestión de las averías repetitivas.

Terminales “Citilux”

Es el hardware encargado de recoger la información del centro de mando, pero a diferencia de sensores pasivos, dispone de inteligencia, siendo capaz de detectar anomalías, variaciones, y emitir alarmas en tiempo real cuando sea necesario. Así mismo, tiene incorporadas una serie de entradas y salidas, que le permiten recoger otras señales externas, o mandar sobre otros dispositivos, centralizando el control de todos los elementos en un único dispositivo.



Figura III.3 Terminal Citilux instalado actualmente en Bakio

Es universal, de manera que podemos instalarlo en cualquier tipo de cuadro, independientemente de la tecnología de las luminarias que cuelguen de él, el tipo de lámpara que esté instalado, el sistema de alimentación o el material.

Es el encargado de las siguientes funciones:

a) Mando de las maniobras

Encendido, apagado, reducción de nivel, etc. mediante cuatro contactos independientes. El terminal Citilux lleva incorporado un reloj y un algoritmo astronómico que permite optimizar los periodos de funcionamiento.

b) Análisis de todos los parámetros eléctricos de la acometida

En valores trifásicos y por cada fase. Medidas de tensión, intensidad, potencia activa y reactiva, factor de potencia, consumos de energía activa y

reactiva y horas de funcionamiento. Dichos parámetros son almacenados en memoria y recogidos posteriormente.

c) Análisis de todos los parámetros eléctricos de la acometida

Registro de cortes en el suministro de compañía, disparo de protecciones de salidas, desviaciones de los parámetros eléctricos respecto sus valores nominales, etc.

d) Análisis de todos los parámetros eléctricos de la acometida

A través de un BUS 485 permite, desde la Sala de Control, modificar las consignas de tensión normal, tensión reducida, tensión de arranque, etc.

Características del terminal

✓ **CONTACTOS (ACTUADORES CALENDARIZADOS)**

Los contactos de salida permiten un completo gobierno de las instalaciones con calendarios exhaustivos de maniobras de actuación, pudiéndose aplicar en más instalaciones que únicamente las de alumbrado público, construyendo así una base para la “Smart City”. Por ejemplo, podríamos crear la siguiente clasificación:

- Alumbrado público.
- Alumbrado ornamental.
- Túneles
- Escaleras mecánicas y ascensores
- Riegos
- Estaciones de bombeo
- Edificios y naves industriales
- Instalaciones deportivas
- Estacionamientos
- Marinas y puertos
- Campings

Usos y funciones de los contactos C1-C2-C3-C4

Dispone de contador de horas de funcionamiento del circuito.

Permite los siguientes usos:

- Encendido / arranque de una instalación.
- Órdenes de ahorro / reducción de una instalación.
- Permite la conexión y desconexión de circuitos de forma independiente.

Maniobras ilimitadas

Nos permite configurar tantas maniobras como sean necesarias para gobernar cualquier tipo de instalación a diferencia de un reloj astronómico estándar, que únicamente permite una maniobra de encendido/apagado al día.

Programación mediante horario astronómico y de hora fija

Citilux realiza el cálculo mediante un algoritmo astronómico, a partir de la longitud y latitud (se puede instalar en cualquier zona geográfica), con una precisión de 1 minuto. Se puede programar el cambio automático de hora invierno-verano de 50 años.

Permite las siguientes correcciones horarias para cada contacto:

- General entre +/-1 y 127 minutos sobre las horas de orto y ocaso con el fin de compensar factores orográficos o de situación del alumbrado a controlar.
- Independiente entre +/-1 y 127 minutos para cada día de la semana.

Telemando

El equipo permite que lo accionemos a distancia por medio de comandos desde la instalación central pudiendo apagar o encender las instalaciones a voluntad.

✓ MEDICIÓN ENERGÉTICA

El analizador de redes interno permite realizar las principales funciones de control energético y de calidad de suministro / operación.

Lectura de parámetros eléctricos.

El equipo lee el valor de la línea general de entrada al cuadro de alumbrado.

Realiza las siguientes mediciones en verdadero valor eficaz (para cada fase y trifásica)

- Tensión
- Intensidad
- Potencia activa
- Potencia reactiva
- Factor de potencia
- Índice de distorsión armónica en corriente
- Índice de distorsión armónica en tensión
- Contador de energía activa Estacionamientos
- Contador de energía reactiva inductiva
- Contador de energía reactiva capacitiva

✓ ENTRADAS DIGITALES

Mediante las 8 entradas digitales disponibles controlamos el estado y las alarmas de la instalación.

Nos permite la programación personalizada de cada entrada.

✓ ENTRADAS DE CONTADOR DE IMPULSOS

Las 8 entradas digitales pueden ser utilizadas como contador de impulsos para medida de diferentes servicios (submetering).

Se integran contadores de electricidad, de agua, gas, etc.

✓ DATA LOGGER

Registros de medida

El equipo almacena internamente más de 10.000 registros de parámetros eléctricos pudiendo configurar la base de tiempo de cada registro de 1 minuto a 24 horas.

Eventos

El equipo almacena internamente más de 2.500 acciones tanto de eventos como de alarmas, cada una con su fecha y hora.

Alarmas.

Las alarmas distinguen estado, prioridad.

El equipo anota los parámetros eléctricos del instante en que se produce cada acción.

✓ CENTRALIZACIÓN DE EQUIPOS DE AHORRO, MEDICIÓN Y PROTECCIÓN

El terminal centraliza diferentes equipos de ahorro, medición y protección, a través del puerto serie RS485 secundario, el puerto Ethernet y las entradas analógicas.

- Analizador de redes
- Estabilizador de flujo luminoso
- Drivers LEDs de control centralizado
- Medidor de fuga de aislamiento
- Protección magnetotérmica rearmable con comunicación
- Medidores energéticos de circuito individual
- Control punto a punto de luz Datlux – Urlys

Ampliaciones de funcionalidades del terminal Citilux.

Una vez instalado el sistema de telegestión **existe la posibilidad futura** de que instalemos nuevas curvas del software de telegestión CITIGIS en el terminal CITILUX, o la instalación de nodo, balasto o driver CITIDIM en el punto de luz para implantar un sistema de control punto a punto unidireccional.

Debido a la rapidez de evolución de los sistemas de iluminación, y la aparición de nuevas soluciones antes diversos problemas, es importante instalar un sistema vivo, dinámico y ampliable.

La solución Citigis, con sus 15 años de experiencia y la instalación en más de 300 poblaciones de todo el mundo, ha demostrado que es adaptable y se ajusta a las nuevas tecnologías disponibles, y ofreciendo los servicios que cada corporación necesita.

Complementos y módulos extra

Más lejos de poder conseguir un sistema de control global para el servicio de alumbrado público, existen otros módulos complementarios que llevarían el sistema de telegestión a una solución integral de activos y gestión municipal.

✓ AUDIT-E

- Verifica el cumplimiento del reglamento de eficiencia energética en instalaciones de alumbrado exterior
- Basado en el protocolo de auditoría energética de las instalaciones de alumbrado exterior publicado por el IDAE

✓ MAPA LUMÍNICO

El módulo de Mapa Lumínico permite visualizar las diferentes auditorías lumínicas sobre la cartografía GIS en coordenadas reales, permitiendo configurar unos iconos y colores de visualización en función de los tramos de nivel de iluminancia.

Está diseñado para auditorías permanentes, por lo que es posible consultar las diferentes auditorías lumínicas que ha habido en un área, y comprobar de manera gráfica, rápida e intuitiva la evolución de la iluminancia en un sector o ante un cambio de condiciones.

Notas importantes:

- Este módulo importa, ordena y visualiza las medidas que han sido tomadas mediante algún procedimiento manual o mecanizado, por ejemplo, mediciones en campo con luxómetros manuales, o sondas acopladas a vehículos y con registro GPS de la medición. La importación de las medidas se realiza a partir de una tabla Access predefinida.
- Este módulo se integra para el software de auditoría energética RD1890/2008 AUDIT-E.

✓ CONTROL DINÁMICO DE LUMINOSIDAD

A partir de unos sensores homologados y patronizados en diferentes zonas de la ciudad. Se establecen unas **órdenes de encendido y apagado que pueden variar en función de la luminosidad ambiente.**

Esto nos proporciona la cota más alta de optimización y sofisticación existente para el Alumbrado Exterior, combinando en un único sistema los beneficios del uso del reloj astronómico y la fotocélula y eliminando todos los inconvenientes que ambos planteamientos presentan por separado.

Beneficios: máximo ahorro diario garantizando el servicio al ciudadano

Notas importantes:

- Se establecerían hasta 3 categorías de instalaciones y se asignaríamos órdenes diferenciadas para cada grupo.
- La configuración y el uso del control dinámico es 100% controlable y modificable desde la sala de control Citigis.

✓ MÓDULO CONTROL DE ROBO DE CABLE

Esta función se realiza mediante la instalación de unos dispositivos que controlan en tiempo real las líneas de alimentación a los puntos de luz en instalaciones de alumbrado exterior con objeto de vigilar la continuidad de las mismas para poder detectar posibles robos de cables o averías causadas por accidentes que interrumpan la continuidad del circuito.

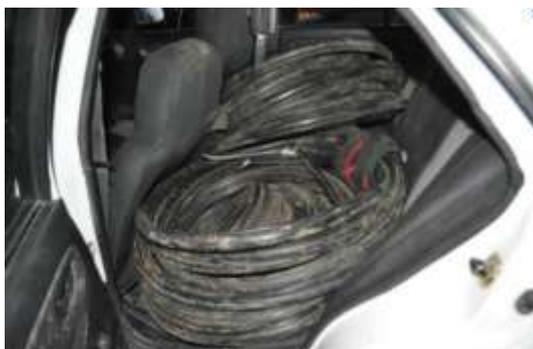


Figura III.4 El robo de cable es una de las principales causas del fallo en el alumbrado público

Cada módulo centralizador instalado en el cuadro de mando hasta 8 circuitos.
Se pueden instalar hasta 5 terminadores por circuito.

Ventajas:

- Opera de día y de noche (con la instalación encendida)
- Trabaja con circuitos trifásicos y monofásicos
- El terminador no requiere alimentación
- Puede coexistir más de un centralizador en una instalación, de esta manera pueden controlarse instalaciones de más de 8 circuitos (podría ser necesario ampliar el módulo del cuadro que aloja el equipo)

✓ **MÓDULO DE SEGUIMIENTO GPS DE VEHÍCULOS DE MANTENIMIENTO**

En coordinación con el módulo Mantenimiento-GMAO, el seguimiento de los vehículos de mantenimiento es una necesidad para optimizar costes, gestión y evitar fraudes.

Los equipos de seguimiento GPS se instalan en los vehículos de las empresas de mantenimiento.

Se dispone de un módulo Citigis específico de un historial completo de rutas, paradas, etc. que permiten comprobar el trabajo del personal.

Nota importante:

- Para la aplicación de este módulo, se requiere instalar hardware en los vehículos y firmar un contrato de seguimiento.

✓ **MÓDULO DE GESTIÓN DE EDIFICIOS Y DEPENDENCIAS MUNICIPALES**

Este módulo gestiona los diferentes suministros y puntos de consumo (metering y submetering) de dependencias, edificios, polideportivos, escuelas, etc. que contienen numerosas instalaciones.

El módulo de edificios de Citigis integra de forma inteligente desde grandes edificios municipales, tales como mercados, polideportivos, a pequeños locales.

Se telegestionan todos los consumos, se importan y validan todas las facturas de suministros.

✓ **MÓDULO DE FACTURACIÓN DE AGUA, GAS Y OTROS SUMINISTROS**

La facturación de los suministros de agua y gas está sujeta a un entorno cambiante como el de la electricidad. Podemos llevar un registro ordenado y centralizado junto con la electricidad, para posteriormente analizarlos y realizar actuaciones en función de las conclusiones que arrojen.

El número de puntos de suministro suele ser menor, pero con un gran impacto económico.

Sistema URLYS

El sistema URLYS-PLC es un control y regulación punto a punto powerline bidireccional para LED. La comunicación se realiza mediante onda portadora sobre el cable de potencia (powerline control), por lo que no es necesaria la instalación de un cable de control.

Cada punto se controla de manera individual, se instalará NODOS URLYS PLC, que transmitirán la información entre el cuadro y el balasto o como en este caso el driver del LED. El control se realiza mediante DALI 1-10V.

En el centro de mando se instalará el terminal controlador de segmento URLYS PLC, este terminal gestiona y centraliza las órdenes e información de los nodos.

Desde Tecuni, se controlará mediante el software CITIGIS, en tiempo real todos los puntos. Se controlará comandos tales como, encendido-apagado, reducciones de potencia, situación del estado de las luminarias, etc. este sistema posibilita la integración en más de 40 fabricantes de luminarias.

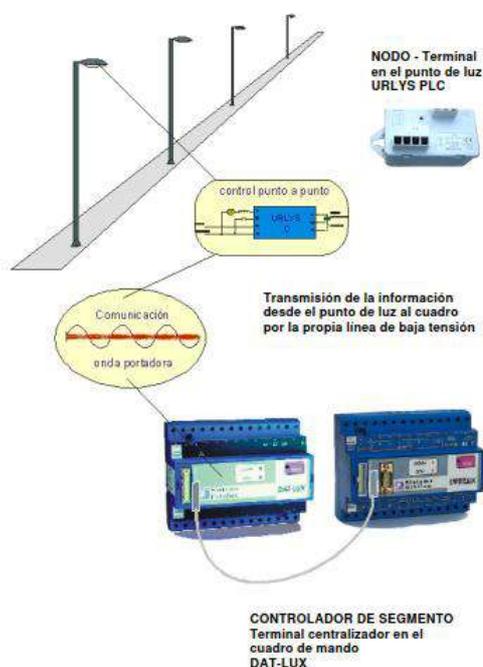


Figura III.5 Esquema básico del Sistema URLYS

Instalación de los nodos UPRLYS PLC

Los nodos estarán implementados en las luminarias led, y serán instalados por el propio fabricante de luminarias para mantener la garantía de las mismas y evitar manipulaciones innecesarias.

Instalación del centralizador DAT-LUX PLC

El controlador de segmento lo instalaremos en el centro de mando.

Todos estos equipos incorporan identificadores y etiquetados universales, los cuales son necesarios para un correcto funcionamiento del sistema, ya que es la manera de saber cuál es cada luminaria.

Puesta en marcha del proyecto

Cada proyecto será planificado detenidamente y con precisión, y los equipos (luminarias) estarán etiquetados estrictamente con el fin de facilitar la puesta en marcha.

Integración con la plataforma CITIGIS

La plataforma CITIGIS ya está instalada en nuestra sede Tecuni, por lo que únicamente tendremos que habilitar el módulo pertinente. La información está homologada y sistematizada, por lo que el personal responsable del mantenimiento podrá gestionar diferentes tipos de instalaciones con la misma plataforma.

Características de las unidades

A continuación, mostraremos las características y especificaciones de cada elemento a instalar.

✓ Nodo URLYS PLC:

Este nodo ira instalado en cada luminaria, sus principales funciones son:

- Detección de fallo de lámpara o luminaria
- Detección de intermitencia
- Sistema de ahorro, DALI, 1-10V, relé

- Detección de presencia de tensión
- Detección de paso de intensidad
- Entrada digital

Especificaciones técnicas URLYS PLC.

Circuito de medida de la lámpara

Intensidad mínima detección: 300 mA
 Intensidad nominal: 2 A
 Intensidad máxima continua: 5 A
 Intensidad transitoria lámpara: 20 A
 Precisión: +/- 0.05 A.

Circuito medida del condensador

Intensidad máxima transitoria: 20A 2.5 seg.

Salidas

DALI master (IEC60929)

Con opción a 1 o 2 balastos-drivers DALI
 1-10V

Digital NPN, con diodo de protección

24 VDC, 60 mA. Aislamiento 1300 VAC.

Entradas

Digital PNP contacto libre tensión

24 VDC, 8 mA. Aislamiento 1300 VAC.

Contador horas: 0 - 16384 horas

Transmisión de señal

Potencia de salida: 116 dBmV.
 Categoría: Clase 116 (EN50065)
 Portadora emisión: FSK120kHz, BW 6kHz.



Alimentación: 184 a 255 VAC.

Frecuencia: 45 a 65 Hz.

Consumo: 9 VA.

Temperatura de trabajo: -10°C a 80°C.

Humedad relativa: 5% a 90%.

Caja de policarbonato V0: IP55

Dimensiones: 162,5 x 75 x 68 mm.

Figura III.6 Especificaciones técnicas de nodo URLYS PLC

✓ Controlador de segmento URLYS

Centraliza el mando y el estado de todos los puntos de luz. Esta información procesada se almacena y es transmitida al centro de control.

Los puntos de luz son gobernados mediante órdenes, individuales/ de grupo/ generales.

A continuación, mostramos las funciones configurables y reprogramables:

- Curvas de carga
- Escalones de ahorro
- Alarmas
- Horarios y calendarios de actuación

Especificaciones técnicas URLYS PLC
Instalación En centro de mando (maniobra)
Nodos de control Hasta 255 Nodos URLYS PLC
Transmisión de señal
Potencia de salida: 116 dBmV.
Categoría: Clase 116 (EN50065)
Portadora emisión: FSK120kHz, BW 6kHz.
Alimentación: 184 a 255 VAC.
Frecuencia: 45 a 65 Hz.
Consumo: 9 VA.
Temperatura de trabajo: -10°C a 80°C.
Humedad relativa: 5% a 90%.
Caja: clase II, montaje carril Din 43880
Dimensiones: 140 x 110 x 70 mm



Filtros

La señal portadora no debe afectar a elementos ajenos a la instalación por lo que no debe manifestarse en la red eléctrica.
 Puede necesitarse colocar filtros.



Figura III.7 Especificaciones técnicas de controlador URLYS PLC

✓ **Software CITIGIS**

A continuación, mostramos las funciones:

- Configuración y comisionado del proyecto
- Explotación regular mediante telegestión para el control energético y de mantenimiento.



Figura III.8 Vista de pantallas del software Citigis