

**UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID**  
**ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR**



**TRABAJO FIN DE GRADO**

**GRADO EN INGENIERÍA ELÉCTRICA**

**PROYECTO DE ALUMBRADO PÚBLICO  
EN LA ZONA DE AV. MAR  
MEDITERRANEO DE LEGANÉS  
(MADRID).  
INSTALACIONES ELÉCTRICAS,  
CÁLCULOS LUMINITÉNICOS Y DE  
EFICIENCIA ENERGÉTICA**

**AUTOR:** Carlos Martín Martín

**TUTOR DE LA UNIVERSIDAD:** Esteban Patricio Domínguez González-Seco

**TUTOR EN LA EMPRESA:** Enrique Bretones San Miguel

Madrid, Febrero 2014



## **AGRADECIMIENTOS**

*A todos los compañeros de PROMEC S.A. con especial atención a Enrique Bretones, antiguo compañero y excelente tutor e ingeniero y a Esteban Patricio, por brindarme la oportunidad de realizar el proyecto bajo su tutela mientras realizaba prácticas en empresa. A los profesores que he tenido a lo largo de mi vida y a todos los compañeros y amigos que me han acompañado durante mi formación. Y sobre todo a mi familia, en especial a mis padres y mi novia María, que nunca me fallan y están siempre a mi lado.*

*¡¡MUCHAS GRACIAS!!*



## INDICE

CAPÍTULO 1 .....	5
MEMORIA DESCRIPTIVA .....	5
1.1. Introducción .....	7
1.1.1. Objeto del Proyecto .....	7
1.1.2. Antecedentes .....	7
1.2. Descripción de la zona de estudio .....	8
1.3. Conceptos fundamentales.....	10
1.4. Clasificación de las vías .....	13
1.4.1. Zona residencial .....	13
1.4.2. Zona de Aceras .....	15
1.4.3. Zona peatonal y plazas.....	17
1.5. Elección de las luminarias.....	18
1.5.1. Tipos de tecnologías más comunes de alumbrado exterior .....	18
1.5.2. Luminarias seleccionadas .....	28
1.6. Instalación eléctrica.....	34
1.6.1. Campo de aplicación.....	34
1.6.2. Acometidas desde las redes de distribución de la compañía suministradora .....	34
1.6.3. Dimensionamiento de las instalaciones.....	34
1.6.4. Cuadros de protección, medida y control .....	35
1.6.5. Redes de alimentación .....	35
1.6.6. Soportes de luminarias.....	36
1.6.7. Luminarias .....	38
1.6.8. Equipos eléctricos de los puntos de luz.....	38
1.6.9. Protección contra contactos directos e indirectos.....	39
1.6.10. Puestas a tierra .....	39
1.7. Sistema de control y accionamiento.....	41
CAPÍTULO 2 .....	43
MEMORIA DE CÁLCULO.....	43
2.1. Ubicación de las luminarias y factor de mantenimiento.....	45
2.1.1. Método de los lúmenes o factor de utilización.....	45
2.1.2. Cálculo del factor de mantenimiento.....	46
2.2. Cálculos luminotécnicos.....	50



2.3.	Eficiencia energética .....	93
2.4.	Cálculos eléctricos.....	100
2.5.	Cálculo de la amortización de la instalación .....	106
CAPÍTULO 3 .....		108
PLIEGO DE CONDICIONES .....		108
3.1.	Generalidades .....	110
3.1.1.	Objeto del pliego .....	110
3.1.2.	Condiciones facultativas legales.....	110
3.1.3.	Ámbito de aplicación.....	110
3.2.	Calidad de los materiales .....	110
3.2.1.	Centro de mando.....	110
3.2.2.	Conductores: tendido, empalmes, terminales, cruces y protecciones.....	111
3.2.3.	Accesorios .....	111
3.2.4.	Pruebas de funcionamiento. Medidas eléctricas.....	111
3.2.5.	Obra civil .....	112
3.2.6.	Zanjas: ejecución, tendido, cruzamientos, señalización y acabado.....	113
3.3	Normas generales para la ejecución de las instalaciones .....	115
CAPÍTULO 4 .....		121
ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD.....		121
4.1.	Generalidades .....	123
4.2.	Desarrollo del plan de seguridad .....	124
CAPÍTULO 5 .....		137
MEDICIONES Y PRESUPUESTO .....		137
5.1.	Introducción.....	139
5.2.	Mediciones y presupuesto .....	140
CAPÍTULO 6 .....		143
CONCLUSIONES.....		143
ANEXOS .....		150



# **CAPÍTULO 1**

## **MEMORIA DESCRIPTIVA**



*Este capítulo nos detalla cómo entender y elaborar este Trabajo de Fin de Grado, que trata sobre el diseño y estudio del alumbrado público en una zona de Leganés (Madrid)*



## **1.1. Introducción**

### ***1.1.1. Objeto del Proyecto***

El objeto del presente Proyecto es la elección y diseño del alumbrado público óptimo para la Avenida Mar Mediterráneo y calles adyacentes, una zona cercana a la Universidad Carlos III de Madrid en el municipio de Leganés. Se ha usado moderna tecnología LED para proponer una alternativa óptima económica y energéticamente, comparándola con la tecnología que se ha estado usando en España en los últimos años, el Vapor de Sodio a Alta Presión. También definir y valorar las obras que en él se incluyen intentando aportar documentación suficiente para que pudieran ser ejecutadas en un futuro.

Este Trabajo se ha elaborado durante la realización de prácticas en la empresa PROMEC S.A. con la ayuda de compañeros y software específico, los cuales me han sido de gran ayuda para poder entender y explicar las mejoras que conlleva la implantación de la tecnología LED en la zona escogida.

Primero se ha descrito la zona a alumbrar, detallando la ubicación y las características de las vías con las que se va a trabajar.

A continuación se aportarán definiciones y aclaraciones sobre luminotecnia para entender correctamente el estudio realizado.

También se realizará el análisis a fondo de la nueva propuesta de la instalación del alumbrado viario, comparando los datos luminotécnicos, la eficiencia energética y la amortización.

Por último se ha realizado un presupuesto lo más real posible en el que se incluyen todas las mediciones y precios de materiales empleados.

### ***1.1.2. Antecedentes***

Este proyecto se realiza como finalización de los cuatro cursos del Grado de Ingeniería Eléctrica en la Universidad Carlos III de Madrid.

El fin del Trabajo es de carácter obligatorio para conseguir el título y en este caso es de naturaleza didáctica pues no se tiene previsto que se ejecute, aunque gracias a la información aportado y la forma de trabajar de los compañeros de PROMEC S.A. se ha tratado de hacer un proyecto lo más parecido a uno de carácter oficial.

En él se van a tratar diversas materias dadas a lo largo del Grado de Ingeniería Eléctrica, destacando los temas de la luminotecnia y la eficiencia energética, teniendo en cuenta la posibilidad que nos brindan las nuevas tecnologías de lograr instalaciones lo más eficientes posibles optimizando y ahorrando lo máximo y contaminando lo mínimo.

## 1.2. Descripción de la zona de estudio

Leganés es un municipio de España perteneciente a la Comunidad de Madrid, situado a once kilómetros al sur suroeste de la madrileña Puerta del Sol, dentro del Área Metropolitana de Madrid. Se ubica en una llanura de la Meseta Central en la península Ibérica, surcada de oeste a este por el cauce del arroyo Butarque, afluente del río Manzanares. Limita al sur con Fuenlabrada, al norte con los distritos madrileños de Carabanchel y Latina, al oeste con Alcorcón, y al este con Villaverde (distrito de Madrid) y Getafe.

Es la quinta ciudad madrileña en población (187.227 habitantes) y una superficie de 43,1 km<sup>2</sup>. Sus coordenadas cartográficas son 40°19'42"N 3°45'55"O a una altitud de 665msnm y una distancia de 11km a la ciudad de Madrid.



Figura 1. Ubicación de Leganés [5]

La zona de actuación de este proyecto es una zona cercana a la Universidad Carlos III de Madrid, en concreto a la Avenida Mar Mediterráneo y las calles adyacentes formadas por la Calle Río Manzanares, Calle Río Henares y la Calle Río Duero. A parte del estudio de dichas calles se va a analizar una rotonda que cruza la Avenida Mar Mediterráneo con la Calle Río Manzanares y los accesos peatonales al interior de las manzanas junto con una pequeña plaza que se encuentra dentro de la zona de estudio.

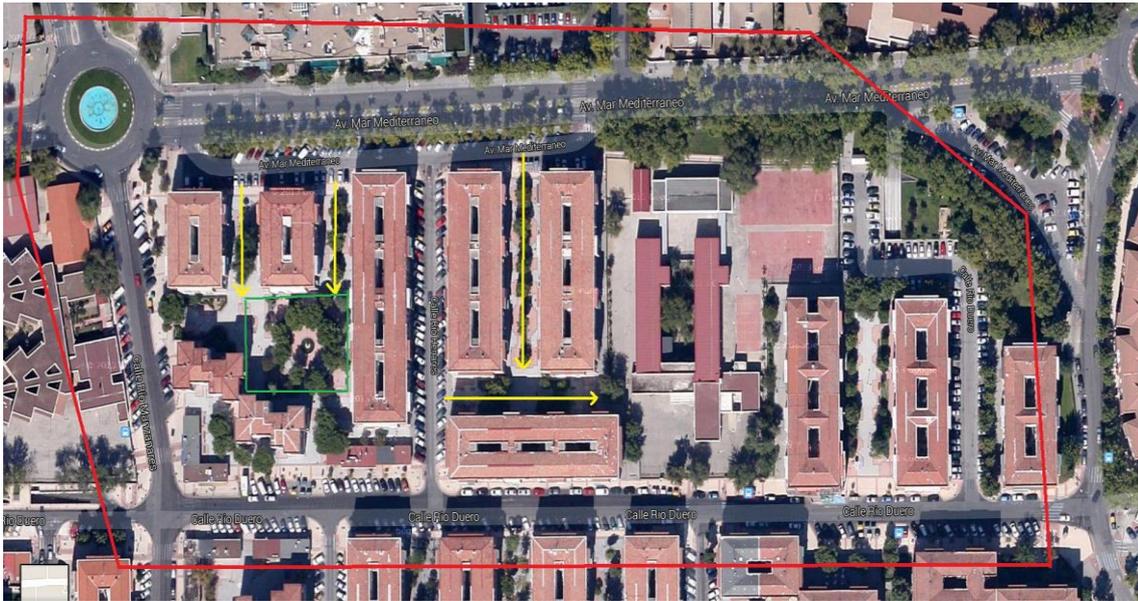


Figura 2. Zona de estudio en Leganés [4]

En la imagen se distinguen los accesos peatonales estudiados con flechas amarillas, la plaza en el recuadro verde y delimitado por las líneas rojas las vías analizadas.

El motivo de estudiar este emplazamiento se debe a que es una zona residencial cercana a la universidad con un sistema de iluminación antiguo y una gran variedad de vías, puesto que disponemos desde una calle de doble sentido y dos carriles para cada sentido con un bulevar central a una calle sin salida con utilidad de parking o calle de único sentido con vehículos estacionados a ambos lados.

### 1.3. Conceptos fundamentales

El **Alumbrado Público** tiene como objetivo la iluminación de aceras, calzadas y parques públicos al objeto de que pueda proporcionar, en el período nocturno, una visibilidad adecuada para el normal desarrollo de las actividades, así como poder incrementar la seguridad tanto de las personas como en el tráfico rodado. Dicha instalación está conectada a un centro de baja tensión de la compañía suministradora y, por tanto, conlleva un consumo y un gasto económico.

Para tener una buena concepción de este Proyecto es necesario entender las siguientes definiciones, extraídas del *Real Decreto 1890/2008, Reglamento de Eficiencia Energética en Instalaciones de Alumbrado Exterior* [1]:

El reglamento se aplicará a aquellas instalaciones de más de 1 kW de potencia instalada.

Se consideran los siguientes tipos de alumbrado:

- Vial (funcional y ambiental).
- Específico.
- Ornamental.
- Vigilancia y seguridad nocturna.
- Señales y anuncios luminosos.
- Festivo y navideño.

El reglamento será aplicado a nuevas instalaciones, incluyendo modificaciones y ampliaciones, a instalaciones existentes antes de su entrada en vigor, mediante un estudio de eficiencia energética.

El artículo 3 de [1] nos aporta las siguientes definiciones:

**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  $Tl$ , carece de unidades y su expresión, en función de la luminancia de velo  $L_v$  y la iluminancia media de la calzada  $L_m$  (entre 0,05 y 5 cd/m<sup>2</sup>), es la siguiente”:

$$Tl = 65 \frac{L_v}{L_m^{0,8}} \text{ (en \%)} \quad (1)$$

**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 de entorno calculadas. La anchura de las dos zonas de cálculo para cada relación de entorno se tomará como 5m o la mitad de la anchura de la calzada, si ésta es inferior a 10m”.

**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  $\Phi$  y su unidad es el lumen (lm)”.

**Intensidad luminosa:** “Flujo luminoso por unidad de ángulo sólido. Esta magnitud tiene característica direccional, su símbolo representativo es  $I$  y su unidad es la candela, que equivale a lumen/estereorradián ( $\text{cd}=\text{lm}/\text{sr}$ )”.



Figura 3. Diferencia entre flujo y densidad luminosa [19]

**Eficacia luminosa de una lámpara:** “Relación entre el flujo luminoso emitido por la lámpara y la potencia consumida por ésta. Se expresa en  $\text{lm}/\text{W}$  (lúmenes/vatio)”.

**Illuminancia 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 es el lux ( $\text{lm}/\text{m}^2$ )”.

**Illuminancia media horizontal:** “Valor medio de la iluminancia horizontal en la superficie considerada. Su símbolo es  $E_m$  y se expresa en lux”.

**Illuminancia mínima horizontal:** “Valor mínimo de la iluminancia horizontal en la superficie considerada. Su símbolo es  $E_{m\text{in}}$  y se expresa en lux”.

**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,  $\text{cd}=\text{lm}/\text{sr}$  (lumen/estereorradián)”.

**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  $\text{cd}/\text{m}^2$ ”.

“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”.

$$L_v = k \frac{E_g}{\theta^2} \quad (2)$$

Siendo:

$E_g$ : Iluminancia en lux sobre la pupila, en un plano perpendicular a la dirección visual.

$\theta$ : Ángulo entre el centro de la fuente deslumbrante y la línea de visión.

**Luz intrusa o molesta:** “Luz procedente de las instalaciones de alumbrado exterior que da a 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”.

**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  $\eta$  y carece de unidades”.

**Uniformidad media de iluminancias:** “Es la relación entre la iluminancia mínima y la media de la superficie de la calzada. Su símbolo es  $U_0$  y carece de unidades”.

En cuanto a las distintas tecnologías de lámparas existentes, también hay algunos términos que hay que conocer:

**Temperatura de color:** “Se define como la temperatura que tiene que tener un cuerpo negro ideal para que la tonalidad de la luz emitida sea la misma que la de la lámpara que se considere”.

**Índice de Reproducción Cromática (IRC):** “Es la relación existente entre el aspecto cromático que tiene un cuerpo que se ilumina con una fuente y el aspecto que tendría con una luz de referencia. El IRC oscila entre 0-100”.

**Flujo luminoso:** “Es la potencia emitida en forma de radiación luminosa a la que el ojo humano es sensible. Se mide en lumen (lm)”.

**Eficacia luminosa o rendimiento:** “Rendimiento energético de una lámpara, es decir, la calidad que tiene la fuente para producir luz transformando la energía eléctrica en energía radiante visible para el ojo humano. Su valor concreto es el cociente entre el flujo luminoso emitido y la potencia que consume la fuente”.

**Vida media:** “Valor calculado mediante un ensayo de un número aleatorio de lámparas trabajando dentro de unas condiciones concretas. La vida media de una lámpara será el valor en horas de funcionamiento hasta que fallan el 50% de las lámparas totales”.

**Vida útil:** “Número de horas de funcionamiento hasta que el flujo emitido por la lámpara se ha reducido al 80% de su valor inicial”.

## 1.4. Clasificación de las vías

Según el [1], en la *Instrucción Técnica Complementaria ITC-EA-02 Niveles de Iluminación*, “se entiende por nivel de iluminación el conjunto de requisitos luminotécnicos o fotométricos (luminancia, iluminancia, uniformidad, deslumbramiento, relación de entorno, etc.) cubiertos por esa misma 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.

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”.

Marcando en rojo la que corresponda con nuestras vías.

### 1.4.1. *Zona residencial*

El criterio principal de clasificación de las vías es la velocidad de circulación, según se establece en la Tabla 1.

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	$v \leq 5$

Tabla 1. Clasificación de las vías en función de la velocidad [1]

Consideraremos nuestra zona de trabajo como una tipo B, puesto que la velocidad del tráfico rodado oscilará entre 30 y 60 km/h, salvo el tramo de la Av. Mar Mediterráneo que se usa como parking la clasificaremos tipo D, baja velocidad.

A parte hay otra clasificación en función de la intensidad media diaria, según la tabla 2 de [1] en la ITC-EA-02 al tratarse de accesos a zonas residenciales, considerando una intensidad media diaria mayor a 7.000 vehículos, la situación de proyecto es de clase B1.

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

<sup>(1)</sup> 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 2. Tipo de vía en función de la intensidad media diaria [1]

Los requisitos fotométricos aplicables a las vías correspondientes a las diferentes clases de alumbrado se reflejan en la tabla 3 correspondiéndole la clase ME3c para todas las calzadas con excepción de la categoría ME4b, otorgada a la calle clasificada anteriormente como tipo D puesto que se considera que tiene una intensidad de tráfico menor a 7.000 vehículos diarios.

Clase de Alumbrado	Luminancia de la superficie de la calzada en condiciones secas			Deslumbramiento Perturbador	Iluminación de alrededores
	Luminancia <sup>(4)</sup> Media $L_m$ (cd/m <sup>2</sup> ) <sup>(1)</sup>	Uniformidad Global $U_0$ [mínima]	Uniformidad Longitudinal $U_{-1}$ [mínima]	Incremento Umbral $TI$ (%) <sup>(2)</sup> [máximo]	Relación Entorno $SR$ <sup>(3)</sup> [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

<sup>(1)</sup> 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.

<sup>(2)</sup> 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).

<sup>(3)</sup> 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.

<sup>(4)</sup> 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.

Tabla 3. Series ME de clase de alumbrado para viales secos tipo A y B [1]

Tiene una clasificación especial la zona de la calle Río Duero que es un Fondo de Saco (calle sin salida) la cual según normativa se le adjudica un nivel de iluminación de referencia CE2, en el que vemos a continuación sus características en la tabla 4.

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.

Tabla 4. Series CE de clases de alumbrado para viales tipo D y E [1]

La rotonda que une las calles Avenida Mar Mediterráneo con la calle Río Manzanares al ser en zona urbana, el nivel de iluminación de la glorieta será como mínimo un grado superior al del tramo que confluye con mayor nivel de iluminación, ME3b que podemos ver sus características en la tabla 3 anterior.

#### 1.4.2. Zona de Aceras

Volvemos a clasificar el tipo de vías con las tablas anteriores:

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	$v \leq 5$

Tabla 5. Tipo de vía en función de la velocidad [1]

Respecto al tipo de vía, al ser peatonal y tener aceras a lo largo de la calzada clasificamos el proyecto como E1, véase tabla 6.

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

<sup>(\*)</sup> 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.

Tabla 6. Clase de alumbrado en función del tipo de vía [1]

En la tabla 7 se encuentran las series CE respectivamente de clase de alumbrado para viales de este tipo. Se elige la clase CE5 o S3, puesto que son equivalentes y sus condiciones son similares en las que 7,5lux de iluminancia media se consideran suficientes.

Clase de Alumbrado (1)	Iluminancia horizontal	
	Iluminancia Media <i>Em (lux)</i> [mínima mantenida <sup>(1)</sup> ]	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

<sup>(1)</sup> 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.

<sup>(2)</sup> También se aplican en espacios utilizados por peatones y ciclistas.

Tabla 7. Requisitos luminotécnicos en función de la clase de alumbrado [1]

### 1.4.3. Zona peatonal y plazas

Estas zonas se consideran completamente peatonales, por lo que basándonos en la tabla 4 anterior, el tipo de vía se considera E.

Y en cuanto al flujo de peatones lo consideramos de flujo normal, por lo que la clase de alumbrado será E1:

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

<sup>(\*)</sup> 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.

Tabla 8. Clase de alumbrado en función del tipo de vía [1]

Los requisitos fotométricos considerados para este tipo de vía de clase S3 son lo que vemos en la tabla 9 siguiente.

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

<sup>(1)</sup> 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. Requisitos luminotécnicos en función de la clase de alumbrado [1]

## **1.5. Elección de las luminarias**

Ya se han clasificado las vías y conocemos los requisitos luminotécnicos que necesita cada una por lo que se realiza la elección de las luminarias.

Para ello se tendrán en cuenta varios factores, el primero y fundamental, que cumpla con la normativa vigente y con las especificaciones y requerimientos técnicos. También se ha de tener en cuenta otros aspectos importantes como la eficiencia energética, el precio y la calidad del producto.

Para comprender bien la elección del tipo de lámpara, se van a explicar los distintos tipos de tecnologías empleadas en alumbrado exterior en España en las últimas décadas:

### ***1.5.1. Tipos de tecnologías más comunes de alumbrado exterior***

Dentro de las múltiples tecnologías para alumbrado que hay, hay tres tipos que han destacado por encima del resto en cuanto al alumbrado público exterior, vapor de mercurio, vapor de sodio y LED, la tecnología que actualmente se está imponiendo al resto por su buen rendimiento y sus características. A continuación se explican las características de cada una de ellas:

#### ***1.5.1.1. Lámparas de Vapor de Mercurio***

Esta tecnología es la más antigua y por consecuencia la menos empleada en la actualidad debido a que su rendimiento y sus posibilidades no están a la altura de otras tecnologías. A continuación se detalla su funcionamiento:

La lámpara está construida por una ampolla interior de cuarzo, que por su elevado punto de fusión, puede soportar la temperatura del arco de descarga. En los extremos del tubo de descarga se encuentran electrodos de wolframio impregnados por una sustancia emisora de electrones y próximo a ellos hay un tercer electrodo auxiliar de encendido, conectado a través de una resistencia de alto valor.

La ampolla exterior es de vidrio duro, resistente a los cambios bruscos de temperatura y sirve para aislar térmicamente el tubo de cuarzo, así también como para proteger las partes metálicas de la oxidación. Interiormente está recubierta por una sustancia fluorescente que activada por la radiación ultravioleta producida por el mercurio, emite radiaciones rojizas. Estas últimas sumadas a las azuladas del propio arco corrigen el color del conjunto obteniendo luz blanca.

Al conectar la lámpara a través de un balasto, se produce inicialmente una descarga entre el electrodo principal y el electrodo de arranque, dado que ambos se encuentran muy próximos. Esto provoca la ionización del gas argón, haciéndolo conductor y estableciendo el arco entre los electrodos principales ya que ahora la corriente tiene un camino más conductor a través de estos dos, causa por la cual se coloca el resistor de

arranque de alto valor en serie al electrodo de arranque. El calor generado por la descarga vaporiza el mercurio en el interior del tubo favoreciendo la conducción.

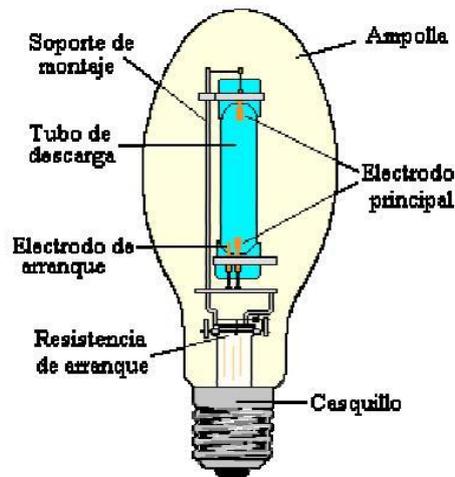


Figura 4. Partes de lámpara vapor de mercurio [11]

A medida que aumenta la temperatura en el tubo de descarga, aumenta la presión y con esto la potencia y el flujo luminoso emitido hasta alcanzar los valores nominales de funcionamiento al cabo de aproximadamente 5 minutos. Al apagar la lámpara la elevada presión interior no permite su reencendido instantáneo, hasta que al enfriarse, se restablecen las condiciones iniciales.

Las lámparas de vapor de mercurio alta presión presentan una característica de resistencia negativa, por lo que su conexión a la red debe hacerse a través de una impedancia que controle adecuadamente la corriente, es decir, un balasto.

A medida que aumenta la presión del vapor de mercurio en el interior del tubo de descarga, la radiación ultravioleta característica de la lámpara a baja presión pierde importancia respecto a las emisiones en la zona visible (violeta de 404.7 nm, azul 435.8 nm, verde 546.1 nm y amarillo 579 nm).

En estas condiciones la luz emitida, de color azul verdoso, no contiene radiaciones rojas. La temperatura de color se mueve entre 3500 y 4500 K con índices de rendimiento en color de 40 a 45 normalmente. La vida útil, teniendo en cuenta la depreciación se establece en unas 8000 horas. La eficacia oscila entre 40 y 60 lm/W y aumenta con la potencia, aunque para una misma potencia es posible incrementar la eficacia añadiendo un recubrimiento de polvos fosforescentes que conviertan la luz ultravioleta en visible.

Los modelos más habituales de estas lámparas tienen una tensión de encendido entre 150 y 180 V que permite conectarlas a la red de 220 V sin necesidad de elementos auxiliares.

Estas lámparas han sido usadas principalmente para iluminar avenidas principales, carreteras, autopistas, parques, naves industriales y lugares poco accesibles ya que el

periodo de mantenimiento es muy largo. Actualmente, las lámparas de aditivos metálicos (o Lámpara de haluro metálico), particularmente, las que encienden por pulso o pulse start, proveen mejores características a lo largo de su vida útil.

#### 1.5.1.2. Lámparas de Vapor de Sodio

La lámpara de vapor de sodio es un tipo de lámpara de descarga de gas que usa vapor de sodio para producir luz.

El foco de vapor de sodio está compuesto de un tubo de descarga de cerámica translúcida, esto con el fin de soportar la alta corrosión del sodio y las altas temperaturas que se generan; en los extremos tiene dos electrodos que suministran la tensión eléctrica necesaria para que el vapor de sodio encienda.

Para operar estas lámparas se requiere de un balasto y uno o dos condensadores para el arranque, el cual requiere alrededor de 9-10 minutos y para el reencendido de 4-5 minutos.

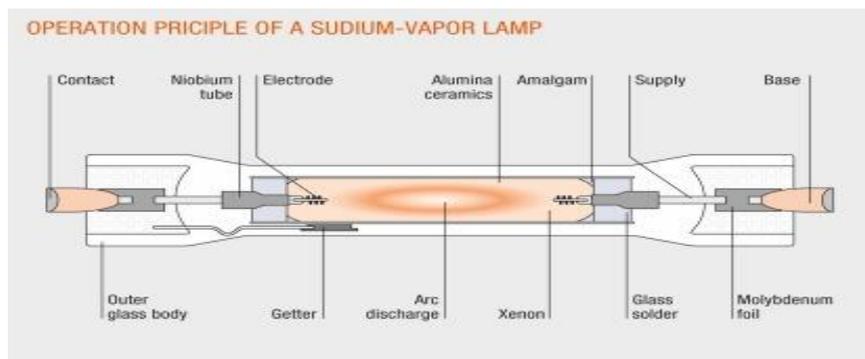


Figura 5. Partes lámpara vapor de sodio [9]

Se divide en dos tipos, vapor de sodio a baja presión y vapor de sodio a alta presión.

- **Lámparas de sodio de baja presión (VSBP)**

Las lámparas de sodio de baja presión son lámparas de descarga sin mercurio. Tras el encendido, el vapor de sodio del tubo de vidrio emite luz monocromática de color amarillo, formada por dos rayas en el espectro (589 nm y 589.6 nm) muy próximas entre sí. Debido a este carácter monocromático, esta tecnología solo puede utilizarse para casos en los que la fidelidad cromática no sea necesaria. La temperatura de funcionamiento es considerablemente menor que la de una lámpara de alta presión. Al contrario que las lámparas de alta presión, las lámparas de baja presión pueden encenderse de nuevo inmediatamente.

Por ello, la eficacia de estas lámparas es muy elevada (entre 135 y 175 lum/W).

La vida media de estas lámparas es muy elevada, de unas 15000 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 6000 y 8000 horas.

- **Lámparas de vapor de sodio a alta presión (VSAP)**

La lámpara de vapor de sodio a alta presión es una de las más utilizadas en el alumbrado público ya que proporciona una reproducción de los colores considerablemente mejor que la anterior, aunque no tanto como para iluminar algo que requiera excelente reproducción cromática. Por el contrario, su rendimiento, es algo menor que la de VSBP, entre 70 y 115 lum/W

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 (Color= 2100 K) y capacidad para reproducir los colores mucho mejores que la de las lámparas a baja presión (IRC = 25, aunque hay modelos de 65 y 80).

La vida media de este tipo de lámparas ronda las 20000 horas y su vida útil entre 8000 y 12000 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 (1000°C), la presión y las agresiones químicas producidas por el sodio que debe soportar el tubo de descarga.

#### 1.5.1.3. Lámparas de LED

Los LED (iniciales Diodos Emisores de Luz en inglés, Light Emitting Diode) fueron inventados en los años 20 por un científico ruso, aunque hasta los años 60 no aparecieron públicamente.

Inicialmente emitían una luz roja de baja intensidad aunque actualmente han cambiado mucho y permiten una gran cantidad de colores distintos y diferentes intensidades logrando una gran iluminación pudiendo cambiar la distribución de la misma mientras nos ofrece un bajo consumo, comparado con otras tecnologías, y una gran resistencia y fiabilidad.. A parte de su reducido tamaño que hace que puedas variar la forma de la lámpara adaptándola a nuestras necesidades, tiene una baja emisión de calor, lo que hace que sea una tecnología muy válida tanto para iluminación exterior como interior, llegando a ser la actual principal tecnología en el mundo de la automoción.

Una de las características que más se demanda en la iluminación exterior es su rapidez en alcanzar su total intensidad de iluminación, la cual la consigue mucho más rápido que las otras tecnologías.

La combinación de un LED (semiconductor), una carcasa y una óptica primaria es lo que se conoce como un componente LED. Este componente LED cubre y protege el LED, garantiza la disipación del calor generado internamente e incluye un sistema de óptica primaria, es decir, una pequeña lente que recoge y emite la luz generada por el LED en un patrón definido.

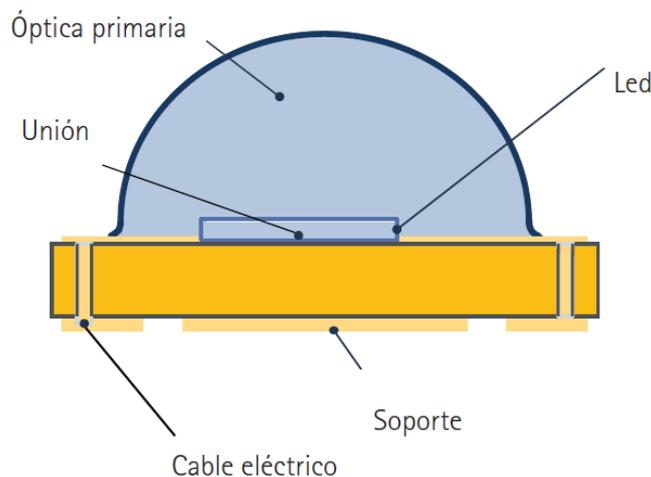


Figura 6. Estructura de un componente LED [13]

#### 1.5.1.3.1. ¿Cómo funciona un LED?

El LED es un dispositivo semiconductor que genera luz mediante un material semiconductor como por ejemplo el fosforo que dispone de portadores de gas positivos llamados lagunas, mientras que otro material semiconductor como el nitrógeno, con cargas negativas llamados electrones, ambos materiales se unen para formar el diodo.

Cuando se hace pasar una corriente eléctrica a través del diodo, las cargas positivas y negativas son forzadas a moverse en sentido contrario, de tal modo que cuando un electrón (negativo) se acerca a una laguna (carga positiva) se combina con ella, con la particularidad de que la laguna tiene menor energía que el electrón, y para poder combinarse, este último debe perder energía. La energía perdida por el electrón se libera en forma de fotón, es decir, de luz.

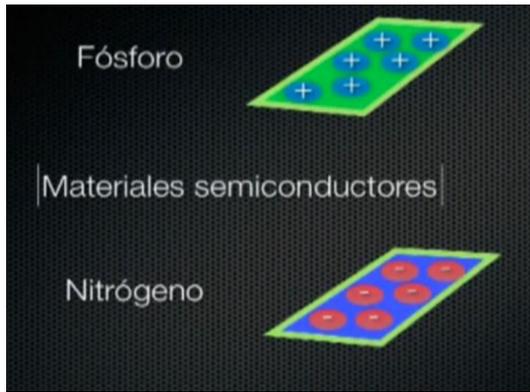


Figura 7. Aclaración sobre funcionamiento LED [14]

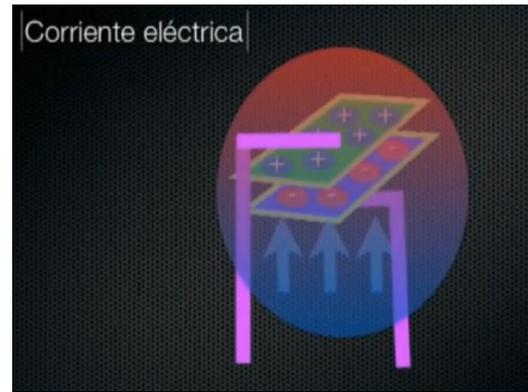


Figura 8. Aclaración sobre funcionamiento LED [14]

La cantidad de energía liberada, el tipo de elementos empleados y los procesos utilizados en la fabricación de los semiconductores determina el color del fotón o luz emitida, así como la eficiencia y otras características del LED.

La cantidad de luz generada es casi proporcional a la cantidad de corriente que fluye a través del diodo. A efectos de iluminación, el suministro siempre está controlado por la corriente “corriente constante”.

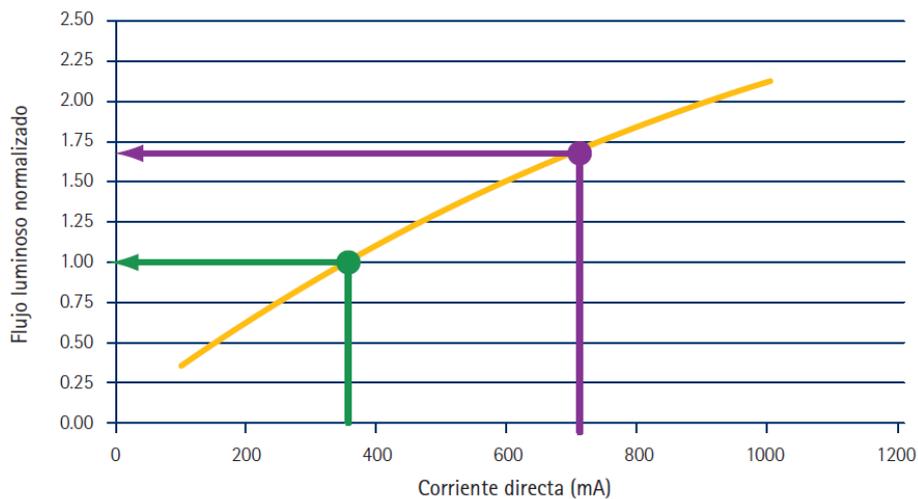


Figura 9. Impacto de la corriente en el flujo luminoso [13]

El LED emite luz monocromática. El color de la luz depende de los materiales empleados para producirla. Se puede generar luz LED en todos los colores saturados del espectro visible, desde el violeta y el azul hasta el rojo, pasando por el verde.

#### 1.5.1.3.2. Ventajas de los LEDs

- VIDA ÚTIL PROLONGADA

La vida útil de los LEDs depende en gran medida de las condiciones de uso específicas; entre ellas, las más importantes son la potencia y la temperatura interna (y, por

consiguiente, la temperatura ambiente). Hoy en día, a un led de calidad se le presupone una vida útil de 50 000 horas. Se entiende que este es el periodo en el que, de media, el flujo luminoso cae hasta el 70% de su valor inicial. Si se emplean los LEDs y el diseño adecuados, esta cifra puede ser considerablemente mayor

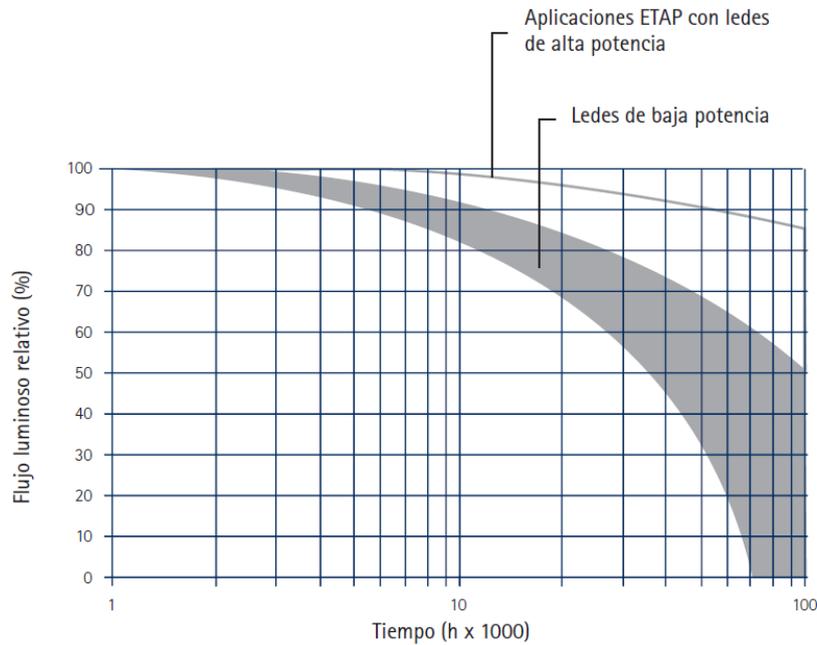


Figura 10. Depreciación del flujo luminoso con el paso del tiempo [13]

- ALTA EFICIENCIA ENERGÉTICA

Actualmente los LEDs en blanco frío con una temperatura de color de 5000 K (grados Kelvin) alcanzan más de 160 lm/W en las condiciones de referencia. Los ledes con temperaturas de color inferiores de entre 2700 y 4000 K (los que se utilizan mayoritariamente en soluciones de iluminación en Europa) suelen tener una menor eficiencia. Para estas temperaturas de color, actualmente se encuentran disponibles eficiencias de 120 lm/W y superiores.

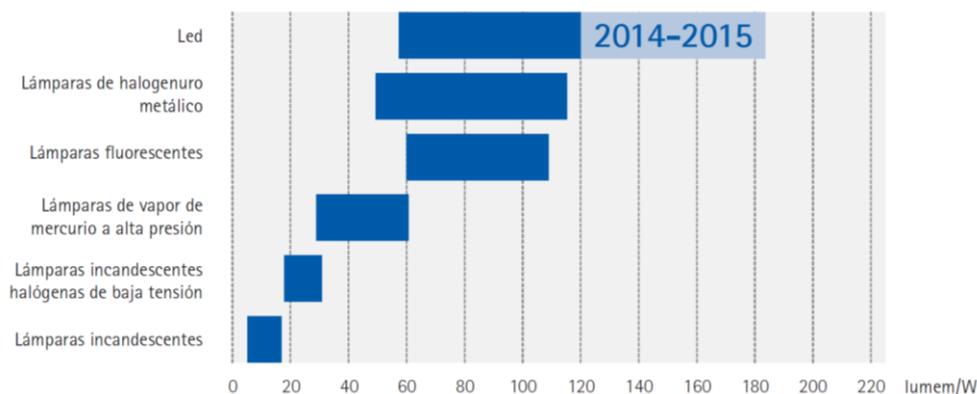


Figura 11. Valores típicos para la eficiencia de fuentes luminosas [13]

- COLORES DE ALTA CALIDAD, ELECCIÓN DE LA TEMPERATURA DE COLOR

**Temperatura de color:** La temperatura de color de una fuente luminosa de luz blanca se define como “la temperatura de un cuerpo negro para la cual la luz emitida produce la misma impresión de color que la fuente luminosa”. La temperatura de color se expresa en grados kelvin (K). La luz azulada tiene una temperatura de color más alta y parece “más fría” que la luz con una temperatura de color más baja.

**Reproducción de los colores:** El CRI (Color Rendering Index) o índice de reproducción de los colores de una fuente luminosa refleja la calidad de reproducción de los colores de los objetos iluminados por la fuente luminosa. La reproducción de los colores de los LEDs se compara con la de las lámparas fluorescentes y, en función de la temperatura de color, fluctúa entre 60 y 98.

- RENDIMIENTO ESTABLE EN TODO EL INTERVALO DE TEMPERATURA

Los LEDs son poco sensibles a la temperatura ambiente, el flujo luminoso de los LEDs tienen una reducción gradual a temperaturas ambiente más altas. Eso supone una ventaja notable en entornos con temperaturas inusuales o que están sometidos a variaciones importantes de temperatura.

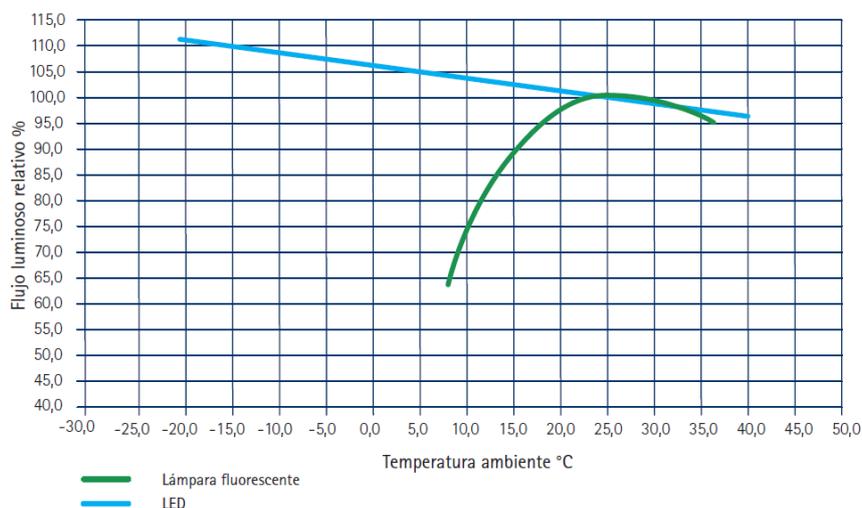


Figura 12. Influencia de la temperatura en el flujo luminoso relativo [13]

- EFICIENCIA LUMINOSA INMEDIATA DESDE EL ENCENDIDO

Los LEDs reaccionan inmediatamente a las variaciones eléctricas, y cuando están encendidos alcanzan en un instante su flujo luminoso máximo, con lo que son sumamente adecuados para aplicaciones con encendidos y apagados frecuentes, sobre todo si la luz se utiliza solo durante breves espacios de tiempo.

Además, pueden volver a encenderse sin problemas aunque aún estén calientes y, en la mayoría de los casos, la conmutación frecuente no repercute negativamente en la vida útil.

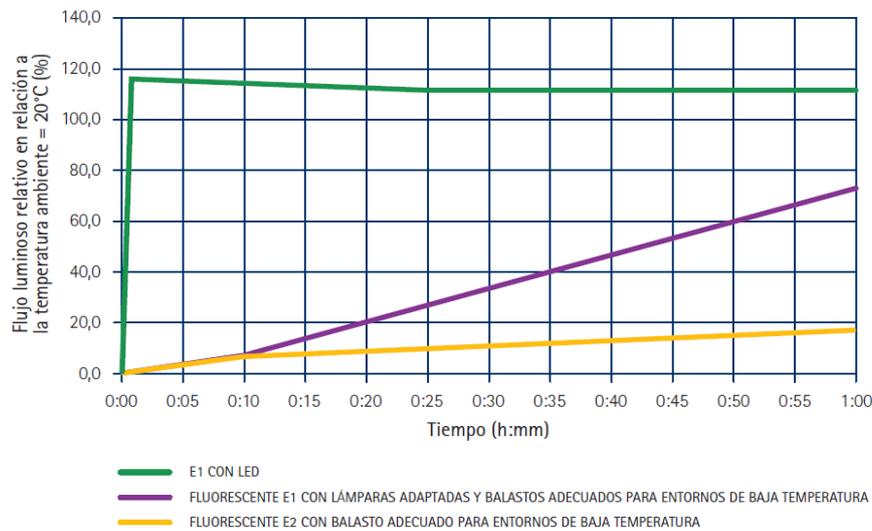


Figura 13. Comparación de comportamiento de puesta en servicio [13]

- FÁCILMENTE REGULABLES

Los LEDs se pueden regular de manera eficaz desde el 0% al 100%, o controlarse de forma dinámica empleando métodos de regulación estandarizados como DALI.

- RESPETUOSOS CON EL MEDIO AMBIENTE
- SIN RADIACIÓN INFRARROJA NI ULTRAVIOLETA

#### 1.5.1.3.3. Componentes de una lámpara LED

En la luminarias LEDs a parte del propio LED tiene otros elementos imprescindibles que van a hacer que nuestra lámpara funcione correctamente como son el chip, el driver, la placa base, el sistema de disipación del calor y la óptica secundaria.

- **Chip o Circuito Integrado**

Es el corazón de una lámpara LED, una pieza de un material semiconductor (normalmente carburo de silicio) de unos 5 milímetros, capaz de generar luz cuando se le aplica corriente.

- **Driver o Fuente de Alimentación**

Los LED no se conectan directamente a la corriente como una bombilla incandescente, sino que requieren de una fuente de alimentación previa (o convertidor de tensión), por lo que el aprovechamiento real de la energía eléctrica de un LED depende también en gran medida de este convertidor.

El aprovechamiento real de la energía eléctrica consumida se mide por el valor del factor de potencia (PFC o Power Factor Correction).



Figura 14. Driver para LED [12]

- **Placa Base**

Es la placa de circuito impreso o PCB (Printed Circuit Board), que soporta las conexiones de los componentes electrónicos, como las conexiones del chip y las vías de disipación del calor.

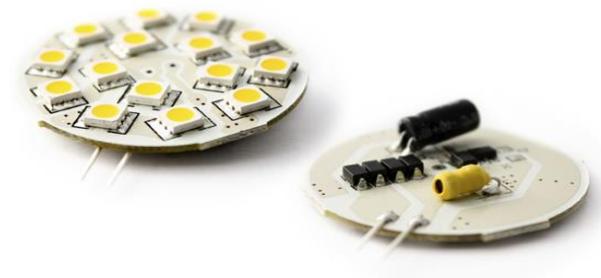


Figura 15. Placa base LED [12]

- **Sistema de Refrigeración**

La disipación del calor es una de las claves de la duración de un LED. Los LED no emiten calor pero eso no significa que no lo generen, es decir, el calor sale en la dirección contraria a la luz, lo que influye en la duración y funcionamiento de la lámpara LED.

Una buena disipación del calor alargará la vida del chip, afectando también al color y a la calidad de la luz.

- **La óptica secundaria**

La óptica secundaria es el conjunto de lentes exteriores que determinan la distribución de la luz emitida por el LED.

### 1.5.2. Luminarias seleccionadas

Las luminarias elegidas para iluminar las calles, incluyendo calzadas, aceras y accesos peatonales, es de la marca Thorn Lighting, empresa que forma parte del Zumtobel Group, es un proveedor de confianza mundial de luminarias para exteriores e interiores con controles integrados [18].

#### 1.5.2.1. Luminaria Thorn R2L2

Esta luminaria es la empleada en el alumbrado de todas las calles estudiadas, las cuales constan de calzada para vehículos, zona de aparcamiento y acera a uno o ambos lados.

Dentro de la gran variedad de productos que disponen, basándonos en eficiencia, rendimiento y diseño se ha escogido el modelo R2L2. Uno de los modelos más modernos y vanguardistas de la empresa que nos permite usarla en la gran mayoría de las aplicaciones.

El nombre técnico de la luminaria es: R2L2 S 48L50 WSC L740 CL2



Figura 16. Imagen luminaria R2L2 [18]

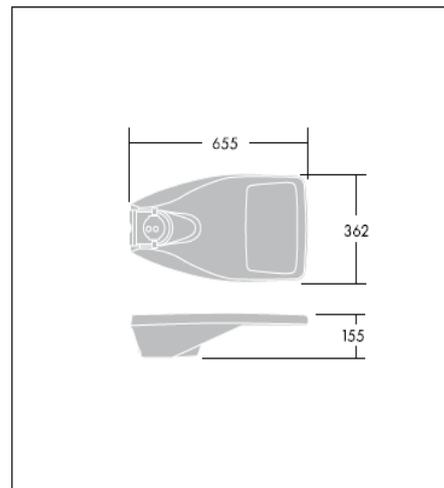


Figura 17. Dimensiones luminaria R2L2 [18]

Hay tres tamaños distintos, en nuestro caso nos hemos decantado por el más pequeño. Puesto que cumple holgadamente en todos los cálculos y nos ayuda a que el presupuesto no se dispare.

Debido a la gran variedad de usos que se le puede dar, se ha elegido la distribución diseñada para calles anchas y eligiendo el modelo de “confort” para que nos ayude a crear una mejor uniformidad.

R2L2 dispone de una fijación integrada. El diseño universal de la fijación hace de R2L2 una luminaria ideal para la renovación de forma económica de instalaciones más

antiguas, ya que se puede montar sobre cualquier tipo de columna sin necesidad de accesorios adicionales ni obras de adaptación.



Figura 18. Ángulo de inclinación [18]



Figura 19. Acople a báculo [18]

Lleva una superficie antipolvo y de recogida de aguas que reduce las tareas de mantenimiento, aumenta la vida útil y la disipación del calor.

R2L2 integra las últimas tecnologías de LED, equipos de alimentación y controles para lograr unos altos niveles de eficiencia de hasta 100 lm/W. Al reducirse el consumo energético, y por tanto los costes, R2L2 ofrece una atractiva amortización que suele ser inferior a los tres años. Con una larga vida útil de hasta 100.000 horas “B10L70”, los eficientes LED de R2L2 también reducen los gastos y las molestias relacionadas con las labores de mantenimiento.

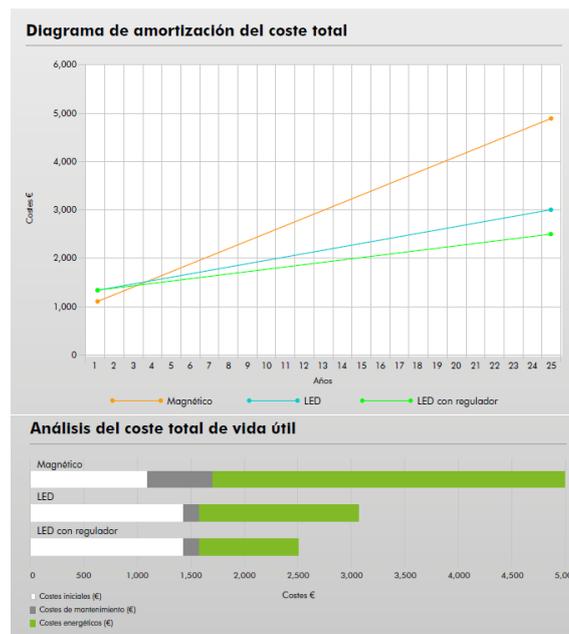


Figura 20. Diagrama de amortización de coste total [18]

Como vemos en la siguiente tabla, el modelo seleccionado es el pequeño con un valor de corriente de 500mA y 48 LEDs que nos ofrece un flujo luminoso de 7160lm con una eficiencia lumínica de 93lm/W. La vida útil es de 100.000 horas aprox.

R2L2 Pequeña							
Valor de la corriente mA	Número de LEDs unidad	Potencia del sistema W	Rendimiento nominal lm/W	Flujo luminoso útil LLm	Eficiencia lumínica Llm/W	Vida útil con el flujo restante a 25 °C	
						B10L70	B10L80
350	12	15	107	1320	88	100 khrs	83 khrs
	24	29	106	2615	90		
	36	42	115	3955	94		
	48	54	117	5300	98		
500	12	21	102	1800	86	100 khrs	65 khrs
	24	42	103	3535	84		
	36	58	106	5375	93		
	48	77	109	7160	93		
700	12	29	94	2390	82	89 khrs	55 khrs
	24	57	97	4675	82		
	36*	84	101	7065	84		
	48*	110	101	9400	85		

Factores de cálculo	
Flujo en función de la temperatura de color	
3000K	0,93
4000K	1,00
5700K	1,08

Tabla 10. Información eléctrica R2L2 de 48 LEDs [18]

La curva fotométrica proporcionada por el proveedor corresponde con la siguiente imagen:

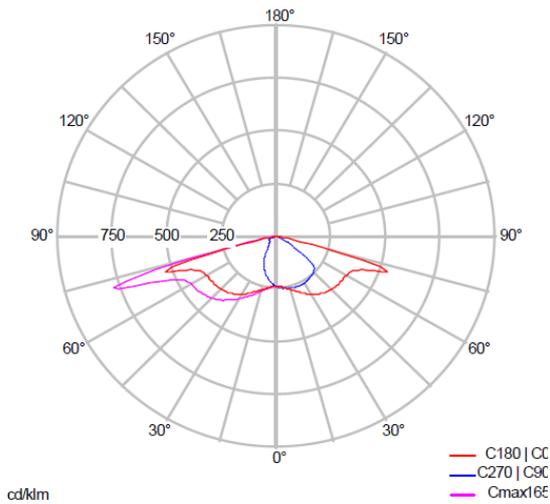


Figura 21. Curva fotométrica R2L2 [18]

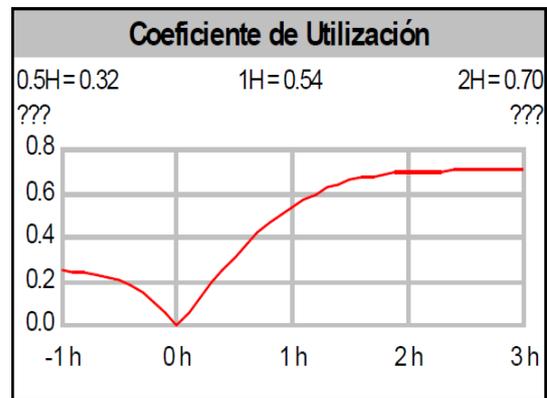


Figura 22. Coeficiente de utilización R2L2 [18]

### 1.5.2.2. Luminaria Thorn Avenue F2

Este modelo de luminaria es la empleada en alumbrar los accesos peatonales y la pequeña plaza. Es un diseño pensado para iluminar este tipo de estancias con un acabado de calidad y moderno a la par de vanguardista.



Figura 23. Luminaria AVENUE F2 LED [18]

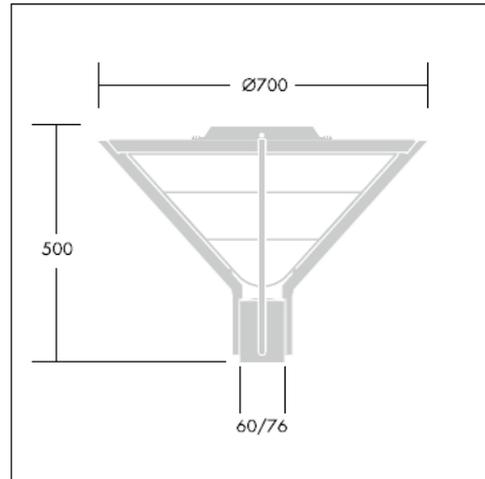


Figura 24. Dimensiones AVENUE F2 LED [18]

El nombre técnico de la luminaria es: AVENUE F2 LED 18L50 BP 740 CL2 N4M

De ella se puede indicar que es una lámpara con 18 LEDs con una corriente de activación de 500mA, un tono de color neutro y clase eléctrica 2. Nos da 2661 lúmenes de corriente de iluminación total con una distribución simétrica de la luz y la potencia de conexión es de 32W con lo que nos da un rendimiento de 83 lm/W. Cumple la normativa IP66 (estanca) y la IK08 (vándalos) y tiene una vida útil de unas 50.000 horas.

La curva fotométrica proporcionada por el proveedor corresponde con la siguiente imagen:

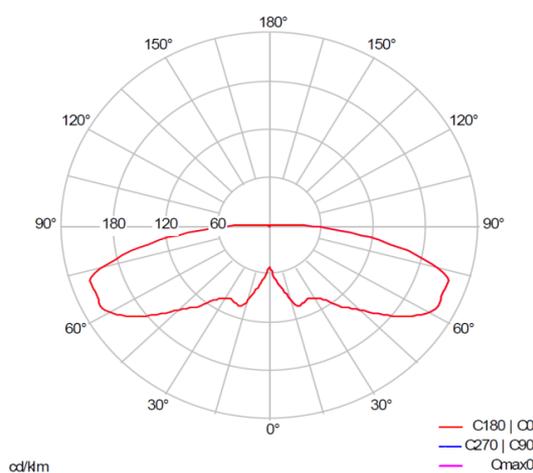


Figura 25. Curva fotométrica AVENUE F2 LED

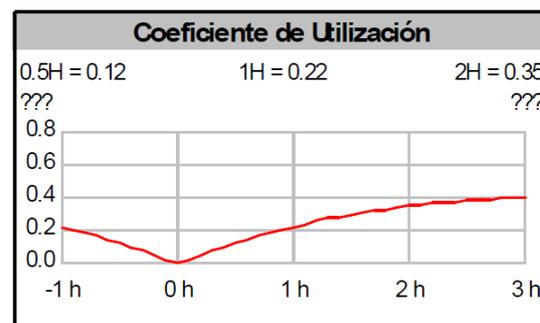


Figura 26. Coeficiente de Utilización AVENUE F2 LED

En el estudio se comparan estas lámparas LED con unas similares pero con la tecnología más implantada a lo largo de los últimos años en España, la tecnología Vapor de Sodio a Alta Presión (VSAP).

Puesto que en el proyecto se trata de implantar la tecnología LED, se va a dar una información más puramente técnica sobre las lámparas VSAP usadas en la comparativa y no se van a detallar tanto otro tipo de características.

Se han usado dos tipo de luminarias del mismo fabricante que las de LED, el que sean de la misma marca se debe a que de esta manera los datos técnicos proporcionados por el Thorn Lighting se basen en los mismos estudios.

1.5.2.3. *Luminaria ORACLE 1W*

El modelo elegido para sustituir al modelo R2L2 usado en el alumbrado de calles enteras se llama ORACLE 1W 100W HIDE CL2 GL [V4L4]. Se trata de una luminaria de 100W que con el equipo sube a 110W de potencia y nos ofrece un flujo luminoso total de 10700 lúmenes. Tiene un rendimiento luminoso es de 68lum/W

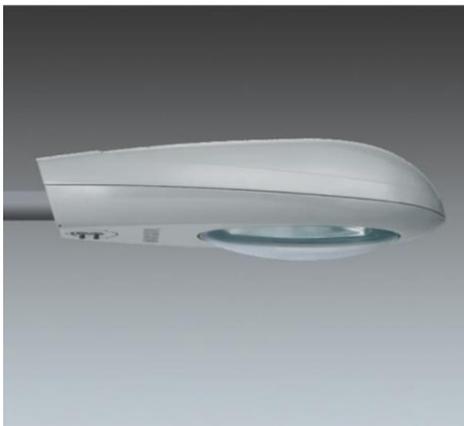


Figura 27. Luminaria ORACLE 1W [18]

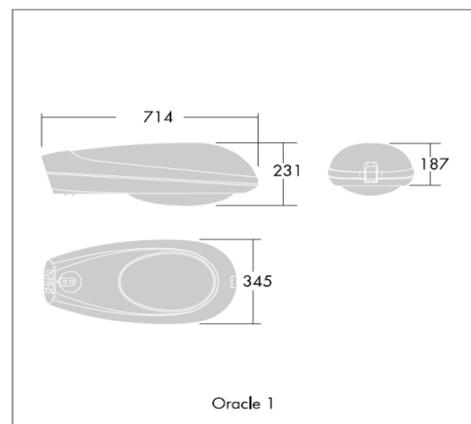


Figura 28. Dimensiones ORACLE 1W [18]

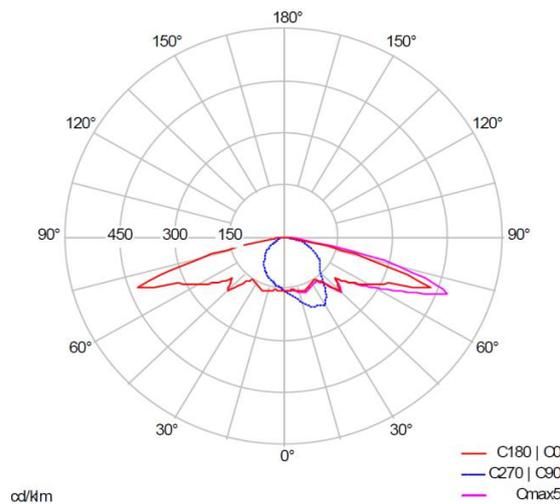


Figura 29. Curva fotométrica ORACLE 1W [18]

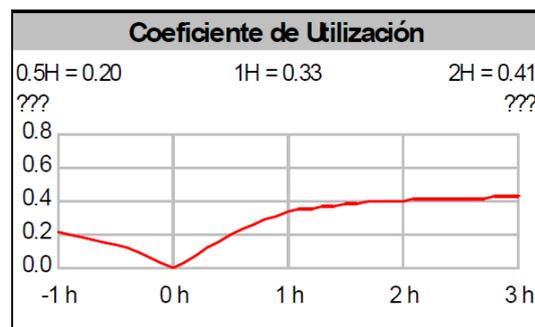


Figura 30. Coeficiente de Utilización ORACLE 1W

1.5.2.4. *Luminaria AVENUE F2 HIDE*

Para sustituir la luminaria AVENUE F2 LED se ha usado la misma luminaria pero con la tecnología VSAP. El nombre técnico es AVENUE F2 70W HIDE 2,5Kv E27 CL2 + HSE 70W [STD] y nos ofrece un flujo luminoso total de 5800 lúmenes con una potencia de 70W que aumenta hasta los 84W con el equipo. El rendimiento luminoso es de 56 lm/W.

Estéticamente es la igual que el modelo de LED por lo que se proporciona directamente las curvas fotométricas.

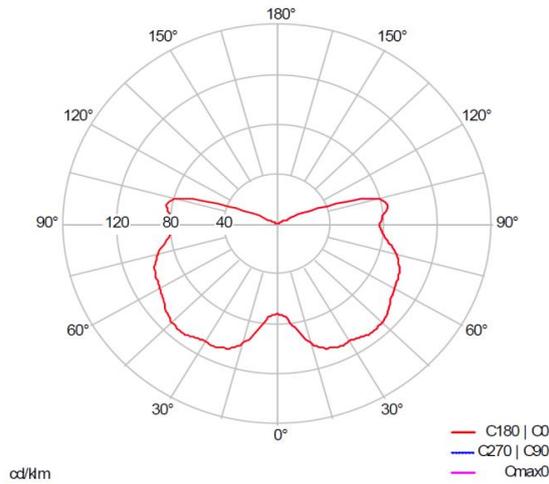


Figura 31. Curva fotométrica AVENUE F2 HIDE

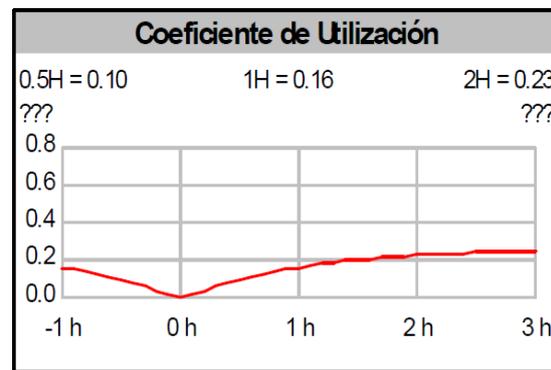


Figura 32. Coeficiente Utilización AVENUE F2 HIDE

## **1.6. Instalación eléctrica**

A continuación se van a detallar los límites y requisitos mínimos que se deben cumplir todas las instalaciones eléctricas de alumbrado exterior. Toda la información está contemplada en el Reglamento Eléctrico de Baja Tensión, en concreto en el apartado de *Guía de Alumbrado Exterior*, ITC-BT-09 [2].

### **1.6.1. *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”.

### **1.6.2. *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”.

### **1.6.3. *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”.

#### **1.6.4. 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 sobrecargas (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 300mA y la resistencia de puesta a tierra, medida en la puesta en servicio de la instalación, será como máximo de 30Ω. No obstante se admitirán interruptores diferenciales de intensidad máxima de 500mA o 1A, siempre que la resistencia de puesta a tierra medida en la puesta en servicio de la instalación sea inferior o igual a 5Ω y a 1Ω, 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 0,3m. Los elementos de medidas estarán situados en un módulo independiente.

Las partes metálicas del cuadro irán conectadas a tierra”.

#### **1.6.5. Redes de alimentación**

##### **1.6.5.1. Cables**

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

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

#### 1.6.5.2. Tipos

##### 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 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 0,4m del nivel del suelo medidos desde la cota inferior del tubo y su diámetro interior no será inferior a 60mm.

Se colocará una cinta de señalización que advierta de la existencia de cables de alumbrado público, situada a una distancia mínima del nivel del suelo de 0,10m y a 0,25m 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 mm<sup>2</sup>. En distribuciones trifásicas tetrapolares, para conductores de fase de sección superior a 6 mm<sup>2</sup>, la sección del neutro será conforme a lo indicado en la tabla 1 de la ITC-BT-07 [3].

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”.

##### 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 mm<sup>2</sup>”.

#### **1.6.6. Soportes de luminarias**

##### *1.6.6.1. 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”.

#### *1.6.6.2. 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 mm<sup>2</sup>, y de tensión nominal de 0,6/1kV, como mínimo; no existirán empalmes en el interior de los soportes”.
- “En los puntos de entrada de los cables al interior de los soportes, los cables tendrán una protección suplementaria de material aislante mediante la prolongación del tubo u otro sistema que lo garantice”.
- “La conexión a los terminales, estará hecha de forma que no ejerza sobre los conductores ningún esfuerzo de tracción. Para las conexiones de los conductores de la red con los del soporte, se utilizarán elementos de derivación que contendrán los bornes apropiados, en número y tipo, así como los elementos de protección necesarios para el punto de luz”.

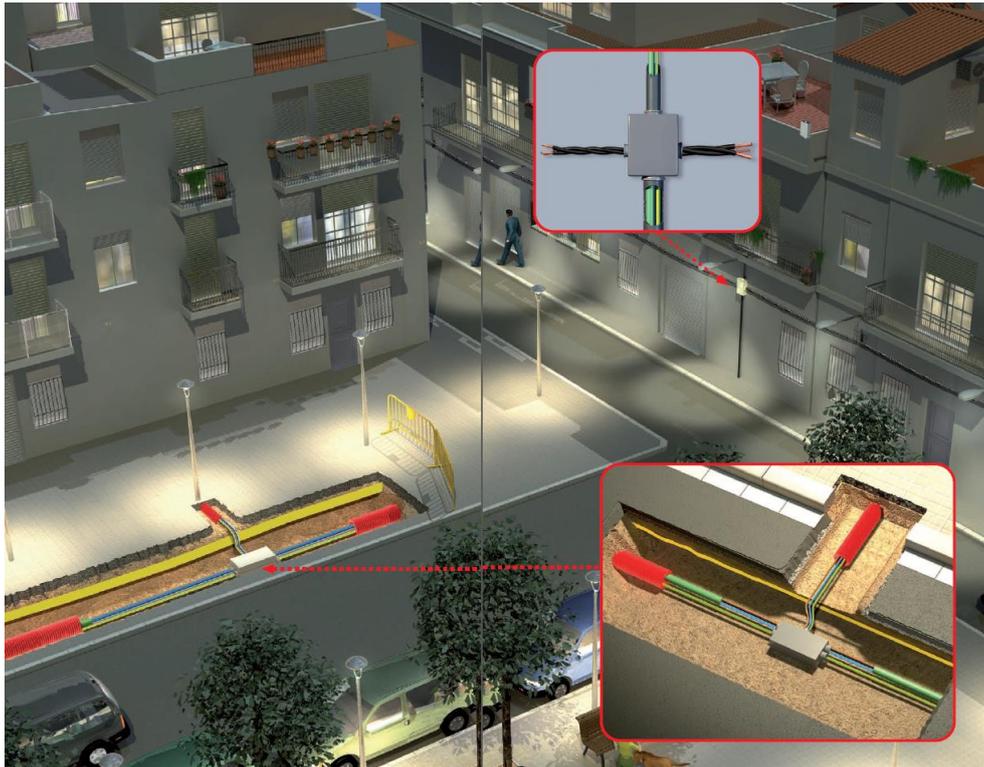


Figura 33. Ilustración de instalación [21]

### 1.6.7. Luminarias

#### 1.6.7.1. 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”.

#### 1.6.7.2. 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”.

### 1.6.8. 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 sobreintensidades”.

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

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

#### **1.6.10. 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 podrá realizar por conexión a red de tierra común para todas las líneas que partan del mismo cuadro de protección, medida y control.

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

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



- Desnudos, de cobre, de 35 mm<sup>2</sup> de sección mínima, si forman parte de la propia red de tierra, en cuyo caso irán por fuera de las canalizaciones de los cables de alimentación.
- Aislados, mediante cables de tensión nominal 450/750V, con cubierta de color verde-amarillo, con conductores de cobre, de sección mínima 16 mm<sup>2</sup> 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 mm<sup>2</sup> 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”.

## 1.7. Sistema de control y accionamiento

Conforme nos indica el Reglamento de eficiencia energética [1], “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.”

Por lo que en nuestro caso al superar los 5kW estamos obligados a instalar un accionamiento por reloj astronómico o encendido centralizado.

Para este proyecto, y teniendo en cuenta la alta efectividad que tiene y siendo más económico, se ha instalado en el Cuadro Eléctrico un reloj astronómico, en este caso y al igual que el resto de protecciones de la empresa SCHNEIDER [20].

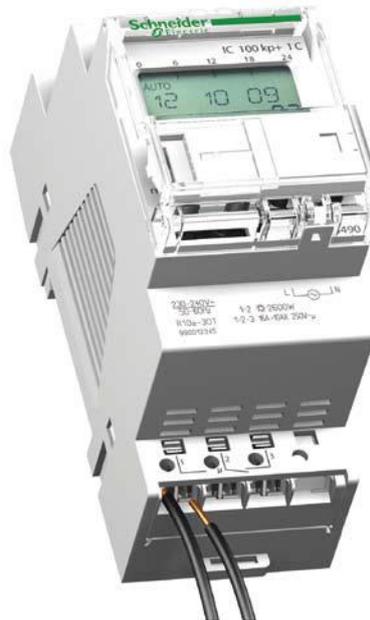


Figura 34. Ejemplo de interruptor horario astronómico de SCHNEIDER [20]

De este tipo de interruptores hay que destacar que ayuda en gran medida a optimizar los costes energéticos y que permite una configuración totalmente personalizada en función



de las necesidades de cada proyecto. Hay multitud de posibilidades desde programables en el propio cuadro hasta kits de programación a distancia desde un PC.

Por otro lado y, con el fin de optimizar el consumo eléctrico, la propia empresa de las luminarias seleccionadas, Thorn Lighting [18] nos ofrece algunas posibilidades de gestión y telegestión de las luminarias.

El modelo R2L2 ofrece una amplia variedad de soluciones de control opcionales para satisfacer todas las necesidades en todos los entornos. Además de maximizarse los ahorros energéticos al reducirse el desperdicio de energía, los controles de alumbrado de R2L2 aumentarán la vida útil del LED, lo que a su vez reducirá las necesidades de mantenimiento. Entre las soluciones figuran punto a punto, grupo local de puntos de luz o un completo control a distancia a través de un sistema de supervisión central. Y para controlar los niveles de iluminación en cada luminaria individualmente destaco dos opciones, un sensor de luminosidad a través de una fotocélula y un detector de movimiento ambos instalados en la propia luminaria.

Todos estos sistemas ofrecidos por Thron Lighting han sido descartados inicialmente en nuestra instalación, pues incrementaban el presupuesto y se ha considerado que con el sistema de interruptor con reloj astronómico es más que suficiente. Aunque en el caso de que el cliente lo solicite, se le podría instalar sin ningún inconveniente.



# **CAPÍTULO 2**

## **MEMORIA DE CÁLCULO**



*En este capítulo se van a tratar las partes más técnicas del Proyecto: los cálculos luminotécnicos, eléctricos, de eficiencia energética y de amortización.*

## **2.1. Ubicación de las luminarias y factor de mantenimiento**

Una correcta ubicación de las luminarias nos ayudará a cumplir exitosamente los requisitos luminotécnicos indicados en [1] y a optimizar el ahorro energético, por lo que es sumamente importante colocar cada luminaria adecuadamente.

En este proyecto, con el fin de ahorrar lo máximo a la hora de instalar luminarias, se ha tratado de iluminar con los mismos puntos de luz la calzada y las aceras de cada calle, lo que ha dificultado bastante los cálculos de su ubicación.

A la hora de elegir la configuración de instalación de cada luminaria se han podido modificar prácticamente todos los parámetros (altura, brazo, inclinación, óptica, etc.) para conseguir los mejores resultados posibles.

Para determinar la ubicación de las luminarias se consideró el “Método de los lúmenes”, un método habitualmente usado en los cálculos de alumbrado público, que ayuda a calcular la distancia de separación adecuada entre las luminarias para garantizar que se cumplen los niveles de iluminancia requeridos.

Hay que destacar que este método no ha sido más que orientativo puesto que tras numerosos cálculos y pruebas fallidas se concluyó que no es un método válido para nuestro estudio, ya que todas las calles analizadas tienen aceras y vehículos estacionados a ambos lados y este método no se tienen en cuenta, pues sólo está pensado para iluminar de forma óptima la calzada. Por lo que los resultados obtenidos se usaron como primera referencia para ubicar las luminarias, aunque en todos los casos hubo que modificar en mayor o menor medida los resultados para lograr iluminar correctamente las aceras.

A continuación se explica en qué consiste este método:

### ***2.1.1. Método de los lúmenes o factor de utilización***

Se trata de un proceso iterativo, bastante sencillo y práctico, con el que se consiguen unos valores que han servido de referencia para empezar a calcular los resultados luminotécnicos.

El proceso a seguir se describe brevemente en el siguiente diagrama de bloques:



Figura 35. Método de los lúmenes [19]

Cuando están fijados los datos iniciales, se procede al cálculo de la separación “d” entre las luminarias despejando dicha incógnita de la expresión de la iluminancia media:

$$E_m = \frac{\eta \cdot f_m \cdot \phi_L}{A \cdot d} \quad (3)$$

Donde:

- $E_m$ : iluminancia media sobre la calzada necesaria.
- $H$ : factor de utilización de la instalación. Viene dado en las curvas propias de cada luminaria, indicado en el apartado de “Elección de luminarias” y también depende del ancho de la calzada.
- $f_m$ : factor de mantenimiento, en este Proyecto será de 0,81 (se detalla a continuación)
- $\Phi_L$ : flujo luminoso de la lámpara, dato proporcionado por el fabricante
- $A$ : anchura a iluminar de la calzada, es la mitad ( $A/2$ ) en disposición bilateral pareada y toda ( $A$ ) en disposiciones unilateral y tresbolillo

### 2.1.2. Cálculo del factor de mantenimiento

El Plan de Mantenimiento establecido según indica el BOE en su Real Decreto 1890/2008 [1], en el apartado de la Instrucción Técnica Complementaria EA-06, *Mantenimiento de la eficiencia energética de las instalaciones*, nos define el factor de mantenimiento destacando que:

“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.”

“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 la fórmula que se indica más adelante.

$$f_m = FDFL \cdot FSL \cdot FDLU \quad (4)$$

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.

Este último factor se ha considerado 0,89 puesto que basándonos en que nuestra luminaria tiene un grado de protección IP66, tiene un tipo de cierre de vidrio y el mantenimiento sigue siendo de 2 años. Véase la siguiente tabla:

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.

Tabla 11. Factores de depreciación de las luminarias (FDLU) [1]

Respecto a los otros dos factores, la tecnología LED no viene estipulada en la normativa, por lo que depende de cada fabricante. Siendo estos considerablemente más altos que en el caso de las fuentes de luz tradicionales.

Por lo que el FDFL y el FSL están proporcionados por nuestro fabricante Thorn Lighting.

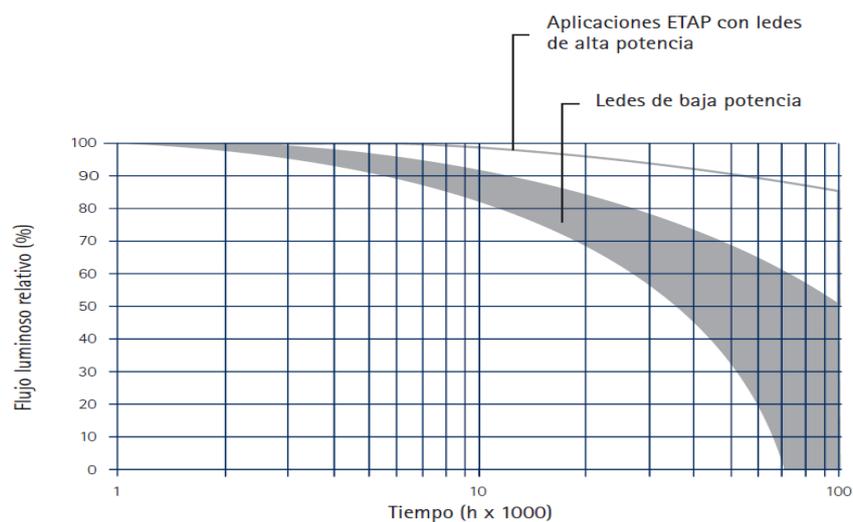


Figura 36. Depreciación del flujo luminoso LED con el paso del tiempo [13]

$$f_m = 0,96 \cdot 0,95 \cdot 0,89 = 0,811$$

Por lo que metiendo estos factores en la fórmula del factor de mantenimiento LED nos da un resultado de 0,811, aproximándolo en porcentual a un 81%.

Para el caso del estudio con Vapor de Sodio a Alta Presión se ha usado el mismo procedimiento, pero en este caso está más tipificado en [1] en concreto en ITC-EA-06, por lo que haciendo uso de sus tablas podemos calcularlo.

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 12. Factores de depreciación del flujo luminoso de las lámparas (FDL) [1]

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 13. Factores de supervivencia de las lámparas (FSL) [1]

Consideramos la vida útil de nuestro LED, 10.000horas aproximadamente.

El dato de Factor de depreciación de la luminaria (FDLU) se ha vuelto a sacar de anterior tabla 11, además se mantiene el mismo valor de 0,89 que se usó para el LED, puesto que todas las luminarias tienen un grado de protección IP6x.

Por lo que la fórmula para este nuevo caso queda de la siguiente forma:

$$f_m = 0,91 \cdot 0,92 \cdot 0,89 = 0,786$$

Por lo que nuestro factor de mantenimiento para el estudio con VSAP es de 0,786, que se redondea en porcentual a un 79%.

## 2.2. Cálculos luminotécnicos

Este apartado es uno de los más importantes del proyecto, pues es en el que se va a poner en práctica todo lo anterior (normativa, clasificación de las vías, tipos de tecnología, elección de las luminarias y su ubicación). Es sumamente importante que todas las calles cumplan con la normativa según el reglamento.

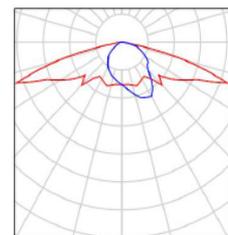
Para llevar a cabo los estudios se ha empleado un software específico de iluminación, DIALux, un programa completo y gratuito de la empresa alemana líder en iluminación DIAL GmbH para crear proyectos profesionales, abierto a las luminarias de todos los fabricantes.

Este programa nos aportará toda la información necesaria sobre la iluminación en la instalación (luminancia e iluminancia media, uniformidad, deslumbramiento perturbador, etc.) y la comparará con valores de la normativa. Para realizar el estudio es imprescindible conocer todas las dimensiones y clasificación de cada calle o emplazamiento que se quiere analizar, así indicar que luminarias se quieren usar.

Cabe destacar que DIALux admite prácticamente todas las luminarias de casi todos los fabricantes mundiales, por lo que la elección de la luminaria es una ardua tarea, pues hay infinidad de posibilidades.

Aunque ya se ha comentado anteriormente la información de las luminarias utilizadas, se detalla un pequeño resumen con la información básica que nos exporta el programa DIALux:

Thorn 96249993 ORACLE 1W 100W HIDE CL2  
GL [V4L4]  
Nº de artículo: 96249993  
Flujo luminoso (Luminaria): 7554 lm  
Flujo luminoso (Lámparas): 10700 lm  
Potencia de las luminarias: 110.0 W  
Clasificación luminarias según CIE: 100  
Código CIE Flux: 36 68 95 100 70  
Lámpara: 1 x ST 100 W (Factor de corrección 1.000).



Thorn Set 96260076 AVENUE F2 70W HIDE  
2,5Kv E27 CL2 + HSE 70W [STD]  
Nº de artículo: Set  
Flujo luminoso (Luminaria): 4715 lm  
Flujo luminoso (Lámparas): 5800 lm  
Potencia de las luminarias: 84.0 W  
Clasificación luminarias según CIE: 76  
Código CIE Flux: 27 54 79 76 81  
Lámpara: 1 x SE 70 W (Factor de corrección 1.000).

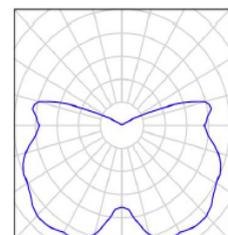
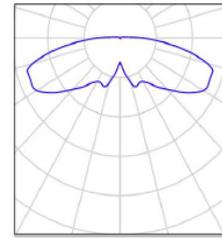
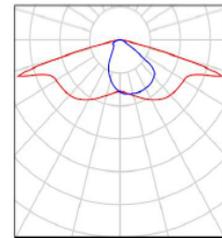


Figura 37. Lista luminarias VSAP

Thorn 96260064 AVENUE F2 LED 18L50 BP 740  
CL2 N4M [STD]  
N° de artículo: 96260064  
Flujo luminoso (Luminaria): 2664 lm  
Flujo luminoso (Lámparas): 2661 lm  
Potencia de las luminarias: 32.0 W  
Clasificación luminarias según CIE: 97  
Código CIE Flux: 17 46 81 97 100  
Lámpara: 1 x LED 32 W (Factor de corrección 1.000).



Thorn 96266330 R2L2 S 48L50 WSC L740 CL2  
[STD]  
N° de artículo: 96266330  
Flujo luminoso (Luminaria): 7161 lm  
Flujo luminoso (Lámparas): 7161 lm  
Potencia de las luminarias: 77.0 W  
Clasificación luminarias según CIE: 100  
Código CIE Flux: 38 72 96 100 100  
Lámpara: 1 x LED 77 W (Factor de corrección 1.000).



**Figura 38. Lista luminarias LED**

La manera de mostrar los resultados luminotécnicos va a ser primero mostrar una calle con Vapor de Sodio a Alta Presión y a continuación esa misma calle pero con tecnología LED. Para terminar y poder apreciar mejor las diferencias se mostrará una tabla con los requisitos mínimos según normativa y los datos resultantes con cada tecnología.

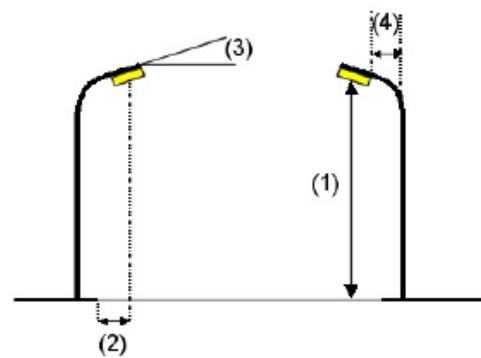
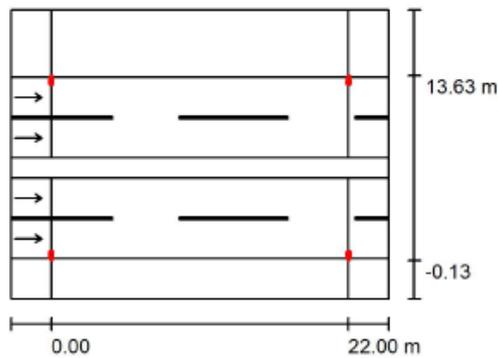
## Avenida Mar Mediterráneo – Zona circulación (VSAP)

### Perfil de la vía pública

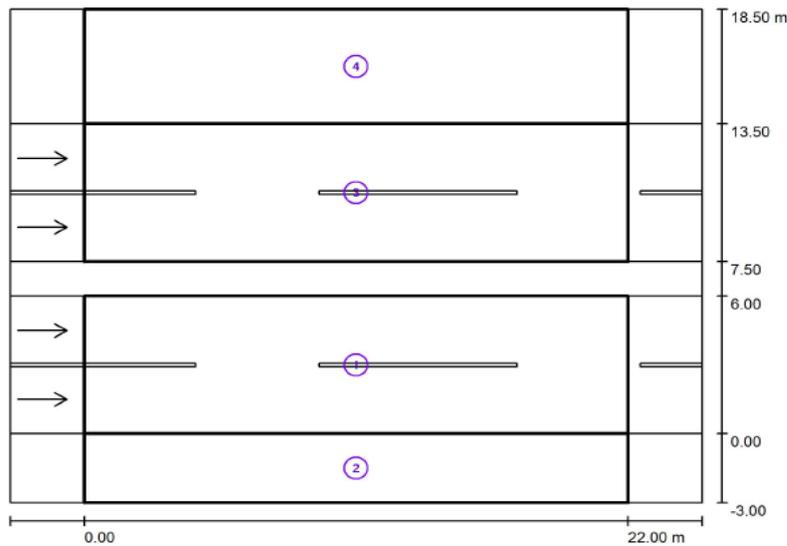
Camino peatonal sup	(Anchura: 5.000 m)
Calzada sup	(Anchura: 6.000 m, Cantidad de carriles de tránsito: 2, Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070)
Arcén central	(Anchura: 1.500 m, Altura: 0.350 m)
Calzada inf	(Anchura: 6.000 m, Cantidad de carriles de tránsito: 2, Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070)
Camino peatonal inf	(Anchura: 3.000 m)

Factor mantenimiento: 0.79

### Disposiciones de las luminarias



Luminaria:	Thorn 96249993 ORACLE 1W 100W HIDE CL2 GL [V4L4]	Valores máximos de la intensidad lumínica
Flujo luminoso (Luminaria):	7554 lm	con 70°: 478 cd/klm
Flujo luminoso (Lámparas):	10700 lm	con 80°: 90 cd/klm
Potencia de las luminarias:	110.0 W	con 90°: 0.00 cd/klm
Organización:	bilateral frente a frente	Respectivamente en todas las direcciones que forman los ángulos especificados con las verticales inferiores (con luminarias instaladas aptas para el funcionamiento).
Distancia entre mástiles:	22.000 m	Ninguna intensidad lumínica por encima de 90°.
Altura de montaje (1):	9.500 m	La disposición cumple con la clase de intensidad lumínica G4.
Altura del punto de luz:	9.387 m	La disposición cumple con la clase del índice de deslumbramiento D.6.
Saliente sobre la calzada (2):	0.328 m	
Inclinación del brazo (3):	0.0 °	
Longitud del brazo (4):	0.500 m	



Factor mantenimiento: 0.79

Escala 1:201

**Lista del recuadro de evaluación**

- 1 Calzada inf  
 Longitud: 22.000 m, Anchura: 6.000 m  
 Trama: 10 x 6 Puntos  
 Elemento de la vía pública respectivo: Calzada inf.  
 Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070  
 Clase de iluminación seleccionada: ME3c (Se cumplen todos los requerimientos fotométricos.)
- |                                  |                            |        |        |        |        |
|----------------------------------|----------------------------|--------|--------|--------|--------|
|                                  | $L_m$ [cd/m <sup>2</sup> ] | U0     | UI     | TI [%] | SR     |
| Valores reales según cálculo:    | 1.62                       | 0.75   | 0.77   | 9      | 0.89   |
| Valores de consigna según clase: | ≥ 1.00                     | ≥ 0.40 | ≥ 0.50 | ≤ 15   | ≥ 0.50 |
| Cumplido/No cumplido:            | ✓                          | ✓      | ✓      | ✓      | ✓      |
- 2 Camino peatonal inf  
 Longitud: 22.000 m, Anchura: 3.000 m  
 Trama: 10 x 3 Puntos  
 Elemento de la vía pública respectivo: Camino peatonal inf.  
 Clase de iluminación seleccionada: CE5 (Se cumplen todos los requerimientos fotométricos.)
- |                                  |            |        |
|----------------------------------|------------|--------|
|                                  | $E_m$ [lx] | U0     |
| Valores reales según cálculo:    | 15.03      | 0.74   |
| Valores de consigna según clase: | ≥ 7.50     | ≥ 0.40 |
| Cumplido/No cumplido:            | ✓          | ✓      |
- 3 Calzada sup  
 Longitud: 22.000 m, Anchura: 6.000 m  
 Trama: 10 x 6 Puntos  
 Elemento de la vía pública respectivo: Calzada sup.  
 Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070  
 Clase de iluminación seleccionada: ME3c (Se cumplen todos los requerimientos fotométricos.)
- |                                  |                            |        |        |        |        |
|----------------------------------|----------------------------|--------|--------|--------|--------|
|                                  | $L_m$ [cd/m <sup>2</sup> ] | U0     | UI     | TI [%] | SR     |
| Valores reales según cálculo:    | 1.62                       | 0.75   | 0.77   | 9      | 0.89   |
| Valores de consigna según clase: | ≥ 1.00                     | ≥ 0.40 | ≥ 0.50 | ≤ 15   | ≥ 0.50 |
| Cumplido/No cumplido:            | ✓                          | ✓      | ✓      | ✓      | ✓      |
- 4 Camino peatonal sup  
 Longitud: 22.000 m, Anchura: 5.000 m  
 Trama: 10 x 4 Puntos  
 Elemento de la vía pública respectivo: Camino peatonal sup.  
 Clase de iluminación seleccionada: CE5 (Se cumplen todos los requerimientos fotométricos.)
- |                                  |            |        |
|----------------------------------|------------|--------|
|                                  | $E_m$ [lx] | U0     |
| Valores reales según cálculo:    | 13.29      | 0.64   |
| Valores de consigna según clase: | ≥ 7.50     | ≥ 0.40 |
| Cumplido/No cumplido:            | ✓          | ✓      |

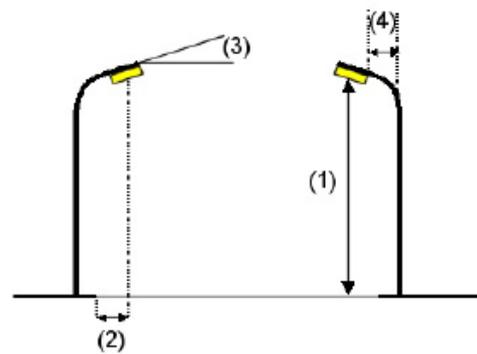
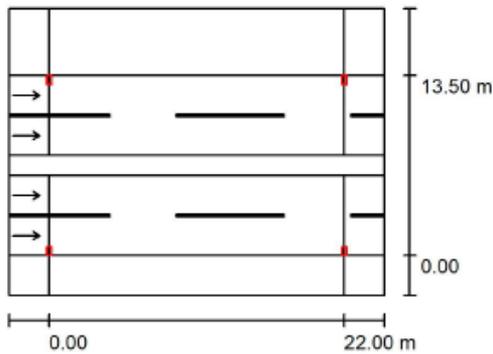
## Avenida Mar Mediterráneo – Zona circulación (LED)

### Perfil de la vía pública

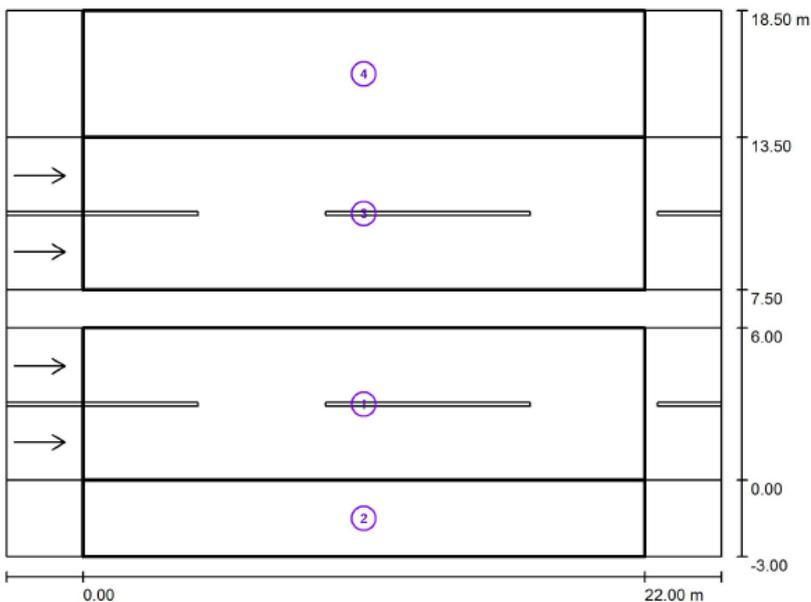
Camino peatonal sup	(Anchura: 5.000 m)
Calzada sup	(Anchura: 6.000 m, Cantidad de carriles de tránsito: 2, Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070)
Arcén central	(Anchura: 1.500 m, Altura: 0.350 m)
Calzada inf	(Anchura: 6.000 m, Cantidad de carriles de tránsito: 2, Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070)
Camino peatonal inf	(Anchura: 3.000 m)

Factor mantenimiento: 0.81

### Disposiciones de las luminarias



Luminaria:	Thorn 96266330 R2L2 S 48L50 WSC L740 CL2 [STD]	Valores máximos de la intensidad luminica
Flujo luminoso (Luminaria):	7161 lm	con 70°: 697 cd/klm
Flujo luminoso (Lámparas):	7161 lm	con 80°: 90 cd/klm
Potencia de las luminarias:	77.0 W	con 90°: 0.00 cd/klm
Organización:	bilateral frente a frente	Respectivamente en todas las direcciones que forman los ángulos especificados con las verticales inferiores (con luminarias instaladas aptas para el funcionamiento).
Distancia entre mástiles:	22.000 m	Ninguna intensidad luminica por encima de 90°.
Altura de montaje (1):	9.500 m	La disposición cumple con la clase de intensidad luminica G3.
Altura del punto de luz:	9.500 m	La disposición cumple con la clase del índice de deslumbramiento D.6.
Saliente sobre la calzada (2):	0.328 m	
Inclinación del brazo (3):	0.0 °	
Longitud del brazo (4):	0.500 m	



Factor mantenimiento: 0.81

Escala 1:201

### Lista del recuadro de evaluación

- 1 Calzada inf  
 Longitud: 22.000 m, Anchura: 6.000 m  
 Trama: 10 x 6 Puntos  
 Elemento de la vía pública respectivo: Calzada inf.  
 Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070  
 Clase de iluminación seleccionada: ME3c (Se cumplen todos los requerimientos fotométricos.)
- |                                  | $L_m$ [cd/m <sup>2</sup> ] | U0     | UI     | TI [%] | SR     |
|----------------------------------|----------------------------|--------|--------|--------|--------|
| Valores reales según cálculo:    | 1.74                       | 0.77   | 0.78   | 10     | 0.84   |
| Valores de consigna según clase: | ≥ 1.00                     | ≥ 0.40 | ≥ 0.50 | ≤ 15   | ≥ 0.50 |
| Cumplido/No cumplido:            | ✓                          | ✓      | ✓      | ✓      | ✓      |
- 2 Camino peatonal inf  
 Longitud: 22.000 m, Anchura: 3.000 m  
 Trama: 10 x 3 Puntos  
 Elemento de la vía pública respectivo: Camino peatonal inf.  
 Clase de iluminación seleccionada: CE5 (Se cumplen todos los requerimientos fotométricos.)
- |                                  | $E_m$ [lx] | U0     |
|----------------------------------|------------|--------|
| Valores reales según cálculo:    | 16.36      | 0.67   |
| Valores de consigna según clase: | ≥ 7.50     | ≥ 0.40 |
| Cumplido/No cumplido:            | ✓          | ✓      |
- 3 Calzada sup  
 Longitud: 22.000 m, Anchura: 6.000 m  
 Trama: 10 x 6 Puntos  
 Elemento de la vía pública respectivo: Calzada sup.  
 Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070  
 Clase de iluminación seleccionada: ME3c (Se cumplen todos los requerimientos fotométricos.)
- |                                  | $L_m$ [cd/m <sup>2</sup> ] | U0     | UI     | TI [%] | SR     |
|----------------------------------|----------------------------|--------|--------|--------|--------|
| Valores reales según cálculo:    | 1.74                       | 0.77   | 0.78   | 10     | 0.84   |
| Valores de consigna según clase: | ≥ 1.00                     | ≥ 0.40 | ≥ 0.50 | ≤ 15   | ≥ 0.50 |
| Cumplido/No cumplido:            | ✓                          | ✓      | ✓      | ✓      | ✓      |
- 4 Camino peatonal sup  
 Longitud: 22.000 m, Anchura: 5.000 m  
 Trama: 10 x 4 Puntos  
 Elemento de la vía pública respectivo: Camino peatonal sup.  
 Clase de iluminación seleccionada: CE5 (Se cumplen todos los requerimientos fotométricos.)
- |                                  | $E_m$ [lx] | U0     |
|----------------------------------|------------|--------|
| Valores reales según cálculo:    | 13.00      | 0.42   |
| Valores de consigna según clase: | ≥ 7.50     | ≥ 0.40 |
| Cumplido/No cumplido:            | ✓          | ✓      |

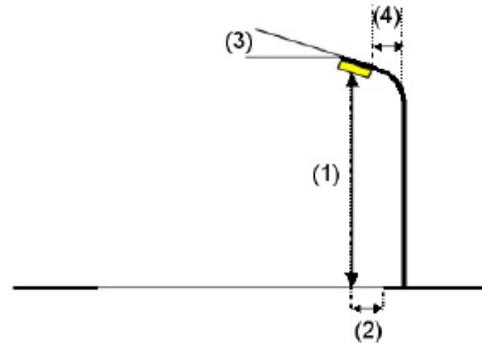
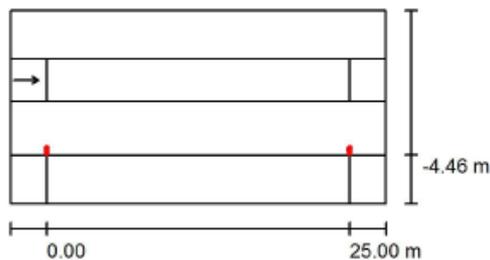
## Avenida Mar Mediterráneo – Zona Parking (VSAP)

### Perfil de la vía pública

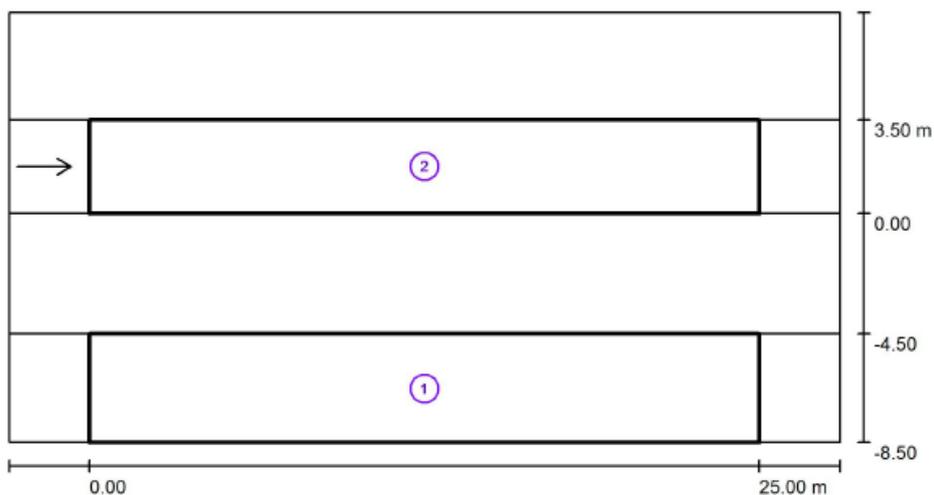
Carril de estacionamiento sup	(Anchura: 4.000 m)
Calzada 1	(Anchura: 3.500 m, Cantidad de carriles de tránsito: 1, Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070)
Carril de estacionamiento inf	(Anchura: 4.500 m)
Camino peatonal inf	(Anchura: 4.000 m)

Factor mantenimiento: 0.79

### Disposiciones de las luminarias



Luminaria:	Thorn 96249993 ORACLE 1W 100W HIDE CL2 GL [V4L4]	
Flujo luminoso (Luminaria):	7554 lm	Valores máximos de la intensidad lumínica
Flujo luminoso (Lámparas):	10700 lm	con 70°: 478 cd/klm
Potencia de las luminarias:	110.0 W	con 80°: 90 cd/klm
Organización:	unilateral abajo	con 90°: 0.00 cd/klm
Distancia entre mástiles:	25.000 m	Respectivamente en todas las direcciones que forman los ángulos especificados con las verticales inferiores (con luminarias instaladas aptas para el funcionamiento).
Altura de montaje (1):	9.000 m	Ninguna intensidad lumínica por encima de 90°.
Altura del punto de luz:	8.887 m	La disposición cumple con la clase de intensidad lumínica G4.
Saliente sobre la calzada (2):	-4.000 m	La disposición cumple con la clase del índice de deslumbramiento D.6.
Inclinación del brazo (3):	0.0 °	
Longitud del brazo (4):	0.500 m	



Factor mantenimiento: 0.79

Escala 1:222

**Lista del recuadro de evaluación**

- 1 Camino peatonal inf  
 Longitud: 25.000 m, Anchura: 4.000 m  
 Trama: 10 x 3 Puntos  
 Elemento de la vía pública respectivo: Camino peatonal inf.  
 Clase de iluminación seleccionada: CE5 (Se cumplen todos los requerimientos fotométricos.)

Valores reales según cálculo:	$E_m$ [lx]	U0
Valores de consigna según clase:	10.66	0.67
Cumplido/No cumplido:	$\geq 7.50$	$\geq 0.40$
	✓	✓

- 2 Recuadro de evaluación Calzada 1  
 Longitud: 25.000 m, Anchura: 3.500 m  
 Trama: 10 x 3 Puntos  
 Elemento de la vía pública respectivo: Calzada 1.  
 Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070  
 Clase de iluminación seleccionada: ME4b (No se cumplen todos los requerimientos fotométricos.)

Valores reales según cálculo:	$L_m$ [cd/m <sup>2</sup> ]	U0	UI	TI [%]	SR
Valores de consigna según clase:	0.71	0.63	0.79	8	0.93
Cumplido/No cumplido:	$\geq 0.75$	$\geq 0.40$	$\geq 0.50$	$\leq 15$	$\geq 0.50$
	✗	✓	✓	✓	✓

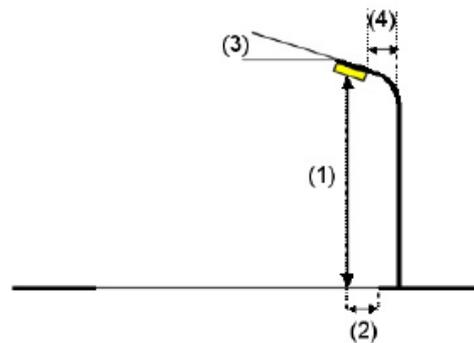
**Avenida Mar Mediterráneo – Zona Parking (LED)**

**Perfil de la vía pública**

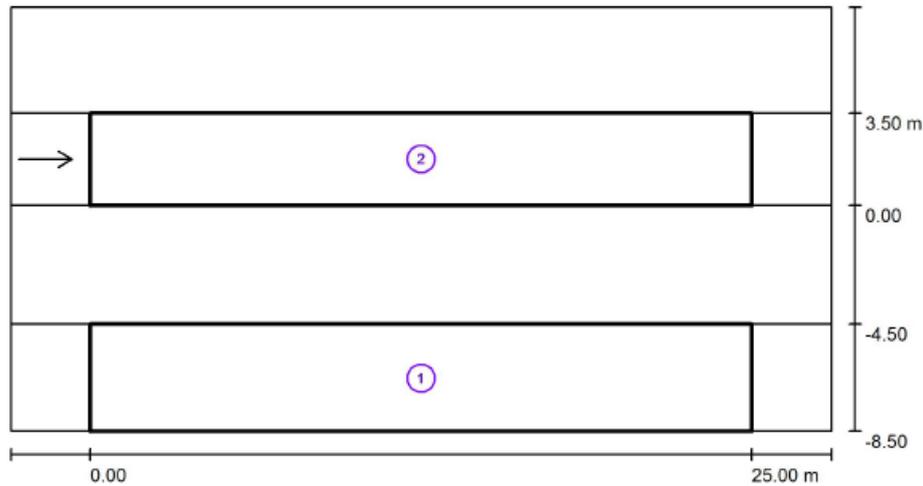
- Carril de estacionamiento sup (Anchura: 4.000 m)
- Calzada 1 (Anchura: 3.500 m, Cantidad de carriles de tránsito: 1, Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070)
- Carril de estacionamiento inf (Anchura: 4.500 m)
- Camino peatonal inf (Anchura: 4.000 m)

Factor mantenimiento: 0.81

**Disposiciones de las luminarias**



Luminaria:	Thorn 96266330 R2L2 S 48L50 WSC L740 CL2 [STD]	Valores máximos de la intensidad lumínica
Flujo luminoso (Luminaria):	7161 lm	con 70°: 697 cd/klm
Flujo luminoso (Lámparas):	7161 lm	con 80°: 90 cd/klm
Potencia de las luminarias:	77.0 W	con 90°: 0.00 cd/klm
Organización:	unilateral abajo	Respectivamente en todas las direcciones que forman los ángulos especificados con las verticales inferiores (con luminarias instaladas aptas para el funcionamiento).
Distancia entre mástiles:	25.000 m	Ninguna intensidad lumínica por encima de 90°.
Altura de montaje (1):	9.000 m	La disposición cumple con la clase de intensidad lumínica G3.
Altura del punto de luz:	9.000 m	La disposición cumple con la clase del índice de deslumbramiento D.6.
Saliente sobre la calzada (2):	-4.000 m	
Inclinación del brazo (3):	0.0 °	
Longitud del brazo (4):	0.500 m	



Factor mantenimiento: 0.81

Escala 1:222

**Lista del recuadro de evaluación**

- 1 Camino peatonal inf  
 Longitud: 25.000 m, Anchura: 4.000 m  
 Trama: 10 x 3 Puntos  
 Elemento de la vía pública respectivo: Camino peatonal inf.  
 Clase de iluminación seleccionada: CE5 (Se cumplen todos los requerimientos fotométricos.)

	$E_m$ [lx]	U0
Valores reales según cálculo:	10.21	0.40
Valores de consigna según clase:	$\geq 7.50$	$\geq 0.40$
Cumplido/No cumplido:	✓	✓

- 2 Recuadro de evaluación Calzada 1  
 Longitud: 25.000 m, Anchura: 3.500 m  
 Trama: 10 x 3 Puntos  
 Elemento de la vía pública respectivo: Calzada 1.  
 Revestimiento de la calzada: R3,  $q_0$ : 0.070  
 Clase de iluminación seleccionada: ME4b (Se cumplen todos los requerimientos fotométricos.)

	$L_m$ [cd/m <sup>2</sup> ]	U0	UI	TI [%]	SR
Valores reales según cálculo:	0.76	0.70	0.84	11	0.98
Valores de consigna según clase:	$\geq 0.75$	$\geq 0.40$	$\geq 0.50$	$\leq 15$	$\geq 0.50$
Cumplido/No cumplido:	✓	✓	✓	✓	✓

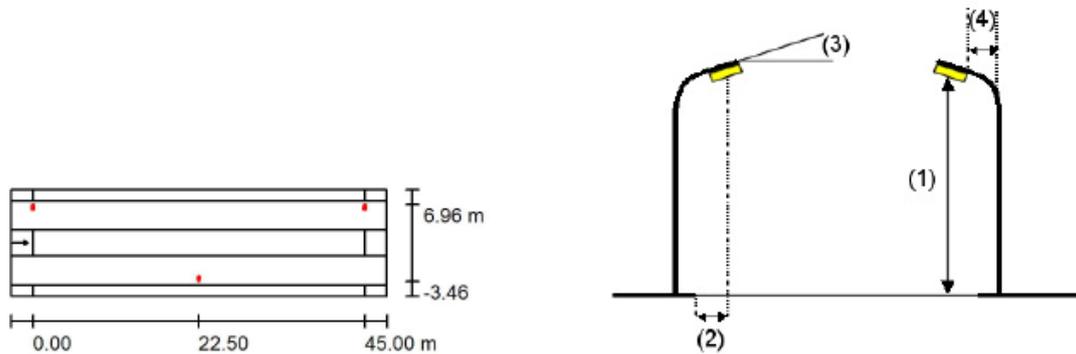
## Calle Río Henares (VSAP)

### Perfil de la vía pública

Camino peatonal izq	(Anchura: 1.500 m)
Carril de estacionamiento izq	(Anchura: 4.000 m)
Calzada 1	(Anchura: 3.500 m, Cantidad de carriles de tránsito: 1, Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070)
Carril de estacionamiento dcha	(Anchura: 4.000 m)
Camino peatonal dcha	(Anchura: 1.500 m)

Factor mantenimiento: 0.79

### Disposiciones de las luminarias



Luminaria:	Thorn 96249993 ORACLE 1W 100W HIDE CL2 GL [V4L4]	Valores máximos de la intensidad lumínica con 70°: 477 cd/klm con 80°: 146 cd/klm con 90°: 3.83 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 95°. La disposición cumple con la clase de intensidad lumínica G2. La disposición cumple con la clase del índice de deslumbramiento D.6.
Flujo luminoso (Luminaria):	7554 lm	
Flujo luminoso (Lámparas):	10700 lm	
Potencia de las luminarias:	110.0 W	
Organización:	bilateral desplazado	
Distancia entre mástiles:	45.000 m	
Altura de montaje (1):	9.000 m	
Altura del punto de luz:	8.927 m	
Saliente sobre la calzada (2):	-3.000 m	
Inclinación del brazo (3):	5.0 °	
Longitud del brazo (4):	1.000 m	



Factor mantenimiento: 0.79

Escala 1:365

**Lista del recuadro de evaluación**

**1 Camino peatonal dcha**

Longitud: 45.000 m, Anchura: 1.500 m

Trama: 15 x 3 Puntos

Elemento de la vía pública respectivo: Camino peatonal dcha.

Clase de iluminación seleccionada: CE5 (Se cumplen todos los requerimientos fotométricos.)

	$E_m$ [lx]	U0
Valores reales según cálculo:	8.51	0.64
Valores de consigna según clase:	$\geq 7.50$	$\geq 0.40$
Cumplido/No cumplido:	✓	✓

**2 Camino peatonal izq**

Longitud: 45.000 m, Anchura: 1.500 m

Trama: 15 x 3 Puntos

Elemento de la vía pública respectivo: Camino peatonal izq.

Clase de iluminación seleccionada: CE5 (Se cumplen todos los requerimientos fotométricos.)

	$E_m$ [lx]	U0
Valores reales según cálculo:	8.40	0.62
Valores de consigna según clase:	$\geq 7.50$	$\geq 0.40$
Cumplido/No cumplido:	✓	✓

**3 Recuadro de evaluación Calzada 1**

Longitud: 45.000 m, Anchura: 3.500 m

Trama: 15 x 3 Puntos

Elemento de la vía pública respectivo: Calzada 1.

Revestimiento de la calzada: R3,  $q_0$ : 0.070

Clase de iluminación seleccionada: ME3c (Se cumplen todos los requerimientos fotométricos.)

	$L_m$ [cd/m <sup>2</sup> ]	U0	UI	TI [%]	SR
Valores reales según cálculo:	1.02	0.86	0.84	9	0.88
Valores de consigna según clase:	$\geq 1.00$	$\geq 0.40$	$\geq 0.50$	$\leq 15$	$\geq 0.50$
Cumplido/No cumplido:	✓	✓	✓	✓	✓

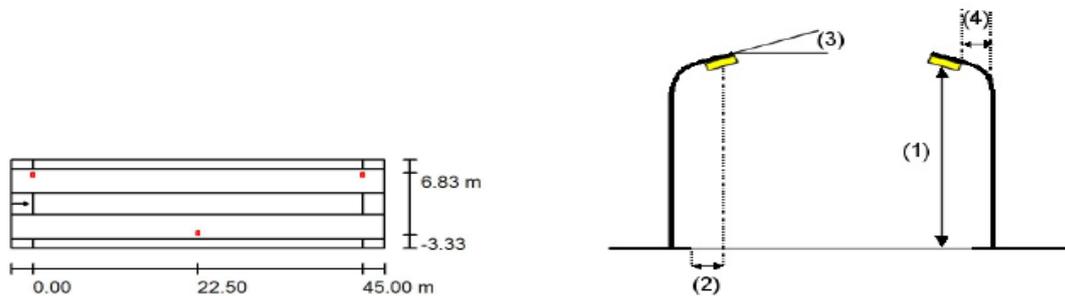
**Calle Río Henares (LED)**

**Perfil de la vía pública**

Camino peatonal izq	(Anchura: 1.500 m)
Carril de estacionamiento izq	(Anchura: 4.000 m)
Calzada 1	(Anchura: 3.500 m, Cantidad de carriles de tránsito: 1, Revestimiento de la calzada: R3, $q_0$ : 0.070)
Carril de estacionamiento dcha	(Anchura: 4.000 m)
Camino peatonal dcha	(Anchura: 1.500 m)

Factor mantenimiento: 0.81

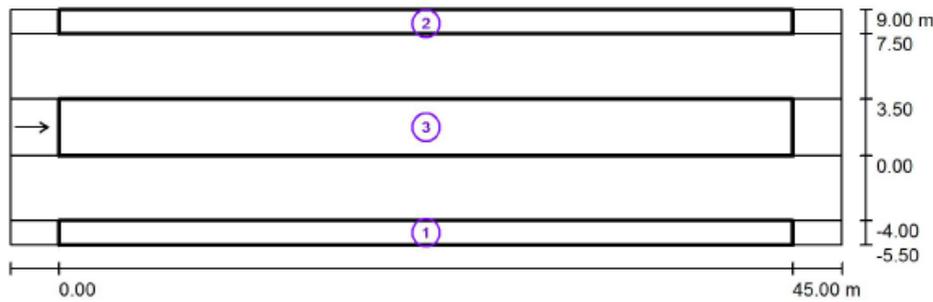
**Disposiciones de las luminarias**



Luminaria:	Thorn 96266330 R2L2 S 48L50 WSC L740 CL2 [STD]
Flujo luminoso (Luminaria):	7161 lm
Flujo luminoso (Lámparas):	7161 lm
Potencia de las luminarias:	77.0 W
Organización:	bilateral desplazado
Distancia entre mástiles:	45.000 m
Altura de montaje (1):	9.000 m
Altura del punto de luz:	9.029 m
Saliente sobre la calzada (2):	-3.000 m
Inclinación del brazo (3):	5.0 °
Longitud del brazo (4):	1.000 m

Valores máximos de la intensidad luminica  
 con 70°: 606 cd/klm  
 con 80°: 148 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 luminica por encima de 90°.  
 La disposición cumple con la clase de intensidad luminica G2.  
 La disposición cumple con la clase del índice de deslumbramiento D.6.



Factor mantenimiento: 0.81

Escala 1:365

**Lista del recuadro de evaluación**

- 1 Camino peatonal dcha  
 Longitud: 45.000 m, Anchura: 1.500 m  
 Trama: 15 x 3 Puntos  
 Elemento de la vía pública respectivo: Camino peatonal dcha.  
 Clase de iluminación seleccionada: CE5 (Se cumplen todos los requerimientos fotométricos.)

	$E_m$ [lx]	U0
Valores reales según cálculo:	9.56	0.56
Valores de consigna según clase:	$\geq 7.50$	$\geq 0.40$
Cumplido/No cumplido:	✓	✓

- 2 Camino peatonal izq  
 Longitud: 45.000 m, Anchura: 1.500 m  
 Trama: 15 x 3 Puntos  
 Elemento de la vía pública respectivo: Camino peatonal izq.  
 Clase de iluminación seleccionada: CE5 (Se cumplen todos los requerimientos fotométricos.)

	$E_m$ [lx]	U0
Valores reales según cálculo:	9.57	0.55
Valores de consigna según clase:	$\geq 7.50$	$\geq 0.40$
Cumplido/No cumplido:	✓	✓

- 3 Recuadro de evaluación Calzada 1  
 Longitud: 45.000 m, Anchura: 3.500 m  
 Trama: 15 x 3 Puntos  
 Elemento de la vía pública respectivo: Calzada 1.  
 Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070  
 Clase de iluminación seleccionada: ME3c (Se cumplen todos los requerimientos fotométricos.)

	$L_m$ [cd/m <sup>2</sup> ]	U0	UI	TI [%]	SR
Valores reales según cálculo:	1.00	0.86	0.78	10	0.95
Valores de consigna según clase:	$\geq 1.00$	$\geq 0.40$	$\geq 0.50$	$\leq 15$	$\geq 0.50$
Cumplido/No cumplido:	✓	✓	✓	✓	✓

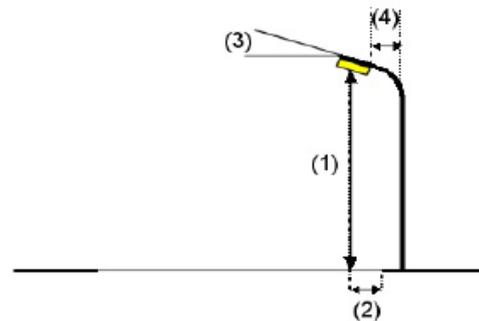
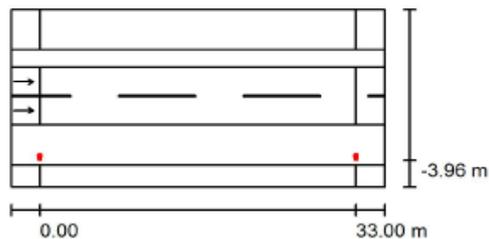
## Calle Río Duero – Tramo 1 (VSAP)

### Perfil de la vía pública

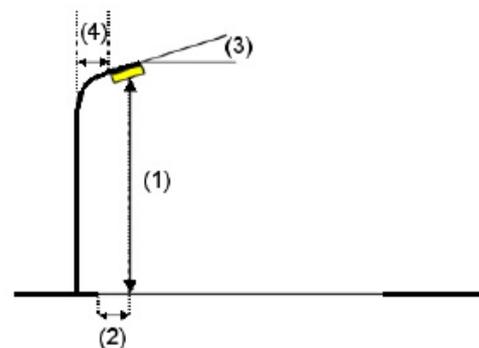
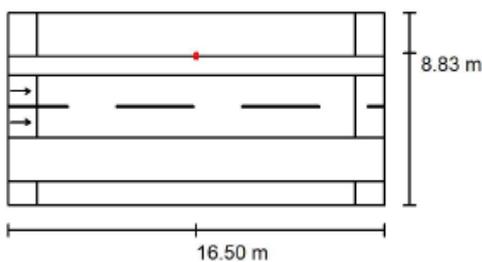
Camino peatonal sup	(Anchura: 4.500 m)
Carril de estacionamiento sup	(Anchura: 2.000 m)
Calzada 1	(Anchura: 6.500 m, Cantidad de carriles de tránsito: 2, Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070)
Carril de estacionamiento inf	(Anchura: 4.500 m)
Camino peatonal inf	(Anchura: 2.500 m)

Factor mantenimiento: 0.79

### Disposiciones de las luminarias



Luminaria:	Thorn 96249993 ORACLE 1W 100W HIDE CL2 GL [V4L4]	
Flujo luminoso (Luminaria):	7554 lm	Valores máximos de la intensidad lumínica
Flujo luminoso (Lámparas):	10700 lm	con 70°: 478 cd/klm
Potencia de las luminarias:	110.0 W	con 80°: 90 cd/klm
Organización:	unilateral abajo	con 90°: 0.00 cd/klm
Distancia entre mástiles:	33.000 m	Respectivamente en todas las direcciones que forman los ángulos especificados con las verticales inferiores (con luminarias instaladas aptas para el funcionamiento).
Altura de montaje (1):	9.750 m	Ninguna intensidad lumínica por encima de 90°.
Altura del punto de luz:	9.637 m	La disposición cumple con la clase de intensidad lumínica G4.
Saliente sobre la calzada (2):	-3.500 m	La disposición cumple con la clase del índice de deslumbramiento D.6.
Inclinación del brazo (3):	0.0 °	
Longitud del brazo (4):	1.000 m	



Luminaria:	Thorn 96266330 R2L2 S 48L50 WSC L740 CL2 [STD]	
Flujo luminoso (Luminaria):	7161 lm	Valores máximos de la intensidad lumínica
Flujo luminoso (Lámparas):	7161 lm	con 70°: 697 cd/klm
Potencia de las luminarias:	77.0 W	con 80°: 90 cd/klm
Organización:	unilateral arriba	con 90°: 0.00 cd/klm
Distancia entre mástiles:	33.000 m	Respectivamente en todas las direcciones que forman los ángulos especificados con las verticales inferiores (con luminarias instaladas aptas para el funcionamiento).
Altura de montaje (1):	9.750 m	Ninguna intensidad lumínica por encima de 90°.
Altura del punto de luz:	9.750 m	La disposición cumple con la clase de intensidad lumínica G3.
Saliente sobre la calzada (2):	-2.000 m	La disposición cumple con la clase del índice de deslumbramiento D.6.
Inclinación del brazo (3):	0.0 °	
Longitud del brazo (4):	0.250 m	



Factor mantenimiento: 0.79

Escala 1:279

### Lista del recuadro de evaluación

#### 1 Recuadro de evaluación Calzada 1

Longitud: 33.000 m, Anchura: 6.500 m

Trama: 11 x 6 Puntos

Elemento de la vía pública respectivo: Calzada 1.

Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070

Clase de iluminación seleccionada: ME3c

(Se cumplen todos los requerimientos fotométricos.)

	$L_m$ [cd/m <sup>2</sup> ]	U0	UI	TI [%]	SR
Valores reales según cálculo:	1.12	0.84	0.87	9	0.81
Valores de consigna según clase:	$\geq 1.00$	$\geq 0.40$	$\geq 0.50$	$\leq 15$	$\geq 0.50$
Cumplido/No cumplido:	✓	✓	✓	✓	✓

#### 2 Camino peatonal inf

Longitud: 33.000 m, Anchura: 2.500 m

Trama: 11 x 3 Puntos

Elemento de la vía pública respectivo: Camino peatonal inf.

Clase de iluminación seleccionada: CE5

(Se cumplen todos los requerimientos fotométricos.)

	$E_m$ [lx]	U0
Valores reales según cálculo:	9.60	0.69
Valores de consigna según clase:	$\geq 7.50$	$\geq 0.40$
Cumplido/No cumplido:	✓	✓

#### 3 Camino peatonal sup

Longitud: 33.000 m, Anchura: 4.500 m

Trama: 11 x 3 Puntos

Elemento de la vía pública respectivo: Camino peatonal sup.

Clase de iluminación seleccionada: CE5

(Se cumplen todos los requerimientos fotométricos.)

	$E_m$ [lx]	U0
Valores reales según cálculo:	9.70	0.64
Valores de consigna según clase:	$\geq 7.50$	$\geq 0.40$
Cumplido/No cumplido:	✓	✓

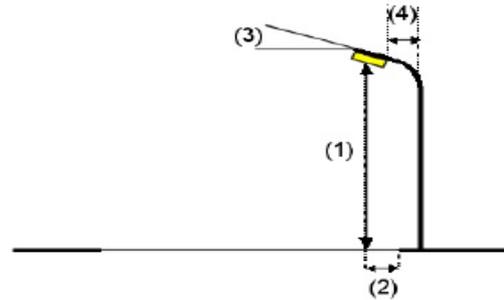
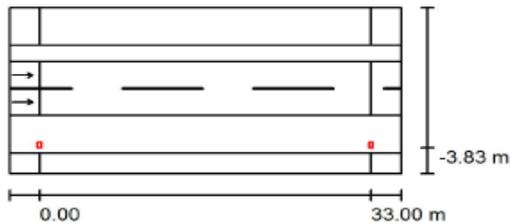
## Calle Río Duero – Tramo 1 (LED)

### Perfil de la vía pública

Camino peatonal sup	(Anchura: 4.500 m)
Carril de estacionamiento sup	(Anchura: 2.000 m)
Calzada 1	(Anchura: 6.500 m, Cantidad de carriles de tránsito: 2, Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070)
Carril de estacionamiento inf	(Anchura: 4.500 m)
Camino peatonal inf	(Anchura: 2.500 m)

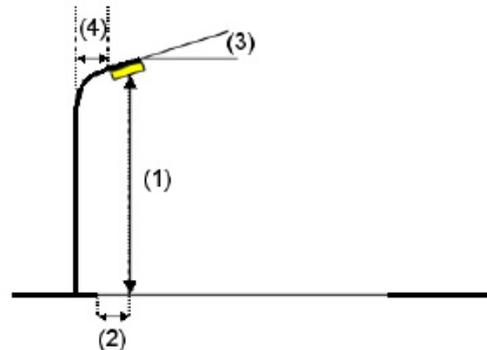
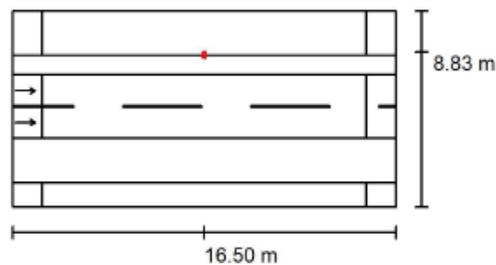
Factor mantenimiento: 0.81

### Disposiciones de las luminarias



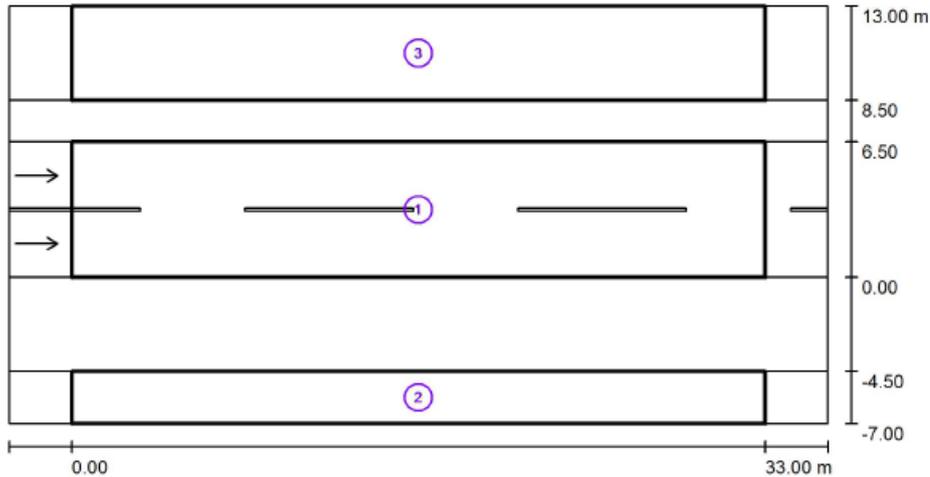
Luminaria:	Thorn 96266330 R2L2 S 48L50 WSC L740 CL2 [STD]
Flujo luminoso (Luminaria):	7161 lm
Flujo luminoso (Lámparas):	7161 lm
Potencia de las luminarias:	77.0 W
Organización:	unilateral abajo
Distancia entre mástiles:	33.000 m
Altura de montaje (1):	9.750 m
Altura del punto de luz:	9.750 m
Saliente sobre la calzada (2):	-3.500 m
Inclinación del brazo (3):	0.0 °
Longitud del brazo (4):	1.000 m

Valores máximos de la intensidad luminica	
con 70°:	697 cd/klm
con 80°:	90 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 luminica por encima de 90°.	
La disposición cumple con la clase de intensidad luminica G3.	
La disposición cumple con la clase del indice de deslumbramiento D.6.	



Luminaria:	Thorn 96266330 R2L2 S 48L50 WSC L740 CL2 [STD]
Flujo luminoso (Luminaria):	7161 lm
Flujo luminoso (Lámparas):	7161 lm
Potencia de las luminarias:	77.0 W
Organización:	unilateral arriba
Distancia entre mástiles:	33.000 m
Altura de montaje (1):	9.750 m
Altura del punto de luz:	9.750 m
Saliente sobre la calzada (2):	-2.000 m
Inclinación del brazo (3):	0.0 °
Longitud del brazo (4):	0.250 m

Valores máximos de la intensidad luminica	
con 70°:	697 cd/klm
con 80°:	90 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 luminica por encima de 90°.	
La disposición cumple con la clase de intensidad luminica G3.	
La disposición cumple con la clase del indice de deslumbramiento D.6.	



Factor mantenimiento: 0.81

Escala 1:279

### Lista del recuadro de evaluación

#### 1 Recuadro de evaluación Calzada 1

Longitud: 33.000 m, Anchura: 6.500 m

Trama: 11 x 6 Puntos

Elemento de la vía pública respectivo: Calzada 1.

Revestimiento de la calzada: R3,  $q_0$ : 0.070

Clase de iluminación seleccionada: ME3c

(Se cumplen todos los requerimientos fotométricos.)

	$L_m$ [cd/m <sup>2</sup> ]	U0	UI	TI [%]	SR
Valores reales según cálculo:	1.18	0.84	0.84	9	0.90
Valores de consigna según clase:	$\geq 1.00$	$\geq 0.40$	$\geq 0.50$	$\leq 15$	$\geq 0.50$
Cumplido/No cumplido:	✓	✓	✓	✓	✓

#### 2 Camino peatonal inf

Longitud: 33.000 m, Anchura: 2.500 m

Trama: 11 x 3 Puntos

Elemento de la vía pública respectivo: Camino peatonal inf.

Clase de iluminación seleccionada: CE5

(Se cumplen todos los requerimientos fotométricos.)

	$E_m$ [lx]	U0
Valores reales según cálculo:	10.56	0.48
Valores de consigna según clase:	$\geq 7.50$	$\geq 0.40$
Cumplido/No cumplido:	✓	✓

#### 3 Camino peatonal sup

Longitud: 33.000 m, Anchura: 4.500 m

Trama: 11 x 3 Puntos

Elemento de la vía pública respectivo: Camino peatonal sup.

Clase de iluminación seleccionada: CE5

(Se cumplen todos los requerimientos fotométricos.)

	$E_m$ [lx]	U0
Valores reales según cálculo:	10.54	0.40
Valores de consigna según clase:	$\geq 7.50$	$\geq 0.40$
Cumplido/No cumplido:	✓	✓

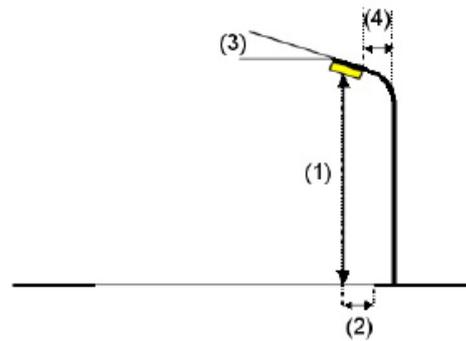
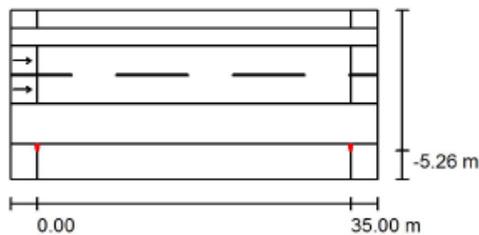
## Calle Río Duero – Tramo 2 (VSAP)

### Perfil de la vía pública

Camino peatonal sup	(Anchura: 2.000 m)
Carril de estacionamiento sup	(Anchura: 2.000 m)
Calzada 1	(Anchura: 6.500 m, Cantidad de carriles de tránsito: 2, Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070)
Carril de estacionamiento inf	(Anchura: 4.500 m)
Camino peatonal inf	(Anchura: 4.000 m)

Factor mantenimiento: 0.79

### Disposiciones de las luminarias

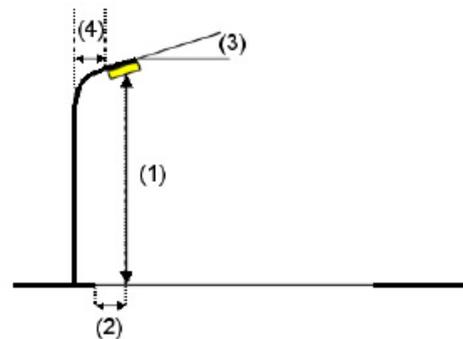
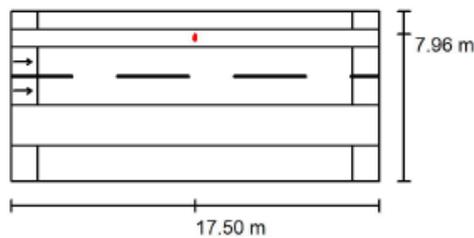


Luminaria:	Thorn 96249993 ORACLE 1W 100W HIDE CL2 GL [V4L4]
Flujo luminoso (Luminaria):	7554 lm
Flujo luminoso (Lámparas):	10700 lm
Potencia de las luminarias:	110.0 W
Organización:	unilateral abajo
Distancia entre mástiles:	35.000 m
Altura de montaje (1):	9.750 m
Altura del punto de luz:	9.637 m
Saliente sobre la calzada (2):	-4.800 m
Inclinación del brazo (3):	0.0 °
Longitud del brazo (4):	0.000 m

Valores máximos de la intensidad luminica	
con 70°:	478 cd/klm
con 80°:	90 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 luminica por encima de 90°.  
La disposición cumple con la clase de intensidad luminica G4.  
La disposición cumple con la clase del índice de deslumbramiento D.6.

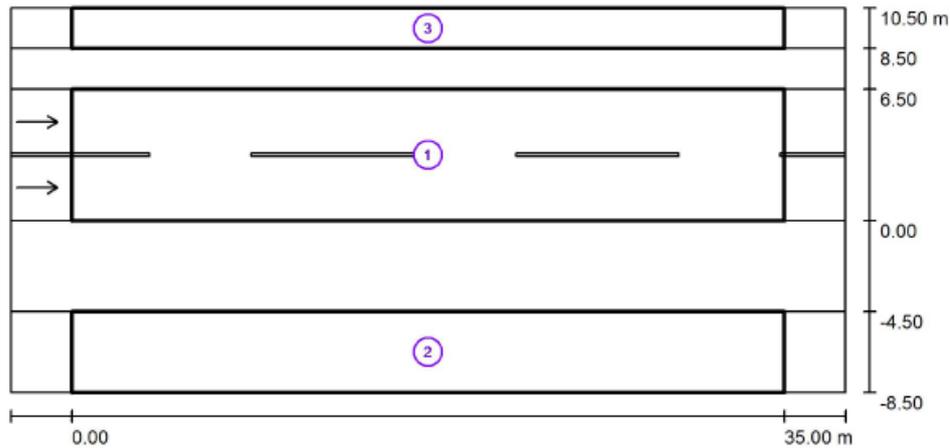


Luminaria:	Thorn 96249993 ORACLE 1W 100W HIDE CL2 GL [V4L4]
Flujo luminoso (Luminaria):	7554 lm
Flujo luminoso (Lámparas):	10700 lm
Potencia de las luminarias:	110.0 W
Organización:	unilateral arriba
Distancia entre mástiles:	35.000 m
Altura de montaje (1):	4.000 m
Altura del punto de luz:	3.887 m
Saliente sobre la calzada (2):	-1.000 m
Inclinación del brazo (3):	0.0 °
Longitud del brazo (4):	1.000 m

Valores máximos de la intensidad luminica	
con 70°:	478 cd/klm
con 80°:	90 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 luminica por encima de 90°.  
La disposición cumple con la clase de intensidad luminica G4.  
La disposición cumple con la clase del índice de deslumbramiento D.6.



Factor mantenimiento: 0.79

Escala 1:294

**Lista del recuadro de evaluación**

- 1 Recuadro de evaluación Calzada 1  
 Longitud: 35.000 m, Anchura: 6.500 m  
 Trama: 12 x 6 Puntos  
 Elemento de la vía pública respectivo: Calzada 1.  
 Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070  
 Clase de iluminación seleccionada: ME3c

(No se cumplen todos los requerimientos fotométricos.)

	$L_m$ [cd/m <sup>2</sup> ]	U0	UI	TI [%]	SR
Valores reales según cálculo:	1.07	0.43	0.26	28	0.95
Valores de consigna según clase:	≥ 1.00	≥ 0.40	≥ 0.50	≤ 15	≥ 0.50
Cumplido/No cumplido:	✓	✓	✗	✗	✓

- 2 Camino peatonal inf  
 Longitud: 35.000 m, Anchura: 4.000 m  
 Trama: 12 x 3 Puntos  
 Elemento de la vía pública respectivo: Camino peatonal inf.  
 Clase de iluminación seleccionada: CE5

(Se cumplen todos los requerimientos fotométricos.)

	$E_m$ [lx]	U0
Valores reales según cálculo:	8.13	0.59
Valores de consigna según clase:	≥ 7.50	≥ 0.40
Cumplido/No cumplido:	✓	✓

- 3 Camino peatonal sup  
 Longitud: 35.000 m, Anchura: 2.000 m  
 Trama: 12 x 3 Puntos  
 Elemento de la vía pública respectivo: Camino peatonal sup.  
 Clase de iluminación seleccionada: CE5

(No se cumplen todos los requerimientos fotométricos.)

	$E_m$ [lx]	U0
Valores reales según cálculo:	14.23	0.15
Valores de consigna según clase:	≥ 7.50	≥ 0.40
Cumplido/No cumplido:	✓	✗

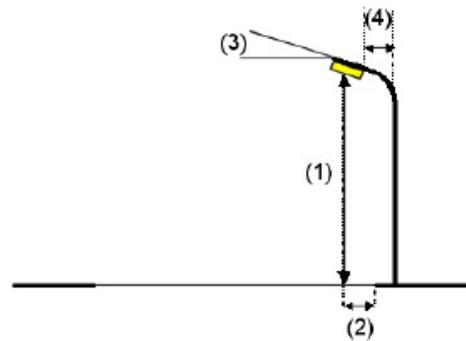
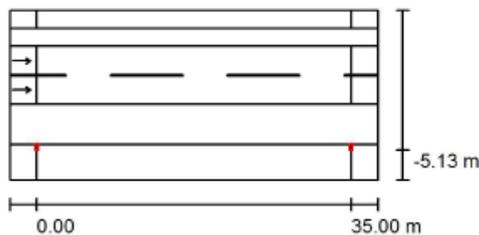
## Calle Río Duero – Tramo 2 (LED)

### Perfil de la vía pública

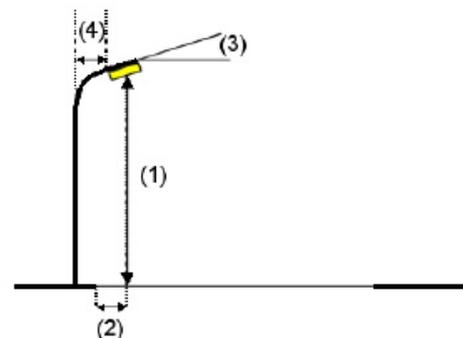
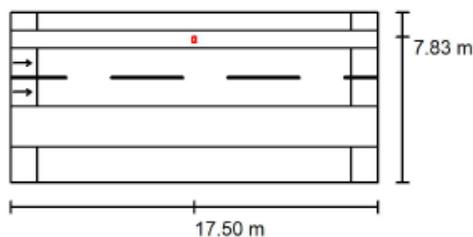
Camino peatonal sup	(Anchura: 2.000 m)
Carril de estacionamiento sup	(Anchura: 2.000 m)
Calzada 1	(Anchura: 6.500 m, Cantidad de carriles de tránsito: 2, Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070)
Carril de estacionamiento inf	(Anchura: 4.500 m)
Camino peatonal inf	(Anchura: 4.000 m)

Factor mantenimiento: 0.81

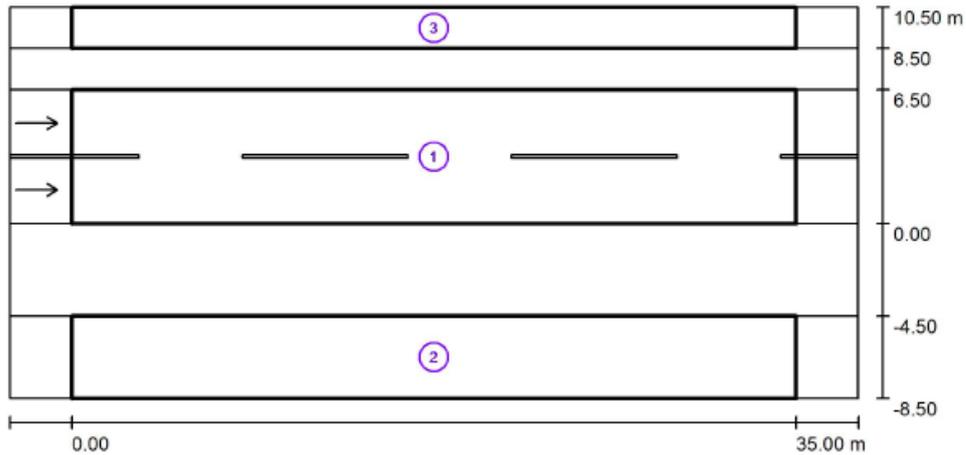
### Disposiciones de las luminarias



Luminaria:	Thorn 96266330 R2L2 S 48L50 WSC L740 CL2 [STD]	Valores máximos de la intensidad luminica
Flujo luminoso (Luminaria):	7161 lm	con 70°: 697 cd/klm
Flujo luminoso (Lámparas):	7161 lm	con 80°: 90 cd/klm
Potencia de las luminarias:	77.0 W	con 90°: 0.00 cd/klm
Organización:	unilateral abajo	Respectivamente en todas las direcciones que forman los ángulos especificados con las verticales inferiores (con luminarias instaladas aptas para el funcionamiento).
Distancia entre mástiles:	35.000 m	Ninguna intensidad luminica por encima de 90°.
Altura de montaje (1):	9.750 m	La disposición cumple con la clase de intensidad luminica G3.
Altura del punto de luz:	9.750 m	La disposición cumple con la clase del índice de deslumbramiento D.6.
Saliente sobre la calzada (2):	-4.800 m	
Inclinación del brazo (3):	0.0 °	
Longitud del brazo (4):	0.000 m	



Luminaria:	Thorn 96266330 R2L2 S 48L50 WSC L740 CL2 [STD]	Valores máximos de la intensidad luminica
Flujo luminoso (Luminaria):	7161 lm	con 70°: 697 cd/klm
Flujo luminoso (Lámparas):	7161 lm	con 80°: 90 cd/klm
Potencia de las luminarias:	77.0 W	con 90°: 0.00 cd/klm
Organización:	unilateral arriba	Respectivamente en todas las direcciones que forman los ángulos especificados con las verticales inferiores (con luminarias instaladas aptas para el funcionamiento).
Distancia entre mástiles:	35.000 m	Ninguna intensidad luminica por encima de 90°.
Altura de montaje (1):	9.750 m	La disposición cumple con la clase de intensidad luminica G3.
Altura del punto de luz:	9.750 m	La disposición cumple con la clase del índice de deslumbramiento D.6.
Saliente sobre la calzada (2):	-1.000 m	
Inclinación del brazo (3):	0.0 °	
Longitud del brazo (4):	1.000 m	



Factor mantenimiento: 0.81

Escala 1:294

Lista del recuadro de evaluación

1 Recuadro de evaluación Calzada 1

Longitud: 35.000 m, Anchura: 6.500 m

Trama: 12 x 6 Puntos

Elemento de la vía pública respectivo: Calzada 1.

Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070

Clase de iluminación seleccionada: ME3c

(Se cumplen todos los requerimientos fotométricos.)

	$L_m$ [cd/m <sup>2</sup> ]	U0	UI	TI [%]	SR
Valores reales según cálculo:	1.09	0.78	0.77	9	0.88
Valores de consigna según clase:	≥ 1.00	≥ 0.40	≥ 0.50	≤ 15	≥ 0.50
Cumplido/No cumplido:	✓	✓	✓	✓	✓

2 Camino peatonal inf

Longitud: 35.000 m, Anchura: 4.000 m

Trama: 12 x 3 Puntos

Elemento de la vía pública respectivo: Camino peatonal inf.

Clase de iluminación seleccionada: CE5

(Se cumplen todos los requerimientos fotométricos.)

	$E_m$ [lx]	U0
Valores reales según cálculo:	10.92	0.40
Valores de consigna según clase:	≥ 7.50	≥ 0.40
Cumplido/No cumplido:	✓	✓

3 Camino peatonal sup

Longitud: 35.000 m, Anchura: 2.000 m

Trama: 12 x 3 Puntos

Elemento de la vía pública respectivo: Camino peatonal sup.

Clase de iluminación seleccionada: CE5

(Se cumplen todos los requerimientos fotométricos.)

	$E_m$ [lx]	U0
Valores reales según cálculo:	10.31	0.47
Valores de consigna según clase:	≥ 7.50	≥ 0.40
Cumplido/No cumplido:	✓	✓

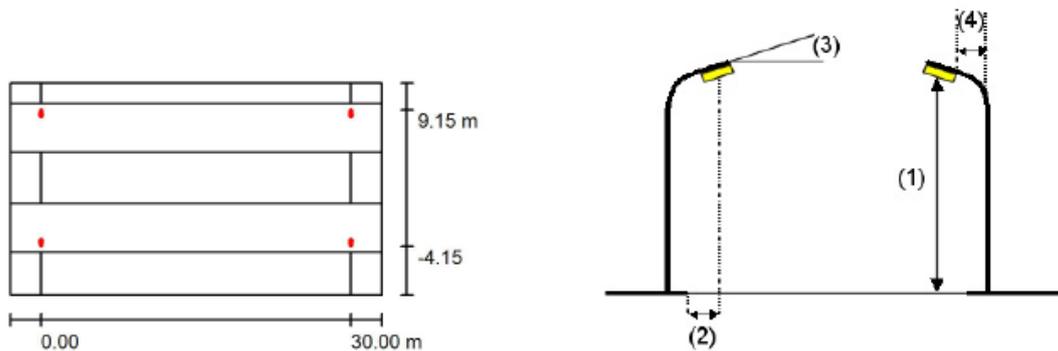
## Calle Río Duero – Parking sin salida (VSAP)

### Perfil de la vía pública

Camino peatonal izq	(Anchura: 2.000 m)
Carril de estacionamiento izq	(Anchura: 4.750 m)
Calzada 1	(Anchura: 5.000 m, Cantidad de carriles de tránsito: 1, Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070)
Carril de estacionamiento dcho	(Anchura: 4.750 m)
Camino peatonal dcho	(Anchura: 4.000 m)

Factor mantenimiento: 0.79

### Disposiciones de las luminarias



Luminaria:	Thorn 96249993 ORACLE 1W 100W HIDE CL2 GL [V4L4]	
Flujo luminoso (Luminaria):	7554 lm	Valores máximos de la intensidad lumínica con 70°: 469 cd/klm con 80°: 204 cd/klm con 90°: 12 cd/klm
Flujo luminoso (Lámparas):	10700 lm	
Potencia de las luminarias:	110.0 W	
Organización:	bilateral frente a frente	Respectivamente en todas las direcciones que forman los ángulos especificados con las verticales inferiores (con luminarias instaladas aptas para el funcionamiento).
Distancia entre mástiles:	30.000 m	La disposición cumple con la clase del índice de deslumbramiento D.6.
Altura de montaje (1):	9.500 m	
Altura del punto de luz:	9.467 m	
Saliente sobre la calzada (2):	-3.684 m	
Inclinación del brazo (3):	10.0 °	
Longitud del brazo (4):	1.000 m	



Factor mantenimiento: 0.79

Escala 1:258

**Lista del recuadro de evaluación**

- 1 Camino peatonal dcho  
 Longitud: 30.000 m, Anchura: 4.000 m  
 Trama: 10 x 3 Puntos  
 Elemento de la vía pública respectivo: Camino peatonal dcho.  
 Clase de iluminación seleccionada: CE5 (Se cumplen todos los requerimientos fotométricos.)

Valores reales según cálculo:	$E_m$ [lx]	U0
Valores de consigna según clase:	9.13	0.69
Cumplido/No cumplido:	$\geq 7.50$	$\geq 0.40$
	✓	✓

**Lista del recuadro de evaluación**

- 2 Camino peatonal izq  
 Longitud: 30.000 m, Anchura: 2.000 m  
 Trama: 10 x 3 Puntos  
 Elemento de la vía pública respectivo: Camino peatonal izq.  
 Clase de iluminación seleccionada: CE5 (Se cumplen todos los requerimientos fotométricos.)

Valores reales según cálculo:	$E_m$ [lx]	U0
Valores de consigna según clase:	10.47	0.72
Cumplido/No cumplido:	$\geq 7.50$	$\geq 0.40$
	✓	✓

- 3 Recuadro de evaluación Calzada 1  
 Longitud: 30.000 m, Anchura: 5.000 m  
 Trama: 10 x 4 Puntos  
 Elemento de la vía pública respectivo: Calzada 1.  
 Clase de iluminación seleccionada: CE2 (No se cumplen todos los requerimientos fotométricos.)

Valores reales según cálculo:	$E_m$ [lx]	U0
Valores de consigna según clase:	19.50	0.68
Cumplido/No cumplido:	$\geq 20.00$	$\geq 0.40$
	✗	✓

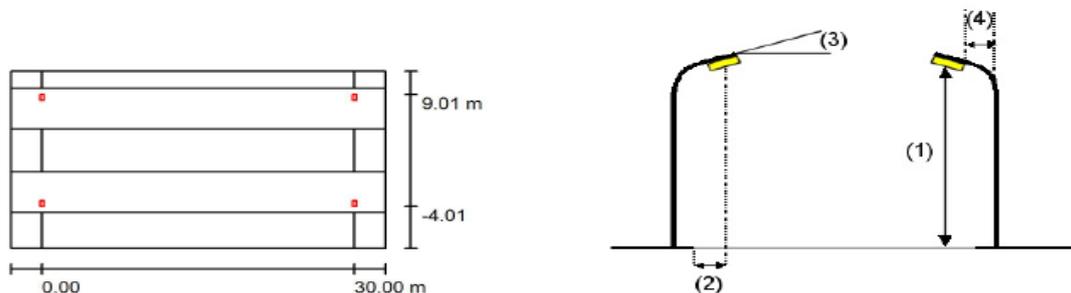
**Calle Río Duero – Parking sin salida (LED)**

**Perfil de la vía pública**

- Camino peatonal izq (Anchura: 2.000 m)  
 Carril de estacionamiento izq (Anchura: 4.750 m)  
 Calzada 1 (Anchura: 5.000 m, Cantidad de carriles de tránsito: 1, Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070)  
 Carril de estacionamiento dcho (Anchura: 4.750 m)  
 Camino peatonal dcho (Anchura: 4.000 m)

Factor mantenimiento: 0.81

**Disposiciones de las luminarias**



- Luminaria: Thorn 96266330 R2L2 S 48L50 WSC L740 CL2 [STD]  
 Flujo luminoso (Luminaria): 7161 lm  
 Flujo luminoso (Lámparas): 7161 lm  
 Potencia de las luminarias: 77.0 W  
 Organización: bilateral frente a frente  
 Distancia entre mástiles: 30.000 m  
 Altura de montaje (1): 9.500 m  
 Altura del punto de luz: 9.557 m  
 Saliente sobre la calzada (2): -3.684 m  
 Inclinación del brazo (3): 10.0 °  
 Longitud del brazo (4): 1.000 m
- Valores máximos de la intensidad lumínica  
 con 70°: 549 cd/klm  
 con 80°: 399 cd/klm  
 con 90°: 8.64 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 95°.  
 La disposición cumple con la clase del índice de deslumbramiento D.5.



Factor mantenimiento: 0.81

Escala 1:258

**Lista del recuadro de evaluación**

- 1 Camino peatonal dcho  
 Longitud: 30.000 m, Anchura: 4.000 m  
 Trama: 10 x 3 Puntos  
 Elemento de la vía pública respectivo: Camino peatonal dcho.  
 Clase de iluminación seleccionada: CE5 (Se cumplen todos los requerimientos fotométricos.)

	$E_m$ [lx]	U0
Valores reales según cálculo:	8.08	0.51
Valores de consigna según clase:	$\geq 7.50$	$\geq 0.40$
Cumplido/No cumplido:	✓	✓
  
- 2 Camino peatonal izq  
 Longitud: 30.000 m, Anchura: 2.000 m  
 Trama: 10 x 3 Puntos  
 Elemento de la vía pública respectivo: Camino peatonal izq.  
 Clase de iluminación seleccionada: CE5 (Se cumplen todos los requerimientos fotométricos.)

	$E_m$ [lx]	U0
Valores reales según cálculo:	10.38	0.55
Valores de consigna según clase:	$\geq 7.50$	$\geq 0.40$
Cumplido/No cumplido:	✓	✓
  
- 3 Recuadro de evaluación Calzada 1  
 Longitud: 30.000 m, Anchura: 5.000 m  
 Trama: 10 x 4 Puntos  
 Elemento de la vía pública respectivo: Calzada 1.  
 Clase de iluminación seleccionada: CE2 (Se cumplen todos los requerimientos fotométricos.)

	$E_m$ [lx]	U0
Valores reales según cálculo:	20.24	0.74
Valores de consigna según clase:	$\geq 20.00$	$\geq 0.40$
Cumplido/No cumplido:	✓	✓

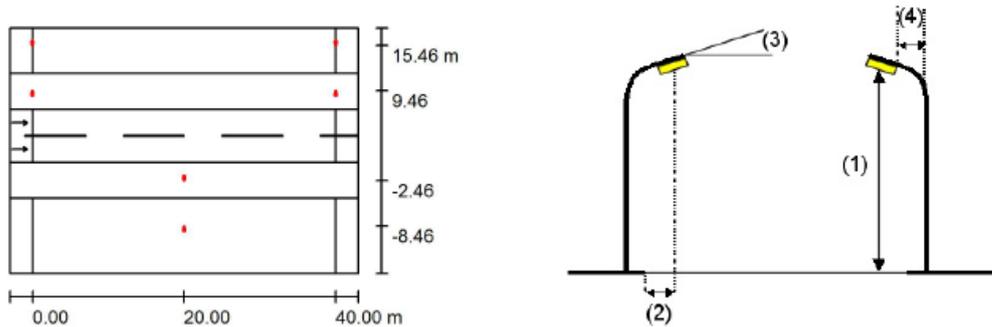
## Calle Río Manzanares (VSAP)

### Perfil de la vía pública

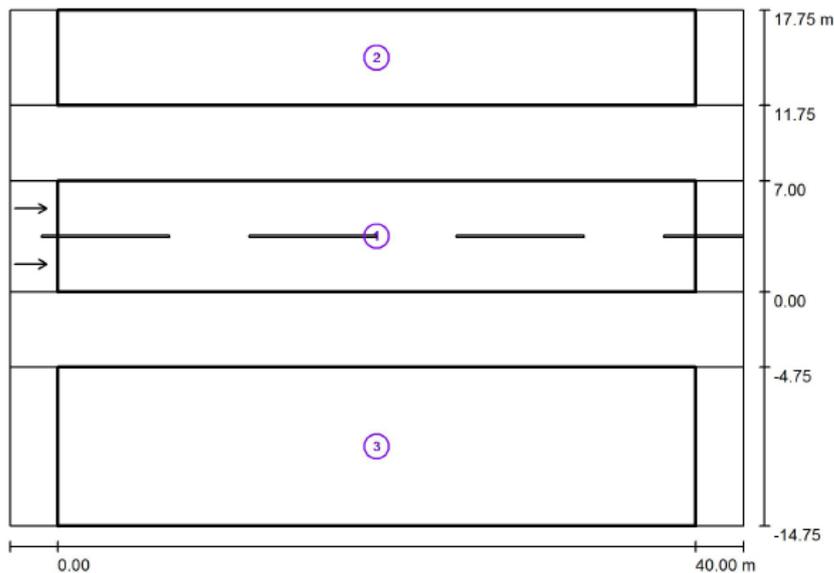
Camino peatonal izq	(Anchura: 6.000 m)
Carril de estacionamiento izq	(Anchura: 4.750 m)
Calzada doble sentido	(Anchura: 7.000 m, Cantidad de carriles de tránsito: 2, Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070)
Carril de estacionamiento dcho	(Anchura: 4.750 m)
Camino peatonal dcho	(Anchura: 10.000 m)

Factor mantenimiento: 0.79

### Disposiciones de las luminarias



Luminaria:	Thom 96249993 ORACLE 1W 100W HIDE CL2 GL [V4L4]	
Flujo luminoso (Luminaria):	7554 lm	Valores máximos de la intensidad lumínica
Flujo luminoso (Lámparas):	10700 lm	con 70°: 477 cd/klm
Potencia de las luminarias:	110.0 W	con 80°: 146 cd/klm
Organización:	bilateral desplazado	con 90°: 3.83 cd/klm
Distancia entre mástiles:	40.000 m	Respectivamente en todas las direcciones que forman los ángulos especificados con las verticales inferiores (con luminarias instaladas aptas para el funcionamiento).
Altura de montaje (1):	9.000 m	Ninguna intensidad lumínica por encima de 95°.
Altura del punto de luz:	8.927 m	La disposición cumple con la clase de intensidad lumínica G2.
Saliente sobre la calzada (2):	-2.000 m	La disposición cumple con la clase del índice de deslumbramiento D.6.
Inclinación del brazo (3):	5.0 °	
Longitud del brazo (4):	3.000 m	



Factor mantenimiento: 0.79

Escala 1:329

**Lista del recuadro de evaluación**

**1 Calzada doble sentido**

Longitud: 40.000 m, Anchura: 7.000 m  
 Trama: 14 x 6 Puntos  
 Elemento de la vía pública respectivo: Calzada doble sentido.  
 Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070  
 Clase de iluminación seleccionada: ME3c (Se cumplen todos los requerimientos fotométricos.)

	$L_m$ [cd/m <sup>2</sup> ]	U0	UI	TI [%]	SR
Valores reales según cálculo:	1.16	0.82	0.78	11	0.82
Valores de consigna según clase:	≥ 1.00	≥ 0.40	≥ 0.50	≤ 15	≥ 0.50
Cumplido/No cumplido:	✓	✓	✓	✓	✓

**2 Camino peatonal izq**

Longitud: 40.000 m, Anchura: 6.000 m  
 Trama: 14 x 4 Puntos  
 Elemento de la vía pública respectivo: Camino peatonal izq.  
 Clase de iluminación seleccionada: CE5 (Se cumplen todos los requerimientos fotométricos.)

	$E_m$ [lx]	U0
Valores reales según cálculo:	12.01	0.65
Valores de consigna según clase:	≥ 7.50	≥ 0.40
Cumplido/No cumplido:	✓	✓

**3 Camino peatonal dcho**

Longitud: 40.000 m, Anchura: 10.000 m  
 Trama: 14 x 7 Puntos  
 Elemento de la vía pública respectivo: Camino peatonal dcho.  
 Clase de iluminación seleccionada: CE5 (Se cumplen todos los requerimientos fotométricos.)

	$E_m$ [lx]	U0
Valores reales según cálculo:	11.54	0.54
Valores de consigna según clase:	≥ 7.50	≥ 0.40
Cumplido/No cumplido:	✓	✓

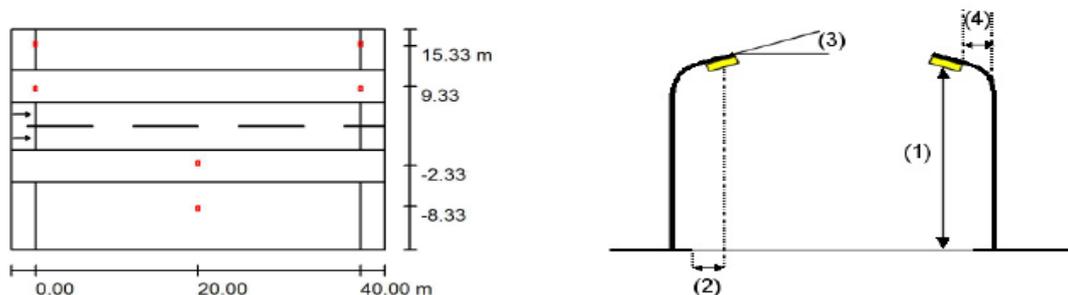
**Calle Río Manzanares (LED)**

**Perfil de la vía pública**

- Camino peatonal izq (Anchura: 6.000 m)
- Carril de estacionamiento izq (Anchura: 4.750 m)
- Calzada doble sentido (Anchura: 7.000 m, Cantidad de carriles de tránsito: 2, Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070)
- Carril de estacionamiento dcho (Anchura: 4.750 m)
- Camino peatonal dcho (Anchura: 10.000 m)

Factor mantenimiento: 0.81

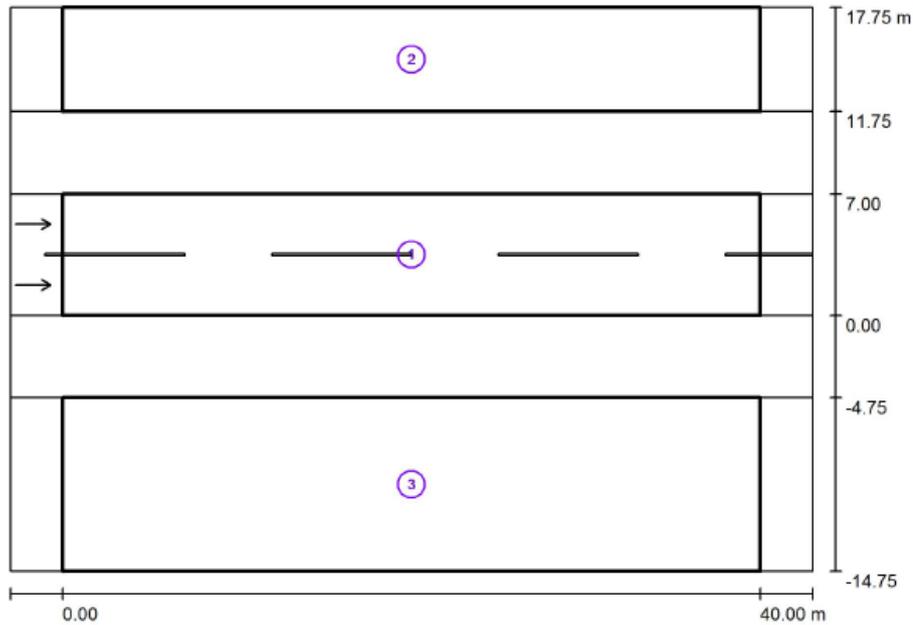
**Disposiciones de las luminarias**



Luminaria: Thorn 96266330 R2L2 S 48L50 WSC L740 CL2 [STD]  
 Flujo luminoso (Luminaria): 7161 lm  
 Flujo luminoso (Lámparas): 7161 lm  
 Potencia de las luminarias: 77.0 W  
 Organización: bilateral desplazado  
 Distancia entre mástiles: 40.000 m  
 Altura de montaje (1): 9.000 m  
 Altura del punto de luz: 9.029 m  
 Saliente sobre la calzada (2): -2.000 m  
 Inclinación del brazo (3): 5.0 °  
 Longitud del brazo (4): 3.000 m

Valores máximos de la intensidad luminica  
 con 70°: 606 cd/klm  
 con 80°: 148 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 luminica por encima de 90°.  
 La disposición cumple con la clase de intensidad luminica G2.  
 La disposición cumple con la clase del índice de deslumbramiento D.6.



Factor mantenimiento: 0.81

Escala 1:329

#### Lista del recuadro de evaluación

##### 1 Calzada doble sentido

Longitud: 40.000 m, Anchura: 7.000 m

Trama: 14 x 6 Puntos

Elemento de la vía pública respectivo: Calzada doble sentido.

Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070

Clase de iluminación seleccionada: ME3c

(Se cumplen todos los requerimientos fotométricos.)

Valores reales según cálculo:

Valores de consigna según clase:

Cumplido/No cumplido:

$L_m$ [cd/m <sup>2</sup> ]	U0	UI	TI [%]	SR
1.11	0.79	0.75	12	0.85
≥ 1.00	≥ 0.40	≥ 0.50	≤ 15	≥ 0.50
✓	✓	✓	✓	✓

##### 2 Camino peatonal izq

Longitud: 40.000 m, Anchura: 6.000 m

Trama: 14 x 4 Puntos

Elemento de la vía pública respectivo: Camino peatonal izq.

Clase de iluminación seleccionada: CE5

(Se cumplen todos los requerimientos fotométricos.)

Valores reales según cálculo:

Valores de consigna según clase:

Cumplido/No cumplido:

$E_m$ [lx]	U0
10.84	0.40
≥ 7.50	≥ 0.40
✓	✓

##### 3 Camino peatonal dcho

Longitud: 40.000 m, Anchura: 10.000 m

Trama: 14 x 7 Puntos

Elemento de la vía pública respectivo: Camino peatonal dcho.

Clase de iluminación seleccionada: CE5

(Se cumplen todos los requerimientos fotométricos.)

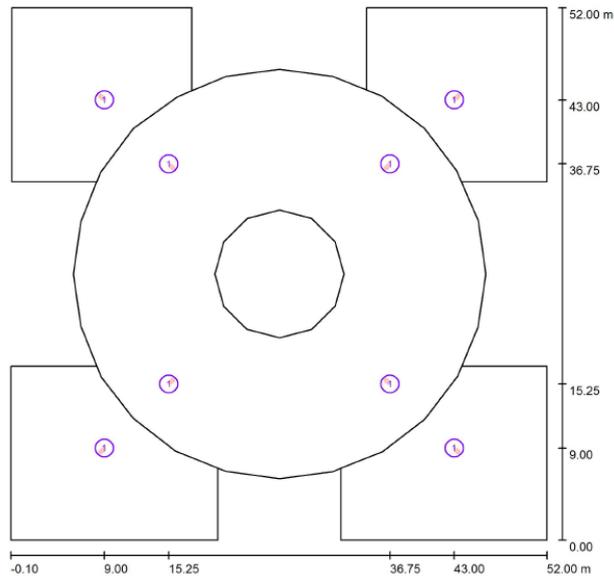
Valores reales según cálculo:

Valores de consigna según clase:

Cumplido/No cumplido:

$E_m$ [lx]	U0
10.62	0.40
≥ 7.50	≥ 0.40
✓	✓

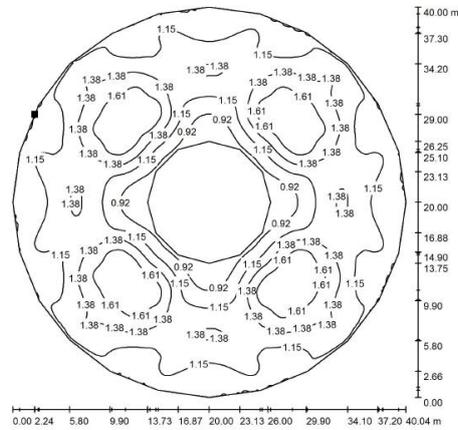
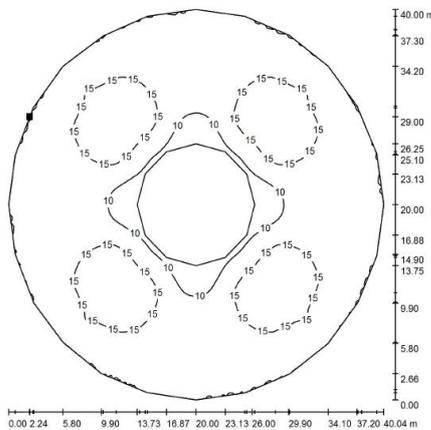
### Rotonda Av. Mar Mediterraneo – c/ Río Manzanares (VSAP)



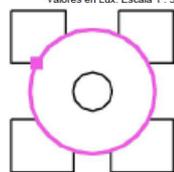
**Lista de piezas - Luminarias**

Nº	Pieza	Designación
1	8	Thorn 96249993 ORACLE 1W 100W HIDE CL2 GL [V4L4]

### Asfalto



Situación de la superficie en la escena exterior:  
Punto marcado:  
(8.260 m, 35.000 m, 0.000 m)



Trama: 128 x 128 Puntos

$E_m$  [lx]  
13

$E_{min}$  [lx]  
7.58

$E_{max}$  [lx]  
19

$E_{min} / E_m$   
0.574

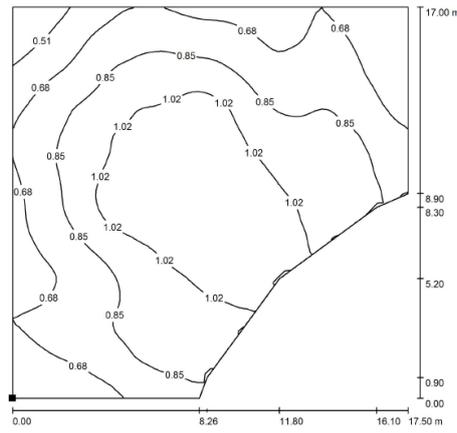
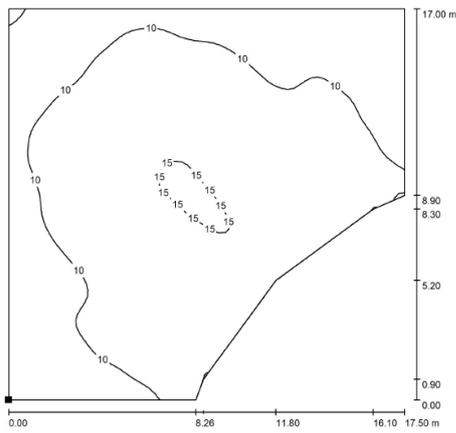
$E_{min} / E_{max}$   
0.391

$L_m$  [cd/m<sup>2</sup>]  
1.26

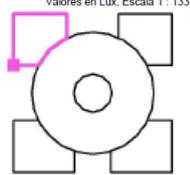
$L_{min}$  [cd/m<sup>2</sup>]  
0.72

$L_{max}$  [cd/m<sup>2</sup>]  
1.85

### Acera superior izquierda



Situación de la superficie en la escena exterior:  
Punto marcado:  
(0.000 m, 35.000 m, 0.200 m)



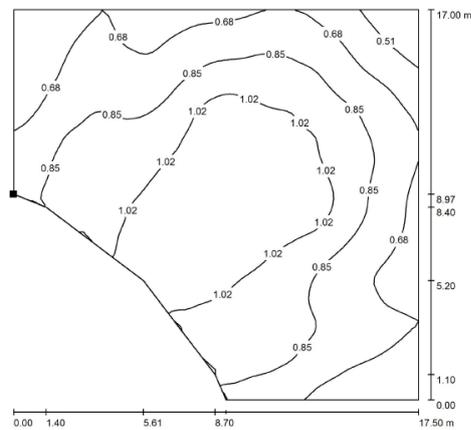
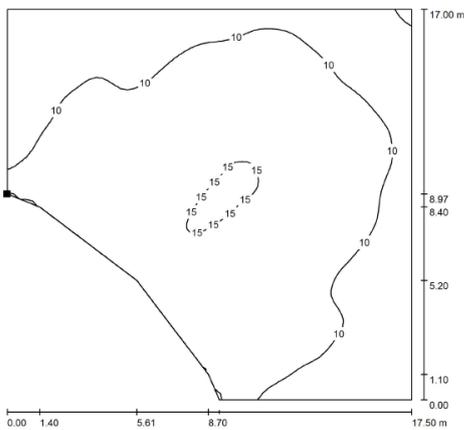
Valores en Lux, Escala 1 : 133

Valores en Candela/m², Escala 1 : 133

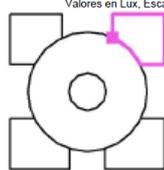
Trama: 64 x 64 Puntos

$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$	$E_{min} / E_{max}$
11	4.53	16	0.402	0.289
$L_m$ [cd/m²]	$L_{min}$ [cd/m²]	$L_{max}$ [cd/m²]		
0.86	0.35	1.20		

### Acera superior derecha



Situación de la superficie en la escena exterior:  
Punto marcado:  
(34.500 m, 43.966 m, 0.200 m)



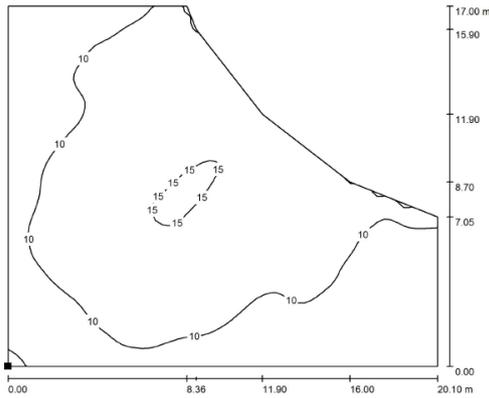
Valores en Lux, Escala 1 : 133

Valores en Candela/m², Escala 1 : 133

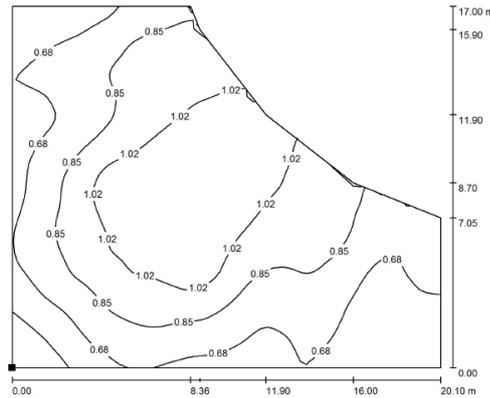
Trama: 64 x 64 Puntos

$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$	$E_{min} / E_{max}$
11	4.52	16	0.402	0.289
$L_m$ [cd/m²]	$L_{min}$ [cd/m²]	$L_{max}$ [cd/m²]		
0.86	0.35	1.20		

### Acera inferior izquierda

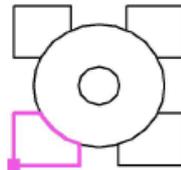


Valores en Lux, Escala 1 : 144



Valores en Candela/m², Escala 1 : 144

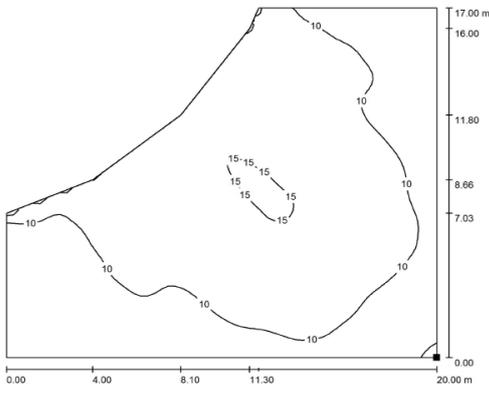
Situación de la superficie en la escena exterior:  
Punto marcado:  
(-0.100 m, 0.000 m, 0.200 m)



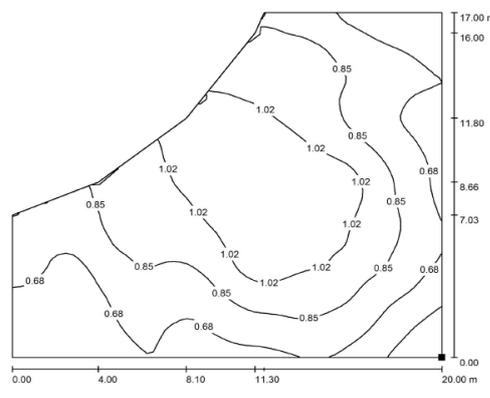
Trama: 64 x 64 Puntos

$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$	$E_{min} / E_{max}$
11	4.48	16	0.405	0.286
$L_m$ [cd/m²]		$L_{min}$ [cd/m²]		$L_{max}$ [cd/m²]
0.84		0.34		1.20

### Acera inferior derecha

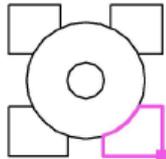


Valores en Lux, Escala 1 : 143



Valores en Candela/m², Escala 1 : 143

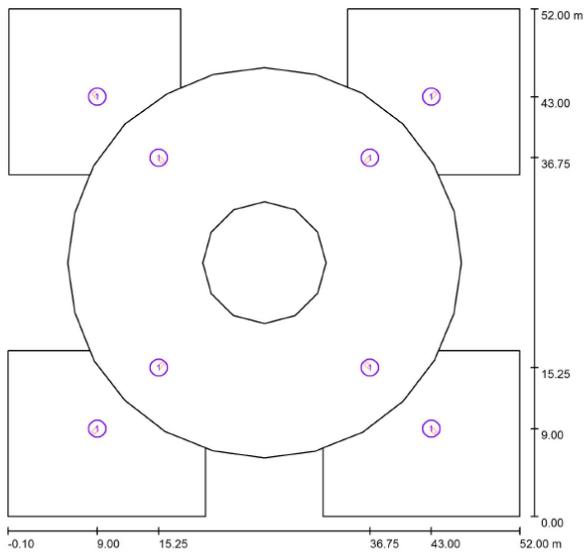
Situación de la superficie en la escena exterior:  
Punto marcado:  
(52.000 m, 0.000 m, 0.200 m)



Trama: 64 x 64 Puntos

$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$	$E_{min} / E_{max}$
11	4.54	16	0.410	0.289
$L_m$ [cd/m²]		$L_{min}$ [cd/m²]		$L_{max}$ [cd/m²]
0.85		0.35		1.20

### Rotonda Av. Mar Mediterraneo – c/ Río Manzanares (LED)

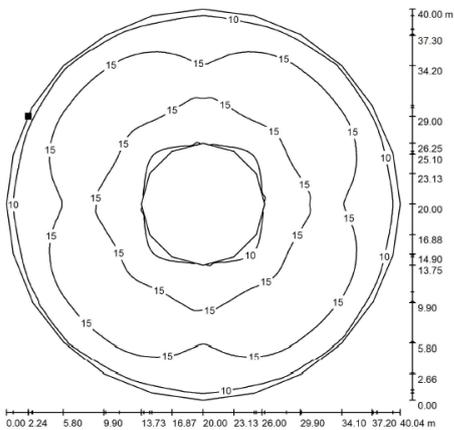


Escala 1 : 373

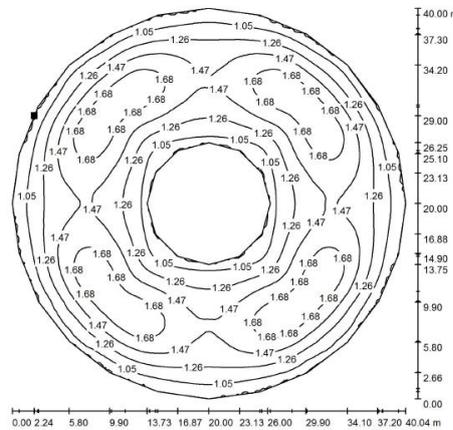
#### Lista de piezas - Luminarias

Nº	Pieza	Designación
1	8	Thorn 96266330 R2L2 S 48L50 WSC L740 CL2 [STD]

#### Asfalto

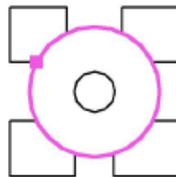


Valores en Lux, Escala 1 : 313



Valores en Candela/m², Escala 1 : 313

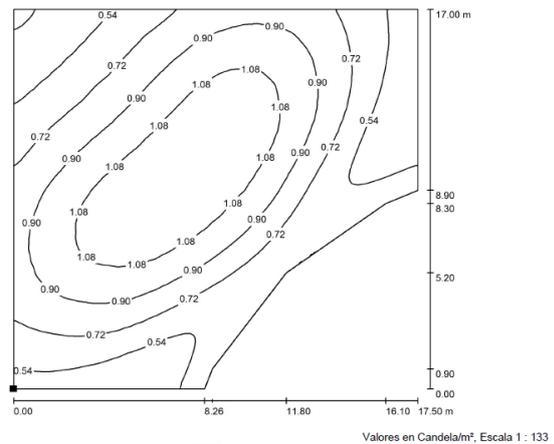
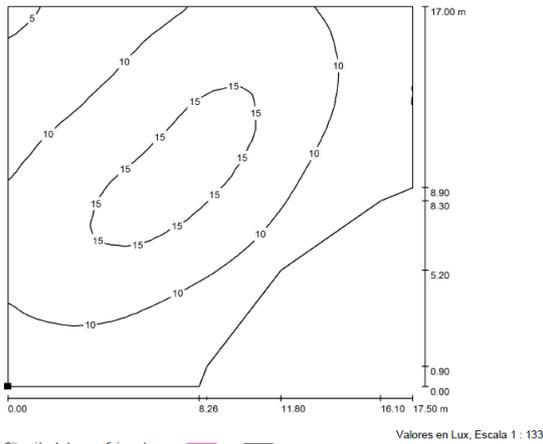
Situación de la superficie en la escena exterior:  
Punto marcado:  
(8.260 m, 35.000 m, 0.000 m)



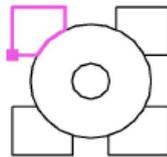
Trama: 128 x 128 Puntos

$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$	$E_{min} / E_{max}$
14	8.07	19	0.564	0.424
$L_m$ [cd/m²]		$L_{min}$ [cd/m²]		$L_{max}$ [cd/m²]
	1.37		0.77	1.82

### Acera superior izquierda



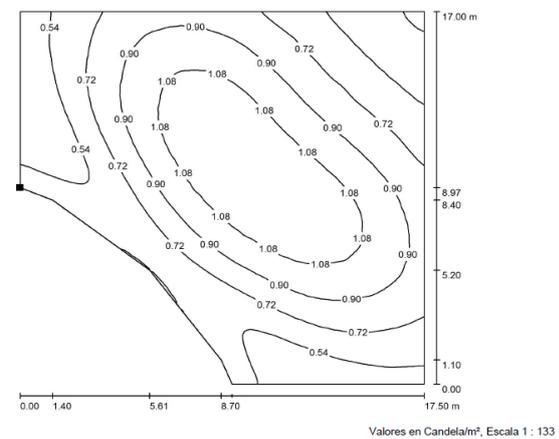
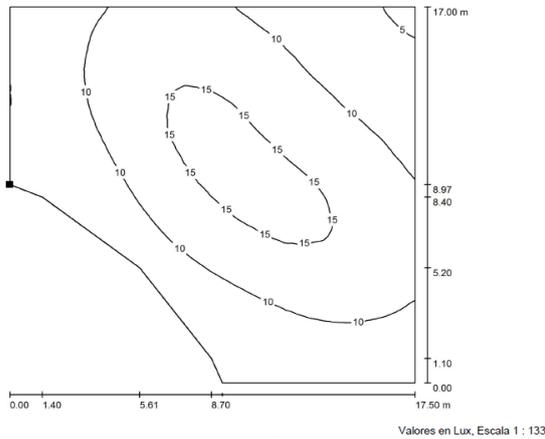
Situación de la superficie en la escena exterior:  
Punto marcado:  
(0.000 m, 35.000 m, 0.200 m)



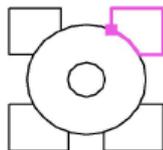
Trama: 128 x 128 Puntos

$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$	$E_{min} / E_{max}$
11	4.30	16	0.400	0.264
$L_m$ [cd/m²]	$L_{min}$ [cd/m²]	$L_{max}$ [cd/m²]		
0.82	0.33	1.24		

### Acera superior derecha



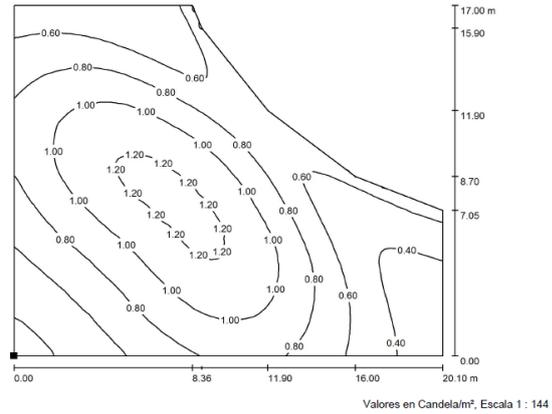
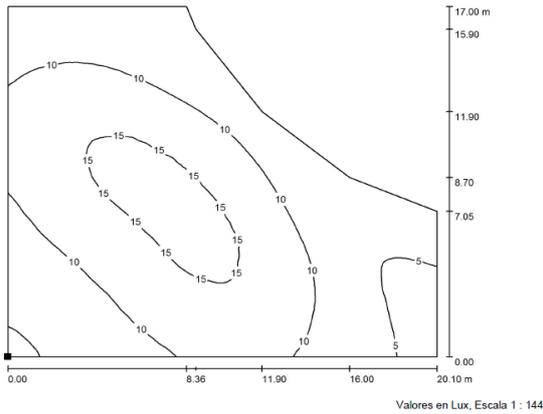
Situación de la superficie en la escena exterior:  
Punto marcado:  
(34.500 m, 43.966 m, 0.200 m)



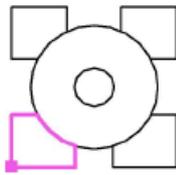
Trama: 128 x 128 Puntos

$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$	$E_{min} / E_{max}$
11	4.29	16	0.400	0.264
$L_m$ [cd/m²]	$L_{min}$ [cd/m²]	$L_{max}$ [cd/m²]		
0.82	0.33	1.24		

### Acera inferior izquierda



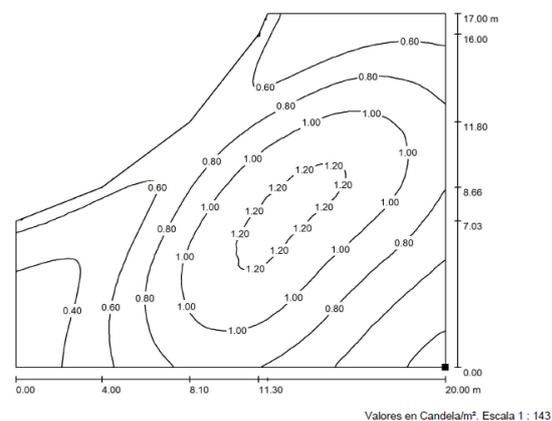
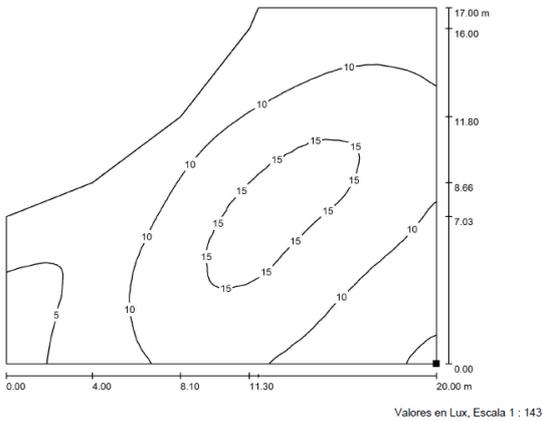
Situación de la superficie en la escena exterior:  
Punto marcado:  
(-0.100 m, 0.000 m, 0.200 m)



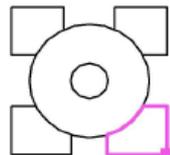
Trama: 128 x 128 Puntos

$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$	$E_{min} / E_{max}$
10	3.52	16	0.340	0.216
$L_m$ [cd/m²]	$L_{min}$ [cd/m²]	$L_{max}$ [cd/m²]		
0.79	0.27	1.25		

### Acera inferior derecha



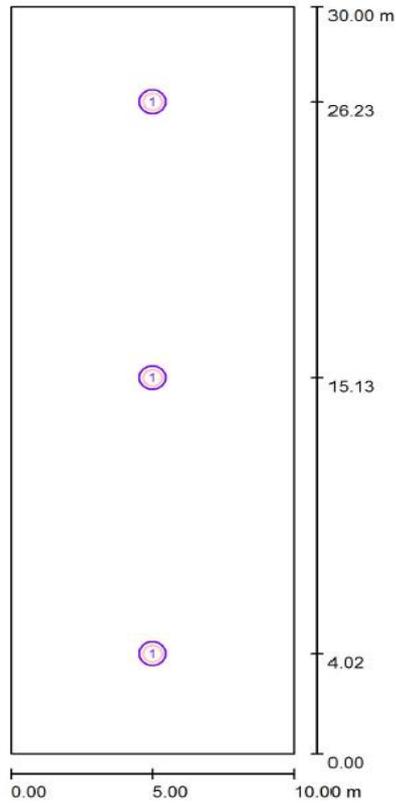
Situación de la superficie en la escena exterior:  
Punto marcado:  
(52.000 m, 0.000 m, 0.200 m)



Trama: 128 x 128 Puntos

$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$	$E_{min} / E_{max}$
10	3.51	16	0.339	0.215
$L_m$ [cd/m²]	$L_{min}$ [cd/m²]	$L_{max}$ [cd/m²]		
0.79	0.27	1.24		

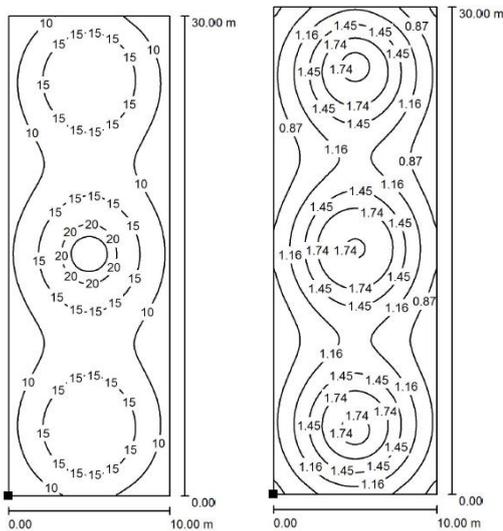
### Acceso Peatonal 1 derecha (VSAP)



Escala 1 : 203

#### Lista de piezas - Luminarias

N°	Pieza	Designación
1	3	Thorn Set 96260076 AVENUE F2 70W HIDE 2,5Kv E27 CL2 + HSE 70W [STD]



Situación de la superficie en la escena exterior:  
Punto marcado:  
(0.000 m, 0.000 m, 0.000 m)



Trama: 128 x 128 Puntos

$E_m$  [lx]  
13

$E_{min}$  [lx]  
5.25

$E_{max}$  [lx]  
21

$E_{min} / E_m$   
0.402

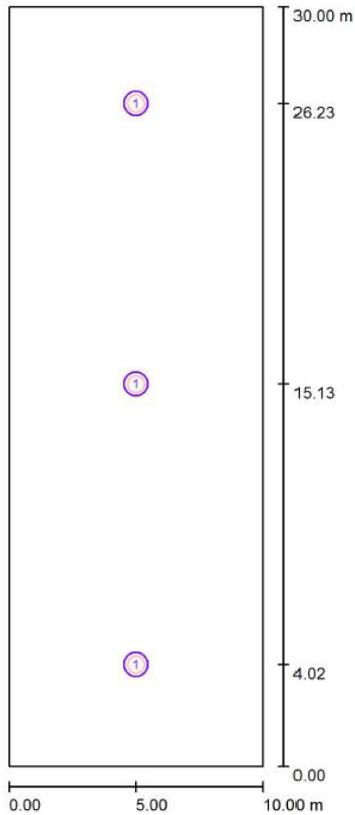
$E_{min} / E_{max}$   
0.255

$L_m$  [cd/m<sup>2</sup>]  
1.25

$L_{min}$  [cd/m<sup>2</sup>]  
0.50

$L_{max}$  [cd/m<sup>2</sup>]  
1.96

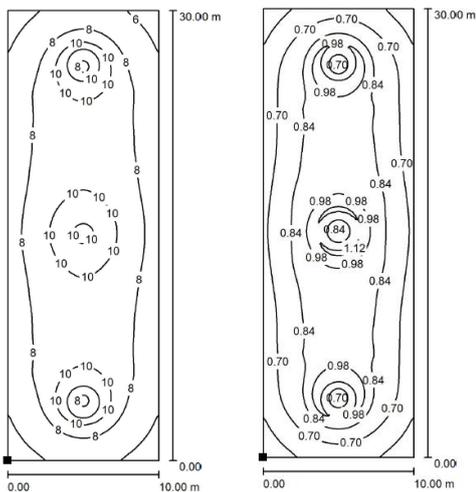
### Acceso Peatonal 1 derecha (LED)



Escala 1 : 203

#### Lista de piezas - Luminarias

Nº	Pieza	Designación
1	3	Thorn 96260064 AVENUE F2 LED 18L50 BP 740 CL2 N4M [STD]



Situación de la superficie en la escena exterior:  
Punto marcado:  
(0.000 m, 0.000 m, 0.000 m)



Trama: 128 x 128 Puntos

$E_m$  [lx]  
8.41

$E_{min}$  [lx]  
4.54

$E_{max}$  [lx]  
12

$E_{min} / E_m$   
0.540

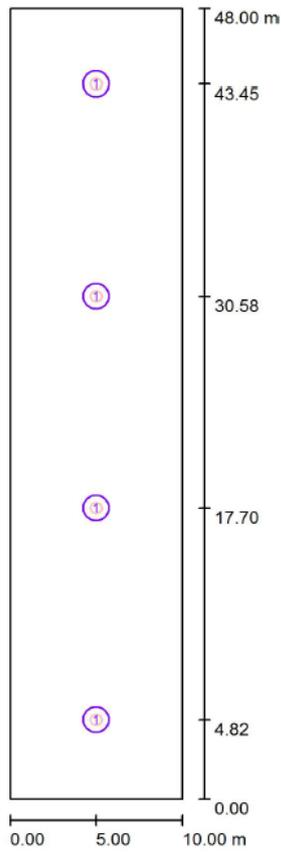
$E_{min} / E_{max}$   
0.379

$L_m$  [cd/m<sup>2</sup>]  
0.80

$L_{min}$  [cd/m<sup>2</sup>]  
0.43

$L_{max}$  [cd/m<sup>2</sup>]  
1.14

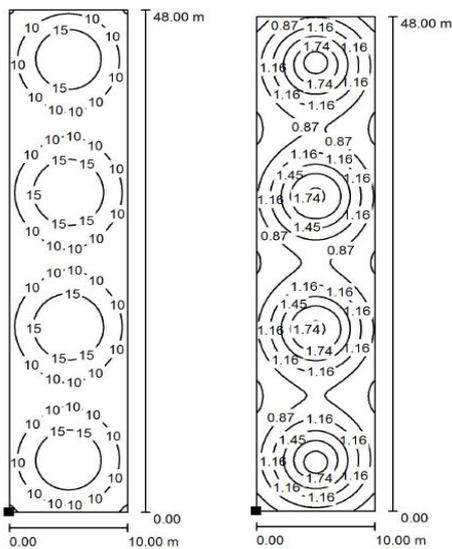
### Acceso Peatonal 1 izquierda (VSAP)



Escala 1 : 325

#### Lista de piezas - Luminarias

Nº	Pieza	Designación
1	4	Thorn Set 96260076 AVENUE F2 70W HIDE 2,5Kv E27 CL2 + HSE 70W [STD]



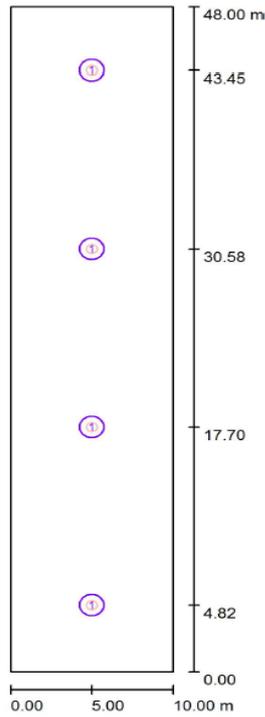
Situación de la superficie en la escena exterior:  
Punto marcado:  
(0.000 m, 0.000 m, 0.000 m)



Trama: 64 x 128 Puntos

$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$	$E_{min} / E_{max}$
12	4.47	20	0.384	0.226
$L_m$ [cd/m <sup>2</sup> ]		$L_{min}$ [cd/m <sup>2</sup> ]		$L_{max}$ [cd/m <sup>2</sup> ]
1.11		0.43		1.89

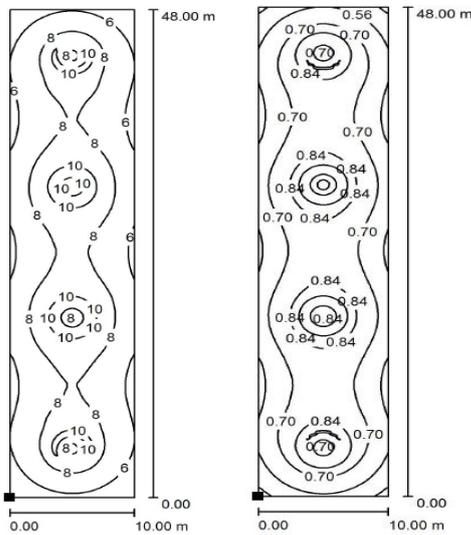
### Acceso Peatonal 1 izquierda (LED)



Escala 1 : 325

#### Lista de piezas - Luminarias

N°	Pieza	Designación
1	4	Thorn 96260064 AVENUE F2 LED 18L50 BP 740 CL2 N4M [STD]



Situación de la superficie en la escena exterior:  
Punto marcado:  
(0.000 m, 0.000 m, 0.000 m)



Trama: 64 x 128 Puntos

$E_m$  [lx]  
7.64

$E_{min}$  [lx]  
4.00

$E_{max}$  [lx]  
11

$E_{min} / E_m$   
0.524

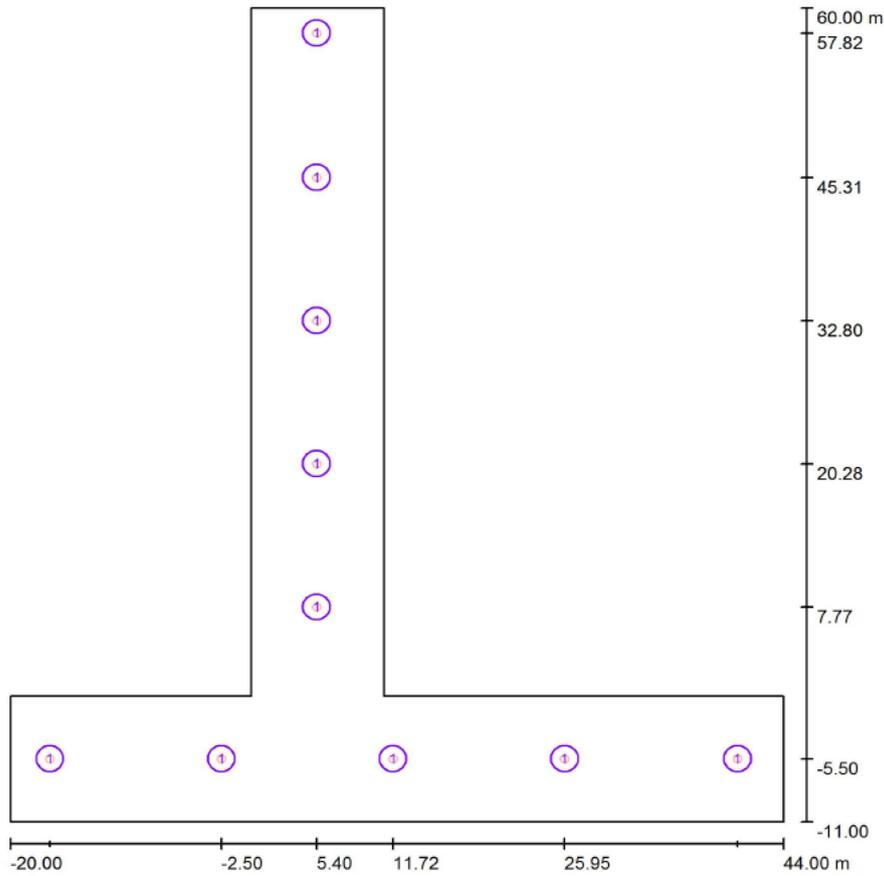
$E_{min} / E_{max}$   
0.358

$L_m$  [cd/m<sup>2</sup>]  
0.73

$L_{min}$  [cd/m<sup>2</sup>]  
0.38

$L_{max}$  [cd/m<sup>2</sup>]  
1.07

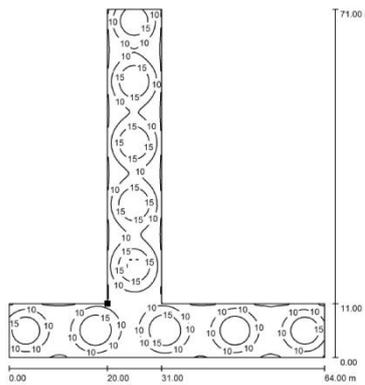
### Acceso Peatonal 2 (VSAP)



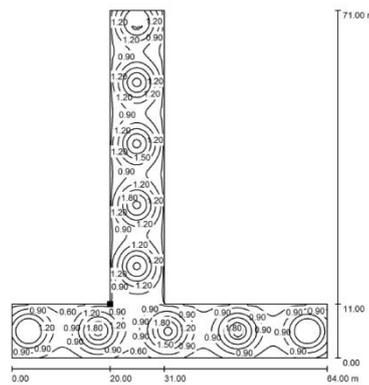
Escala 1 : 481

#### Lista de piezas - Luminarias

Nº	Pieza	Designación
1	10	Thorn Set 96260076 AVENUE F2 70W HIDE 2,5Kv E27 CL2 + HSE 70W [STD]

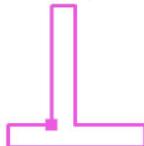


Valores en Lux, Escala 1 : 556



Valores en Candela/m², Escala 1 : 556

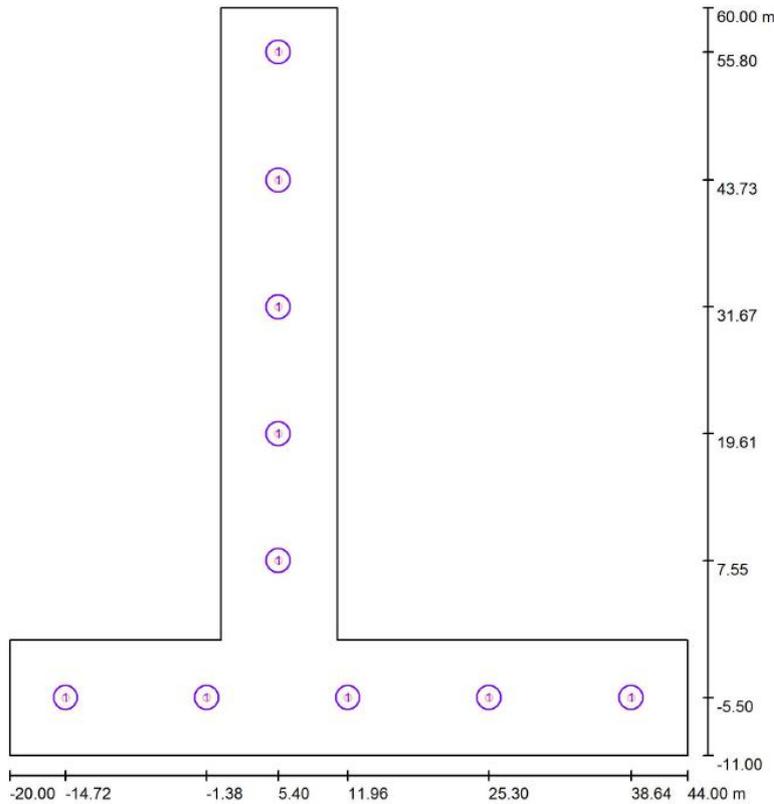
Situación de la superficie en la escena exterior:  
Punto marcado:  
(0.000 m, 0.000 m, 0.000 m)



Trama: 128 x 128 Puntos

$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$	$E_{min} / E_{max}$
11	4.57	20	0.403	0.224
$L_m$ [cd/m²]		$L_{min}$ [cd/m²]		$L_{max}$ [cd/m²]
	1.08		0.44	1.94

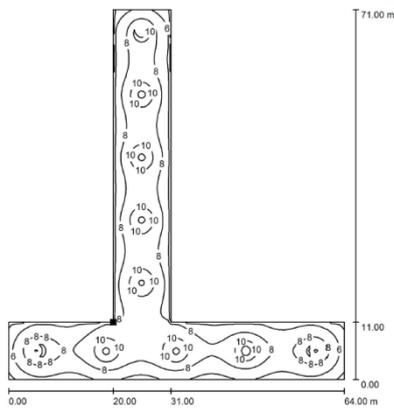
### Acceso Peatonal 2 (LED)



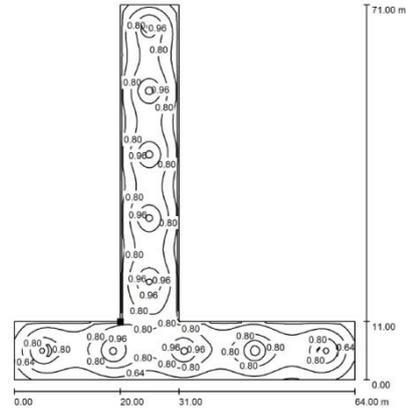
Escala 1 : 481

#### Lista de piezas - Luminarias

Nº	Pieza	Designación
1	10	Thorn 96260064 AVENUE F2 LED 18L50 BP 740 CL2 N4M [STD]

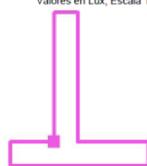


Valores en Lux, Escala 1 : 556



Valores en Candela/m², Escala 1 : 556

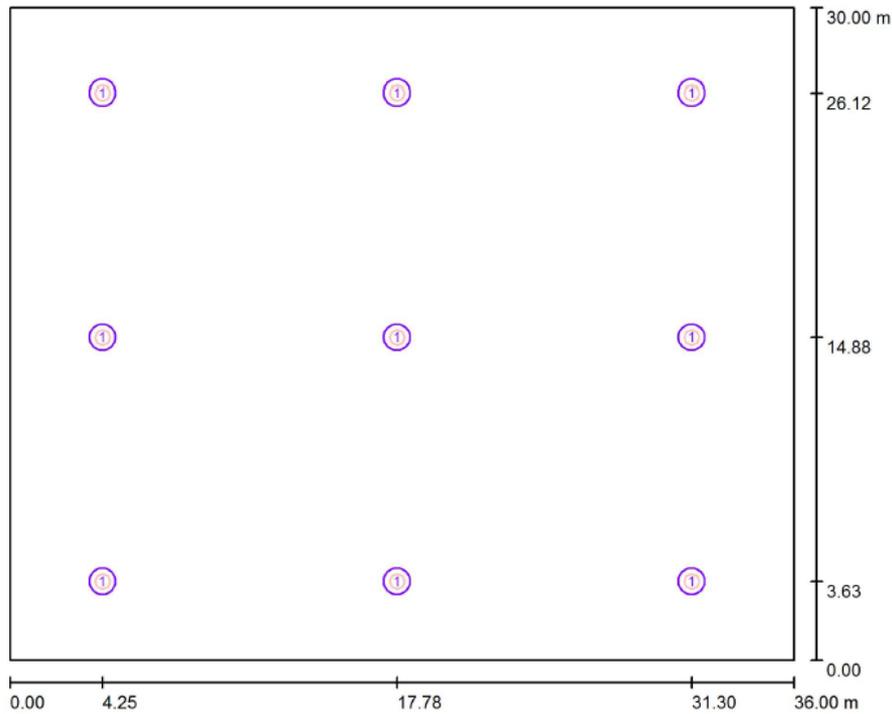
Situación de la superficie en la escena exterior:  
 Punto marcado:  
 (0.000 m, 0.000 m, 0.000 m)



Trama: 128 x 128 Puntos

$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$	$E_{min} / E_{max}$
8.00	3.49	12	0.436	0.292
$L_m$ [cd/m²]		$L_{min}$ [cd/m²]		$L_{max}$ [cd/m²]
	0.76		0.33	1.14

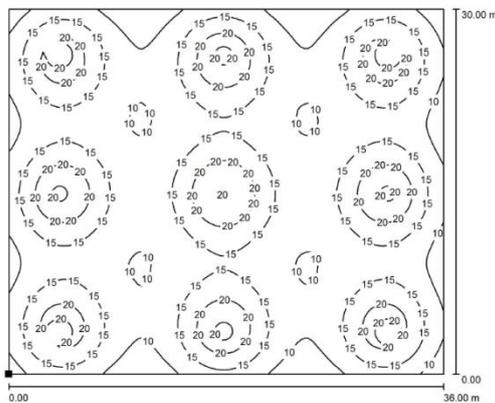
### Plaza peatonal (VSAP)



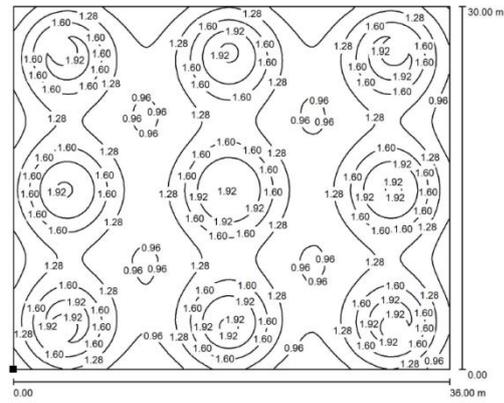
Escala 1 : 258

#### Lista de piezas - Luminarias

Nº	Pieza	Designación
1	9	Thorn Set 96260076 AVENUE F2 70W HIDE 2,5Kv E27 CL2 + HSE 70W [STD]



Valores en Lux, Escala 1 : 258



Valores en Candela/m², Escala 1 : 258

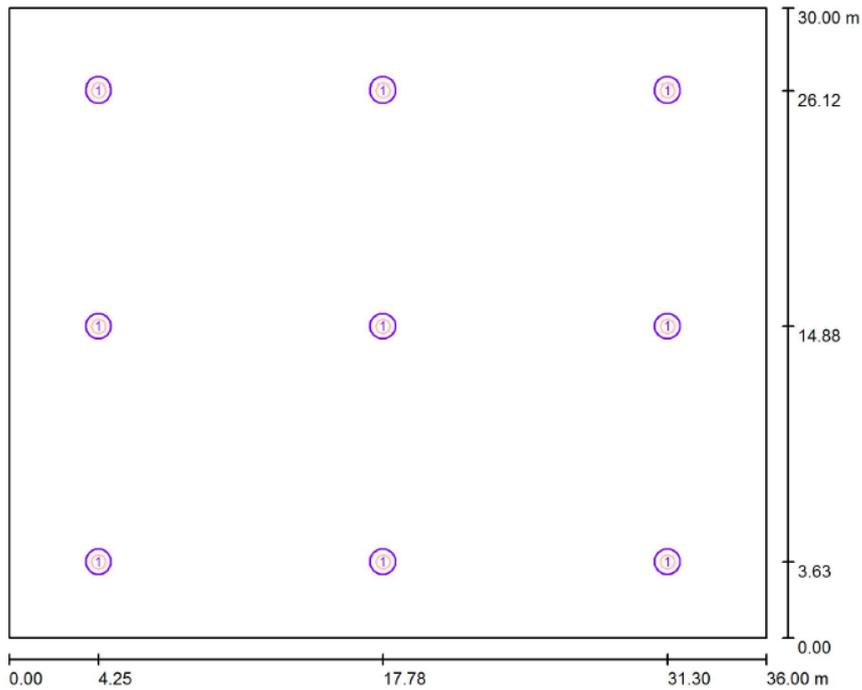
Situación de la superficie en la escena exterior:  
Punto marcado:  
(0.000 m, 0.000 m, 0.000 m)



Trama: 128 x 128 Puntos

$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$	$E_{min} / E_{max}$
14	6.56	23	0.458	0.282
	$L_m$ [cd/m²]		$L_{min}$ [cd/m²]	$L_{max}$ [cd/m²]
	1.37		0.63	2.22

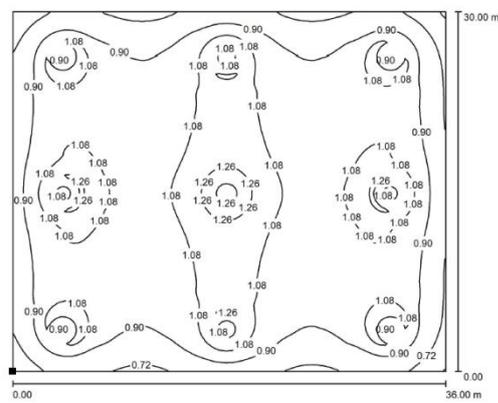
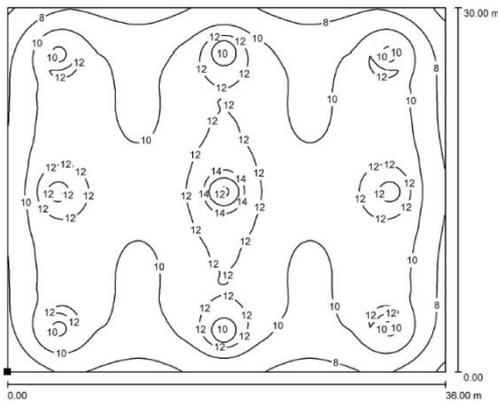
### Plaza peatonal (LED)



Escala 1 : 258

#### Lista de piezas - Luminarias

Nº	Pieza	Designación
1	9	Thorn 96260064 AVENUE F2 LED 18L50 BP 740 CL2 N4M [STD]



Situación de la superficie en la escena exterior:  
 Punto marcado:  
 (0.000 m, 0.000 m, 0.000 m)



Trama: 128 x 128 Puntos

$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$	$E_{min} / E_{max}$
10	5.42	15	0.526	0.371
	$L_m$ [cd/m²]		$L_{min}$ [cd/m²]	$L_{max}$ [cd/m²]
	0.98		0.52	1.39

En la siguiente tabla vemos un resumen de los datos luminotécnicos sobre la calzada en cada calle. Primero se muestran los datos del vapor de sodio, a continuación del LED y por último los requisitos que deben cumplir según la clasificación de cada vía:

Calles	Calzada					
	$L_m$ (cd/m <sup>2</sup> )	$U_0$	$U_l$	TI (%)	SR	$E_m$ (lux)
Av. Mar Mediterráneo (VSAP)	1,62	0,75	0,77	9	0,89	22
Av. Mar Mediterráneo (LED)	1,74	0,77	0,78	10	0,84	26
ME3c	≥1	≥0,4	≥0,5	≤15	≥0,50	
Av. Mar Mediterráneo - parking (VSAP)	<b>0,71</b>	0,63	0,79	8	0,93	12
Av. Mar Mediterráneo - parking (LED)	0,76	0,7	0,84	11	0,98	13
ME3c	≥0,75	≥0,4	≥0,5	≤15	≥0,50	
Calle Río Henares (VSAP)	1,02	0,86	0,84	9	0,88	15
Calle Río Henares (LED)	1	0,86	0,78	10	0,95	16
ME3c	≥1	≥0,4	≥0,5	≤15	≥0,50	
Calle Río Duero Tramo 1 (VSAP)	1,12	0,84	0,87	9	0,81	17
Calle Río Duero Tramo 1 (LED)	1,18	0,84	0,84	9	0,9	19
ME3c	≥1	≥0,4	≥0,5	≤15	≥0,50	
Calle Río Duero Tramo 2 (VSAP)	1,07	0,43	<b>0,26</b>	<b>28</b>	0,95	17
Calle Río Duero Tramo 2 (LED)	1,09	0,78	0,77	9	0,88	17
ME3c	≥1	≥0,4	≥0,5	≤15	≥0,50	
Calle Río Manzanares (VSAP)	1,16	0,82	0,78	11	0,82	17
Calle Río Manzanares (LED)	1,11	0,79	0,75	12	0,85	17
ME3c	≥1	≥0,4	≥0,5	≤15	≥0,50	
Calle Río Duero - Sin salida (VSAP)		0,72				<b>19,5</b>
Calle Río Duero - Sin salida (LED)		0,79				20,24
CE2		≥0,4				≥20
Rotonda (VSAP)	1,26	0,63	0,68			13
Rotonda (LED)	1,37	0,63	0,75			14
ME3b	≥1	≥0,4	≥0,6			

Tabla 14. Comparativa datos luminotécnicos calzada

Como se puede apreciar en algunas vías la iluminación VSAP no cumple con la normativa, mientras que con la misma configuración el LED sí que cumple en todos los casos. En el resto de casos los resultados son bastante similares, pero hay que tener en cuenta que la potencia de la luminaria LED es inferior a la de VSAP, lo que aparte de dar mejores resultados, nos ayuda a ahorrar en el consumo eléctrico.

A continuación se mostrará la misma comparativa pero para las aceras y las zonas peatonales:

Calles	Acera 1		Acera 2	
	$E_m$ (lux)	$U_0$	$E_m$ (lux)	$U_0$
Av. Mar Mediterráneo (VSAP)	15,03	0,74	13,29	0,64
Av. Mar Mediterráneo (LED)	16,36	0,67	13	0,42
S3	$\geq 7,50$	$\geq 0,40$	$\geq 7,50$	$\geq 0,40$
Av. Mar Mediterráneo - parking (VSAP)	10,66	0,67		
Av. Mar Mediterráneo - parking (LED)	10,21	0,4		
S3	$\geq 7,50$	$\geq 0,40$		
Calle Río Henares (VSAP)	8,51	0,54	8,4	0,62
Calle Río Henares (LED)	9,56	0,56	9,57	0,55
S3	$\geq 7,50$	$\geq 0,40$	$\geq 7,50$	$\geq 0,40$
Calle Río Duero Tramo 1 (VSAP)	9,6	0,69	9,7	0,64
Calle Río Duero Tramo 1 (LED)	10,56	0,48	10,54	0,4
S3	$\geq 7,50$	$\geq 0,40$	$\geq 7,50$	$\geq 0,40$
Calle Río Duero Tramo 2 (VSAP)	8,13	0,59	14,23	0,15
Calle Río Duero Tramo 2 (LED)	10,92	0,4	10,31	0,47
S3	$\geq 7,50$	$\geq 0,40$	$\geq 7,50$	$\geq 0,40$
Calle Río Manzanares (VSAP)	12,01	0,65	11,54	0,54
Calle Río Manzanares (LED)	10,84	0,4	10,62	0,4
S3	$\geq 7,50$	$\geq 0,40$	$\geq 7,50$	$\geq 0,40$
Calle Río Duero - Sin salida (VSAP)	9,13	0,69	10,47	0,72
Calle Río Duero - Sin salida (LED)	8,08	0,51	10,38	0,55
S3	$\geq 7,50$	$\geq 0,40$	$\geq 7,50$	$\geq 0,40$
Rotonda (VSAP)	11	0,4		
Rotonda (LED)	11	0,4		
CE5	$\geq 7,50$	$\geq 0,40$		

Tabla 15. Comparativa datos luminotécnicos aceras

	$L_m$ (cd/m <sup>2</sup> )	$E_m$ (lux)	$E_m$ min (lux)	$U_m$
Acceso Peatonal 1 derecha (VSAP)	1,25	13	5,25	0,4
Acceso Peatonal 1 derecha (LED)	0,8	8,41	4,54	0,54
S3		≥7,50	≥1,50	≥0,4
Acceso Peatonal 1 izquierda (VSAP)	1,11	12	4,47	0,384
Acceso Peatonal 1 izquierda (LED)	0,73	7,64	4	0,524
S3		≥7,50	≥1,50	≥0,4
Acceso Peatonal 2 (VSAP)	1,08	11	4,57	0,403
Acceso Peatonal 2 (LED)	0,76	8	3,49	0,436
S3		≥7,50	≥1,50	≥0,4
Plaza Peatonal (VSAP)	1,37	14	6,56	0,458
Plaza Peatonal (LED)	0,98	10	5,42	0,526
S3		≥7,50	≥1,50	≥0,4

Tabla 16. Comparativa datos luminotécnicos accesos peatonales

Se puede observar que los resultados son similares al caso de la calzada, en algún caso concreto el VSAP no cumple con los requisitos mínimos, pero en general ambas iluminaciones cumplen con la norma. Por lo que es interesante destacar que la potencia de cada luminaria de vapor de sodio es casi el triple que la de LED, por lo que el ahorro será considerable y la inversión en la nueva tecnología es más que interesante.

### 2.3. Eficiencia energética

Según el artículo 5 “*Calificación energética de las instalaciones*” del Real Decreto 1890/2008 [1], 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.

“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”.

$$\varepsilon = \frac{S \cdot E_m}{P} \left( \frac{m^2 \cdot lux}{W} \right) \quad (5)$$

Siendo:

- E: eficiencia energética de la instalación de alumbrado exterior (m<sup>2</sup>·lux/W)
- P: potencia activa total instalada (lámpara y equipos auxiliares) (W)
- S: superficie iluminada (m<sup>2</sup>)
- E<sub>m</sub>: iluminancia media en servicio de la instalación, considerando el mantenimiento previsto (lux).

Dentro del apartado 2, “*Requisitos Mínimos de Eficiencia Energética*”, del citado documento, se indican en tablas los requisitos mínimos de eficiencia energética en instalaciones de alumbrado vial funcional y vial ambiental:

Iluminancia media en servicio E <sub>m</sub> (lux)	EFICIENCIA ENERGÉTICA MÍNIMA $\left( \frac{m^2 \cdot lux}{W} \right)$
≥ 30	22
25	20
20	17,5
15	15
10	12
≤ 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 17. Requisitos mínimos de eficiencia energética en instalaciones de alumbrado vial funcional [1]

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

Tabla 18. Requisitos mínimos de eficiencia energética en instalaciones de alumbrado vial ambiental [1]

En el apartado 3, “Calificación Energética de las instalaciones de alumbrado”, se indica que 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.

“El **índice de eficiencia energética** ( $I_\epsilon$ ) se define como el cociente entre la eficiencia energética de la instalación ( $\epsilon$ ) y el valor de la eficiencia energética de referencia ( $\epsilon_R$ ) en función del nivel de iluminancia media en servicio proyectada, que se indica en la siguiente tabla:

Alumbrado vial funcional		Alumbrado vial ambiental y otras instalaciones de alumbrado	
Iluminancia media en servicio proyectada $E_m(\text{lux})$	Eficiencia energética de referencia $\epsilon_R$ $\left(\frac{\text{m}^2 \cdot \text{lux}}{\text{W}}\right)$	Iluminancia media en servicio proyectada $E_m(\text{lux})$	Eficiencia energética de referencia $\epsilon_R$ $\left(\frac{\text{m}^2 \cdot \text{lux}}{\text{W}}\right)$
$\geq 30$	32	–	--
25	29	–	–
20	26	$\geq 20$	13
15	23	15	11
10	18	10	9
$\leq 7,5$	14	7,5	7
--	–	$\leq 5$	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

Tabla 19. Valores de eficiencia energética de referencia [1]

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”:

$$ICE = \frac{1}{I_e} \quad (6)$$

La siguiente tabla determina los valores definidos por las respectivas letras de consumo energético, en función de los índices de eficiencia energética declarados:

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 $\geq 5,00$	$I_e \leq 0,20$

Tabla 20. Calificación energética de una instalación de alumbrado [1]

“Entre la información que se debe entregar a los usuarios figurará la eficiencia energética ( $\epsilon$ ), su calificación mediante el índice de eficiencia energética ( $I_e$ ) medido y la etiqueta que mide el consumo energético de la instalación, de acuerdo al modelo que se indica a continuación”:

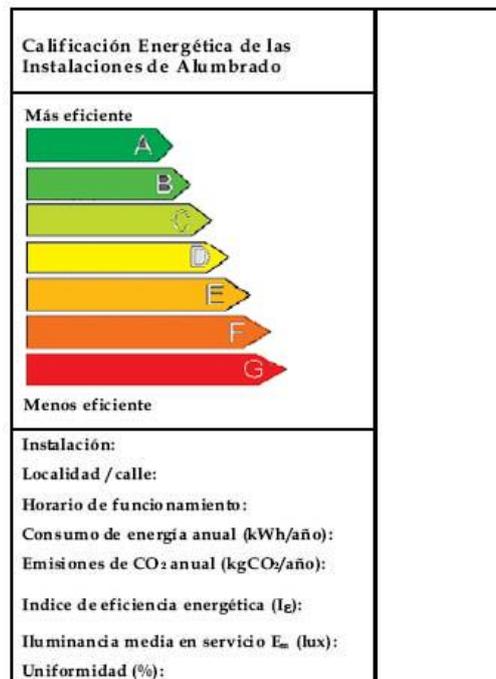


Figura 39. Modelo de etiqueta energética [1]

Teniendo en cuenta todo lo anterior, y basándose en el área iluminada, la iluminancia media y la potencia instalada se calculan las etiquetas de eficiencia energética de cada zona estudiada.

Para la elaboración de las etiquetas se ha usado una aplicación informática de la empresa especialista en iluminación exterior MAYJA S.L. [17] que se basa en el reglamento indicado en [1].

### 2.3.1. Cálculos de las etiquetas energéticas

#### Avenida Mar Mediterráneo (Circulación)

Area iluminada: 6450m<sup>2</sup>

Iluminancia media E<sub>m</sub>: 26lux

Potencia activa instalada: 2310W

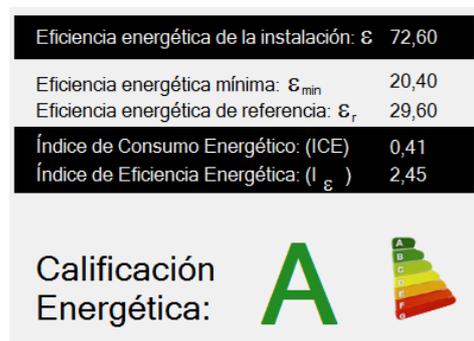


Figura 40. Clasificación energética Av. Mar Mediterráneo (Circulación) [17]

#### Avenida Mar Mediterráneo (Zona Parking)

Area iluminada: 2480m<sup>2</sup>

Iluminancia media E<sub>m</sub>: 13lux

Potencia activa instalada: 539W

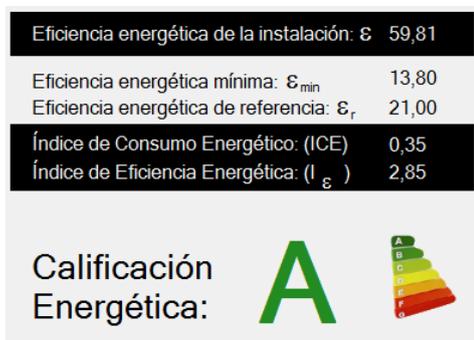


Figura 41. Clasificación energética Av. Mar Mediterráneo (Zona Parking) [17]

#### Calle Río Henares

Area iluminada: 1522,5m<sup>2</sup>

Iluminancia media E<sub>m</sub>: 16lux

Potencia activa instalada: 462W

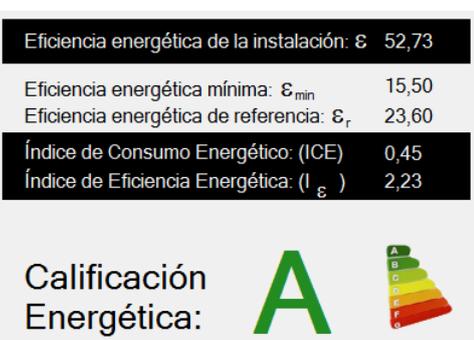


Figura 42. Clasificación energética Calle Río Henares [17]

### Calle Río Duero (Tramo 1)

Area iluminada: 1900m<sup>2</sup>

Iluminancia media E<sub>m</sub>: 19lux

Potencia activa instalada: 539W

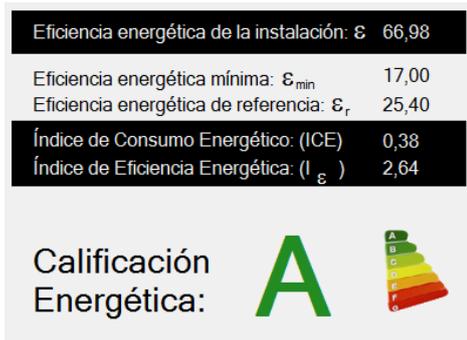


Figura 43. Clasificación energética Calle Río Duero (Tramo 1) [17]

### Calle Río Duero (Tramo 2)

Area iluminada: 4465m<sup>2</sup>

Iluminancia media E<sub>m</sub>: 17lux

Potencia activa instalada: 1155W

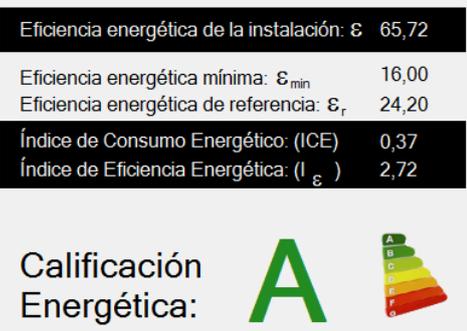


Figura 44. Clasificación energética Calle Río Duero (Tramo 2) [17]

### Calle Río Duero (calle sin salida)

Area iluminada: 2972,5m<sup>2</sup>

Iluminancia media E<sub>m</sub>: 20,24lux

Potencia activa instalada: 924W

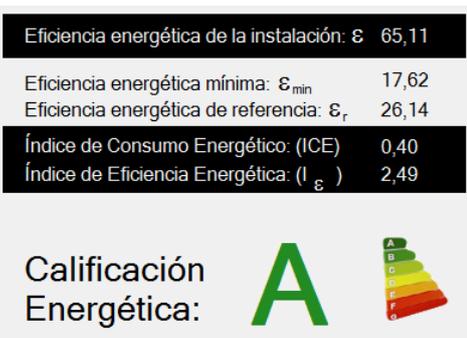


Figura 45. Clasificación energética Calle Río Duero (Tramo 3) [17]

### Calle Río Manzanares

Area iluminada: 3412,5m<sup>2</sup>

Iluminancia media E<sub>m</sub>: 17lux

Potencia activa instalada: 924W

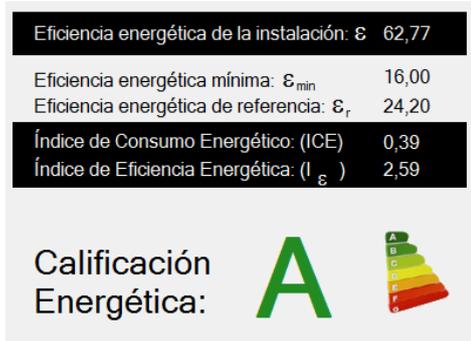


Figura 46. Clasificación energética Calle Río Manzanares [17]

### Rotonda

Area iluminada: 1133,92m<sup>2</sup>

Iluminancia media E<sub>m</sub>: 14lux

Potencia activa instalada: 308W

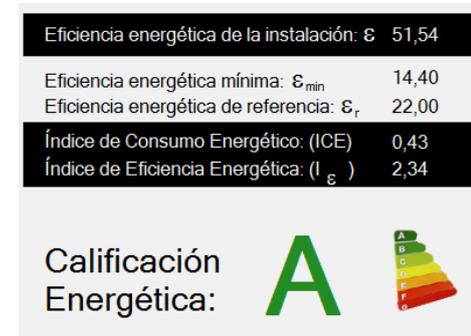


Figura 47. Clasificación energética rotonda [17]

### Acceso Peatonal 1 derecha

Area iluminada: 300m<sup>2</sup>

Iluminancia media E<sub>m</sub>: 8,41lux

Potencia activa instalada: 96W

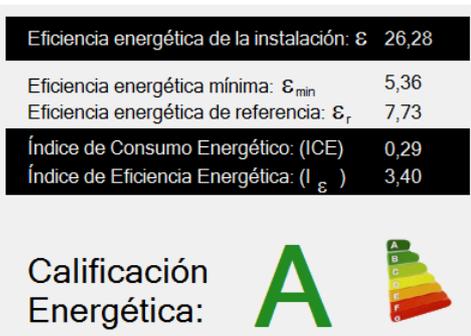


Figura 48. Clasificación energética acceso peatonal 1 derecha [17]

### Acceso Peatonal 1 izquierda

Area iluminada: 480m<sup>2</sup>

Iluminancia media E<sub>m</sub>: 7,64lux

Potencia activa instalada: 128W

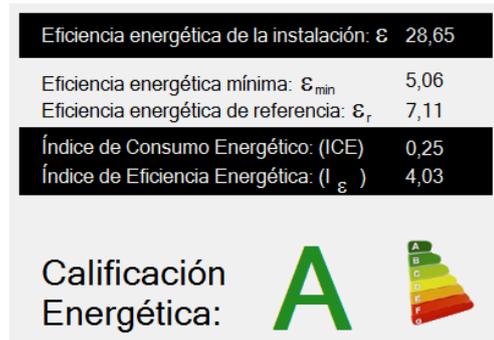


Figura 49. Clasificación energética acceso peatonal 1 izquierda [17]

### Acceso Peatonal 2

Area iluminada: 1364m<sup>2</sup>

Iluminancia media E<sub>m</sub>: 8lux

Potencia activa instalada: 320W

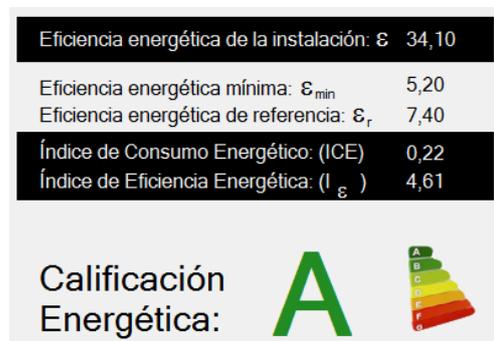


Figura 50. Clasificación energética acceso peatonal 2 [17]

### Plaza Peatonal

Area iluminada: 1080m<sup>2</sup>

Iluminancia media E<sub>m</sub>: 10lux

Potencia activa instalada: 288W



Figura 51. Clasificación energética plaza peatonal [17]

Destacamos que todas las zonas de estudio tienen la máxima clasificación energética, esto quiere decir que con este alumbrado el consumo energético se ve reducido y con ello los costes asociados. Además, adoptando un Alumbrado Público eficiente se promueve la sustentabilidad económica, política y ambiental.

## 2.4. Cálculos eléctricos

En este apartado se van a realizar los cálculos eléctricos de las luminarias instaladas según el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, ITC-BT-09 [2].

En [2] se indica que 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 y 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. En nuestro caso al tratarse de LED no es necesario tener en cuenta esta consideración.

También está estipulado que 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% y la sección mínima de los conductores de cobre debe ser de 6mm.

A continuación se explica cómo se han calculado las potencias, intensidades, secciones del cable y la caída de tensión.

Hay que destacar que para decidir la sección del cable, se realiza un proceso de ensayo y error en el que se prueba con la mínima sección posible (6mm) y si la caída de tensión supera el 3% máximo permitido se sube a la siguiente sección posible. Secciones posibles son 6mm, 10mm, 16mm y 25mm.

### - **Potencia instalada LED:**

$$P = P_{cada\ luminaria} \cdot N^{\circ}de\ luminarias \quad (W) \quad (7)$$

Se multiplicaría por 1,8 la potencia para en el caso de lámparas de descarga.

### - **Intensidad de corriente monofásica:**

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos\varphi} \quad (8)$$

Siendo:

- I: Intensidad de corriente (A)
- P: potencia instalada (W)
- U: tensión (V)
- $\cos\varphi$ : Factor de potencia (0,9 según reglamento)

En el caso de que nuestro circuito fuera monofásico habría que suprimir el  $\sqrt{3}$  en el denominador.

- **Caída de tensión trifásica:**

$$e = \frac{P \cdot L}{U \cdot K \cdot S} \quad (9)$$

Siendo:

- e: caída de tensión (V)
- P: potencia instalada (W)
- L: longitud de cada tramo (m)
- K: conductividad del cobre (valor constante de 56 Siemens · m/mm<sup>2</sup>)
- S: sección del cable (mm<sup>2</sup>)

En el caso que fuera monofásico el numerador se multiplicaría por 2.

Una vez calculada la caída de tensión en voltios, se obtendrá el porcentaje de caída de tensión y se comparará con el 3%:

$$e(\%) = \frac{e}{U} \cdot 100 \quad (10)$$

Para determinar los cálculos, se ha utilizado el programa de cálculo Excel, donde se han dividido las distintas zonas de actuación en múltiples ramas que parten de un mismo cuadro situado en la Plaza Peatonal indicando las distancias, potencias soportadas, intensidades y caídas de tensión de cada tramo.

SECCIÓN NOMINAL mm <sup>2</sup>	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	-	-	-

Tabla 21. Intensidad máx. admisible, en amperios, para cables con conductores de cobre en instalación enterrada [2]

Se calcula como ejemplo la máxima intensidad de nuestra instalación, que se da en el alumbrado 2 y alumbrado 4 con 1694W de potencia máxima. Por lo que si el cable instalado soporta esta intensidad, también lo soportará para el resto de circuitos.

$$I_{\max \text{ circuito}} = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos\varphi} = \frac{1694}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0,9} = 2,71A$$

Como vemos en la tabla 21 anterior, un cable de cobre de 6mm de sección y con aislamiento XLPE soporta una intensidad de hasta 66A, por lo que aplicándole los pertinentes factores de corrección vemos si es válido para nuestra instalación.

Los factores de corrección que se usan para comprobar si en nuestras condiciones el cable elegido admite la intensidad real máxima que va a poder circular por él vienen definidos en el ITC-BT-07.

De todos los factores de corrección los que nos afectan a nuestros cálculos son el de la temperatura del suelo, que es de 25°C, la resistividad térmica de 1 K·m/W y la profundidad de enterramiento de 70cm, por lo que para estos tres parámetros el los factores de corrección son 1. El único factor que se le ha aplicado es el de enterrado bajo tubo que es de 0,8. El último factor a tener en cuenta es el de número de cables o terna de la zanja, siendo en nuestro caso más desfavorable el de 4 cables con una distancia de separación de 0cm, lo que nos da un factor de corrección de 0,64

Por lo que:

$$I_{\max \text{ admisible real}} = I_{\max \text{ admisible}} \cdot \text{Factores corrección} \quad (11)$$

$$I_{\max \text{ admisible real}} = 66 \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,64 = 33,792A$$

Por lo que en todos los casos el cable de 6mm va a cumplir holgadamente en cuanto a la intensidad máxima.

Ahora en cuanto la caída de tensión máxima tenemos en cuenta el caso más desfavorable de cada circuito, es decir el tramo de máxima distancia y en el que va a haber más luminarias instaladas. La forma de calcular la máxima caída de tensión ha sido hallando la caída de tensión en todo el tramo luminaria por luminaria y sumarle también la caída de tensión acumulada en el tramo de cable desde el cuadro hasta la primera luminaria.

En las tablas siguientes, elaboras con Excel, se muestran los cálculos de las caídas de tensión:

Alumbrado 1 (Mar Mediterráneo 1)	e (%)	P (W)	L (m)	S (mm)	e acumulada %
	0,0032	77	22	6	<b>0,4694</b>
	0,0063	154	22	6	<b>0,4662</b>
	0,0095	231	22	6	<b>0,4599</b>
	0,0126	308	22	6	<b>0,4505</b>
	0,0158	385	22	6	<b>0,4379</b>
	0,0189	462	22	6	<b>0,4221</b>
	0,0221	539	22	6	<b>0,4032</b>
	0,0252	616	22	6	<b>0,3811</b>
	0,0284	693	22	6	<b>0,3559</b>
	0,0315	770	22	6	<b>0,3276</b>
	0,0347	847	22	6	<b>0,2961</b>
	0,0378	924	22	6	<b>0,2614</b>
	0,0410	1001	22	6	<b>0,2236</b>
	0,1826	1155	85	6	<b>0,1826</b>

Tabla 22. Caída de tensión alumbrado 1

Alumbrado 2 (Mar Mediterráneo 2+parking)	e (%)	P (W)	L (m)	S (mm)	e acumulada %
	0,0032	77	22	6	<b>0,4920</b>
	0,0063	154	22	6	<b>0,4888</b>
	0,0095	231	22	6	<b>0,4825</b>
	0,0126	308	22	6	<b>0,4731</b>
	0,0158	385	22	6	<b>0,4605</b>
	0,0189	462	22	6	<b>0,4447</b>
	0,0221	539	22	6	<b>0,4258</b>
	0,0252	616	22	6	<b>0,4038</b>
	0,0284	693	22	6	<b>0,3786</b>
	0,0315	770	22	6	<b>0,3502</b>
	0,0347	847	22	6	<b>0,3187</b>
	0,0378	924	22	6	<b>0,2840</b>
	0,0410	1001	22	6	<b>0,2462</b>
	0,0441	1078	22	6	<b>0,2052</b>
0,1611	1155	75	6	<b>0,1611</b>	

Tabla 23. Caída de tensión alumbrado 2

Alumbrado 3 (Río Henares)	e (%)	P (W)	L (m)	S (mm)	e acumulada %
	0,0064	77	45	6	<b>0,1246</b>
	0,0129	154	45	6	<b>0,1182</b>
	0,0193	231	45	6	<b>0,1053</b>
	0,0859	462	100	6	<b>0,0859</b>

Tabla 24. Caída de tensión alumbrado 3

Alumbrado 4 (Río Duero 1+2)	e (%)	P (W)	L (m)	S (mm)	e acumulada %
	0,0050	77	35	6	<b>0,4146</b>
	0,0100	154	35	6	<b>0,4096</b>
	0,0150	231	35	6	<b>0,3996</b>
	0,0201	308	35	6	<b>0,3846</b>
	0,0251	385	35	6	<b>0,3645</b>
	0,0301	462	35	6	<b>0,3395</b>
	0,0351	539	35	6	<b>0,3094</b>
	0,0401	616	35	6	<b>0,2743</b>
	0,0451	693	35	6	<b>0,2342</b>
0,1891	1694	60	6	<b>0,1891</b>	

Tabla 25. Caída de tensión alumbrado 4

Alumbrado 5 (Río Duero 3)	e (%)	P (W)	L (m)	S (mm)	e acumulada %
	0,0062	77	25	6	<b>1,0275</b>
	0,0125	154	25	6	<b>1,0213</b>
	0,0187	231	25	6	<b>1,0088</b>
	0,0249	308	25	6	<b>0,9901</b>
	0,0311	385	25	6	<b>0,9652</b>
	0,0374	462	25	6	<b>0,9341</b>
0,8967	924	300	6	<b>0,8967</b>	

Tabla 26. Caída de tensión alumbrado 5

Alumbrado 6 (Río Manzanares)	e (%)	P (W)	L (m)	S (mm)	e acumulada %
	0,0057	77	40	6	<b>0,0816</b>
	0,0115	154	40	6	<b>0,0759</b>
	0,0172	231	40	6	<b>0,0645</b>
0,0473	462	55	6	<b>0,0473</b>	

Tabla 27. Caída de tensión alumbrado 6

Alumbrado 7 (Rotonda)	e (%)	P (W)	L (m)	S (mm)	e acumulada %
	0,0115	154	40	6	<b>0,1404</b>
	0,0086	308	15	6	<b>0,1289</b>
	0,1203	616	105	6	<b>0,1203</b>

Tabla 28. Caída de tensión alumbrado 7

Alumbrado 8 (Acceso Peatonal 1 + plaza)	e (%)	P (W)	L (m)	S (mm)	e acumulada %
	0,0006	32	10	6	<b>0,0315</b>
	0,0012	64	10	6	<b>0,0310</b>
	0,0018	96	10	6	<b>0,0298</b>
	0,0024	128	10	6	<b>0,0280</b>
	0,0030	160	10	6	<b>0,0256</b>
	0,0036	192	10	6	<b>0,0226</b>
	0,0042	224	10	6	<b>0,0190</b>
	0,0048	256	10	6	<b>0,0149</b>
	0,0054	288	10	6	<b>0,0101</b>
0,0048	512	5	6	<b>0,0048</b>	

Tabla 29. Caída de tensión alumbrado 8

Alumbrado 9 (Acceso Peatonal 2)	e (%)	P (W)	L (m)	S (mm)	e acumulada %
	0,0006	32	10	6	<b>0,0970</b>
	0,0012	64	10	6	<b>0,0964</b>
	0,0018	96	10	6	<b>0,0952</b>
	0,0024	128	10	6	<b>0,0935</b>
	0,0030	160	10	6	<b>0,0911</b>
	0,0036	192	10	6	<b>0,0881</b>
	0,0042	224	10	6	<b>0,0845</b>
0,0804	320	135	6	<b>0,0804</b>	

Tabla 30. Caída de tensión alumbrado 9

Como vemos en todos los casos nos vale con el cable de sección mínima, de 6mm, y las caídas de tensión en ningún caso se acercan al 3% máximo permitido, siendo la máxima caída de tensión acumulada hallada de 1,0275%.

Ventajas que se aprecian en esta instalación son que al ser el posible con la mínima sección del cable se ahorrará en los costes y además al ser la máxima caída de tensión de tan solo el 1,02% nos deja margen para el caso en el que se quiera ampliar cada circuito sin problemas de saturar el conductor de cobre.

## 2.5. Cálculo de la amortización de la instalación

En este apartado se va a realizar un estudio sobre la amortización de nuestra instalación comparando en la medida de lo posible la tecnología LED con el vapor de sodio a alta presión.

Los cálculos se han realizado mediante tablas de Excel y los datos generales que se han considerado en los cálculos son:

Modelo luminaria	Cantidad	Potencia (W)	Potencia total (W)	Precio luminaria (€)	Coste luminarias (€)
AVENUE F2 LED	30	32	960	1038,8	31164
R2L2 LED	89	77	6853	771,4	68654,6
ORACLE 100W VSAP	89	110	9790	576,7	51326,3
AVENUE F2 VSAP	30	84	2520	774,5	23235

Tabla 31. Datos luminarias LED y VSAP

Según la página del OMIE [6] y viendo el precio medio de la electricidad en España en los últimos 4 años hemos realizado una media aritmética para estimar un valor de referencia para calcular la amortización. Este valor es de 46,398€/MWh.

También para los cálculos se ha considerado un uso diario de la instalación de 12 horas.

Potencia instalada LED (W)	Potencia consumida por la instalación anualmente LED (Wh año)	Coste total instalación LED (€)	Coste anual electricidad consumida LED (€Wh año)
7813	34220940	99818,6	1587,78
Potencia instalada VSAP (W)	Potencia consumida por la instalación anualmente VSAP (Wh año)	Coste total instalación VSAP (€)	Coste anual electricidad consumida VSAP (€Wh año)
12310	53917800	74561,3	2501,68

Tabla 32. Potencia instalada y costes electricidad anual

Por lo que se aprecia que la instalación LED tiene un sobrecoste en la instalación de 25.257,3€ aunque el consumo eléctrico se reduce sensiblemente a favor del LED. Lo que ahorra anualmente 913,89€ en el total de la instalación.

A continuación se va a calcular el ahorro en cuanto a la vida útil de los equipos. Para ello y siguiendo los datos del fabricante (Thorn Lighting) consideramos la vida de las lámparas de LED de 100.000 horas y las de Vapor de Sodio de 10.000 horas.

A la hora de sustituir luminarias de VSAP no es necesario sustituirlas en su totalidad, puesto que se puede remplazar únicamente la lámpara. Aunque hay que tener en cuenta que la vida útil del equipo es de 8.000 horas (según fabricante).

Por lo que usando la instalación 12 horas diarias, el LED nos duraría 22,83 años, por lo que valoramos que durante la vida de las lámparas de LED habremos sustituido las lámparas y el equipo de vapor de sodio 9 y 10 veces respectivamente.

	Vida útil (horas)	Precio unitario sustitución equipo (€)	Precio todos los cambios (€)	Coste total cambio lámparas (€)
Duración lámpara 70W	10000	25	225	6750
Duración lámpara 100W	10000	21	189	16821
Duración Equipo Sodio	80000	10	100	11900

**Tabla 33. Costes sustitución luminarias**

Con los datos de la anterior tabla, el coste del remplazo del equipo a lo largo de los 22,83 años va a ser de 37.595€, lo que nos da una media anual de 1.646,66€/año.

Si al coste de remplazo de los equipos de vapor de sodio se le suma el ahorro eléctrico que nos va a dar el LED (913,89€/año) sale un total de 2560,55€ al año de ahorro total en la instalación.

Para calcular cuánto tiempo tardaríamos en amortizar el la instalación LED respecto a la de vapor de sodio se calcula primero la diferencia de inversiones iniciales que es de 25.257,3€ que va a costar más la instalación LED. Si a esta diferencia de inversiones se le divide entre el ahorro anual nos da que tardamos en recuperar la diferencia de la inversión LED 9,86 años.

Después de recuperar la inversión y hasta que se tenga que sustituir la instalación LED vamos a ahorrar en electricidad y equipos un total de 33.202,88€.

Por lo que tras analizar los plazos de amortización y el ahorro que supondría se puede concluir que, aunque hay que esperar casi 10 años para recuperar la inversión, merece la pena en gran parte por la gran diferencia de duración de una tecnología respecto a la otra y los numerosos cambios de lámpara que hay que realizar al VSAP. En este caso no hay un gran ahorro en cuanto al consumo eléctrico puesto que la potencia de las luminarias es muy parejo, salvo en el caso de la lámpara de 32W de LED que se sustituye por una de 70 W, que es una de las potencias mínimas que hay en VSAP.



# **CAPÍTULO 3**

## **PLIEGO DE CONDICIONES**



*En este capítulo se marcan las pautas y condiciones que se han de seguir para ejecutar las obras del proyecto de alumbrado público.*



### **3.1. Generalidades**

#### ***3.1.1. Objeto del pliego***

El presente Pliego de Condiciones afectará a la ejecución de todas las obras de “PROYECTO DE ALUMBRADO PÚBLICO EN LA ZONA DE AV. MAR MEDITERRANEO DE LEGANÉS (MADRID). INSTALACIONES ELÉCTRICAS, CÁLCULOS LUMINITÉNICOS Y DE EFICIENCIA ENERGÉTICA”.

Se hace constar, al mismo tiempo, que las condiciones que se exigen en el presente Pliego, serán las mínimas aceptables.

#### ***3.1.2. Condiciones facultativas legales***

Regirán en las obras de instalación del presente Proyecto, además de lo previsto en este Pliego y lo reseñado en las normativas que se indican a los largo de este Trabajo Fin de Grado, las Normas e Instrucción para Alumbrado Urbano [1], [2] y [3].

#### ***3.1.3. Ámbito de aplicación***

Se aplicará el Presente Pliego de Condiciones en las obras de suministro y colocación de todas y cada una de las piezas o unidades de obra necesarias para realizar las obras del presente Proyecto.

### **3.2. Calidad de los materiales**

#### ***3.2.1. Centro de mando***

Para el accionamiento y protección de las unidades luminosas se instalará el Centro de Mando.

Será de doble aislamiento del tipo intemperie, accesible sin necesidad de permisos de terceras personas y no estará sometido a servidumbre.

Los circuitos se podrán conmutar por medio de los contactores, al objeto de conseguir una uniformidad de la vida de las lámparas.

Estarán diseñados, tanto en capacidad de potencia como en espacio, para poder ampliar futuras salidas, como mínimo en un 30 %.

### ***3.2.2. Conductores: tendido, empalmes, terminales, cruces y protecciones.***

Todos los conductores empleados en la instalación serán de cobre y deberán cumplir los requisitos marcado en [2] y [3] y las UNE [23], [24] y [25].

No se admitirán cables que presenten desperfectos de haber sido usados con anterioridad o que no vayan en su bobina de origen.

No se admitirá el empleo de materiales de procedencia distinta en un mismo circuito.

En las bobinas deberá figurar el nombre del fabricante, tipo de cable y secciones.

Los conductores de la alimentación de los puntos de luz, deberán ser aptos para trabajar en régimen permanente a temperatura ambiente de 70°C.

### ***3.2.3. Accesorios***

#### ***3.2.3.1. Lámparas***

Se utilizarán de las clases y características indicadas en Memoria Descriptiva. Las características fotométricas, mecánicas y estéticas de las luminarias con que está redactado este Proyecto no podrán ser modificadas por el adjudicatario.

#### ***3.2.3.2. Tomas de tierra***

Sus características y formas de conexión son las que figuran en el capítulo 1 “MEMORIA DESCRIPTIVA”.

### ***3.2.4. Pruebas de funcionamiento. Medidas eléctricas***

Una vez terminada la instalación, el Director de la Obra en presencia del Contratista efectuará (por sí mismo o con la colaboración de un Laboratorio Oficial), las siguientes mediciones:

- Iluminación media horizontal en la calzada.
- Caída de tensión en los diversos tramos de las líneas de conducción de energía, con todas las lámparas conectadas y una vez que estén todas ellas en régimen total de funcionamiento.
- Ensayo de aislamiento entre conductores activos con el neutro puesto a tierra y entre conductores activos aislados.
- Comprobación de equilibrio entre fases, indicando la intensidad en cada una de ellas.
- Medición de la resistencia a tierra.
- Medición del factor de potencia, que debe ser superior a 0,9.

### **3.2.5. Obra civil**

Además de las disposiciones dadas por la Entidad propietaria de los pavimentos, para la rotura deberá tenerse en cuenta lo siguiente:

- La rotura del pavimento con maza (almádena), está rigurosamente prohibida, debiendo hacer el corte del mismo de una manera limpia, con tajadera.
- En el caso en que el pavimento esté formado por losas, adoquines, bordillos de granito u otros materiales, de posible posterior utilización, se quitarán éstos con la precaución debida para no ser dañados, colocándose luego de forma que no sufran deterioro y en el lugar que molesten menos a la circulación.
- Los pavimentos serán repuestos de acuerdo con las normas y disposiciones dictadas por el propietario de los mismos.
- Deberá lograrse una homogeneidad, de forma que quede el pavimento nuevo lo más igualado posible al antiguo, haciendo su reconstrucción con piezas nuevas si está compuesto por losas, losetas, etc. En general serán utilizados materiales nuevos salvo las losas de piedra, bordillo de granito y otros similares.
- El cemento será Portland o artificial y de marca acreditada y deberá reunir en sus ensayos y análisis químicos, mecánicos y de fraguado, las condiciones de la vigente instrucción española de Ministerio de Fomento. Deberá estar envasado y almacenado convenientemente para que no pierda las condiciones precisas. La dirección técnica podrá realizar, cuando lo crea conveniente, los análisis y ensayos de laboratorio que considere oportunos. En general se utilizará como mínimo el de calidad P-250 de fraguado lento.
- La arena será limpia, suelta, áspera, crujiente al tacto y exenta de sustancias orgánicas o partículas terrosas, para lo cual si fuese necesario, se tamizará y lavará convenientemente. Podrá ser de río o miga y la dimensión de sus granos será de hasta 2 o 3 mm de diámetro.
- Los áridos gruesos serán procedentes de piedra dura silícea, compacta, resistente, limpia de tierra y detritus y, a ser posible, que sea canto rodado. Las dimensiones serán de 10 a 60 mm con granulometría apropiada.
- Se prohíbe el empleo del llamado revoltón, o sea, piedra y arena unida, sin dosificación, así como cascotes o materiales blandos.
- Agua. Se empleará el agua de río o manantial, quedando prohibido el empleo de aguas procedentes de ciénagas.
- Mezcla. La dosificación a emplear será la normal en este tipo de hormigones para fundaciones recomendándose la utilización de hormigones preparados en plantas especiales para ello.

### **3.2.6. Zanjas: ejecución, tendido, cruzamientos, señalización y acabado**

Su ejecución comprende las siguientes acciones:

- Apertura de zanjas, suministro y colocación de protección de arena, suministro y colocación de protección de rasillas y ladrillo, colocación de la cinta de "atención al cable", tapado y apisonado de las zanjas, carga y transporte a vertedero de las tierras sobrantes, utilización de los dispositivos de balizamiento apropiados.
- Las canalizaciones, salvo casos de fuerza mayor, se ejecutarán en terrenos de dominio público, bajo las aceras, evitando ángulos pronunciados.
- El trazado será lo más rectilíneo posible, paralelo en toda su longitud a bordillos o fachadas de los edificios principales.
- Antes de proceder al comienzo de los trabajos, se marcarán en el pavimento de las aceras las zonas donde se abrirán las zanjas marcando tanto su anchura como su longitud y las zonas donde se dejarán puentes para la contención del terreno.
- Si ha habido posibilidad de conocer las acometidas de otros servicios a las fincas construidas se indicarán sus situaciones, con el fin de tomar las precauciones debidas.
- Antes de proceder a la apertura de las zanjas se abrirán calas de reconocimiento para confirmar o rectificar el trazado previsto.
- Al marcar el trazado de las zanjas se tendrá en cuenta el radio mínimo que hay que dejar en la curva con arreglo a la sección del conductor o conductores que se vayan a canalizar de forma que el radio de curvatura de tendido sea como mínimo 20 veces el diámetro exterior del cable.
- Las zanjas se ejecutarán verticales hasta la profundidad escogida, colocándose entibaciones en los casos en que la naturaleza del terreno lo haga preciso.
- Se dejará un paso de 50 cm entre las tierras extraídas y la zanja, todo a lo largo de la misma, con el fin de facilitar la circulación del personal de la obra y evitar la caída de tierras en la zanja.
- Se deben tomar las precauciones precisas para no tapar con tierra, registros de gas, teléfonos, bocas de riego, alcantarillas, etc.
- Durante la ejecución de los trabajos en la vía pública se dejarán pasos suficientes para vehículos, así como los accesos a los edificios, comercios y garajes. Si es necesario interrumpir la circulación se precisará una autorización especial.
- En los pasos de carruajes, entradas a garajes, etc. tanto existentes como futuras, serán ejecutadas cruces de tubos, de acuerdo con las recomendaciones del apartado correspondiente y previa autorización del supervisor de obra.
- La arena que se utilice para la protección de los cables será limpia, suelta, áspera, crujiente al tacto, exenta de sustancias orgánicas, arcilla o partículas terrosas, para lo cual si fuese necesario, se tamizará o lavará convenientemente. Se utilizará indistintamente de miga o de río, siempre que reúna las condiciones señaladas anteriormente y las dimensiones de los granos serán de dos o tres milímetros de luz de malla que atraviesa, como máximo.



- Cuando se emplee la procedente de la zanja, además de necesitar la aprobación del Supervisor de Obra, será necesario su cribado.
- En el lecho de la zanja irá una capa de 10 cm. de espesor de arena, sobre la que se situará el cable. Por encima del cable irá otra capa de 10 cm de arena. Ambas capas de arena ocuparán la anchura total de la zanja.
- Se instalará una protección mecánica a todo lo largo del trazado del cable encima de la segunda capa de arena; esta protección estará constituida por un tubo de plástico cuando existan 1 ó 2 líneas, y por un tubo y una placa cubrecables cuando el número de líneas sea mayor. Las características de las placas cubrecables serán las establecidas en las NI 52.95.01.
- En las canalizaciones de cables de baja tensión, se colocará una cinta de cloruro de polivinilo, que denominaremos "Atención a la existencia del cable", tipo UNESA. Las características, color, etc., de esta cinta serán las establecidas en la NI 29.00.01. Se colocará a lo largo de la canalización una tira por cada cable o terna de cables unipolares en mazos y en la vertical del mismo a una distancia mínima a la parte superior del cable de 30cm. La distancia mínima de la cinta a la parte inferior del pavimento será de 10 cm.
- Una vez colocadas las protecciones del cable, señaladas anteriormente, se rellenará toda la zanja con tierra de la excavación (previa eliminación de piedras gruesas, cortantes o escombros que puedan llevar), apisonada, debiendo realizarse los 20 primeros cm. de forma manual, y para el resto es conveniente apisonar mecánicamente.
- El tapado de las zanjas deberá hacerse por capas sucesivas de 10 cm. de espesor, las cuales serán apisonadas y regadas, si fuese necesario, con el fin de que quede suficientemente consolidado el terreno. La cinta de "Atención a la existencia del cable" se colocará entre dos de estas capas, tal como se ha indicado. El contratista será responsable de los hundimientos que se produzcan por la deficiente realización de esta operación y por lo tanto serán de su cuenta las posteriores reparaciones que tengan que ejecutarse.
- Las tierras sobrantes de la zanja, debido al volumen introducido en cables, arenas, rasillas, así como al esponje normal del terreno serán retiradas por el contratista y llevadas a vertedero.
- En lugar de trabajo quedará libre de dichas tierras y completamente limpio.
- Durante la ejecución de las obras, éstas estarán debidamente señalizadas de acuerdo con los condicionamientos de los Organismos afectados y Ordenanzas Municipales.
- El cable deberá ir en el interior de tubos en los casos siguientes:
  - Para el cruce de calles, caminos o carreteras con tráfico rodado.
  - En las entradas de carruajes o garajes públicos
  - En los lugares en donde por diversas causas no debe dejarse tiempo la zanja abierta.
  - En los sitios en donde esto se crea necesario por indicación del Proyecto o del Supervisor de la Obra.

### **3.3 Normas generales para la ejecución de las instalaciones**

#### ***MODIFICACIONES Y ALTERACIONES DEL PROYECTO***

Si antes de dar comienzo las obras o durante su construcción, se acordase introducir en el Proyecto modificaciones que impongan aumento o reducción de las cantidades de obra previstas en el presupuesto, siempre que sean comprendidas en la contrata, serán obligatorias al contratista estas disposiciones sin que tenga derecho en caso de supresión o reducción de la obra a reclamar ninguna indemnización, con el pretexto de supuestos beneficios que hubiera podido obtener en la parte suprimida o reducida.

No podrá el Contratista hacer por sí, alteración alguna de las partes del Proyecto sin autorización escrita por el Técnico Director y tendrá la obligación de deshacer toda clase de obra que no se ajuste a las condiciones expresamente citadas en este Pliego.

#### ***PLAZO DE EJECUCIÓN DE LA INSTALACIÓN***

El plazo de ejecución de las obras, será de **TRES (3) MESES** contados a partir de la fecha de la firma del Acta de Replanteo, fijándose que la misma se firmará dentro de los quince días siguientes a la fecha de adjudicación de la Obra.

#### ***ENSAYOS Y PRUEBAS***

Todos los materiales, aparatos eléctricos, cables, etc. podrán ser sometidos a cuantos ensayos y pruebas indique la Dirección de Obra, siendo el coste de dichas pruebas o ensayos de la exclusiva cuenta del adjudicatario.

#### ***PROPOSICIONES***

Si los aparatos y materiales que ofertan los diferentes licitadores fueran distintos a los proyectados deberán acompañarse a los documentos de licitación, los tipos o modelos que se propongan, a fin de poder enjuiciar debidamente la posibilidad de su aceptación.

#### ***RECEPCIÓN DE LAS OBRAS***

Una vez ultimada la instalación del Contratista y de la Dirección de Obra, ésta se someterá a las pruebas que se estimen necesarias por dicha Dirección antes de la recepción de la instalación.



## ***DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS***

Las obras que comprende el presente Proyecto abarcan el suministro e instalación de los materiales precisos para realizar la instalación completa de los puntos luminosos y la red de alumbrado de la calle de que se trata.

Comprende las siguientes operaciones:

- Todos los transportes necesarios, tanto para la traída de materiales, como para el envío de los materiales sobrantes a vertederos a indicar por los servicios municipales competentes.
- Suministro de todo el material necesario, tanto mecánico como eléctrico, con destino a las instalaciones.
- Obra civil de acometida al cuadro de mando.
- Pruebas y puesta a punto de la instalación.

## ***PERMISOS Y LICENCIAS***

El adjudicatario deberá obtener todos los permisos y licencias necesarios para la ejecución y puesta en servicio de las obras e instalaciones, y deberá abonar todos los cargos, tasas e impuestos derivados de la obtención de aquellos permisos o licencias.

## ***REPLANTEO***

Una vez adjudicada la obra, el Director de la misma comunicará al Contratista por escrito la fecha del replanteo de la misma, siempre con el objetivo de efectuarlo antes de 15 días contados a partir de la fecha de adjudicación de la obra.

Los trabajos de replanteo, se ejecutarán por cuenta del Contratista, sin que por ello tenga derecho a abono alguno especial.

## ***ORDEN EN LOS TRABAJOS***

El Contratista organizará los trabajos y los medios auxiliares. No obstante, cuando el Director de la Obra lo estime oportuno (por incumplimiento de plazos, por razones de seguridad de personal, por higiene u otros motivos cualesquiera) podrá tomar a su cargo directamente la organización de los trabajos, siendo obligatorias todas las órdenes que dé para el Contratista y sin que pueda admitirse reclamación alguna por ello.

## ***SEÑALIZACIÓN DE LAS OBRAS***

Todas las obras deberán estar perfectamente señalizadas, tanto frontal como longitudinalmente, mediante las señales indicadoras reglamentarias.



## ***INSPECCIÓN Y VIGILANCIA DE LAS OBRAS***

El Contratista dará toda clase de facilidades al personal encargado de la inspección de las obras para que realicen su misión de la manera más eficaz posible, colaborando con él en la toma de nuestras mediciones, ensayos y comprobaciones que aquel juzgue conveniente efectuar, incluso transportando las muestras hasta los laboratorios en los que deban efectuarse los análisis correspondientes, siendo de cuenta del Contratista los gastos que todo ello ocasione.

## ***LIMPIEZA DE LAS OBRAS***

Es obligación del Contratista limpiar las obras y sus alrededores de escombros y material sobrante, retirar las instalaciones provisionales cuando no sean necesarias, así como adoptar las medidas y ejecutar todos los trabajos que sean necesarios, para que la obra ofrezca buen aspecto a juicio del director de la misma. Se ha de tener presente en todo momento la Ley de Protección Ambiental.

## ***ENSAYOS Y ANÁLISIS DE LOS MATERIALES***

Los ensayos y análisis que deben realizarse con los materiales y elementos que se utilizarán en la obra, se verificarán a indicación del Director de Obra en el Laboratorio Oficial o de Organismo Público que éste fije. La toma de muestras se efectuará por el Director de Obra en presencia del Contratista y dará fe de los resultados obtenidos las certificaciones expedidas por los laboratorios escogidos.

## ***SIGNIFICACIÓN DE LOS ENSAYOS Y PRUEBAS DURANTE LA EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS***

Los ensayos y pruebas verificadas durante la realización de la instalación, no tienen otro carácter que el de simples antecedentes para la recepción. Por consiguiente la admisión de materiales u obras, en cualquier forma que se realicen, no atenúan las obligaciones de subsanar o reponer, que el Contratista contrae se las instalaciones inaceptables, parcial o totalmente, en el acto del reconocimiento final y prueba de recepción.

## ***MUESTRAS***

De cada material presentará el Contratista una muestra al Director de obra, quedando en poder de la propiedad para posterior comprobación tras ser aceptadas. También se podrán exigir los correspondientes certificados de calidad.



## ***GARANTÍA DE EJECUCIÓN***

Durante el desarrollo de las obras y hasta que tenga lugar la recepción, el Contratista es el responsable de los defectos que puedan observarse en los materiales utilizados o en la realización de la instalación y de las consecuencias que de ello se puedan derivar.

## ***MANO DE OBRA***

Todas las obras comprendidas en el presente Pliego de Condiciones, se realizarán con los buenos principios de la especialidad correspondiente, atendiéndose al Proyecto, a la Reglamentación vigente, a las prácticas establecidas en obras similares y a las indicaciones del Director de la Obra.

## ***MODIFICACIÓN DE LAS OBRAS***

El Director de la obra solo podrá acordar modificaciones en el Proyecto cuando sean consecuencia de necesidades nuevas o de causas técnicas imprevistas al redactarlo.

Si las modificaciones del Proyecto representan variación en el presupuesto de las obras, el plazo de ejecución podrá ser reajustado sin que pueda ser aumentado o disminuido en mayor proporción que en la que resulte afectado el presupuesto. Las posibles modificaciones que puedan efectuarse como consecuencia de necesidades nuevas surgidas durante la realización de las obras podrán ser adjudicadas al Contratista por el Director de Obra, si su importe total es inferior al 10 % del presupuesto de adjudicación.

## ***RESPONSABILIDAD DEL CONTRATISTA***

La ejecución de las obras se realizará a riesgo y ventura del Contratista y éste no tendrá derecho a indemnización por causa de pérdidas, averías o perjuicios ocasionados en los materiales o realizaciones, sino en los casos de fuerza mayor, tal como se define ésta en la legislación vigente.

## ***DAÑOS***

Serán de cuenta del Contratista todos los daños que se causen a terceros como consecuencia de la ejecución de las obras, de defectos en los materiales utilizados o la realización de la instalación.

## ***OBLIGACIONES GENERALES***

El Contratista queda obligado a cumplir las disposiciones vigentes o que lo sean durante la ejecución de las obras que afectan a obligaciones económicas y fiscales de todo



orden, o tengan relación con el contrato o accidentes de trabajo, seguro obrero y atenciones de carácter social.

### ***PENALIDADES***

Las penalidades por demora se graduarán ateniéndose al Texto Refundido de la Ley de Contratos de las Administraciones Públicas L.C.A.P. R.D. 2/2000 [26]

### ***PRUEBAS DE LA INSTALACIÓN***

Antes de efectuar la recepción, se comprobará la exactitud de los planos y del esquema eléctrico facilitado por el contratista.

### ***ACTA DE RECEPCIÓN DE LAS OBRAS E INSTALACIONES***

Queda sometido al artículo 147 de la Ley de Contratos de las Administraciones Públicas L.C.A.P. R.D. 2/2000 [26].

A la recepción de las obras a su terminación y a los efectos establecidos en el artículo 110.2 de [26] concurrirá un facultativo designado por la Administración representante de esta, el facultativo encargado de la dirección de las obras y el contratista, asistido, si lo estima oportuno, de su facultativo. Si se encuentran las obras en buen estado y con arreglo a las prescripciones previstas, el funcionario técnico designado por la Administración contratante y representante de esta las dará por recibidas, levantándose la correspondiente Acta y comenzando entonces el plazo de garantía. Cuando las obras no se hallen en estado de ser recibidas se hará constar así en el Acta y el director de las mismas señalará los defectos observados y detallará las instrucciones precisas fijando un plazo para remediar aquellos. Si transcurrido dicho plazo el contratista no lo hubiera efectuado, podrá concedérsele otro nuevo plazo improrrogable o declarar resuelto el contrato.

### ***PLAZO DE GARANTÍA***

El plazo de garantía de la instalación será de **un año** contado a partir de la fecha del acta de recepción, durante el cual la conservará el Contratista.

El Contratista, durante el plazo de garantía, deberá facilitar el personal y materiales necesarios para la reparación de posibles averías o modificar las deficiencias que se observen en la instalación, iniciando los trabajos en un plazo inferior a 24 horas, contadas a partir del momento en que se notifique de ello. El Contratista no será responsable de las averías o deficiencias que se produzcan en la instalación como consecuencia de maniobras equivocadas o negligentes del personal encargado, pero vendrá obligado a su reparación a los precios comprendidos en la Contrata, si en ella



figuran los mismos o similares unidades de obra, o aquellas que se estableciesen de común acuerdo entre el Excelentísimo Ayuntamiento y el Contratista.

### ***CERTIFICACIONES***

El abono de las obras se realizará exclusivamente mediante certificaciones. Esta contendrá solamente elementos de obra totalmente terminados, es decir, partes de las unidades de obra que formen un conjunto homogéneo y no disperso en cuanto a su situación.

La valoración se realizará aplicando los precios descompuestos que figuran en el presupuesto, afectados de un coeficiente reductor, igual a la relación existente entre el precio de adjudicación y el precio base del Presupuesto del Proyecto. Las certificaciones parciales, tendrán siempre el carácter de propuesta de entrega a buena cuenta y en ningún caso supondrán recepción de la parte de obra que afecten.

Una vez recibida la relación de obra ejecutada de parte del Contratista, el Técnico Director dispondrá de un plazo de 15 días para dar conformidad o reparos a la certificación.

### ***REVISIÓN DE PRECIOS***

Los precios incluidos en la oferta del Contratista son firmes y no están sujetos a revisión.



# CAPÍTULO 4

## ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD



*En este capítulo se detallan las protecciones y precauciones que se tendrán que seguir y respetar en todo momento para cumplir con la normativa vigente durante la ejecución del presente proyecto de alumbrado público.*



#### **4.1. Generalidades**

El presente Estudio Básico de Seguridad y Salud se establece en las obras e instalaciones del “*PROYECTO DE ALUMBRADO PÚBLICO EN LA ZONA DE AV. MAR MEDITERRANEO DE LEGANÉS (MADRID). INSTALACIONES ELÉCTRICAS, CÁLCULOS LUMINITÉNICOS Y DE EFICIENCIA ENERGÉTICA*”.

El plazo de ejecución de las obras será de **TRES (3) MESES**.

El número de trabajadores en obra será, como máximo de cuatro (4) personas.

La prevención de accidentes y enfermedades profesionales es tarea común de todos y requiere la participación activa por parte de:

- Los niveles Directivos: dando su respaldo a las normas y procedimientos de seguridad establecidos, asignando los recursos necesarios para la implantación de las medidas preventivas y, fundamentalmente, comprometiéndose de modo visible en la toma de decisiones en pro de la seguridad e higiene en el trabajo.
- Los niveles de Supervisión: ejerciendo su responsabilidad por las condiciones de seguridad e higiene con que se llevan a cabo las actividades bajo su supervisión, para lo cual deberán conocer y cumplir las normas y procedimientos de seguridad aplicables, siendo también responsables de que el personal a su cargo las conozca y las cumpla.
- Todos los empleados: desempeñando sus actividades de forma segura, siguiendo los procedimientos de seguridad establecidos y notificando inmediatamente, corrigiéndolas si es posible, todas las condiciones y acciones inseguras detectadas en su área de trabajo.



## **4.2. Desarrollo del plan de seguridad**

Se ha propuesto el siguiente Plan de Seguridad según el Real Decreto 1627/1997 [27], por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción.

Este plan se desarrollará siguiendo el siguiente esquema:

- 1) Orden y limpieza.
- 2) Protección personal.
- 3) Herramientas portátiles.
- 4) Protección de máquinas.
- 5) Equipos de izado y transporte de cargas.
- 6) Excavaciones.
- 7) Demolición de estructuras.
- 8) Montaje de estructuras.
- 9) Andamios y escaleras.
- 10) Tráfico de vehículos y peatones.
- 11) Riesgos eléctricos.
- 12) Soldadura y corte.
- 13) Almacenamiento y manejo de materiales.
- 14) Prevención de incendios.

## ***ORDEN Y LIMPIEZA***

El mantenimiento de un alto nivel de orden y limpieza en los lugares de trabajo, es un aspecto clave en la prevención de accidentes y contribuye eficazmente a la motivación y satisfacción en el trabajo. A tal efecto se deberá:

- Mantener los pasillos, escaleras, puertas y otras vías de paso, libres de objetos que obstaculicen el tránsito.
- Depositar los papeles, bolsas y desperdicios en general, en recipientes adecuados para tal finalidad.
- Limpiar los derrames de aceite, grasa y productos químicos en general, tan pronto como se produzcan.
- Guardar las herramientas de trabajo en sitio previsto para tal finalidad.
- Depositar los tablones, tablas, tubos metálicos y otros elementos usados en andamios y encofrados, fuera de los lugares de paso. Retirar inmediatamente los clavos, remaches, electrodos de soldadura y otros elementos punzantes, para evitar accidentes.
- Almacenar los materiales inflamables en un lugar seguro lejos de fuentes de ignición.
- Disponer los cables eléctricos y mangueras provisionales, fuera de pasillos, escaleras y lugares de paso del personal, siempre que sea posible; se dispondrán áreas a una altura mínima de 2,5 metros.

## ***PROTECCIÓN PERSONAL***

Los medios de protección personal serán de empleo obligatorio siempre que se precise para la realización del trabajo.

### a) Ropa de trabajo

- La ropa de trabajo deberá ser cómoda y ajustada al cuerpo, reduciendo o eliminando los elementos que puedan producir atrapamiento o enganches (cinturones, bocamangas, cordones, bolsillos, etc.). Manga larga y pantalón largo, serán siempre obligatorios.
- Cuando la ropa habitual de trabajo no sea suficiente para la protección del trabajador, se utilizarán trajes especiales o complementos.

### b) Protección de la cabeza

La utilización de casco de seguridad homologado es obligatorio dentro del recinto vallado, salvo en edificios administrativos sociales o asistenciales, mientras en ellos no se lleven a cabo trabajos con riesgo de caída de objetos desde altura. Está prohibida la utilización de cascos metálicos.

### c) Protección de la cara

Para la protección contra el calor, radiaciones, salpicaduras de líquidos o proyección de partículas, se utilizarán pantallas de protección facial homologadas. Las pantallas podrán estar integradas en el casco de seguridad o ser independientes.

d) Protección de la vista

Las gafas de seguridad deberán estar homologadas para el tipo de riesgo involucrado en la actividad a realizar. Tales riesgos pueden ser debidos a: proyección de partículas sólidas, presencia de polvos, humos o nieblas, salpicadura de líquidos, gases irritantes o tóxicos y radiaciones peligrosas. La utilización de gafas de seguridad es obligatoria dentro del recinto vallado salvo edificios administrativos, sociales o asistenciales, mientras en ellos no se lleven a cabo trabajos con los riesgos mencionados previamente.

No se permitirá el uso de gafas normales en lugares con riesgo para la vista siendo necesario el uso de gafas de seguridad graduadas o superpuestas a las normales.

e) Protección de los oídos

Cuando el nivel de ruido en el área de trabajo supere los 80 dB será obligatorio el uso de elementos individuales de protección auditiva homologados. Las áreas en donde se requiere protección auditiva estarán señalizadas.

f) Protección de las extremidades inferiores

El uso de calzado de seguridad homologado es obligatorio dentro del recinto vallado y su selección dependerá del tipo de riesgo existente.

- En trabajos con riesgo con riesgo de accidentes mecánicos, será obligatorio el uso de calzado de seguridad con refuerzo metálico en la puntera.
- En los trabajos con productos químicos se usará calzado de seguridad de caucho o neopreno.
- En trabajos con riesgo eléctrico se usará calzado aislante sin ningún elemento metálico.
- En cualquier caso las suelas serán siempre del tipo antideslizante, y cuando las condiciones del trabajo lo requieran (clavos, virutas, cristales, etc.) se usarán plantillas de acero. El personal que desarrolle sus actividades únicamente en el interior de edificios de oficinas, sociales o asistenciales, en los que no se lleven a cabo trabajos que involucren los riesgos mencionados previamente, podrá utilizar calzado normal.

g) Protección de las manos

La selección del tipo de guantes protectores se realizará de acuerdo al riesgo involucrado en la actividad a realizar:

- Para trabajos generales de construcción se usarán guantes homologados. Para la manipulación de materiales filosos o cortantes se utilizarán guantes de cuero reforzado o de malla metálica.
- Para trabajos eléctricos se usarán guantes aislantes de neopreno u otro tipo homologado, adecuado al nivel máximo de tensión eléctrica existente.
- En trabajos de manipulación de sustancias químicas se utilizarán guantes homologados para este uso.
- Para trabajos con riesgo térmico se deberán usar guantes aislantes de calor.
- En algunos casos resulta contraproducente utilizar cualquier tipo de guantes. Así ocurre cuando se trabaja en máquinas que presentan riesgo de atrapamiento.

#### h) Protección del aparato respiratorio

Los equipos de protección respiratoria deberán usarse en aquellas situaciones en que exista riesgo de presencia de: polvos, humos o nieblas, vapores orgánicos o metálicos, gases tóxicos, irritantes o asfixiantes y atmósferas con deficiencia de oxígeno (menos del 20,5 % de Oxígeno).

En atmósferas con deficiencias de oxígeno, o en recintos confinados en que no pueda asegurarse una adecuada ventilación, así como en presencia de cloro, monóxido de carbono, fosgeno y otras sustancias altamente tóxicas, deberán usarse únicamente equipos respiratorios independientes de la atmósfera presente en el lugar de trabajo (equipos autónomos).

Los equipos respiratorios dependientes (máscara con filtro) se usarán de acuerdo al tipo de sustancia, concentraciones y tiempo de uso, para los que hayan sido homologados.

En ambientes en los que existan concentraciones de gases o vapores inflamables por encima del 10 % del límite inferior de inflamabilidad, no se autorizará la entrada de personal en ningún caso.

Los equipos respiratorios sólo podrán utilizarse por personas adiestradas en su uso y tras pasar el examen médico pertinente.

Para seleccionar el equipo de protección respiratoria adecuado, en función del tipo de atmósfera, se respetarán los criterios reflejados en la siguiente tabla:

TIPO DE ATMÓSFERA	EQUIPO DE PROTECCIÓN
No deficiente de oxígeno	Mascarilla filtrante cubriendo nariz y boca
Polvos inertes en concentración menor de 10 mg/m <sup>3</sup>	Mascarilla filtrante complementada con protección ocular
Polvos dañinos en concentración menor de 10 mg/m <sup>3</sup> (Excepto asbestos)	Máscara filtrante cubriendo toda la cara
Vapores orgánicos	Máscara con filtro cubriendo nariz y boca complementaria con protección ocular

Tabla 34: Selección del equipo de protección en función de la atmósfera existente

i) Arnés de seguridad

- En todo trabajo realizado a más de dos metros de altura con peligro de caída accidental, será obligatorio el uso de arnés de seguridad homologado.
- Los arneses de seguridad se revisarán siempre antes de su utilización, siendo rechazados y destruidos cuando tengan cortes, grietas, deshilachados o tras haber sido sometidos a actuación en una caída del usuario.
- Se vigilarán de modo especial el lugar de anclaje de la cuerda del arnés, procurando en todo caso que la longitud de la cuerda sea lo más corta posible.

### ***HERRAMIENTAS PORTÁTILES***

a) Herramientas de mano

- Las herramientas de mano serán las más apropiadas, por sus características y tamaño, a la operación a realizar y no deberán tener defectos ni desgastes. Cuando no estén usándose se colocarán en portaherramientas o estantes adecuados.
- Se prohíbe dejar las herramientas sueltas en pasillos, escaleras y lugares elevados desde donde puedan caer sobre los trabajadores o entorpecer el paso.
- Los supervisores darán instrucciones precisas a sus trabajadores sobre el uso correcto de las herramientas, al objeto de prevenir accidentes. Las herramientas no deberán utilizarse nunca para fines distintos a los que están destinadas.

b) Herramientas mecánicas portátiles

- Las herramientas accionadas por fuerza motriz (eléctrica, neumática, hidráulica, etc.) estarán suficientemente protegidas para evitar que el operario este expuesto a contactos o proyecciones peligrosas.



- Las herramientas mecánicas dispondrán de gatillos u otro tipo de accionamiento, de forma que dejen de operar cuando no son presionados por el operario.
- Antes de utilizar cualquier herramienta o equipo eléctrico portátil, será inspeccionado y etiquetado por personal especializado. Es responsabilidad de cada usuario verificar que no se utilizan equipos que no han sido inspeccionados y etiquetados previamente.
- Cuando se empleen herramientas eléctricas portátiles la tensión de alimentación no será superior a 220 V. con relación a tierra. Para evitar contactos eléctricos por defecto en las partes en tensión, las herramientas portátiles serán del tipo de doble aislamiento. En lugares de trabajo muy conductores la tensión de alimentación no será superior a 24 V. AC.
- Todas las herramientas se inspeccionarán antes de empezar el trabajo, descartándose las que presenten algún defecto que involucre riesgos para el operador.

### ***PROTECCIÓN DE MÁQUINAS***

- Los motores, turbinas y otros equipos con partes móviles, se emplazarán en locales aislados o en zonas bien delimitadas, prohibiéndose el acceso al personal ajeno al trabajo mediante carteles bien visibles.
- Los vástagos, émbolos, engranajes y otros elementos móviles que sean accesibles al operador, estarán aislados convenientemente por interposición de barreras o cubiertas. El engrase de los elementos móviles con la máquina en operación, deberá poder realizarse sin eliminar las cubiertas de protección.
- Las máquinas estarán provistas de dispositivos eficaces para asegurar su parada instantánea.
- Se protegerán con cubiertas rígidas todos los elementos horizontales de transmisión ubicados a menos de 2,5 metros de altura sobre pisos o plataformas de trabajo. Los elementos de transmisión situados en planos inferiores al puesto de trabajo, estarán protegidos por cubiertas permanentes.
- Las partes de las máquinas que representan riesgo de corte, atrapamiento, abrasión o proyección, deberán protegerse con dispositivos adecuados en cada caso, homologados según los reglamentos oficiales vigentes.

### ***EQUIPOS DE IZADO Y TRANSPORTE DE CARGAS***

#### **a) Equipos de izado**

- La máxima carga útil que puede ser izada, deberá estar marcada en el equipo de forma destacada y fácilmente legible.
- La elevación y desplazamiento de la carga se hará lentamente, evitando toda arrancada o parada brusca.



- La persona responsable de la operación de izado deberá estar presente durante el desarrollo de la maniobra. El personal involucrado deberá conocer el código de señales para el mando de equipos de izado y transporte.
- No se dejarán aparatos de izar con cargas suspendidas.
- Se prohíbe la permanencia de toda persona bajo la vertical de la carga, a lo largo de toda la maniobra.
- Todo aparato de izar deberá haber sido detenidamente revisado y ensayado antes de utilizarlo por primera vez en la obra, por parte de personal especializado, consignando el resultado de la revisión y/o las reparaciones efectuadas, en el libro de mantenimiento del equipo. Diariamente el maquinista, antes de iniciar el trabajo, revisará visualmente todos los elementos sometidos a esfuerzo o desgaste. Trimestralmente, al menos, se realizará una revisión a fondo de cables, cadenas, cuerdas, ganchos, poleas y de los controles de mando y sistemas de frenado.
- Los ganchos estarán equipados con pestillos de seguridad para evitar que las cargas puedan desprenderse.
- El izado de cargas de peso superior a 10 Tm requiere la emisión de un permiso de trabajo.

#### b) Equipo de transporte

- Diariamente, antes de empezar el trabajo, el conductor deberá comprobar el estado general de vehículo (frenos, ruedas, luces, agua, aceite, combustible y batería).
- Se respetarán las reglas de tráfico y señalización existentes en el área de trabajo.
- No podrán transportarse personas en vehículos que no hayan sido acondicionados para ello.
- El cambiar las baterías deberá hacerse en lugares bien ventilados. En los cuartos de carga de baterías, no se permite fumar.
- Al cargar o descargar camiones, éstos deberán permanecer con los frenos activados y con cuñas en las ruedas.
- 

#### **EXCAVACIONES**

- Antes de iniciar cualquier excavación de profundidad superior a veinte centímetros, deberán identificarse previamente las instalaciones subterráneas (tuberías, cables, etc.) que puedan ser afectados por la excavación.
- La tierra y otros materiales excavados deberán retirarse a una distancia tal del borde de la excavación que no ofrezca riesgos de deslizamiento o derrumbe. La distancia al borde será al menos igual a la profundidad de la excavación.
- Las paredes de la excavación deberán presentar un talud suficiente para evitar derrumbes. Donde la calidad del terreno haga impráctico el talud, las paredes deberán entibarse.

- Los bordes de toda excavación deberán protegerse mediante barandillas rígidas y señalizarse convenientemente. La señalización nocturna deberá incluir lámparas destellantes de color ámbar. Excavaciones de profundidad menor de 0,5 metros podrán delimitarse utilizando cinta de balizamiento únicamente.
- Se proveerán escaleras de acceso para el personal, espaciadas cada quince metros en excavaciones que tengan más de un metro de profundidad.
- En excavaciones donde sea factible la acumulación de gases peligrosos, se realizarán pruebas de atmósfera diariamente antes de la entrada del personal. Tales pruebas de atmósfera deberán ser más frecuentes, incluso continuas, cuando las circunstancias así lo determinen.
- No se permite usar cilindros de gas en el interior de las excavaciones.

### ***DEMOLICIÓN DE ESTRUCTURAS***

Se deberá aislar el área mediante barreras o vallas para mantener alejado al personal ajeno al trabajo, a una distancia no menor de 1,5 veces la altura de la estructura a ser demolida.

No se sobrecargará la estructura permitiendo que se acumulen los escombros al bajar estos de un nivel a otro.

Los materiales de demolición y escombros en general deberán ser retirados y descargados en el vertedero municipal.

### ***MONTAJE DE ESTRUCTURAS***

La construcción de estructuras constituye una actividad de riesgo potencial elevado, dada la cantidad de personal presente en un espacio relativamente reducido. Por ello es imprescindible una adecuada planificación y organización de los trabajos:

- El área de trabajo debe estar bien delimitada y señalizada para impedir el acceso de personas ajenas a la obra.
- La erección de las piezas y componentes estructurales requiere la amplia utilización de equipos de izado y transporte, por lo que deben seguirse las medidas de seguridad mencionadas anteriormente.
- Especial precaución deberá prestarse a la existencia de líneas y equipos eléctricos en tensión.
- Los espacios abiertos en suelos y paredes deberán protegerse convenientemente para evitar caídas de personas y objetos.
- Será obligatorio el uso de arnés de seguridad siempre que exista riesgo de caída desde más de dos metros de altura. Se instalarán líneas estáticas ancladas firmemente a la estructura para el enganche de los arneses de seguridad.
- Escaleras, escalas y plataformas, deberán ser erigidas junto con la estructura, al objeto de proveer un acceso seguro a las áreas de trabajo. Queda totalmente prohibido descollarse por columnas o soportes transversales.

## **ANDAMIOS Y ESCALERAS**

### a) Escaleras de mano

- Las escaleras de mano serán metálicas y ofrecerán las necesarias garantías de solidez, estabilidad y seguridad para el trabajo de que se trate.
- Como excepción deberá usarse escaleras de madera cuando exista riesgo de entrar en contacto con campos o circuitos eléctricos. Las escaleras de madera no estarán pintadas, al objeto de que no queden ocultos posibles defectos.
- No podrán empalmarse dos o más escaleras simples. Si la escalera es de tipo "tijera" deberá desplegarse totalmente.
- Las escaleras se colocarán de manera que la distancia horizontal desde el pie de la escalera al plano vertical de apoyo, sea aproximadamente la cuarta parte de la longitud de la escalera entre pie y apoyos.
- Antes de usar una escalera de mano deberá comprobarse que:
  - Los peldaños están firmemente ensamblados a los largueros, no basta con que estén clavados únicamente.
  - Los pies de la escalera disponen de zapatas o anclajes para impedir su deslizamiento.
- Las escaleras de mano simples no podrán salvar más de siete metros de altura. Cuando se requiera un mayor alcance, se utilizarán varias escaleras con plataforma o descansos intermedios.
- El ascenso, descenso y la realización de cualquier tipo de trabajo en escaleras de mano, se efectuará siempre de cara a las mismas. No se utilizará una escalera de mano por más de un trabajador a la vez.
- Las escaleras estropeadas deben eliminarse de la circulación inmediatamente, marcándolas adecuadamente para que no puedan ser utilizadas.
- La escalera deberá colocarse de forma que sobresalga al menos un metro más allá de los puntos superiores de apoyo y estará anclada a la estructura de apoyo.

### b) Andamios

Los andamios se construirán con las necesarias garantías de solidez, estabilidad y seguridad de acuerdo con las cargas fijas o móviles que hayan de soportar. Serán inspeccionados y autorizados, en su caso, por el Departamento de Seguridad antes de empezar el trabajo.

- Las plataformas de los andamios, en caso de estar contruidos con tablonos de madera, éstos serán sanos, (dimensiones mínimas de cinco centímetros de espesor y veinte centímetros de ancho), sobresaliendo al menos treinta centímetros de los soportes del andamio y firmemente afianzados entre sí.



- Los andamios deberán estar fijados a las paredes o elementos de la estructura, aproximadamente cada nueve metros horizontalmente y seis metros en vertical. Anclajes adicionales pueden ser requeridos en función de la carga a soportar por el andamio.
- Las plataformas de los andamios estarán provistas de barandillas, travesaños y rodapiés, independientemente de su altura.
- Los elementos constructivos del andamio no deben presentar roturas, golpes, corrosión o piezas sueltas.
- La plataforma del andamio, así como las escalas de acceso, deben tener una iluminación adecuada, si van a utilizarse en horas nocturnas.
- Solamente se accederá a la plataforma de trabajo del andamio a través de escalas fijas o escaleras, no permitiéndose el acceso a través de las traviesas o tirantes del andamio.
- Durante la erección o desmontaje del andamio se usarán arneses de seguridad.
- Los andamios y sus elementos asociados no deberán ser modificados en ninguna forma que afecte lo previsto en su diseño inicial.
- En las proximidades de equipos o circuitos eléctricos se tomarán las previsiones adecuadas para evitar contactos accidentales con elementos en tensión.
- Las patas de soporte de los andamios deben estar apoyadas sobre superficies planas y consistentes que aseguren una verticalidad aplomada. Se usarán tornillos de ajuste con bloqueo para compensar pequeñas diferencias de nivel del terreno.

c) Andamios colgantes:

- El aparejo de izado del andamio utilizará cable de acero del calibre adecuado a las cargas fijas o móviles que el andamio vaya a soportar.
- Los trabajadores en la plataforma deberán usar arneses de seguridad, unidos a líneas salvavidas independientes que lleguen hasta el suelo.

d) Andamios móviles:

- Al desplazar los andamios no deberá haber personal, materiales o equipos, en la plataforma.
- Se emplearán dispositivos de bloqueo en las ruedas cuando el andamio este situado en una posición fija.

### ***TRÁFICO DE VEHÍCULOS Y PEATONES***

El reglamento de circulación está en vigor en todo el emplazamiento.



La velocidad máxima será de 30 Km/h. para vehículos ligeros. Los vehículos pesados (grúas, camiones, remolques, etc.) no deberán superar los 10 Km/h.

Cuando la grúa se desplace de un lugar a otro, los soportes hidráulicos estarán completamente recogidos.

Cuando sea necesario bloquear alguna carretera o vía deberá comunicarse con antelación al Director de Obra.

El aparcamiento de vehículos solo se permitirá en las zonas previstas al efecto.

No se estacionará ningún vehículo a menos de cinco metros de hidrantes, válvulas o equipos de emergencia en general.

Los peatones deberán caminar por el lado izquierdo de la calzada o por los corredores designados al efecto.

Los vehículos sólo podrán transportar el número de pasajeros autorizados.

### ***RIESGOS ELÉCTRICOS***

Los trabajos en equipos o circuitos eléctricos se realizarán únicamente con personal cualificado y previa emisión del correspondiente permiso de trabajo eléctrico. Cualquier desviación a esta regla deberá ser autorizada previamente por escrito por parte del Director de las Obras.

Para la protección de las personas contra contactos eléctricos con partes normalmente en tensión, se adoptarán algunas de las medidas siguientes:

- Alejamiento por distancia.
- Recubrimiento de partes activas con aislamiento apropiado.
- Interposición de barreras u obstáculos que impidan contactos accidentales.

Para la protección contra contactos con partes normalmente no energizadas, pero que pueden estarlo en caso de defecto, se adoptarán algunas de las medidas siguientes:

- Puesta a tierra de masas.
- Dispositivos de corte automático sensibles a las corrientes de defecto (interruptores diferenciales) o a la tensión de defecto (relés de puesta a tierra).
- Separación del circuito de utilización de la fuente de energía por medio de un transformador de separación de circuitos, manteniendo aislados de tierra todos los conductores del circuito de utilización incluido el neutro.
- Doble aislamiento de las partes accesibles al operador.
- Utilización de tensiones de seguridad (24 V. AC.)

Los cables eléctricos no presentarán raspaduras ni dobleces, ni se sujetarán con clavos a ganchos metálicos. Se evitará tender los cables por pasillos o vías de paso disponiéndolos siempre que sea posible aéreos a una altura de 2,5 metros.



No se sobrecargarán los enchufes con un número excesivo de conexiones, al objeto de evitar sobrecalentamientos.

### ***SOLDADURA Y CORTE***

Los trabajos de soldadura deberán estar aislados de otros ambientes de trabajo cercanos, mediante pantallas o lonas ignífugas (las lonas de asbestos están prohibidas).

Se dispondrá extintores portátiles en número y capacidad suficiente, en el mismo lugar del trabajo.

Los cables, mangueras, reguladores y conexiones de de los equipos de soldadura, deben inspeccionarse diariamente.

En recintos cerrados deberá proveerse una adecuada ventilación de los humos y vapores generados.

Se usarán los equipos de protección personal necesarios.

#### a) Soldadura autógena y oxicorte

- Los cilindros no podrán rodarse ni arrastrarse sobre el suelo, para moverlos se utilizarán carritos porta-cilindros. Cuando se requiera su izado se utilizarán cestas apropiadas. Cuando no se utilicen, los cilindros deberán tener la válvula cerrada y protegida por capuchón.
- Los cilindros de oxígeno y gas no deben introducirse en recipientes, excavaciones o espacios confinados en general. Se mantendrán lejos de fuentes de calor o llama y convenientemente fijados para que no se desplacen.
- Dispondrán de válvulas antirretorno en la salida del cilindro y antes del soplete.
- Los cilindros de oxígeno deben almacenarse separados de los cilindros de gas por un panel resistente al fuego, o a una distancia mínima de cuatro metros.

#### b) Soldadura eléctrica

- El cable de tierra deberá conectarse lo más cerca posible a la pieza que se trabaja, mediante una pinza o abrazadera.
- Los generadores diésel deberán pararse cuando no se estén utilizando. La operación de reabastecimiento de combustible se realizará con el motor parado.
- Los porta electrodos calientes no deben sumergirse en agua (riesgo de electrocución). Los electrodos usados deben guardarse en un cubo u otro contenedor adecuado.
- Los cables que tengan defectos en aislamiento, deberán sustituirse o repararse inmediatamente.
- El soldador no deberá usar anillos ni pulseras metálicas durante su trabajo.



- Los electrodos usados y varillas de soldadura se dispondrán en un recipiente adecuado para este fin. No se dejarán restos de electrodos en el suelo en ningún momento.

### ***ALMACENAMIENTO Y MANEJO DE MATERIALES***

Los materiales almacenados se deben separar por clases y tamaño, evitando combinar en un mismo lugar materiales incompatibles.

No se apilarán materiales obstruyendo pasillos, vías de paso, equipos contra incendios o salidas de emergencia.

El levantamiento de cargas a mano debe hacerse apoyando ambos pies firmemente y algo separados, con las rodillas dobladas y espalda recta, e izar la carga enderezando gradualmente las piernas. Se evitará izar a mano, cargas excesivamente pesadas para el trabajador.

### ***PREVENCIÓN DE INCENDIOS***

Los líquidos inflamables deberán guardarse en recipientes de seguridad.

La instalación eléctrica no debe presentar fallos de aislamiento o sobrecargas.

Los desperdicios sólidos (papel, trapos, cartón, estopas, etc.) deben guardarse en recipientes alejados de fuentes de calor o llama abierta.

Los trabajos de soldadura y corte deben aislarse para que las escorias o chispas no ocasionen incendios.

La ropa o trapos manchados de aceite, grasa, pintura o disolventes no deben guardarse en armarios cerrados sino al aire libre.

Se prohíbe el uso de gasolina u otros líquidos inflamables, para limpieza de manos, ropa, herramientas o equipos.

Está prohibido fumar salvo en las áreas delimitadas al efecto.

En los puestos de trabajo se dispondrá del número suficiente de extintores, de capacidad y tipo adecuados, para la extinción de incendios.

Todo el personal deberá estar adiestrado en el uso de extintores portátiles. En el caso de utilización de éstos, deberá comunicarse inmediatamente al Director de las Obras.

No se usará agua en la red contra incendios para fines distintos del combate de incendios.

El acceso de los equipos contra incendios debe mantenerse siempre libre de obstáculos.



# **CAPÍTULO 5**

## **MEDICIONES Y PRESUPUESTO**



*Este capítulo detalla el presupuesto y las mediciones de la totalidad del proyecto, indicando la cuantía, las cantidades y los detalles de los materiales empleados.*



## **5.1. Introducción**

El presupuesto y las mediciones es una parte fundamental de los proyectos y es importante que todo quede lo más detallado posible, pues de ello depende, en gran parte, que el cliente acepte nuestra propuesta y no otra.

Para realizar este capítulo se ha usado un software específico en esta materia. El programa PRESTO es habitualmente usado por empresas que tienen que presentar presupuesto y mediciones detalladas.

He tenido acceso a él gracias a la empresa donde estaba realizando prácticas, PROMEC S.A. y también me han permitido usar sus bases de precios, por lo que el presupuesto es lo más real posible ya que se han usado los mismos datos que se usan en proyectos de carácter oficial.

A parte de las bases de precios, había que indicar todas las mediciones, por lo que se ha realizado un recuento de todo el material que se ha estimado necesario para la ejecución del proyecto.

Los metros de cable y los metros cúbicos de terreno escavado se han cogido aproximados siempre dejando un margen lo suficientemente amplio para que en ningún caso el presupuesto pueda incrementarse.

## 5.2. Mediciones y presupuesto

A continuación se muestran los datos exportados del programa PRESTO, que lo ha dividido en capítulos y subcapítulos.

### CAPÍTULO 5 Presupuesto

#### CAPÍTULO 5.1 Luminarias y báculos

##### SUBCAPÍTULO 5.1.1 Luminarias

5.1.1.1	<b>Thorn R2L2 48L50 WSC L740 CL2</b> Luminaria cerrada con carcasa, fijación y cubiertas de fundición de aluminio con pintura en polvo. Vidrio templado de 4mm de espesor. Fijación universal con entradas superior y lateral que permite inclinación de hasta 15°. Posibilidad de montaje en poste o brazo, alojamiento del equipo eléctrico, grado de protección IP66, IK08, clase II. Lámpara de LED de 77W, 48 LEDs, 500A de conexión, flujo luminoso útil de 7160lm, vida útil 100.000 horas. Instalado, incluido montaje y conexionado.	89,00ud	825,57€	73.475,73€
5.1.1.2	<b>Thorn AVENUE F2 LED 18L50BP 740 CL2 N4M</b> Luminaria cerrada con carcasa, fijación y cubiertas de fundición de aluminio LM6 con pintura en polvo, difusor de policarbonato transparente, instalación óptima al poste, alojamiento del equipo eléctrico, grado de protección IP66, IK08, clase II, con lámpara de LED de 32W, 18 LEDs, 500A de conexión, flujo luminoso útil de 2661lm, vida útil 100.000 horas. Instalado, incluido montaje y conexionado.	30,00ud	1.102,29€	33.068,70€
<b>TOTAL SUBCAPÍTULO 5.1.1 Luminarias .....</b>				<b>106.544,43€</b>

##### SUBCAPÍTULO 5.1.2 Soportes

5.1.2.2	<b>BÁCULO h=9,75 m. b=1,5 m.</b> Báculo de hasta 9,75 m. de altura y hasta 1,5 m. de brazo, compuesto por los siguientes elementos: báculo troncocónico de chapa de acero galvanizado según normativa existente, provisto de caja de conexión y protección, conductor interior para 0,6/1 kV, pica de tierra, arqueta de paso y derivación de 0,40 cm. de ancho, 0,40 cm. de largo y 0,60 cm. de profundidad, provista de cerco y tapa de hierro fundido, cimentación realizada con hormigón H-150 y pernos de anclaje, montado y conexionado.	77,00ud	585,54€	45.086,58€
5.1.2.1	<b>BÁCULO h=9,5 m. 2xb=4 m.</b> Báculo de 9 m. de altura y doble brazo de hasta 4 m. compuesto por los siguientes elementos: báculo troncocónico de chapa de acero galvanizado según normativa existente, provisto de caja de conexión y protección, conductor interior para 0,6/1 kV, pica de tierra, arqueta de paso y derivación de 0,40 cm. de ancho, 0,40 cm. de largo y 0,60 cm. de profundidad, provista de cerco y tapa de hierro fundido, cimentación realizada con hormigón H-150 y pernos de anclaje, montado y conexionado.	10,00ud	778,15€	7.781,50€
5.1.2.3	<b>BÁCULO h=5 m.</b> Báculo de hasta 5 m. de altura, compuesto por los siguientes elementos: báculo troncocónico de chapa de acero galvanizado según normativa existente, provisto de caja de conexión y protección, conductor interior para 0,6/1 kV, pica de tierra, arqueta de paso y derivación de 0,40 cm. de ancho, 0,40 cm. de largo y 0,60 cm. de profundidad, provista de cerco y tapa de hierro fundido, cimentación realizada con hormigón H-150 y pernos de anclaje, montado y conexionado.	30,00ud	481,07€	14.432,10€
<b>TOTAL SUBCAPÍTULO 5.1.2 Soportes .....</b>				<b>67.300,18€</b>
<b>TOTAL CAPÍTULO 5.1 Luminarias y báculos .....</b>				<b>173.844,61€</b>

## CAPÍTULO 5.2 Conductores

<b>5.2.1</b>	<b>LÍNEA ALUMBRADO 4x6+T.16 Cu. C/EXC.</b> Línea de alimentación para alumbrado público formada por cable flexible designación RZ1-K(AS) 0,6/1 kV (UNE 21123-4, 21145, 21147.1, 21432.1, 21174, 21172 o IEC 1034, IEEE 383.74). Uso según: ITC 14, 15, 20, 28 y 29 del REBT 2002. Los conductores de cobre 4(1x6) + tierra de 16 mm <sup>2</sup> , con cable para red equipotencial tipo VV-1000, canalizados bajo tubo de PVC de D=110 mm. en montaje enterrado en zanja en cualquier tipo de terreno, de dimensiones 0,40 cm. de ancho por 0,60 cm. de profundidad, relleno con materiales sobrantes, sin reposición de acera o calzada, retirada y transporte a vertedero de los productos sobrantes de la excavación, instalada, transporte, montaje y conexinado.	2.364,00m	9,10€	21.512,40€
<b>5.2.2</b>	<b>LÍNEA DISTRIBUCIÓN 2x6 mm<sup>2</sup> Cu. C/EXC.</b> Línea de distribución para alumbrado público formada por cable flexible designación RZ1-K(AS) 0,6/1 kV (UNE 21123-4, 21145, 21147.1, 21432.1, 21174, 21172 o IEC 1034, IEEE 383.74). Uso según: ITC 14, 15, 20, 28 y 29 del REBT 2002. Sección de 2x6 mm <sup>2</sup> en cobre, Afumex Easy 1000V de PRYSMIAN o equivalente aprobado. Canalizados bajo tubo de PVC de D=110 mm. en montaje enterrado en zanja en cualquier tipo de terreno, de dimensiones 0,40 cm. de ancho por 0,60 cm. de profundidad, relleno con materiales sobrantes, sin reposición de acera o calzada, retirada y transporte a vertedero de los productos sobrantes de la excavación, instalada, transporte, montaje y conexinado.	714,00m	2,30€	1.642,20€
<b>TOTAL CAPÍTULO 5.2 Conductores .....</b>				<b>23.154,60€</b>

## CAPÍTULO 5.3 Cuadros

<b>5.3.1</b>	<b>CUADRO MANDO ALUMBRADO P. 10 SAL.</b> Cuadro de mando para alumbrado público, para 10 salidas, montado sobre armario de poliéster reforzado con fibra de vidrio, de dimensiones 1000x800x250 mm., con los elementos de protección y mando necesarios, como 1 interruptor automático general, 1 contactor, 1 interruptor automático para protección de cada circuito de salida, 1 interruptor diferencial por cada circuito de salida y 1 protección contra sobretensiones con portafusible y 3 fusibles y 1 reloj con interruptor horario, conexinado y cableado.	1,00ud	3.206,61€	3.206,61€
<b>TOTAL CAPÍTULO 5.3 Cuadros.....</b>				<b>3.206,61€</b>

## CAPÍTULO 5.4 Canalizaciones

<b>5.4.1</b>	<b>ARQ.PREF.PP HIDROSTANK 45x45x70 C/FONDO</b> Arqueta eléctrica fabricada en polipropileno reforzado marca Hidrostantk con fondo o equivalente aprobado, de medidas interiores 45x45x70 cm. con tapa y marco de fundición incluidos, colocada sobre cama de arena de río de 10 cm. de espesor y p.p. de medios auxiliares, sin incluir la excavación ni el relleno perimetral exterior.	43,00ud	106,27€	4.569,61€
<b>TOTAL CAPÍTULO 5.4 Canalizaciones.....</b>				<b>4.569,61€</b>



**CAPÍTULO 5.5 Acondicionamiento del terreno**  
**SUBCAPÍTULO 5.5.1 Movimiento de tierras en obra civil**  
**APARTADO 5.5.1.1 Excavaciones**

**5.5.1.1.1 Excavación en zanjas en tierra blanda, de hasta 1,25 m de profundidad**

Excavación en zanjas en tierra blanda, de hasta 1,25 m de profundidad máxima, con medios mecánicos. Incluso retirada de los materiales excavados y carga a camión.

Incluye: Replanteo en el terreno. Situación de los puntos topográficos. Excavación en sucesivas franjas horizontales y extracción de tierras. Carga mecánica a camión de las tierras excavadas.

Criterio de medición de proyecto: Volumen medido sobre las secciones teóricas de la excavación, según documentación gráfica de Proyecto.

Criterio de medición de obra: Se medirá el volumen teórico ejecutado según especificaciones de Proyecto, sin incluir los incrementos por excesos de excavación no autorizados, ni el relleno necesario para reconstruir la sección teórica por defectos imputables al Contratista. Se medirá la excavación una vez realizada y antes de que sobre ella se efectúe ningún tipo de relleno. Si el Contratista cierra la excavación antes de conformada la medición, se entenderá que se aviene a lo que unilateralmente determine el Director de Ejecución de la obra.

	897,12 m <sup>3</sup>	13,64€	12.236,72€
<b>TOTAL APARTADO 5.5.1.1 Excavaciones.....</b>			<b>12.236,72€</b>
<b>TOTAL SUBCAPÍTULO 5.5.1 Movimiento de tierras en obra civil.....</b>			<b>12.236,72€</b>
<b>TOTAL CAPÍTULO 5.5 Acondicionamiento del terreno .....</b>			<b>12.236,72€</b>
<b>TOTAL .....</b>			<b>217.012,15€</b>

Como podemos apreciar, y siendo lo más lógico, lo más caro del proyecto son las luminarias y sus báculos. El presupuesto total se va a doscientos diecisiete mil doce coma quince euros, 217.012,15€. Este presupuesto sería algo más bajo en el caso de instalar luminarias de vapor de sodio a alta presión, puesto que estas luminarias son algo más económicas que las de LED, pero el resto de partidas del presupuesto sería exactamente igual, ya que en cualquier caso valdrían los mismo báculos, conductores, arquetas y cuadro y la excavación sería también de las mismas dimensiones.



# **CAPÍTULO 6**

## **CONCLUSIONES**



*Este último capítulo se cierra el Trabajo Final de Grado haciendo un breve y conciso resumen sobre las conclusiones extraídas durante y tras la finalización de la realización del proyecto de alumbrado público.*



## CONCLUSIONES

Llegado a este punto se puede hacer una valoración sobre los resultados obtenidos en el presente Proyecto, sacando algunas conclusiones particulares.

Aunque en el Proyecto se ha instalado tecnología LED hay que destacar a favor del vapor de sodio a alta presión que aunque en nuestro estudio luminotécnico no ha cumplido todos los requisitos mínimos, se ha quedado muy cerca de los resultados del LED, por lo que concluyo que es una tecnología muy válida para el alumbrado exterior, a pesar de no tener una vida tan larga como el LED

Respecto a la elección de la tecnología LED por delante de otras se ha debido principalmente a que sus resultados son excepcionales tanto en niveles luminotécnicos como de eficiencia y, a pesar de tener un precio algo superior, su instalación en prácticamente cualquier proyecto de alumbrado exterior es muy recomendable, ya que compensa ese sobrecoste con una larga duración que ninguna otra tecnología logra igualar.

También merece una mención la normativa vigente, pues la gran mayoría de los casos no está editada para LED, siendo esta la tecnología que más se está instalando en la actualidad.

Y por último comentar que este tipo de proyectos de iluminación son más simples de realizar gracias a la multitud y variedad de software específico que existe y a las facilidades que dan las empresas de luminarias para aportar la máxima información y aplicaciones sobre sus productos.



## REFERENCIAS

- [1] Real Decreto 1980/2008. Reglamento de la eficiencia energética en instalaciones de alumbrado exterior y sus Instrucciones técnicas complementarias EA-01 a EA-07.
- [2] Guía técnica de aplicación en instalaciones de alumbrado exterior. ITC-BT-09. Ministerio de Industria y Comercio.
- [3] Guía técnica de aplicación en instalaciones de alumbrado exterior. ITC-BT-07. Ministerio de Industria y Comercio.
- [4] Google maps. <https://www.google.es/maps>
- [5] Leganés. <http://es.wikipedia.org>
- [6] Resultados del Mercado. <http://www.omie.es>
- [7] Vapor de Sodio. <http://es.wikipedia.org>
- [8] Alumbrado público. <http://es.wikipedia.org>
- [9] Lámparas Vapor Sodio. <http://www.osram.es>
- [10] Lámparas de Vapor de Sodio. <http://www.electricidadlynch.com.ar>
- [11] Lámparas Vapor Mercurio. <http://www.ecured.cu>
- [12] LED. <http://ledigroup.com>
- [13] Dossier LED ETAP. <http://etaplighing.com> Quinta edición. Octubre 2014.
- [14] Funcionamiento LED. <http://youtube.com>
- [15] Iluminación. <https://www.facebook.com/artelum>
- [16] Elección cable. <http://es.prysmiangroup.com.es>
- [17] Cálculo eficiencia energética. <http://mayja.es>
- [18] Catálogo Thorn Lighting. <http://thornlighting.com>
- [19] Cálculo de instalación de alumbrado. <http://recuros.citcea.upc.edu>
- [20] Protecciones y componentes Cuadro Eléctrico. <http://www.schneider-electric.com/es/es>
- [21] Tipo de cable y zanja. <http://www.generalcable.es>
- [22] Pliego de condiciones y Estudio básico de seguridad y salud. Facilitado por PROMEC S.A.
- [23] Norma UNE-20003:1954. Cobre-tipo recocido e industrial, para aplicaciones eléctricas. Noviembre de 2000.
- [24] Norma UNE-21022-2/1M: 1991. Conductores de cable aislados. Guía sobre los límites dimensionales de los conductores circulares. Febrero de 1991.
- [25] Norma UNE 21029-2:1978. Cables de energía para distribución con aislamiento y cubierta de policloruro de vinilo, para tensiones hasta 1000 V. Cable concéntrico para acometida. Octubre de 1978.
- [26] Texto Refundido de la Ley de Contratos de las Administraciones Públicas y Reglamento General de la Ley de Contratos de las Administraciones Públicas L.C.A.P. R.D. 2/2000 y R.G.L.C.A.P., R.D. 1098/2001.
- [27] Plan de Seguridad según el Real Decreto 1627/1997. Ministerio de Industria y Comercio

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación de Leganés [5] .....	8
Figura 2. Zona de estudio en Leganés [4] .....	9
Figura 3. Diferencia entre flujo y densidad luminosa [19].....	11
Figura 4. Partes de lámpara vapor de mercurio [11] .....	19
Figura 5. Partes lámpara vapor de sodio [9].....	20
Figura 6. Estructura de un componente LED [13].....	22
Figura 7. Aclaración sobre funcionamiento LED [14].....	23
Figura 8. Aclaración sobre funcionamiento LED [14].....	23
Figura 9. Impacto de la corriente en el flujo luminoso [13].....	23
Figura 10. Depreciación del flujo luminoso con el paso del tiempo [13] .....	24
Figura 11. Valores típicos para la eficiencia de fuentes luminosas [13].....	24
Figura 12. Influencia de la temperatura en el flujo luminoso relativo [13].....	25
Figura 13. Comparación de comportamiento de puesta en servicio [13] .....	26
Figura 14. Driver para LED [12] .....	27
Figura 15. Placa base LED [12] .....	27
Figura 16. Imagen luminaria R2L2 [18] .....	28
Figura 17. Dimensiones luminaria R2L2 [18] .....	28
Figura 18. Ángulo de inclinación [18] .....	29
Figura 19. Acople a báculo [18].....	29
Figura 20. Diagrama de amortización de coste total [18].....	29
Figura 21. Curva fotométrica R2L2 [18] .....	30
Figura 22. Coeficiente de utilización R2L2 [18] .....	30
Figura 23. Luminaria AVENUE F2 LED [18] .....	31
Figura 24. Dimensiones AVENUE F2 LED [18] .....	31
Figura 25. Curva fotométrica AVENUE F2 LED .....	31
Figura 26. Coeficiente de Utilización AVENUE F2 LED .....	31
Figura 27. Luminaria ORACLE 1W [18] .....	32
Figura 28. Dimensiones ORACLE 1W [18].....	32
Figura 29. Curva fotométrica ORACLE 1W [18] .....	32
Figura 30. Coeficiente de Utilización ORACLE 1W.....	32
Figura 31. Curva fotométrica AVENUE F2 HIDE .....	33
Figura 32. Coeficiente Utilización AVENUE F2 HIDE .....	33
Figura 33. Ilustración de instalación [21].....	38
Figura 34. Ejemplo de interruptor horario astronómico de SCHNEIDER [20] .....	41
Figura 35. Método de los lúmenes [19].....	46
Figura 36. Depreciación del flujo luminoso LED con el paso del tiempo [13].....	48
Figura 37. Lista luminarias VSAP.....	50
Figura 38. Lista luminarias LED .....	51
Figura 39. Modelo de etiqueta energética [1].....	95
Figura 40. Clasificación energética Av. Mar Mediterráneo (Circulación) [17] .....	96
Figura 41. Clasificación energética Av. Mar Mediterráneo (Zona Parking) [17] .....	96
Figura 42. Clasificación energética Calle Río Henares [17] .....	96



Figura 43. Clasificación energética Calle Río Duero (Tramo 1) [17] .....	97
Figura 44. Clasificación energética Calle Río Duero (Tramo 2) [17] .....	97
Figura 45. Clasificación energética Calle Río Duero (Tramo 3) [17] .....	97
Figura 46. Clasificación energética Calle Río Manzanares [17] .....	98
Figura 47. Clasificación energética rotonda [17] .....	98
Figura 48. Clasificación energética acceso peatonal 1 derecha [17] .....	98
Figura 49. Clasificación energética acceso peatonal 1 izquierda [17] .....	99
Figura 50. Clasificación energética acceso peatonal 2 [17] .....	99
Figura 51. Clasificación energética plaza peatonal [17] .....	99



## INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación de las vías en función de la velocidad [1] .....	13
Tabla 2. Tipo de vía en función de la intensidad media diaria [1] .....	14
Tabla 3. Series ME de clase de alumbrado para viales secos tipo A y B [1] .....	14
Tabla 4. Series CE de clases de alumbrado para viales tipo D y E [1].....	15
Tabla 5. Tipo de vía en función de la velocidad [1] .....	15
Tabla 6. Clase de alumbrado en función del tipo de vía [1].....	16
Tabla 7. Requisitos luminotécnicos en función de la clase de alumbrado [1].....	16
Tabla 8. Clase de alumbrado en función del tipo de vía [1].....	17
Tabla 9. Requisitos luminotécnicos en función de la clase de alumbrado [1].....	17
Tabla 10. Información eléctrica R2L2 de 48 LEDs [18].....	30
Tabla 11. Factores de depreciación de las luminarias (FDLU) [1] .....	48
Tabla 12. Factores de depreciación del flujo luminoso de las lámparas (FDFL) [1] .....	49
Tabla 13. Factores de supervivencia de las lámparas (FSL) [1].....	49
Tabla 14. Comparativa datos luminotécnicos calzada.....	90
Tabla 15. Comparativa datos luminotécnicos aceras.....	91
Tabla 16. Comparativa datos luminotécnicos accesos peatonales .....	92
Tabla 17. Requisitos mínimos de eficiencia energética en instalaciones de alumbrado vial funcional [1] .....	93
Tabla 18. Requisitos mínimos de eficiencia energética en instalaciones de alumbrado vial ambiental [1].....	94
Tabla 19. Valores de eficiencia energética de referencia [1] .....	94
Tabla 20. Calificación energética de una instalación de alumbrado [1].....	95
Tabla 21. Intensidad máx. admisible, en amperios, para cables con conductores de cobre en instalación enterrada [2].....	101
Tabla 22. Caída de tensión alumbrado 1 .....	103
Tabla 23. Caída de tensión alumbrado 2 .....	103
Tabla 24. Caída de tensión alumbrado 3 .....	104
Tabla 25. Caída de tensión alumbrado 4 .....	104
Tabla 26. Caída de tensión alumbrado 5 .....	104
Tabla 27. Caída de tensión alumbrado 6 .....	104
Tabla 28. Caída de tensión alumbrado 7 .....	105
Tabla 29. Caída de tensión alumbrado 8 .....	105
Tabla 30. Caída de tensión alumbrado 9 .....	105
Tabla 31. Datos luminarias LED y VSAP.....	106
Tabla 32. Potencia instalada y costes electricidad anual .....	106
Tabla 33. Costes sustitución luminarias .....	107
Tabla 34: Selección del equipo de protección en función de la atmósfera existente ...	128



# **ANEXOS**



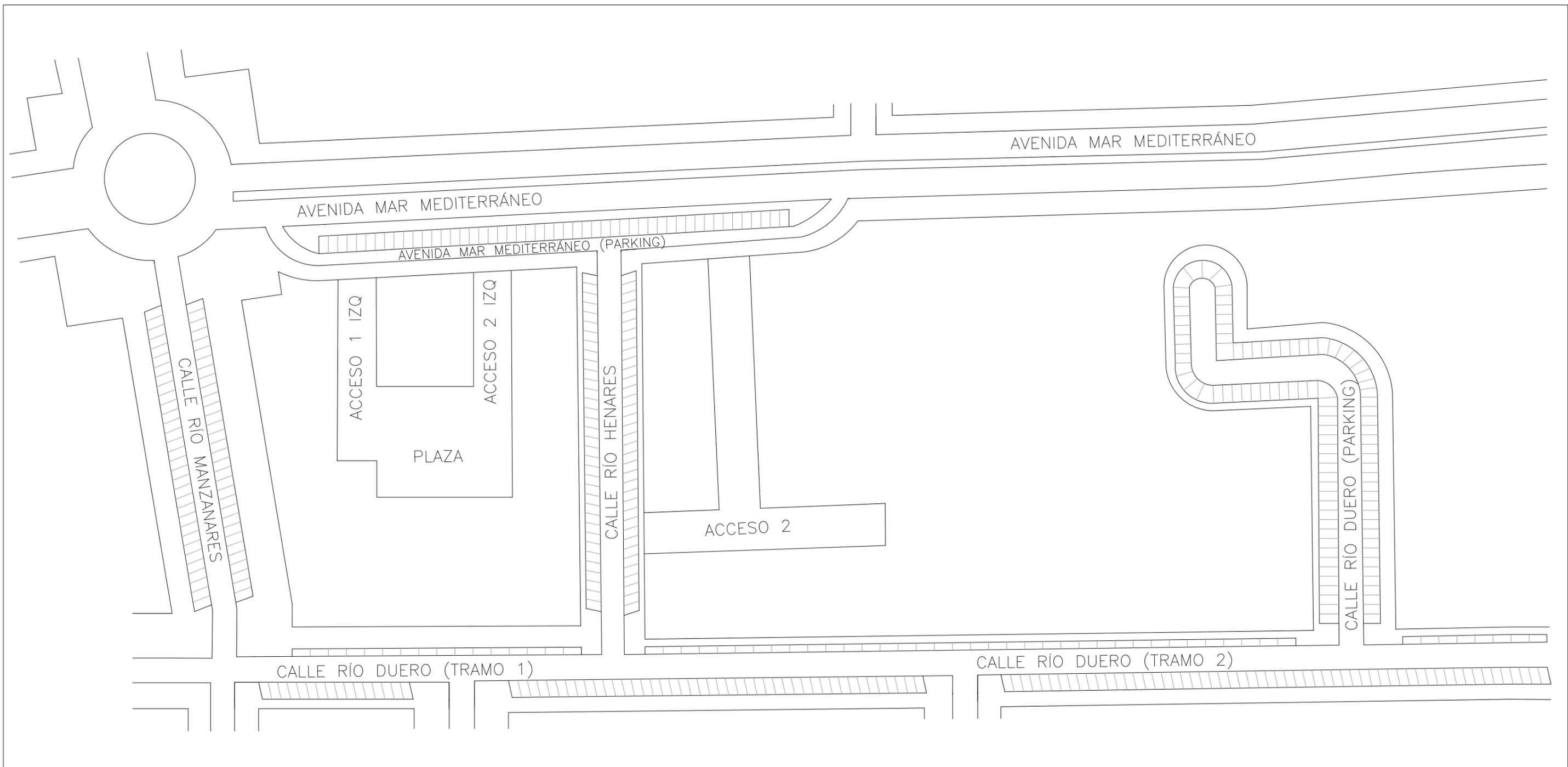
## INDICE DE PLANOS

PLANO ARQ-01: PLANO DE ARQUITECTURA GENERAL

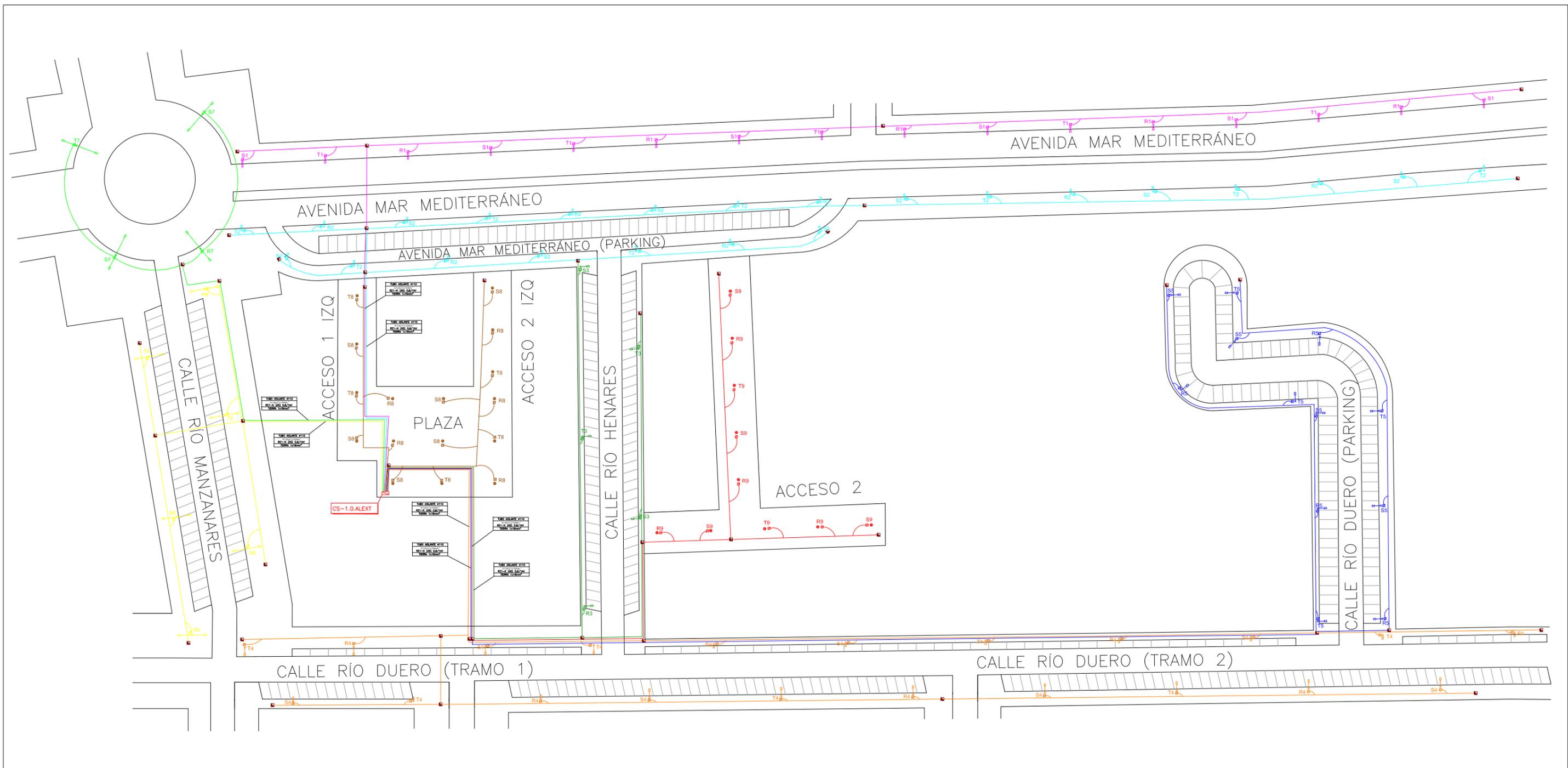
PLANO AE-EL-01: PLANO GENERAL DE ALUMBRADO

PLANO AE-EL-02: PLANO DE CONDUCTORES

PLANO EU-EL-01: ESQUEMA UNIFILAR CUADRO SECUNDARIO DE ALUMBRADO EXTERIOR



REVISION	FECHA	FIRMADO	MODIFICACIONES
1	18/02/2015		PROYECTO PRELIMINAR
<b>AYTO. LEGANÉS</b> <b>PROYECTO ALUMBRADO PÚBLICO</b> <b>ZONA DE AV. MAR MEDITERRÁNEO DE LEGANÉS</b>			FECHA <b>FEBR. 2015</b>
<b>PLANO ARQUITECTURA</b>			ESCALA: 1/1000
<b>CARLOS MARTÍN MARTÍN</b> <b>GRADO INGENIERÍA ELÉCTRICA</b>			PROYECTO N°: <b>TFG</b> PLANO N°: <b>ARQ-01</b>



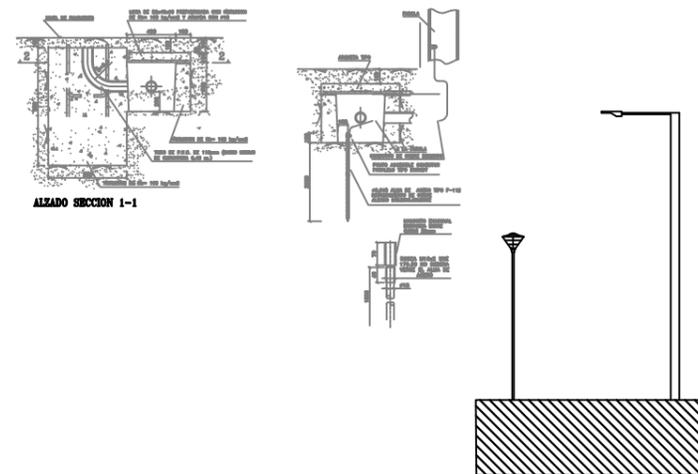
**LEYENDA INSTALACIÓN DE ALUMBRADO:**

- □ - LUMINARIA DE 77W DE LED, CON COLUMNA TRONCOCÓNICA DE ACERO GALVANIZADO EN CALIENTE Y BRAZO DE 1m. MODELO: R2L2 DE THORN LIGHTING.
- □ - LUMINARIA DE 77W DE LED, CON COLUMNA TRONCOCÓNICA DE ACERO GALVANIZADO EN CALIENTE Y BRAZO DE 0,5m. MODELO: R2L2 DE THORN LIGHTING.
- □ - LUMINARIA DE 77W DE LED, CON COLUMNA TRONCOCÓNICA DE ACERO GALVANIZADO EN CALIENTE Y BRAZO DE 0,25m. MODELO: R2L2 DE THORN LIGHTING.
- - LUMINARIA DE 32W DE LED, CON COLUMNA TRONCOCÓNICA DE ACERO GALVANIZADO EN CALIENTE. MODELO: AVENUE F2 DE THORN LIGHTING.
- □ - LUMINARIA DOBLE DE 77W DE LED, CON COLUMNA TRONCOCÓNICA DE ACERO GALVANIZADO EN CALIENTE. MODELO: R2L2 DE THORN LIGHTING.
- - ARQUETA PARA CONEXIONADO DE LUMINARIA.
- - ARQUETA PARA DERIVACIONES, FINALES DE TRAMO Y CONTROL EN GENERAL.

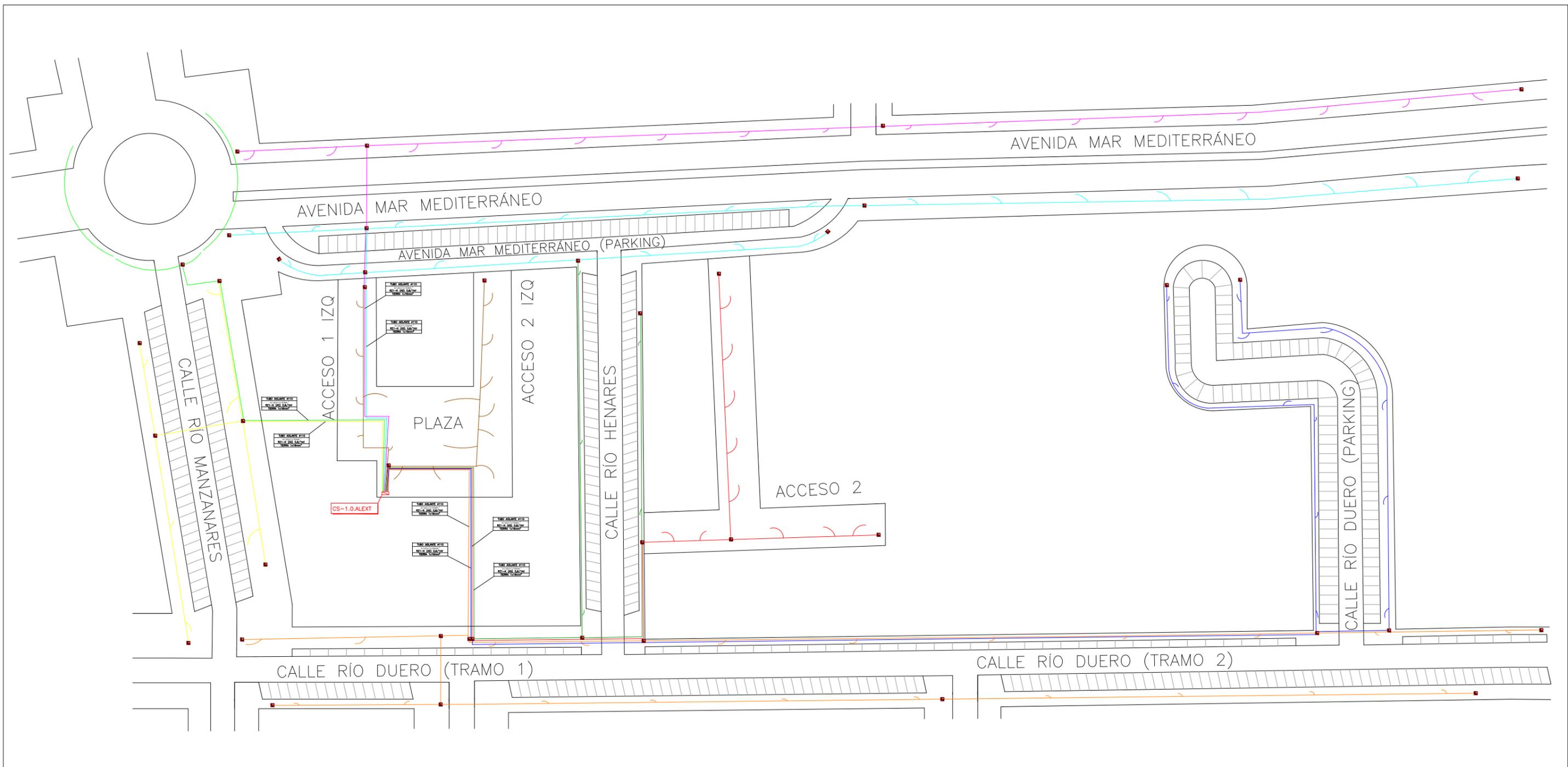
**NOTAS DE LA INSTALACIÓN DE ALUMBRADO:**

- NO SE INSTALARÁN MÁS DE UN CIRCUITO POR TUBO, QUEDANDO EL RESTO COMO RESERVAS.
- SE SEÑALIZARÁ MEDIANTE CINTA DE ADVERTENCIA LA PRESENCIA DE CABLES DE ALUMBRADO EXTERIOR. DICHA CINTA ESTARÁ A SITUADA A UNA DISTANCIA MÍNIMA DE 10cm. DEL NIVEL DEL SUELO Y A 25cm. POR ENCIMA DEL TUBO.
- TODOS LOS BÁCULOS SE PONDRÁN A TIERRA MEDIANTE UN ELECTRODO DE ACERO COBRIZADO CLAVADO EN SU ARQUETA DE DERIVACIÓN.
- TODOS LOS ELECTRODOS SE ENLAZARÁN MEDIANTE UN CABLE DE 16mm<sup>2</sup> DE COBRE DESNUDO DIRECTAMENTE ENTERRADO EN LA ZANJA FUERA DE LA CANALIZACIÓN.
- TODAS LAS LUMINARIAS Y TOTEMS, EN LA DERIVACIÓN, DISPONDRÁN DE COFRED CON CORTACIRCUITOS FUSIBLES.
- EN LOS CRUCES DE CALZADA SE COLOCARÁN DOS TUBOS DE HIERRO GALVANIZADO, SI POR ALGUNA CIRCUNSTANCIA ESPECIAL SE FUERA A PROFUNDIDADES MENORES DE 40cm LAS DOS TUBERÍAS PODRÁN SER DE ACERO O PVC RECUBIERTAS DE HORMIGÓN.

CIMENTACION PARA FAROLA CON ARQUETA CIERGA ADOSDADA PICA TOMA DE TIERRA PARA FAROLAS



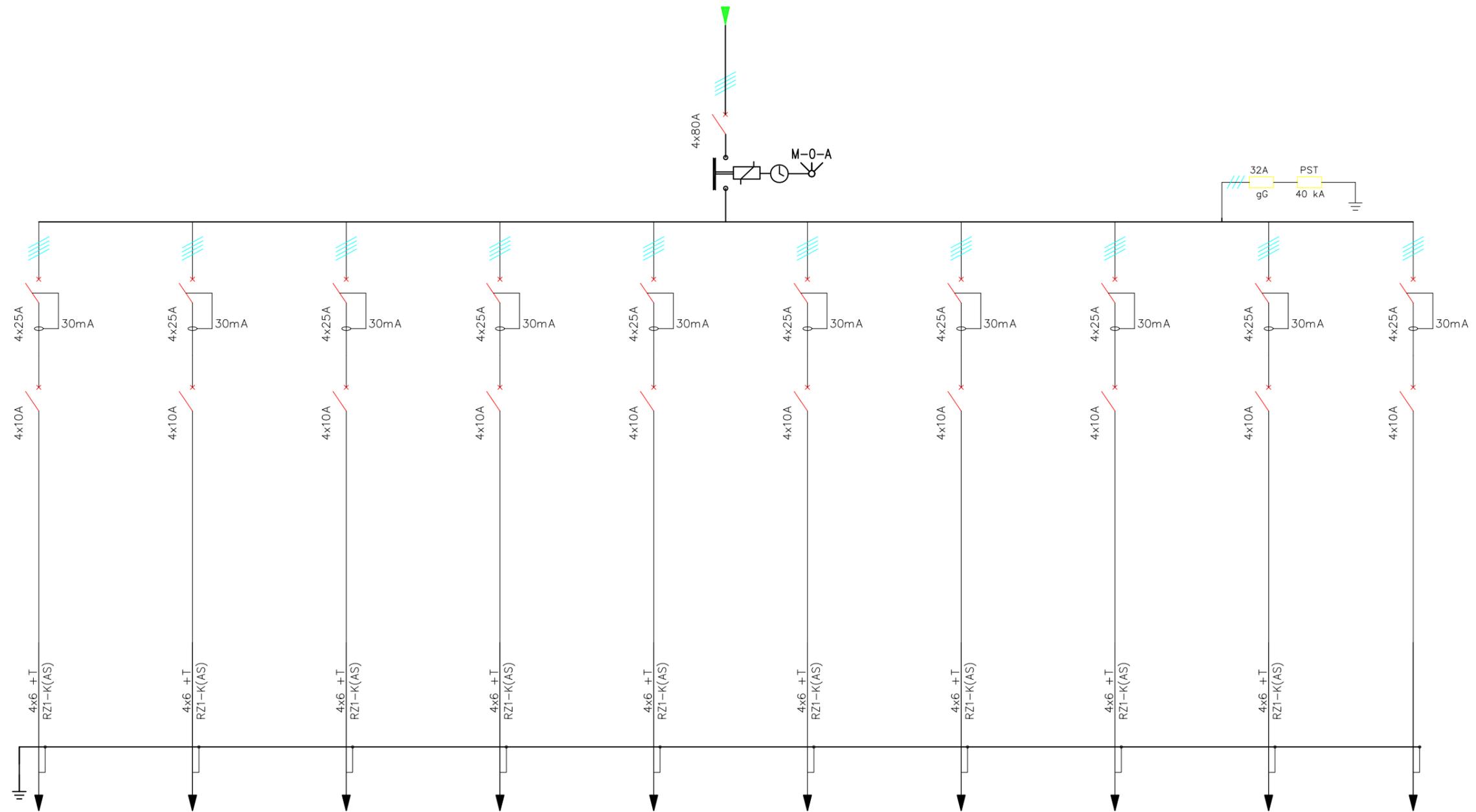
1	18/02/2015		PROYECTO PRELIMINAR
REVISION	FECHA	FIRMADO	MODIFICACIONES
<b>AYTO. LEGANÉS</b>			FECHA
<b>PROYECTO ALUMBRADO PÚBLICO</b>			<b>FEBR. 2015</b>
<b>ZONA DE AV. MAR MEDITERRÁNEO DE LEGANÉS</b>			ESCALA:
<b>PLANO GENERAL</b>			1/1000
<b>CARLOS MARTÍN MARTÍN</b>			PROYECTO N°:
<b>GRADO INGENIERÍA ELÉCTRICA</b>			<b>TFG</b>
			PLANO N°:
			<b>AE-EL-01</b>



**NOTAS DE LA INSTALACIÓN DE ALUMBRADO:**

- NO SE INSTALARÁN MÁS DE UN CIRCUITO POR TUBO, QUEDANDO EL RESTO COMO RESERVAS.
- SE SEÑALIZARÁ MEDIANTE CINTA DE ADVERTENCIA LA PRESENCIA DE CABLES DE ALUMBRADO EXTERIOR. DICHA CINTA ESTARÁ A UNA DISTANCIA MÍNIMA DE 10cm. DEL NIVEL DEL SUELO Y A 25cm. POR ENCIMA DEL TUBO.
- TODOS LOS BÁCULOS SE PONDRÁN A TIERRA MEDIANTE UN ELECTRODO DE ACERO COBRIZADO CLAVADO EN SU ARQUETA DE DERIVACIÓN.
- TODOS LOS ELECTRODOS SE ENLAZARÁN MEDIANTE UN CABLE DE 16mm<sup>2</sup> DE COBRE DESNUDO DIRECTAMENTE ENTERRADO EN LA ZANJA FUERA DE LA CANALIZACIÓN.
- TODAS LAS LUMINARIAS Y TOTEMS, EN LA DERIVACIÓN, DISPONDRÁN DE COFRED CON CORTACIRCUITOS FUSIBLES.
- EN LOS CRUCES DE CALZADA SE COLOCARÁN DOS TUBOS DE HIERRO GALVANIZADO, SI POR ALGUNA CIRCUNSTANCIA ESPECIAL SE FUERA A PROFUNDIDADES MENORES DE 40cm LAS DOS TUBERÍAS PODRÁN SER DE ACERO O PVC RECUBIERTAS DE HORMIGÓN.

REVISION	FECHA	FIRMADO	MODIFICACIONES
1	18/02/2015		PROYECTO PRELIMINAR
<b>AYTO. LEGANÉS</b> <b>PROYECTO ALUMBRADO PÚBLICO</b> <b>ZONA DE AV. MAR MEDITERRÁNEO DE LEGANÉS</b>			FECHA <b>FEBR. 2015</b> ESCALA: 1/1000
<b>PLANO CONDUCTORES</b>			PROYECTO N°. <b>TFG</b> PLANO N°.
<b>CARLOS MARTÍN MARTÍN</b> <b>GRADO INGENIERÍA ELÉCTRICA</b>			<b>AE-EL-02</b>



①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	-
1155W	1694W	462W	1694W	924W	924W	616W	512W	320W	-
ALUMBRADO 1	ALUMBRADO 2	ALUMBRADO 3	ALUMBRADO 4	ALUMBRADO 5	ALUMBRADO 6	ALUMBRADO 7	ALUMBRADO 8	ALUMBRADO 9	RESERVA

**LEYENDA**

-  INTERRUPTOR AUTOMÁTICO MAGNETOTÉRMICO
-  INTERRUPTOR MAGNETOTÉRMICO CON DISPOSITIVO DIFERENCIAL RESIDUAL ASOCIADO
-  RELOJ ASTRONÓMICO
-  PROTECCIÓN CONTRA SOBRETENSIONES
-  CIRCUITO DE ALUMBRADO

1	10/02/2015		PROYECTO PRELIMINAR
REVISION	FECHA	FIRMADO	MODIFICACIONES
<b>AYTO. LEGANÉS</b> <b>PROYECTO ALUMBRADO PÚBLICO</b> <b>ZONA DE AV. MAR MEDITERRÁNEO DE LEGANÉS</b>			FECHA <b>FEBR. 2015</b>
<b>ESQUEMA UNIFILAR ALUMBRADO</b>			ESCALA: S/E
<b>CARLOS MARTÍN MARTÍN</b> <b>GRADO INGENIERÍA ELÉCTRICA</b>			PROYECTO N°. <b>TFG</b>
			PLANO N°. <b>EU-EL-01</b>