



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA
SUPERIOR INGENIERÍA
INDUSTRIAL VALENCIA

TRABAJO FIN DE GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES

PROYECTO DE AUDITORÍA ENERGÉTICA Y PROPUESTAS DE MEJORA DEL ALUMBRADO PÚBLICO EXTERIOR DEL MUNICIPIO DE BOCAIRENT

AUTOR: Jordi Sanjuan Silvestre

TUTOR: Guillermo Escrivá Escrivá

Curso Académico: 2019-20

RESUMEN

En el presente proyecto se pretende realizar una auditoría energética del alumbrado público exterior en diferentes sectores del municipio con la finalidad de conseguir un ahorro energético y una mayor eficiencia energética del sistema.

Para ello, la primera fase consiste en la toma de datos tanto generales del municipio como de todos los elementos que conforman el alumbrado en los diferentes sectores de actuación. Seguidamente, una vez recopilada la información, se procederá al análisis completo de los datos, controlando si las instalaciones cumplen con la normativa vigente, así como su posterior calificación energética en la actualidad.

Una vez analizados los datos, se procederá a la elaboración de las propuestas de actuación, todo ello teniendo en consideración el Reglamento de Eficiencia Energética en Instalaciones de Alumbrado Exterior (REEIAE) y sus Instrucciones Técnicas Complementarias ITC-EA-01/07.

El estudio luminotécnico se realizará mediante el programa informático DIALux, los planos con AutoCad y el presupuesto con Arquímedes.

Palabras clave: alumbrado, ahorro energético, luminaria, iluminancia, potencia.

RESUM

En aquest projecte es pretén realitzar una auditoria energètica del enllumenat públic exterior en diferents sectors del municipi amb la finalitat d'aconseguir un estalvi energètic i una major eficiència energètica del sistema.

Per dur-ho a terme, la primera fase consisteix en la presa de dades tant generals del municipi com de tots els elements que formen l'enllumenat en els diferents sectors d'actuació. Seguidament, una volta recopilada la informació, es procedirà a l'anàlisi complet de la informació, controlant si les instal.lacions compleixen amb la normativa vigent, així com la seua posterior qualificació energètica en l'actualitat.

Una volta analitzada la informació, es procedirà a la elaboració de les propostes d'actuació, tenint en consideració el Reglament d'Eficiència Energètica en Instal.lacions d' Enllumenat Exterior (REEIAE) y les seues Instruccions Tècniques Complementaries ITC-EA-01/07.

L'estudi luminotècnic es realitzarà mitjançant el programa informàtic DIALux, els plànols amb AutoCad i el pressupost amb Arquímedes.

Paraules clau: enllumenat, estalvi energètic, lluminària, iluminancia, potencia.

ABSTRACT

In this project, it is aimed to make an energetical audit of the outdoor public illumination in different sectors of the town in order to achieve an energy savings and much energy efficiency of the system.

For carrying out, the first phase consists in collecting general data from the town and all the elements that make up the illumination in the different sectors where we take part in. Then, once the information has been collected, data will be fully analysed, checking whether the facilities fulfil the current regulations, as well as their subsequent energy rating nowadays.

Once the data has been analysed, it will be made the proposals for action, all considering the REEIAE and its complementary technical instructions ITC-EA-01/07.

The lighting study will be carried out using the DIALux computer program, the plans with AutoCad and the budget with Arquímedes.

Keywords: illumination, energy savings, light, illuminance, power.

ÍNDICE

DOCUMENTOS CONTENIDOS EN EL PROYECTO

• Memoria.....	9
• Presupuesto.....	57
• Planos.....	74
• Anexos.....	84

ÍNDICE DE LA MEMORIA

1. Introducción.....	10
1.1. Objeto del proyecto.....	10
1.2. Alcance del proyecto.....	10
1.3. Procedimiento.....	10
2. Contexto.....	13
2.1. Municipio.....	13
2.2. Medidas de ahorro energético realizadas en años anteriores.....	13
3. Toma de datos.....	14
3.1. Datos generales.....	14
3.2. Inventario	15
3.2.1. Centros de mando.....	15
3.2.2. Tipología de luminarias.....	17
3.2.3. Distribución por calles.....	22
3.2.4. Equipos auxiliares.....	25
3.2.5. Sistemas de encendido y apagado.....	25
3.2.6. Sistemas de regulación del flujo luminoso.....	28
3.3. Análisis funcional de las instalaciones.....	28
3.4. Análisis energético de las instalaciones.....	31
3.4.1. Potencia activa total.....	31
3.4.2. Potencia y tarifa eléctrica contratada.....	33
3.4.3. Energía consumida durante el año 2019.....	34
4. Auditoría energética.....	35
4.1. Ratios estadísticos.....	35
4.2. Calificación energética actual.....	36
4.2.1. Procedimiento y parámetros.....	36
4.2.2. Resultados.....	39
4.2.2.1. Sector 1.....	39
4.2.2.2. Sector 2.....	40
4.2.2.3. Sector 3.....	41
4.2.2.4. Sector 4.....	42

4.3. Mediciones eléctricas.....	42
4.3.1.Sector 1.....	43
4.3.2.Sector 2.....	44
4.3.3.Sector 3.....	45
4.3.4.Sector 4.....	45
4.4. Cálculo horas de funcionamiento.....	46
5. Propuestas de mejora.....	47
5.1. Sustitución de luminarias.....	47
5.2. Sistemas de accionamiento.....	50
5.3. Bloques ópticos.....	51
5.4. Sistema de regulación del flujo luminoso.....	51
6. Cálculo justificativo del ahorro energético.....	53
6.1. Sector 1.....	53
6.2. Sector 3.....	54
6.3. Sector 4.....	55
6.4. Período de retorno.....	56
7. Conclusiones.....	56

ÍNDICE DEL PRESUPUESTO

1. Cuadro de mano de obra.....	58
2. Cuadro de maquinaria.....	59
3. Cuadro de materiales.....	60
4. Cuadro de precios nº 1.....	61
5. Cuadro de precios nº 2.....	64
6. Resumen del Presupuesto de Ejecución por Contrata con IVA.....	73

ÍNDICE DE PLANOS

1. Distribución de los sectores de alumbrado.....	Nº Plano 1
2. Sector 1. C/ Gabriel Miró, 66 ZONA 1.....	Nº Plano 2
3. Sector 1. C/ Gabriel Miró, 66 ZONA 2.....	Nº Plano 3
4. Sector 2. C/ Poeta Ibn Ruhaim, 3-1.....	Nº Plano 4
5. Sector 3. Avenida Sant Joan de Ribera, 2-1 ZONA 1.....	Nº Plano 5
6. Sector 3. Avenida Sant Joan de Ribera, 2-1 ZONA 2.....	Nº Plano 6
7. Sector 4. Avenida de España, 21 ZONA 1.....	Nº Plano 7
8. Sector 4. Avenida de España, 21 ZONA 2.....	Nº Plano 8
9. Sector 4. Avenida de España, 21 ZONA 3.....	Nº Plano 9

ÍNDICE DE ANEXOS

1. Sector 1. C/ Gabriel Miró, 66.....	85
1.1. C/ Cubet.....	85
1.2. C/ Ereta de Penya.....	86
1.3. C/ Gabriel Miró.....	87
1.4. C/ José Puig.....	88
1.5. C/ Martí Calabuig.....	90
1.6. C/ Músic Blai Colomer.....	92
1.7. C/ Repuntxó.....	94
1.8. C/ Sant Agustí.....	96
2. Sector 3. Avenida San Juan de Ribera 2-1.....	97
2.1. C/ Dos de Mayo.....	97
2.2. C/ Alcoy.....	99
2.3. C/ Alfafara.....	101
2.4. Av. San Juan de Ribera.....	104
2.5. C/ Banyeres.....	108
2.6. Batalla de Lepanto 1.....	110
2.7. Batalla de Lepanto 2.....	113
2.8. C/ Cervantes.....	115
2.9. C/ Germanies.....	117
2.10. C/ Joan Beneyto Bernacer.....	119
2.11. C/ Músic Bernat.....	120
2.12. C/ Ontinyent.....	122
2.13. C/ Rei en Jaume.....	124
2.14. C/ Valencia.....	127
3. Sector 4. Avenida de España, 21.....	130
3.1. Av. España 1.....	130
3.2. Av. España 2.....	132
3.3. C/ Azorín.....	134
3.4. C/ Bisbe Mahiques.....	135
3.5. C/ Diputat Castelló.....	136
3.6. C/ Mestre Serrano.....	137
3.7. C/ Obispe Miró.....	139
3.8. C/ San Roque.....	140
3.9. C/ Santa Agueda.....	141
3.10. C/ Sor Pietat de la Creu.....	143
3.11. C/ Talaia.....	145
3.12. C/ Tramussol.....	147
3.13. Travesía Obispe Miró.....	148
3.14. Travesía Santa Agueda.....	149
3.15. C/ Tribunal de les aigües.....	151

ÍNDICE DE TABLAS

1. Tabla 1. Dirección i número de puntos de luz en cada sector.....	14
2. Tabla 2. Inventario de luminarias del sector 1.....	23
3. Tabla 3. Inventario de luminarias del sector 2.....	23
4. Tabla 4. Inventario de luminarias del sector 3.....	24
5. Tabla 5. Inventario de luminarias del sector 4.....	24
6. Tabla 6. Potencia total del conjunto lámpara + equipo auxiliar VSAP.....	25
7. Tabla 7. Niveles de iluminación para la clase de alumbrado P.....	29
8. Tabla 8. Análisis funcional del sector 1.....	30
9. Tabla 9. Análisis funcional del sector 2.....	30
10. Tabla 10. Análisis funcional del sector 3.....	30
11. Tabla 11. Análisis funcional del sector 4.....	31
12. Tabla 12. Potencia activa total del sector 1.....	31
13. Tabla 13. Potencia activa total del sector 2.....	32
14. Tabla 14. Potencia activa total del sector 3.....	32
15. Tabla 15. Potencia activa total del sector 4.....	32
16. Tabla 16. Potencia y tarifa eléctrica contratada en cada sector.....	33
17. Tabla 17. Resumen anual de las facturas eléctricas de todos los sectores.....	34
18. Tabla 18. Ratios estadísticos nacionales.....	35
19. Tabla 19. Valores de la eficiencia energética de referencia.....	36
20. Tabla 20. Rango de valores para la calificación energética.....	38
21. Tabla 21. Calificación energética del sector	39
22. Tabla 22. Calificación energética del sector 2.....	40
23. Tabla 23. Calificación energética del sector 3.....	41
24. Tabla 24. Calificación energética del sector 4.....	42
25. Tabla 25. Mediciones eléctricas del sector 1.....	43
26. Tabla 26. Mediciones eléctricas del sector 2.....	44
27. Tabla 27. Mediciones eléctricas del sector 3.....	45
28. Tabla 28. Mediciones eléctricas del sector 4.....	45
29. Tabla 29. Sustitución de luminarias del sector 1.....	47
30. Tabla 30. Sustitución de luminarias del sector 3.....	48
31. Tabla 31. Sustitución de luminarias del sector 4.....	48
32. Tabla 32. Potencia activa total tras sustitución sector 1.....	49
33. Tabla 33. Potencia activa total tras sustitución sector 3.....	49
34. Tabla 34. Potencia activa total tras sustitución sector 4.....	50
35. Tabla 35. Facturas eléctricas del sector 1.....	53
36. Tabla 36. Facturas eléctricas del sector 3.....	54
37. Tabla 37. Facturas eléctricas del sector 4.....	55

ÍNDICE DE FIGURAS

1. Figura 1: Plano del municipio de Bocairent.....	13
2. Figura 2: Centro de mando del sector 1	15
3. Figura 3: Centro de mando del sector 2.....	15
4. Figura 4: Centro de mando del sector 3.....	15
5. Figura 5: Centro de mando del sector 4	15
6. Figura 6: Subcuadro del sector 2 ubicado en Passeig de la derrota.....	16
7. Figura 7: Subcuadro del sector 3 ubicado en C/ Cervantes.....	16
8. Figura 8: Subcuadro del sector 3 ubicado en Avenida San Joan de Ribera.....	16
9. Figura 9: Subcuadro del sector 3 ubicado en C/ Batalla de Lepanto.....	16
10. Figura 10: Luminaria asimétrica tipo cazoleta con brazo de 1 metro de longitud.....	17
11. Figura 11: Luminaria asimétrica tipo cazoleta con brazo de 2,2 metros de longitud.....	17
12. Figura 12: Luminaria asimétrica con reflector.....	17
13. Figura 13: Luminaria esférica directa a pared con bloque óptico opaco diseño 1.....	18
14. Figura 14: Luminaria esférica directa a pared con bloque óptico transparente diseño 1.....	18
15. Figura 15: Luminaria esférica directa a pared con bloque óptico opaco diseño 2.....	18
16. Figura 16: Luminaria esférica sobre columna con bloque óptico transparente de 3 metros de altura diseño 1.....	19
17. Figura 17: Luminaria esférica sobre columna con bloque óptico opaco de 3 metros de altura diseño 1.....	19
18. Figura 18: Luminaria esférica sobre columna con bloque óptico opaco de 3 metros de altura diseño 2.....	19
19. Figura 19: Luminaria esférica sobre columna con bloque óptico opaco de 4 metros de altura.....	19
20. Figura 20: Luminaria esférica sobre columna con bloque óptico opaco de 5 metros de altura.....	20
21. Figura 21: Farol tipo villa lámpara LED.....	20
22. Figura 22: Farol tipo villa lámpara VSAP	20
23. Figura 23: Farol tipo fernandina.....	21
24. Figura 24: Luminaria fluorescente de 20W.....	21
25. Figura 25: Proyector de 50W.....	22
26. Figura 26: Fotocélula instalada en el sector 1	26
27. Figura 27: Fotocélula instalada en el sector 2.....	26
28. Figura 28: Fotocélula instalada en el sector 3.....	26
29. Figura 29: Fotocélula instalada en el sector 4.....	26
30. Figura 30: Fotocélula instalada en el subcuadro del Passeig de la Derrota.....	26
31. Figura 31: Fotocélula instalada en el subcuadro de la Avenida Sant Joan de Ribera.....	26
32. Figura 32: Fotocélula instalada en el subcuadro de la calle Cervantes.....	27
33. Figura 33: Fotocélula instalada en el subcuadro de la calle Batalla de Lepanto.....	27
34. Figura 34: Programador astronómico Orbis modelo Data Astro del sector 1.....	27
35. Figura 35: Interruptor horario analógico Orbis modelo Inca Duo del sector 2.....	27
36. Figura 36: Procedimiento del método de los 9 puntos.....	37
37. Figura 37: Factor de potencia.....	43
38. Figura 38: Curva de regulación de flujo Dynadimmer DDF2.....	52

MEMORIA

1. Introducción

1.1. Objeto del proyecto

El objetivo del presente proyecto es aportar una visión actual de la instalación de alumbrado público exterior en todo el municipio de Bocairent, debido a la falta de documentación al respecto de ella, y aportar soluciones luminotécnicas viables que permitan fomentar el ahorro y la eficiencia energética, elementos clave en la lucha contra el cambio climático y la contaminación lumínica.

Para ello, se ha tenido en consideración la normativa vigente y se han realizado los cálculos y simulaciones necesarias para la verificación de dicha legislación.

1.2. Alcance del proyecto

El proyecto en sí se ha centrado en la parte más céntrica y concurrida de Bocairent, correspondiente a los sectores numerados del 1 al 4, por los siguientes motivos:

- La realización de proyectos de sustitución de luminarias en las zonas industriales correspondientes a los sectores 7, 8, 9 y 10 a lo largo del año 2017 hacen innecesarias nuevas propuestas de mejora del alumbrado.
- La existencia de un barrio medieval de acceso únicamente peatonal y de gran complejidad (sector 5) dificultan la simulación mediante programas informáticos.
- La sustitución de luminarias por lámparas LED por parte del ayuntamiento durante los últimos años hacen innecesario un estudio a fondo en las vías donde se encuentran instaladas, queriendo así que éstas tengan una vida útil suficiente para ser rentabilizadas.

No obstante, sí que se ha realizado la calificación energética en aquellas calles con tecnología LED instalada a lo largo de los sectores en los que se centra el proyecto, para así poder comprobar si cumplen con la normativa.

Además, en el resto de los sectores se ha realizado un recuento de los puntos de luz instalados para obtener ratios estadísticos que engloben el alumbrado del pueblo en su totalidad.

1.3. Procedimiento

Para la redacción de este proyecto se han llevado a cabo una serie de fases que se procederán a explicar a continuación, siguiendo el procedimiento clásico de redacción de una auditoría energética de alumbrado público:

FASE 1: TOMA DE DATOS

En primer lugar, se realiza la toma de datos de la instalación del municipio. Esta fase constituye una importante labor para conocer la situación actual de la infraestructura luminotécnica.

Parte de la información aportada por el Ayuntamiento de Bocairent al respecto ha sido la siguiente:

- Plano del municipio donde se observa la localización de los puntos de luz sin distinción por potencia ni tipología.
- Documento explicativo antiguo de las diferentes tipologías de puntos de luz y sus características básicas: potencia de las lámparas, tipología de las lámparas, nº de unidades aproximada y altura de montaje.
- Inventario de los centros de mando: dirección de emplazamiento, tarifa contratada, potencia contratada.
- Facturas eléctricas de todos los cuadros de mando del municipio a lo largo del año 2019.

No obstante, debido a la falta y a la precisión de los datos, se ha tenido que realizar una inspección exhaustiva in situ para poder conocer con mayor exactitud el alcance del proyecto, así como tener constancia por parte del ayuntamiento de la situación actual del alumbrado. La información obtenida es la siguiente:

1) Datos generales

Se ha dividido el municipio por sectores, es decir, por zonas donde el alumbrado público se encuentra alimentado por un mismo cuadro de suministro eléctrico. Además, se ha realizado un recuento de todos los puntos de luz.

2) Inventario de puntos de luz

Se ha procedido a la inspección de todos los puntos de luz de aquellos sectores más propensos a sufrir modificaciones, obteniendo la siguiente información:

- Distribución de luminarias por calles que forman parte de cada centro de mando.
- Tipología de luminarias según su soporte.
- Tipología de lámparas y su potencia.
- Potencia y tipología de equipos auxiliares.
- Modelo, tipología y régimen de funcionamiento de los sistemas de encendido y apagado.
- Sistemas de regulación de flujo luminoso, si existen.

3) Análisis funcional de las instalaciones

Una vez realizado el inventario, se procede a clasificar las calles que engloban los cuadros de mando que estudiamos con más detenimiento. Para ello, las características analizadas son:

- Tipo de vía.
- Clase de alumbrado.
- Disposición de las luminarias.
- Interdistancia entre puntos de luz.
- Altura de montaje.
- Anchura de la calzada, de las aceras y de los aparcamientos.
- Número de carriles y aceras.
- Longitud y ángulo de inclinación del brazo.

4) Análisis energético de las instalaciones

Los parámetros a tener en cuenta, a nivel de cuadro de mando, para conocer el comportamiento energético son:

- Potencia contratada.
- Tarifa eléctrica.
- Potencia activa total de la instalación.
- Energía eléctrica consumida durante el año 2019.

FASE 2: AUDITORÍA ENERGÉTICA

El análisis de los datos obtenidos permite conocer la instalación en cuestión a la perfección, determinando la eficiencia de estas y sus deficiencias tanto luminosas como técnicas, sirviendo como base para futuras actuaciones y así subsanar las deficiencias en éstas tanto a nivel cualitativo como a nivel cuantitativo.

En esta fase se realizan las mediciones luminotécnicas oportunas en la instalación de alumbrado actual siguiendo el procedimiento indicado según la norma UNE-EN 13201 y el Reglamento de Eficiencia Energética para Instalaciones de Alumbrado Exterior (REEIAE). En este estudio, para poder obtener la consiguiente calificación energética, el parámetro medido es la iluminancia horizontal media en la calzada.

Se han realizado las mediciones de todas las vías que engloban los sectores 1, 2, 3 y 4.

FASE 3: PROPUESTAS DE MEJORA

Las propuestas tienen como objetivo actualizar las instalaciones de alumbrado a la legislación vigente, tratando de conseguir el mayor ahorro energético posible sin desprestigiar la funcionalidad de éstas, así como mejorar la eficiencia energética.

Las mejoras que supongan la instalación de nuevas luminarias vendrán acompañadas de su estudio luminotécnico correspondiente para comprobar la adecuación de éstas a la normativa actual. Además, todas las propuestas serán presupuestadas.

2. Contexto

2.1. Municipio

Bocairent es un municipio de la Comunidad Valenciana situado en la zona sur de la provincia de Valencia, concretamente en la comarca de la Vall d'Albaida. Según datos del Instituto Nacional de Estadística (INE), Bocairent cuenta con 4.195 habitantes el año 2019. El clima del municipio es mediterráneo, pero debido a su altitud (680 metros) y a su localización en el centro del valle de la vertiente noroeste de la Sierra Mariola, es de los más frescos de la comarca.

En cuanto a su situación urbanística, Bocairent cuenta con un extenso barrio medieval de carácter peatonal en la zona noreste del municipio. A partir de él, se extendió hacia el oeste formando varias zonas residenciales como “Els Vilars” o “El Regadiu”, así como dos zonas fuertemente industrializadas: una situada a la parte norte de la zona urbana y la otra a la parte Sur alejada del casco urbano (polígono industrial El Regadiu i El Pontarró).

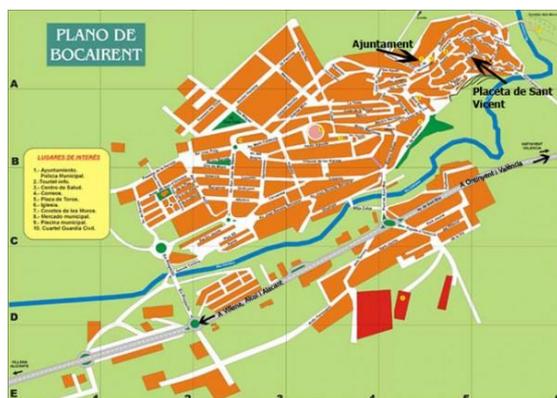


Figura 1. Plano del municipio de Bocairent

2.2. Medidas de ahorro energético realizadas en años anteriores

En Bocairent, se han realizado varias actuaciones de ahorro energético a lo largo de estos últimos años.

- Se han ido sustituyendo las lámparas de vapor de sodio por lámparas LED de menor potencia a lo largo de los sectores 1, 2, 3 y 4 del pueblo, reduciendo así la potencia instalada y, consecuentemente, el consumo eléctrico. En concreto, se sustituyeron casi todas las luminarias existentes en el sector 2, donde predominaban columnas con bloque esférico blanco opaco de 3 metros de altura con lámpara VSAP de 70W por lámparas LED de 30W con bloque esférico transparente. Además, también se sustituyeron la mayor parte de lámparas VSAP de 100 W instaladas en luminarias asimétricas tipo cazoleta colocadas directamente a la pared por lámparas LED de 50 W.
- Durante el año 2017 se concedió por parte del Instituto Valenciano de Competitividad Empresarial un proyecto de renovación del alumbrado público en los polígonos industriales “El Pontarró” i “El Regadiu”, instalando luminarias de 90 y 110 vatios sobre báculos de 8 metros de altura por luminarias de vapor de sodio de 250 y 150 vatios.

3. Toma de datos

3.1. Datos generales

Durante este procedimiento se han recorrido cada una de las calles del municipio para ir anotando el número total de luminarias por cuadro de suministro eléctrico. Para ello, el ayuntamiento facilitó la apertura de cada cuadro, accionando el interruptor correspondiente y así encender las luminarias para poder observar qué alcance tenía cada uno de ellos.

Todo esto se ha realizado durante varios días al final de la tarde para facilitar la tarea, así como para evitar un consumo eléctrico excesivo. Además, debido a la falta de organización en los sectores de alumbrado, se ha optado por numerarlos de una forma ordenada según la localización de cada uno de ellos a lo largo del municipio. La organización de los sectores escogida se puede visualizar en el plano Nº 1: Distribución de los sectores de alumbrado. Con todo ello, se obtienen el número de puntos de luz total de todos los sectores:

Tabla 1. Dirección y número de puntos de luz en cada sector

Sector	Dirección de suministro	CUPS	Nº puntos de luz
1	C/ Gabriel Miró, 66	ES 0021 0000 0780 2322 YY	196
2	C/ Poeta Ibn Ruhaim, 3-1	ES 0021 0000 1146 8394 XQ	77
3	Av. Sant Joan de Ribera, 2-1	ES 0021 0000 0780 0565 KC	235
4	Av. De España, 21	ES 0021 0000 0780 0871 NG	213
5	Plza Ajuntament, 2	ES 0021 0000 0780 2228 WG	243
6	C/ Font de la Teula, 2-1	ES 0021 0000 1180 0715 SX	64
7	Plgo. El Regadiu (U.A. 3), 11-1	ES 0021 0000 1133 5076 XY	60
8	C/ Comarca de la Marina, 1-BIS	ES 0021 0000 1248 7679 YX	37
9	Ptda El Pontarró, Parcela 67-1	ES 0021 0000 1626 8643 SG	66
10	C/ Comarca de la Safor (PG. EL, 34-BIS)	ES 0021 0000 1248 5529 GE	103
11	Avda. Sant Blai, 3-PROX	ES 0021 0000 0780 1253 MH	167
		TOTAL	1.461

3.2. Inventario

Posteriormente, se ha realizado un inventario más exhaustivo en los sectores 1, 2, 3 y 4, ya que son aquellos donde se van a realizar las propuestas de mejora y la posterior calificación energética de cada una de sus calles.

3.2.1. Centros de mando

Los centros de mando son los equipos que contienen los elementos tanto de encendido y apagado de los puntos de luz como de protección de la instalación que se encuentre conectada. Gracias a ellos, nos permite dividir el municipio en sectores y así gestionar el alumbrado más fácilmente.

Alrededor de la localidad hay 11 cuadros de mando desde donde se contabiliza el suministro eléctrico al alumbrado público. Los cuatro en los que se va a centrar el proyecto son los siguientes:



Figura 2. Centro de mando del sector 1



Figura 3. Centro de mando del sector 2



Figura 4. Centro de mando del sector 3



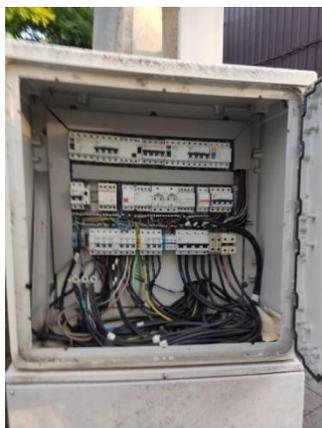
Figura 5. Centro de mando del sector 4

Además, en los sectores 2 y 3 existen una serie de cuadros secundarios, que pasaremos a llamar subcuadros, los cuales están unidos al propio centro de mando. Para el sector 2, hay un único cuadro secundario, colocado en el Passeig de la derrota:



Figura 6. Subcuadro del sector 2 ubicado en Passeig de la derrota

Por último, en el sector 3 existen 3 subcuadros que se encuentran en la calle Cervantes, la Avenida Sant Joan de Ribera i la calle Batalla de Lepanto, respectivamente:



Figuras 7, 8 y 9. Subcuadros del sector 3

3.2.2. Tipología de luminarias

Para ello, se ha recopilado la tipología tanto de luminaria como de lámpara.

TIPO 1. Luminaria asimétrica tipo cazoleta



Figura 10. Luminaria asimétrica tipo cazoleta con brazo de 1 metro de longitud



Figura 11. Luminaria asimétrica tipo cazoleta con brazo de 2,2 metros de longitud

Estos puntos de luz se encuentran instalados directamente sobre la pared en un brazo con 5 grados de inclinación y con dos longitudes diferenciadas: 1 y 2,2 metros de distancia a la fachada. Además, en ellas podemos encontrar tanto lámparas de Vapor de Sodio de Alta Presión de 100 W como lámparas LED de 50 W.

TIPO 2. Luminaria asimétrica con reflector



Figura 12. Luminaria asimétrica con reflector

Estas luminarias cuentan con una lámpara de Vapor de Sodio de Alta Presión de 150 W. Su inclinación y longitud son la misma que en el tipo 1 (5 grados y 2,2 metros, respectivamente). El reflector instalado permite una mejor distribución del flujo luminoso al suelo.

TIPO 3. Luminaria esférica con bloque óptico directo a pared



Figura 13. Luminaria esférica directa a pared con bloque óptico opaco diseño 1



Figura 14. Luminaria esférica directa a pared con bloque óptico transparente diseño 1



Figura 15. Luminaria esférica directa a pared con bloque óptico opaco diseño 2

Instaladas sobre un brazo de longitud 0,75 metros, su bloque esférico puede ser opaco de color blanco o transparente. En ellas puede haber instalado una lámpara LED o una de Vapor de Sodio de Alta Presión (con potencia 150 W o 250 W). También, existen dos diseños de bloque esférico al respecto, variando la proyección de la luz al suelo, ambas sin reflector.

TIPO 4. Luminaria esférica sobre columna con bloque óptico



Figura 16. Luminaria esférica sobre columna con bloque óptico transparente de 3 metros de altura diseño 1



Figura 17. Luminaria esférica sobre columna con bloque óptico opaco de 3 metros de altura diseño 1



Figura 18. Luminaria esférica sobre columna con bloque óptico opaco de 3 metros de altura diseño 2



Figura 19. Luminaria esférica sobre columna con bloque óptico opaco de 4 metros de altura



Figura 20. Luminaria esférica sobre columna con bloque óptico opaco de 5 metros de altura

Existen instaladas con los diferentes diseños, lámparas, potencias y bloques esféricos que el tipo 3, diferenciándose en que el soporte utilizado son columnas de 3, 4 y 5 metros de altura.

TIPO 5. Farol tipo Villa



Figura 21. Farol tipo villa lámpara LED



Figura 22. Farol tipo villa lámpara VSAP

Mayoritariamente se encuentran con lámparas de vapor de sodio de alta presión de 250 W, aunque existen un par de ellos con lámparas LED de 50 W. Su soporte es de 0,75 metros.

TIPO 6. Farol tipo Fernandina



Figura 23. Farol tipo fernandina

Su soporte es un poco más largo que los tipo Villa, de 1 metro de longitud. Además, todas ellas cuentan con lámpara de vapor de sodio de alta presión de 250 W.

TIPO 7. Fluorescente



Figura 24. Luminaria fluorescente de 20W

Tubos fluorescentes con tecnología LED instalados en un par de aceras para mejorar la iluminación en ellas. Se encuentran colocadas verticalmente y su potencia es de 20 W.

TIPO 8. Proyector



Figura 25. Proyector de 50W

Algunas calzadas cuentan con proyectores para subsanar la falta de alumbrado público exterior en algunas zonas. La potencia ronda los 50 W en todos ellos.

3.2.3. Distribución por calles

Con todo esto, se muestra el inventario obtenido con la cantidad de luminarias por tipología y por calle que forma parte de cada sector.

Cabe destacar la presencia de algunas calles que se repiten en varios sectores. Esto es debido a que existen zonas en ellas alimentadas por diversos cuadros. En concreto, las vías son las siguientes: C/ Alcoy, C/ Cubet, C/ El Palleter, C/ Ereta de Penya, C/ Joan Beneyto Bernàcer, C/ José Puig, Plaça del Regne, C/ Sant Agustí, C/ Santa Agueda, C/ Talaia y C/ Tribunal de les Aigües.

Proyecto de auditoría energética y propuestas de mejora del alumbrado público exterior del municipio de Bocairant

Tabla 2. Inventario de luminarias del sector 1

Calle	Número luminarias	Asimétrica Cazoleta VSAP	Asimétrica Cazoleta LED	Esférica directa a pared VSAP Diseño 1	Esférica directa a pared VSAP Diseño 2	Esférica directa a pared LED Bloque Blanco Diseño 1	Esférica Columna VSAP Diseño 1	Esférica Columna VSAP Diseño 2	Esférica Columna LED Bloque Blanco Diseño 1	Esférica Columna LED Bloque Blanco Diseño 2	Esférica Columna LED Bloque Transparente Diseño 1
Cubet	2	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Dr. Fleming	12	-	12	-	-	-	-	-	-	-	-
El Palleter	3	1	-	-	-	2	-	-	-	-	-
Els Clots	21	2	3	-	-	1	-	-	12	-	3
Ereta de Penya	8	8	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Gabriel Miró	19	19	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Joaquín Sorolla	19	5	14	-	-	-	-	-	-	-	-
José Puig	11	3	-	3	2	-	-	3	-	-	-
Mariola	10	1	9	-	-	-	-	-	-	-	-
Martí Calabuig	12	9	-	-	-	-	3	-	-	-	-
Músic Blai Colomer	5	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
N1	10	-	10	-	-	-	-	-	-	-	-
Plaça de la dolçaina i del tabalet	2	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Plaça del Regne	8	-	-	-	-	1	-	-	-	7	-
Plaça els Furs	4	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-
Repuntó	4	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sant Agustí	6	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sant Miquel	10	1	9	-	-	-	-	-	-	-	-
Santa Agueda	12	2	-	-	-	7	-	-	3	-	-
Talaia	2	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Taula del Rei	13	3	9	-	-	1	-	-	-	-	-
Tribunal de les Aigües	3	-	-	-	-	-	-	-	3	-	-
TOTAL	196										

Tabla 3. Inventario de luminarias del sector 2

Calle	Número luminarias	Asimétrica Cazoleta LED	Esférica Columna LED Bloque Blanco Diseño 1	Esférica Columna LED Bloque Transparente Diseño 1
Alcoy	2	-	2	-
Av. 9 d'Octubre	15	-	8	7
De la Llibertat	6	-	-	6
De La Pau	6	-	-	6
De La Vall d'Albaida	8	-	-	8
Els Vilars	8	-	8	-
José Puig	3	1	-	2
Passeig de la Derrota	18	-	-	18
Perp. Derrota / 9 d'Octubre	3	-	3	-
Poeta Ibn Ruhaim	4	-	-	4
Rei en Jaume 1	4	-	-	4
TOTAL	77			

Proyecto de auditoría energética y propuestas de mejora del alumbrado público exterior del municipio de Bocairant

Tabla 4. Inventario de luminarias del sector 3

Calle	Número luminarias	Asimétrica Reflector VSAP	Asimétrica Cazoleta VSAP	Esférica directa a pared VSAP Diseño 1	Esférica directa a pared VSAP Diseño 2	Esférica directa a pared LED Bloque Blanco Diseño 1	Esférica directa a pared LED Bloque Blanco Diseño 2	Esférica directa a pared LED Bloque Transparente Diseño 1	Esférica Columna VSAP Diseño 1	Esférica Columna VSAP Diseño 2	Esférica Columna LED Bloque Blanco Diseño 1	Fluorescente	Proyector
Agres	10	-	-	-	-	6	-	4	-	-	-	-	-
Alcoy	10	9	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Alfafara	6	3	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Av. San Juan de Ribera	35	-	-	-	5	-	-	-	17	13	-	-	-
Baix institut	9	-	-	1	-	4	-	-	-	-	4	-	-
Baixada a la canaleta	12	-	2	4	-	2	-	-	-	-	3	1	-
Banyeres	4	-	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Batalla de Lepanto	32	-	-	12	-	-	-	-	20	-	-	-	-
Cervantes	19	-	5	2	-	8	-	-	1	-	3	-	-
Dos de Maig	6	-	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
El Palleter	3	-	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-
Germanies	6	-	2	-	-	-	-	-	3	-	-	1	-
Joan Beneyto Bernàcer	11	-	-	3	-	-	-	-	8	-	-	-	-
José Puig	4	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Músic Bernat	3	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ontinyent	4	-	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Parc Dos de Maig	2	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-
Pío XII	16	-	-	-	-	1	-	5	-	-	-	8	2
Plaça del Regne	4	-	-	-	-	3	1	-	-	-	-	-	-
Rei en Jaume	33	-	15	-	-	-	-	-	1	-	-	17	-
Valencia	6	-	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TOTAL	235												

Tabla 5. Inventario de luminarias del sector 4

Calle	Número luminarias	Asimétrica Cazoleta VSAP	Esférica directa a pared VSAP Diseño 1	Esférica Directa a pared VSAP Diseño 2	Esférica Directa a pared LED Bloque Blanco Diseño 1	Esférica Columna VSAP Diseño 1	Esférica Columna LED Bloque Blanco Diseño 1	Esférica Columna LED Bloque Blanco Diseño 2	Farol Villa VSAP	Farol Villa LED	Farol Fernandina VSAP	Proyector
Av. d'Espanya	19	7	-	-	-	12	-	-	-	-	-	-
Azorín	10	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Baixada Tint	3	-	-	-	-	-	-	-	1	2	-	-
Bisbe Mahiques	7	2	-	-	-	-	-	-	5	-	-	-
Cubet	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Diputat Castelló	9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9	-
Ereta de Penya	11	11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Escalinata	8	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Joan Beneyto Bernàcer	6	-	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Juan de Juanes	9	3	-	-	-	-	5	-	-	-	1	-
Magisteri	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mestre Serrano	7	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Obispe Miró	14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	14	-
Parc Ronda Sur	6	-	-	-	-	-	-	-	-	6	-	-
Plaça dels Olmets	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	-
Plaça Joan de Joanes	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7	-
San Roque	6	5	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-
Sant Agustí	6	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Santa Agueda	21	6	-	-	4	-	11	-	-	-	-	-
Sor Pietat de la Creu	6	2	-	-	-	-	-	-	-	-	4	-
Talaia	14	14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tramussol	2	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Travesía Obispe Miró	4	2	-	-	-	-	-	-	1	1	-	-
Travesía Santa Agueda	2	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tribunal de les Aigües	16	16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Vinalopó	15	1	-	1	10	-	-	-	-	-	-	3
TOTAL	213											

3.2.4. Equipos auxiliares

Debido a la presencia de lámparas de Vapor de Sodio de Alta Presión en muchas partes del alumbrado, es necesario que éstas dispongan de un balasto electromagnético para su correcto funcionamiento. Dicho balasto cuenta con dos elementos clave: un arrancador que facilita el arco eléctrico necesario para la evaporación del gas en el interior de la lámpara y un condensador para compensar la potencia reactiva debida a la inductancia producida en el proceso.

Por ello, se han analizado los balastos electromagnéticos existentes para las diferentes potencias de lámparas instaladas, obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 6. Potencia total del conjunto lámpara + equipo auxiliar VSAP

Potencia de la lámpara (W)	Potencia total del conjunto (W)
100	117,5
150	167,1
250	281

Además, también se han encontrado lámparas LED instaladas que cuentan con su correspondiente driver de alimentación, un elemento capaz de ofrecer corriente continua necesaria para los diodos LED durante su funcionamiento. Sin embargo, se ha optado por no tener en cuenta su potencia debido al poco consumo que suponen para el conjunto de la instalación.

3.2.5. Sistemas de encendido y apagado

En los diferentes cuadros de mando analizados, se han encontrado instalados como sistema de encendido y apagado fotocélulas de la marca Orbis. Debido a la imposibilidad de conocer a simple vista las horas de funcionamiento del alumbrado mediante este sistema, ya que son muy sensibles tanto al polvo como a la situación meteorológica, se han analizado las facturas eléctricas de los cuadros objeto de estudio durante el año 2019 para conocerlas. Los resultados se muestran más adelante en el apartado 4.4 de la memoria.

Su funcionamiento es sencillo. Mediante una célula fotoeléctrica se detecta la cantidad de luz natural existente en el ambiente. A partir de un nivel umbral se permite la conexión/desconexión del contactor de potencia, activando/desactivando el alumbrado.

Aquí se muestran todas ellas para cada sector y subcuadro:



Figura 26. Fotocélula instalada en el sector 1



Figura 27. Fotocélula instalada en el sector 2



Figura 28. Fotocélula instalada en el sector 3



Figura 29. Fotocélula instalada en el sector 4



Figura 30. Fotocélula instalada en el subcuadro del Passeig de la derrota



Figura 31. Fotocélula instalada en el subcuadro de la Avenida Sant Joan de Ribera



Figura 32. Fococélula instalada en el subcuadro de la calle Cervantes



Figura 33. Fococélula instalada en el subcuadro de la calle Batalla de Lepanto

No obstante, pese al funcionamiento de todos ellos mediante este sistema, cabe destacar la presencia de un programador astronómico marca Orbis modelo Data Astro instalado en el cuadro de mando del sector 1 y de un interruptor horario analógico de la marca Orbis modelo Inca Duo en el sector 2. Todos ellos se encuentran instalados pero no se encuentran configurados para su funcionamiento.



Figura 34. Programador astronómico Orbis modelo Data Astro del sector 1



Figura 35. Interruptor horario analógico Orbis modelo Inca Duo del sector 2

Por un lado, el programador astronómico es un dispositivo que mediante un algoritmo matemático y las coordenadas geográficas del lugar donde se instala, calcula el orto y el ocaso para cada día del año. Esto junto con un reloj en tiempo real permiten encender y apagar la instalación en base al amanecer y al anochecer, independientemente de la situación climatológica de su emplazamiento.

Por otro lado, el interruptor horario permite la gestión de cualquier instalación eléctrica mediante la configuración de programas diarios y semanales.

3.2.6. *Sistemas de regulación del flujo luminoso*

La finalidad de estos sistemas es una reducción del flujo luminoso de las lámparas sin reducir la uniformidad durante ciertos períodos de la noche en los que no es necesaria tanta iluminación de estas por factores como la densidad del tráfico rodado y peatonal, permitiendo así un notable ahorro energético.

Existen gran variedad de sistemas al respecto: balastos electromagnéticos de doble nivel, balastos electrónicos con programación en pasos, reductores de flujo en cabecera, etc. Sin embargo, no hay ningún sistema instalado en el municipio de los anteriormente mencionados, por lo que el alumbrado funciona constantemente a su régimen nominal.

3.3. Análisis funcional de las instalaciones

Se consideran todas las vías analizadas como clase D y E, al observar que la velocidad de circulación del tráfico rodado en todo el municipio no supera los 30 km/h y también por existir calles únicamente peatonales. Según el Reglamento de Eficiencia Energética en Instalaciones de Alumbrado Exterior, la clase de alumbrado apropiado para este tipo de vías es la clase S o la clase CE.

No obstante, se ha optado por seguir las recomendaciones de la norma UNE-EN 13201, donde se recomienda la clase de alumbrado P para calles residenciales, calles peatonales y vías de tráfico lento con existencia de aceras a lo largo de la calzada, ya que dicha clase se ajusta a las características de los viales analizados y además aparece especificada en el programa informático utilizado para realizar las simulaciones luminotécnicas, facilitando la simulación.

En dicha clase de alumbrado se tiene en cuenta la iluminancia horizontal media y mínima en la calzada, especificando diferentes niveles de iluminación atendiendo a dichos parámetros.

La iluminancia (E) es un parámetro capaz de medir la cantidad de luz por unidad de superficie. Su unidad de medida es el lux.

$$E = \frac{d\phi}{dA}$$

Donde ϕ : cantidad de luz o flujo luminoso en lúmenes

A: superficie en m²

En esta tabla se especifican los valores:

Tabla 7. Niveles de iluminación para la clase de alumbrado P

Fuente: Asociación Española de Normalización (2016). Norma UNE-EN 13201-2. Iluminación de carreteras. Parte 2: Requisitos de prestaciones.

Clase	Iluminancia horizontal		Requisito adicional si se necesita reconocimiento facial	
	\bar{E} ^a [mínima mantenida] lx	$E_{min.}$ [mantenida] lx	$E_{v.min.}$ [mantenida] lx	$E_{sc.min.}$ [mantenida] lx
P1	15,0	3,00	5,0	5,0
P2	10,0	2,00	3,0	2,0
P3	7,50	1,50	2,5	1,5
P4	5,00	1,00	1,5	1,0
P5	3,00	0,60	1,0	0,6
P6	2,00	0,40	0,6	0,2
P7	Prestación no determinada	Prestación no determinada		

^a Para proporcionar uniformidad, el valor real de la iluminancia media mantenida no debe exceder de 1,5 veces el valor mínimo \bar{E} indicado para la clase.

Además, se han realizado mediciones en las vías que son objeto de estudio. Para aquellas calles donde no se van a realizar propuestas de mejora se ha medido la anchura de la calzada, de las aceras y de las zonas de aparcamiento, la interdistancia entre puntos de luz y la disposición de las luminarias, así como el número de carriles y de aceras con los que cuenta, datos necesarios para la posterior calificación energética de éstas.

Por otro lado, en aquellas calles donde si se van a hacer propuestas, se han medido adicionalmente la altura de las luminarias, como también la inclinación de las luminarias y la longitud del brazo para aquellas con tipología directa a pared. Para el cálculo de la altura de montaje, se ha realizado un cálculo sencillo siguiendo el teorema de Pitágoras, siendo dicha altura uno de los catetos del triángulo rectángulo.

Todas las mediciones han sido realizadas mediante medidor laser "Stanley TLM 65", excepto la interdistancia entre puntos de luz, que se ha necesitado de la ayuda de la herramienta "Google Earth" para conocer su distancia. Esto es debido a que el medidor láser tiene un alcance máximo de 20 metros, insuficiente para la mayoría de las distancias entre luminarias.

Proyecto de auditoría energética y propuestas de mejora del alumbrado público exterior del municipio de Bocairant

En aquellas vías en las que la calzada varía tanto la disposición de las luminarias como las medidas a lo largo de su recorrido, se han intentado realizar mediciones en las que las mediciones se encuentren uniformes, intentando así que la información resulte útil.

A continuación, se muestra un resumen del análisis funcional realizado especificando todos los aspectos mencionados por sector:

Tabla 8. Análisis funcional del sector 1

Calle	Tipo de vía	Clase de alumbrado	Disposición de luminarias			Interdistancia (m)	Nº aceras	Ancho calzada (m)	Nº carriles	Ancho acera 1 (m)	Ancho acera 2 (m)	Ancho aparcamiento (m)	Altura de montaje (m)	Longitud del brazo (m)
			Unilateral	Tresbolillo	Oposición									
C/ Cubet	E	P4	X			21,6	0	4,23	1	-	-	-	7,3	2,2
C/ Dr. Fleming	D	P4		X		21,6	2	9,7	1	1,1	1,1	-	-	-
C/ El palleter	D	P4	X			21,8	2	4,5	1	1	1	-	-	-
C/ Els Clots	D	P4	X			18	1	7,4	1	1,5	-	-	-	-
C/ Ereta de Penya	D	P3		X		38	2	4	1	0,75	0,75	-	7,2	2,2
C/ Gabriel Miró	D	P3	X	X		40	2	5	1	0,85	0,85	-	7,36	2,2
C/ Joaquim Sorolla	D	P4	X			19,7	2	8,2	1	1	0,95	-	-	-
C/ José Puig	D	P3	X			20	2	10	1	0,9	2,2	-	6,9	2,2
C/ Mariola	D	P4	X			33	2	6,3	1	0,9	1,1	-	-	-
C/ Martí Calabuig	D	P3		X		33,8	2	9,6	2	1,1	1,1	-	5,3	2,57
C/ Músic Blai Colomer	E	P5	X			18,3	0	5,8	0	-	-	-	6,4	2,2
C/ N1	D	P4	X			18,2	1	13,2	1	1,3	-	-	-	-
Plaça Els Furs	D	P5	X			26,2	0	9,9	1	-	-	-	-	-
C/ Repuntxó	E	P5	X			14,8	0	4,8	0	-	-	-	8,6	2,2
C/ Sant Agustí	D	P4		X		37,6	0	4,3	1	-	-	-	7,4	2,2
C/ Sant Miquel	D	P4	X			24	2	9,5	1	1,3	1,3	-	7,9	2,3
C/ Taula del Rei	D	P4		X		44,3	2	7,9	1	1	0,9	-	-	-

Tabla 9. Análisis funcional del sector 2

Calle	Tipo de vía	Clase de alumbrado	Disposición de luminarias			Interdistancia (m)	Nº aceras	Ancho calzada (m)	Nº carriles	Ancho acera 1 (m)	Ancho acera 2 (m)	Ancho aparcamiento (m)	Altura de montaje (m)	Longitud del brazo (m)
			Unilateral	Tresbolillo	Oposición									
Avenida 9 d'Octubre	D	P3	X	X		41,3	2	8,8	2	1	2	2	-	-
C/ De la Llibertat	D	P4	X			27,4	1	5,8	1	1	-	2	-	-
C/ De La Pau	D	P4	X			27,4	1	5,8	1	1	-	2	-	-
C/ De la Vall d'Albaida	D	P4	X			27,4	1	5,8	1	1	-	2	-	-
C/ Dels Vilars	D	P4	X			26,6	2	7,8	1	1,2	2,15	-	-	-
Passeig de la Derrota	D	P3	X	X		27,6	2	9,2	1	1,6	1,5	-	-	-
C/ Perp. Derrota 9 Octubre	D	P4		X		22,5	2	11,1	2	2	2,1	-	-	-
C/ Poeta Ibn Ruhaim	D	P4	X			25,3	2	6,8	1	2	1	-	-	-
C/ Rei en Jaume 1	D	P4	X			25	2	6,3	1	2	1	-	-	-

Proyecto de auditoría energética y propuestas de mejora del alumbrado público exterior del municipio de Bocairant

Tabla 10. Análisis funcional del sector 3

Calle	Tipo de vía	Clase de alumbrado	Disposición de luminarias			Interdistancia (m)	Nº aceras	Ancho calzada (m)	Nº carriles	Ancho acera 1 (m)	Ancho acera 2 (m)	Ancho aparcamiento (m)	Altura de montaje (m)	Longitud del brazo (m)
			Unilateral	Tresbolillo	Oposición									
C/ Alcoi	D	P2	X			15	2	10	1	1	1,4	-	6,4	2,2
C/ Agres	D	P4	X			20	1	7	1	1,2	-	-	-	-
C/ Alfafara	D	P3	X			18	2	4,37	1	1	2	3,57//2	5,25	2,2
Av. San Juan de Ribera	D	P2	X			12,7	2	6,8	2	1,66	2,65	2	5,5	1,15
C/ Banyeres	D	P4	X			19	2	4	1	1	1	2//2	5,8	2,11
C/ Batalla de Lepanto	D	P2		X	X	18//22	2	3,83	1	1,52	2,45	2//4,6	3//4//5	0,75
C/ Cervantes	D	P3	X			21,85	2	3,41	1	1,34	1,14	2//2	12	2,25
C/ Dos de Maig	D	P3	X			17,4	2	4,29	1	1,17	0,97	2//3,55	6	2,23
C/ Germanies	D	P3	X			20,8	2	5,22	1	1,9	1,5	-	3	-
C/ Joan Beneyto Bernacer	D	P2	X	X		41	2	3,55	1	1,26	1	2	4,44	0,75//2
C/ Músic Bernat	D	P3	X			20,5	1	5,23	1	0,9	-	-	6,73	1
C/ Ontinyent	D	P4	X			22,8	2	4,34	1	0,88	0,88	1,9//1,9	5,39	0,75
C/ Pio XII	D	P3	X			19	2	6,34	2	1,87	3,79	1,86	-	-
C/ Rei en Jaume	D	P3	X		X	15,2	2	3,63	1	4	1,1	4,6	6,69	1
C/ Valencia	D	P3	X			17,9	2	5,45	1	1	1,13	4,26//1,98	7,69	2,2

Tabla 11. Análisis funcional del sector 4

Calle	Tipo de vía	Clase de alumbrado	Disposición de luminarias			Interdistancia (m)	Nº acera	Ancho calzada (m)	Nº carriles	Ancho acera 1 (m)	Ancho acera 2 (m)	Ancho aparcamiento (m)	Altura de montaje (m)	Longitud del brazo (m)
			Unilateral	Tresbolillo	Oposición									
Av. d'Espanya	D	P2	X			21//28,82	2	10,97//7,97	2	2,27//1,14	1,5//1	2	4//7,81	2//2,2
Azorín	D	P3		X		40	2	2,96	1	0,62	1,45	-	7,11	2,2
Bisbe Mahiques	D	P3	X			32,5	2	4,56	1	0,9	0,9	-	5,2	0,75
Diputat Castelló	D	P2		X		30,7	2	3,77	1	0,81	0,76	-	5	1
Escalinata	E	P6	X			7,8	0	8	0	-	-	-	-	-
Mestre Serrano	D	P3		X		30,4	2	4	1	0,98	1	2	7,12	2,2
Obispe Miró	D	P2		X		40,53	2	3,59	1	1,13	1,08	-	5	1
San Roque	D	P4	X			15,4	0	3,42	1	-	-	-	6,55	2,2
Santa Agueda	D	P3	X	X		23,3	2	4,17	1	0,5	0,92	-	7,1	2,2
Sor Pietat de la Creu	D	P2		X		35,3	2	3,46	1	1,27	1,21	-	5	1
Talaia	E	P6	X			21,9	0	6,2	0	-	-	-	7,5	2,2
Tramussol	E	P6	X			20	0	3,53	0	-	-	-	7	2,2
Travesía Obispe Miró	D	P4	X			17,2	0	3,42	1	-	-	-	6,55	2,2
Travesía Santa Agueda	D	P3	X			20,4	2	3,93	1	0,65	0,58	-	7	2,2
Tribunal de les Aigües	D	P3	X	X		23,4	2	3,7	1	0,73	0,8	2	7,1	2,2
Vinalopó	D	P4	X			33,3	2	5	2	0,96	1	2,12	-	-

3.4. Análisis energético de las instalaciones

En este apartado nos vamos a centrar en toda aquella información relacionada con la energía en las instalaciones, más concretamente en los cuadros de suministro eléctrico, que son aquellos que contabilizan los datos al respecto.

3.4.1. Potencia activa total

La potencia activa total engloba la potencia nominal de la lámpara instalada junto a la potencia del equipo auxiliar que la acompaña. Esta información nos permite en un futuro conocer si nuestro inventario se ha realizado correctamente comparando la información aportada por los máxímetros en aquellos cuadros donde estén instalados o bien mediante la lectura por fases.

En las siguientes tablas aparece el sumatorio de toda la potencia instalada tanto de las lámparas como de los equipos auxiliares para cada tipo de luminaria instalada en el sector.

Tabla 12. Potencia activa total del sector 1

	Nº puntos de luz	Tipo de luminaria	Tipo de lámpara	Potencia lámpara (W)	Pot. Equipo auxiliar (W)	Potencia total (W)
	75	Cazoleta	VSAP	100	17,5	8.812,5
	70	Cazoleta	LED	50	0	3.500
	5	Esférica directa a pared	VSAP	250	31	1.405
	12	Esférica directa a pared	LED	50	0	600
	6	Columna	VSAP	250	31	1.686
	28	Columna	LED	50	0	1.400
TOTAL	196					17.403,5

Tabla 13. Potencia activa total del sector 2

	Nº puntos de luz	Tipo de luminaria	Tipo de lámpara	Potencia lámpara (W)	Pot. Equipo auxiliar (W)	Potencia total (W)
	1	Cazoleta	LED	30	0	30
	76	Columna	LED	30	0	2.280
TOTAL	77					2.310

Tabla 14. Potencia activa total del sector 3

	Nº puntos de luz	Tipo de luminaria	Tipo de lámpara	Potencia lámpara (W)	Pot. Equipo auxiliar (W)	Potencia total (W)
	12	Asimétrica	VSAP	150	17,1	2.005,2
	47	Cazoleta	VSAP	100	17,5	5.522,5
	9	Esférica directa a pared	VSAP	150	17,1	1.503,9
	26	Esférica directa a pared	VSAP	250	31	7.306
	37	Esférica directa a pared	LED	50	0	1.850
	4	Columna	VSAP	150	17,1	668,4
	61	Columna	VSAP	250	31	17.141
	10	Columna	LED	50	0	500
	27	Tubo	LED	20	0	540
	2	Proyector	LED	50	0	100
TOTAL	235					37.137,0

Tabla 15. Potencia activa total del sector 4

	Nº puntos de luz	Tipo de luminaria	Tipo de lámpara	Potencia lámpara (W)	Pot. Equipo auxiliar (W)	Potencia total (W)
	98	Cazoleta	VSAP	100	17,5	11.515
	6	Esférica directa a pared	VSAP	250	31	1.686
	2	Esférica directa a pared	VSAP	150	17,1	334,2
	14	Esférica directa a pared	LED	50	0	700
	12	Columna	VSAP	250	31	3.372
	1	Columna	VSAP	150	17,1	167,1
	23	Columna	LED	50	0	1.150
	7	Farol Villa	VSAP	250	31	1.967
	9	Farol Villa	LED	50	0	450
	38	Farol Fernandina	VSAP	250	31	10.678
	3	Proyector	LED	50	0	150
TOTAL	213					32.169,3

3.4.2. Potencia y tarifa eléctrica contratada

Estas son las tarifas eléctricas y la potencia contratada para cada contrato de suministro eléctrico en todo el municipio:

Tabla 16. Potencia y tarifa eléctrica contratada en cada sector

Sector	Dirección	Tarifa	Potencia contratada (W)
1	C/ Gabriel Miró, 66-1	Peaje BT 3.0A	33.000
2	C/ Poeta Ibn Ruhaim, 3-1	Peaje BT 2.0 DHA	9.900
3	Av. Sant Joan de Ribera, 2-1	Peaje BT 2.1A	12.000
4	Av. De España, 21	Peaje BT 3.0A	41.600
5	Plza Ajuntament, 2	Peaje BT 3.0A	16.000
6	C/ Font de la Teula, 2-1	Peaje BT 2.0 DHA	9.900
7	Plgo. El Regadiu (U.A. 3), 11-1	Peaje BT 3.0A	30.000
8	C/ Comarca de la Marina, 1-BIS	Peaje 2.1DHA	10.390
9	Ptda El Pontarró, Parcela 67-1	Peaje BT 2.0 DHA	5.196
10	C/ Comarca de la Safor (PG. EL, 34-BIS)	Peaje 2.1 DHA	10.390
11	Avda. Sant Blai, 3-PROX	Peaje BT 3.0A	26.400

Como se observa en la tabla, las tarifas para los sectores de actuación pertenecen al mercado liberalizado con diferentes tarifas de acceso.

Tanto el sector 1 como el sector 4 cuentan con una tarifa 3.0A. Esto indica que se realizan tres períodos de facturación en la factura. El sector 2, al tener una potencia activa total instalada menor de 10 kW posee una tarifa 2.0DHA donde la facturación se realiza en dos períodos al tener discriminación horaria. Y por último, el sector 3 cuenta con una tarifa 2.1A, utilizada por suministros con potencia entre 10 y 15 kW sin discriminación horaria, por lo que la facturación se realiza en un solo período.

En cuanto a la potencia contratada, cabe destacar que en el sector 3 la potencia es mucho menor a toda la instalación conectada a ella. Esto es debido a que la instalación eléctrica es bastante antigua y los elementos de control de la compañía no están correctamente instalados, por lo que funciona sin cortes de suministro. Sin embargo, hay constancia al respecto por parte del ayuntamiento y se están realizando los trámites necesarios para aumentar la potencia contratada.

Para el resto de los cuadros de suministro, la potencia contratada siempre supera a la potencia total instalada.

3.4.3. *Energía consumida durante el año 2019*

Se han analizado todas las facturas eléctricas del municipio durante todo el año 2019 con la finalidad de conocer el consumo real por sectores del alumbrado público. Esta información es muy valiosa para la realización de ratios estadísticos, el cálculo de las horas de funcionamiento de las fotocélulas y la simulación del consumo eléctrico una vez instaladas las propuestas de mejora.

Cabe destacar que para el sector 4 se ha tenido en cuenta el consumo eléctrico durante el año 2018. Esto es debido a que a principios del año 2019 la empresa comercializadora cambió el contador existente por otro y el nuevo no mide correctamente el consumo real de la instalación, por lo que en las facturas eléctricas no se muestra el consumo real a lo largo de ese año.

Se muestran los consumos de todos los sectores durante un período anual.

Tabla 17. Resumen anual de las facturas eléctricas de todos los sectores

Sector	Dirección	Período de análisis	Energía consumida (kWh)
1	C/ Gabriel Miró, 66	19/12/2018 - 08/12/2019	72.665
2	C/ Poeta Ibn Ruhaim, 3-1	18/12/2018 - 17/12/2019	6.945
3	Av. Sant Joan de Ribera, 2-1	17/12/2018 - 17/12/2019	127.244
4	Av. De España, 21	20/12/2017 - 19/12/2018	142.331
5	Plza Ajuntament, 2	19/12/2018 - 07/12/2019	82.500
6	C/ Font de la Teula, 2-1	18/12/2018 - 17/12/2019	10.505
7	Plgo. El Regadiu (U.A. 3), 11-1	19/12/2018 - 09/12/2019	9.075
8	C/ Comarca de la Marina, 1-BIS	18/12/2018 - 17/12/2019	9.755
9	Ptda El Pontarró, Parcela 67-1	22/12/2018 - 17/12/2019	6.345
10	C/ Comarca de la Safor (PG. EL, 34-BIS)	18/12/2018 - 17/12/2019	7.230
11	Avda. Sant Blai, 3-PROX	19/12/2018 - 08/12/2019	66.000
		TOTAL	540.595

4. Auditoría energética

4.1. Ratios estadísticos

Con tal de conocer un poco más sobre la instalación de alumbrado del municipio, se han calculado una serie de ratios con la información disponible. Dichos ratios serán comparados con el informe realizado por el IDAE en el año 2013 en el que la información hace un reflejo del alumbrado a nivel nacional, para comprobar si Bocairent se encuentra dentro de los valores o, por el contrario, existen variaciones.

El informe del que se menciona con los resultados es el que se muestra a continuación.

Tabla 18. Ratios estadísticos nacionales

Fuente: Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (2017). *Inventario, consumo de energía y potencial de ahorro del alumbrado exterior municipal en España.*

Tamaño municipio	RATIOS IDAE			CENSO DE ESPAÑA		RESULTADOS	
	kWh/hab/a	W/PL	PL/1000 hab	Municipios	Población	GWh/a	PL
> 75.000 habitantes	81	182	108	88	20.399.147	1.653	2.209.135
40.001 a 75.000 hab	118	176	156	76	4.239.453	501	663.381
10.000 a 40.000 hab	133	163	209	557	10.702.913	1.429	2.237.499
< 10.000 hab	169	140	298	7.391	9.859.224	1.665	2.934.665
Conjunto España	116,1	161,1	178,0	8.112	45.200.737	5.247	8.044.680

Sabiendo que Bocairent cuenta con 4.161 puntos de luz y hay censados 4.195 habitantes, esto equivale a:

$$\frac{4.161 \text{ PL}}{4.195 \text{ habitantes}} \cdot 1.000 = 348,27 \frac{\text{PL}}{1.000 \text{ hab}}$$

Es un valor bastante aproximado a los datos nacionales ($298 \frac{\text{PL}}{1.000 \text{ hab}}$ para municipios de < 10.000 habitantes), teniendo en cuenta que la tendencia en el país es de un aumento de los puntos de luz/habitante a medida que el municipio tiene una población más reducida.

Para el consumo energético anual por habitante:

$$\frac{540.595 \frac{\text{kWh}}{\text{año}}}{4.195 \text{ habitantes}} = 128,86 \text{ kWh/hab/a}$$

Este ratio indica que en Bocairent el consumo destinado al alumbrado público por habitante es menor que la media española (169 kWh/hab/a).

4.2. Calificación energética actual

4.2.1. Procedimiento y parámetros

La calificación energética es un método que consiste en clasificar la eficiencia de una instalación de alumbrado asignándole una etiqueta con una escala de letras, que puede variar de la A a la F, atendiendo al índice de consumo energético (ICE). Dicho parámetro es igual al inverso del índice de eficiencia energética.

$$ICE = \frac{1}{I_{\varepsilon}}$$

El índice de eficiencia energética (I_{ε}) se define como el cociente entre la eficiencia energética real de la instalación (ε) y la eficiencia energética de referencia (ε_R).

$$I_{\varepsilon} = \frac{\varepsilon}{\varepsilon_R}$$

Esta eficiencia energética de referencia depende a su vez de la iluminancia horizontal media (E_m) medida sobre la calzada. La tabla con los valores a tener en cuenta se especifica a continuación.

Hay que tener en cuenta que si la iluminancia se encuentra entre dos valores dentro de la tabla, el resultado se obtiene interpolando linealmente. Además, al estar trabajando con alumbrado ambiental, nos hemos centrado en la tabla de la derecha.

Tabla 19. Valores de la eficiencia energética de referencia

Fuente: Ministerio de Industria, Energía y Turismo (2013). Reglamento de Eficiencia Energética en Instalaciones de Alumbrado Exterior. Instrucción Técnica Complementaria EA-01. Eficiencia Energética.

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

Por otro lado, la eficiencia energética de una instalación (ε) se define como el producto de la superficie de cálculo (S) por la iluminancia horizontal media (E_m) dividido por la potencia activa total instalada (P).

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

En el cálculo se tiene en cuenta toda la potencia activa que se encuentra dentro de la superficie. Si dicha superficie corta transversalmente una o varias luminarias, se contabilizará la mitad de su potencia. Además, la superficie de cálculo utilizada es el producto de la interdistancia entre luminarias por el ancho de la calzada de cada vía calculado en el análisis funcional.

Para el cálculo de la iluminancia media de una manera sencilla, se ha optado por realizar el método de los 9 puntos. Este método permite a partir de la medición de 15 puntos sobre la calzada (ver figura 36) calcular la iluminancia media sobre ella de la siguiente forma.

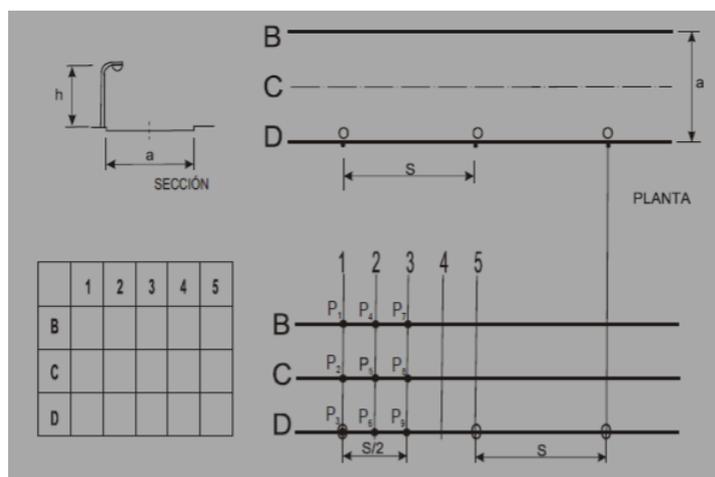


Figura 36. Procedimiento del método de los 9 puntos

Fuente: Ministerio de Industria, Energía y Turismo (2013). Reglamento de Eficiencia Energética en Instalaciones de Alumbrado Exterior. Instrucción Técnica Complementaria EA-07. Mediciones luminotécnicas en las instalaciones de alumbrado.

La iluminancia horizontal en cada punto de la calzada se ha obtenido mediante el uso del luxómetro Testo 545, un aparato con una resolución de 1 lux y un rango hasta 100.000 luxes de medida.

Obteniendo las mediciones en las coordenadas donde cortan los ejes de abscisas B, C, D con los ejes de ordenadas 1, 2, 3, 4 y 5 se calcula la iluminancia media de la siguiente forma.

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

Donde:

$$E_1 = \frac{B_1 + B_5}{2}, \quad E_2 = \frac{C_1 + C_5}{2}, \quad E_3 = \frac{D_1 + D_5}{2}, \quad E_4 = \frac{B_2 + B_4}{2},$$

$$E_5 = \frac{C_2 + C_4}{2}, \quad E_6 = \frac{D_2 + D_4}{2}, \quad E_7 = B_3, \quad E_8 = C_3, \quad E_9 = D_3$$

Con todo esto, la calificación energética asigna una letra a la instalación, de la A (más eficiente) a la F (menos eficiente) asignando unos rangos de valores a cada una según el índice de consumo energético (ICE) y al índice de eficiencia energética (I_ε).

Tabla 20. Rango de valores para la calificación energética

Fuente: Ministerio de Industria, Energía y Turismo (2013). Reglamento de Eficiencia Energética en Instalaciones de Alumbrado Exterior. Instrucción Técnica Complementaria EA-01. Eficiencia Energética.

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

4.2.2. Resultados

Se muestran todas las mediciones realizadas por sector junto con su correspondiente calificación energética. Cabe destacar que existen calles con diferentes tipologías de luminarias y disposiciones tanto de ellas como de la calzada, con lo que se ha intentado realizar mediciones donde los resultados sean factibles a efecto de estudio.

4.2.2.1. Sector 1

Tabla 21. Calificación energética del sector 1

Calle	Superficie (m ²)	E _m (lux)	Potencia (W)	ε (m ² ·lux/W)	ε _R (m ² ·lux/W)	Iε	ICE	Calificación energética
C/ Cubet	91,36	12,31	117,5	9,571	9,92	0,965	1,036	B
C/ Dr. Fleming	209,52	4,25	50	17,809	5	3,562	0,281	A
C/ El palleter	98,1	1,22	50	2,394	5	0,479	2,089	E
C/ Els Clots	133,2	1,05	50	2,797	5	0,559	1,788	E
C/ Ereta de Penya	152	19,18	235	12,406	12,67	0,979	1,021	B
C/ Gabriel Miró	200	17,44	235	14,843	11,97	1,240	0,806	A
C/ Joaquim Sorolla	161,54	3,47	50	11,211	5	2,242	0,446	A
C/ José Puig	200	8,94	117,5	15,217	8,21	1,853	0,540	A
C/ Mariola	207,9	3,26	50	13,555	5	2,711	0,369	A
C/ Martí Calabuig	324,48	19,81	235	27,353	12,92	2,117	0,472	A
C/ Músic Blai Colomer	106,14	19,12	117,5	17,271	12,64	1,366	0,732	A
C/ N1	240,24	1,83	50	8,793	5	1,759	0,569	A
Plaça Els Furs	259,38	2,34	50	12,139	5	2,428	0,412	A
C/ Repuntxó	71,04	18,28	117,5	11,052	12,31	0,898	1,114	C
C/ Sant Agustí	161,68	15,12	235	10,403	11	0,946	1,057	B
C/ Sant Miquel	228	2,54	50	11,582	5	2,316	0,432	A
C/ Taula del Rei	349,97	2,98	117,5	8,876	5	1,775	0,563	A

Es fácil conocer qué vías del sector 1 tienen instaladas luminarias asimétricas tipo cazoleta con lámpara LED con sólo observar la tabla anterior, ya que la iluminancia media supera los 2 lux pero no alcanza los 5 lux en ninguna de ellas.

Sin embargo, su baja potencia le permite tener un índice de eficiencia energética (I_{ϵ}) superior a 1,1 en todas ellas, calificándolas energéticamente como una instalación muy eficiente (letra A).

Las calles en cuestión son C/ Dr. Fleming, C/ Joaquim Sorolla, C/ Mariola, C/ N1, Plaça Els Furs, C/ Sant Miquel y C/ Taula del Rei.

Por otro lado, aquellas calles con bloque esférico opaco ya sea columna o colocada directamente sobre la pared, tienen peor calificación aun teniendo la misma lámpara LED instalada que las tipo cazoleta.

Esto es debido en primer lugar a su diseño, que facilita la emisión de gran parte del flujo luminoso por encima del plano horizontal que pasa por el centro óptico de la luminaria, provocando un flujo hemisférico superior elevado y su consecuente pérdida de iluminación sobre la calzada. En segundo lugar, la opacidad del bloque esférico blanco provoca una pérdida importante de flujo luminoso en el propio punto de luz.

Las vías en esta situación son C/ El palleter y C/ Els Clots.

Por último, en el sector aparecen calles con luminarias asimétricas tipo cazoleta con lámpara VSAP de 100W. Cabe destacar la gran eficiencia que ofrecen estas luminarias, llegando a niveles de iluminancia media de hasta 20 lux y calificaciones entre la letra A y la C. Sin embargo, en las propuestas de mejora se intentará ajustar los niveles de iluminación adecuados para cada una de ellas, ya que en algunos casos es excesiva, y así conseguir una mayor eficiencia.

4.2.2.2. Sector 2

Tabla 22. Calificación energética del sector 2

Calle	Superficie (m ²)	E _m (lux)	Potencia (W)	ε (m ² ·lux/W)	ε _R (m ² ·lux/W)	Iε	ICE	Calificación energética
Av. 9 d'Octubre	363,44	2,51	60	15,204	5	3,041	0,329	A
De la Llibertat	158,92	3,07	30	16,263	5	3,253	0,307	A
De La Pau	158,92	3,07	30	16,263	5	3,253	0,307	A
De La Vall d'Albaida	158,92	3,07	30	16,263	5	3,253	0,307	A
Els Vilars	207,48	1,37	30	9,475	5	1,895	0,528	A
Passeig de la Derrota	253,92	2,78	60	11,765	5	2,353	0,425	A
Perp. Derrota / 9 d'Octubre	249,75	0,76	60	3,164	5	0,633	1,581	D
Poeta Ibn Ruhaim	172,04	1,5	30	8,602	5	1,720	0,581	A
Rei en Jaume 1	157,5	2,37	30	12,443	5	2,489	0,402	A

El sector cuenta con una excelente clasificación energética en todas sus calles. El motivo es la existencia de columnas de bloque esférico con lámpara LED de 30W, pero en este caso el bloque óptico es transparente, por lo que facilita la emisión del flujo luminoso de la lámpara. De hecho, se observa claramente las diferencias entre el bloque óptico opaco de color blanco y el transparente en la calle C/ Perp. Derrota / 9 d'Octubre, que tiene instaladas columnas con bloque opaco y su calificación es muy inferior.

No obstante, estas columnas con bloque óptico transparente siguen teniendo un flujo hemisférico superior elevado, más incluso que las de bloque óptico opaco blanco.

4.2.2.3. Sector 3

Tabla 23. Calificación energética del sector 3

Calle	Superficie (m ²)	Em (lux)	Potencia (W)	ε (m ² ·lux/W)	ε _R (m ² ·lux/W)	Iε	ICE	Calificación energética
C/ Alcoi	150	18,47	167,1	16,580	12,38	1,339	0,747	A
C/ Agres	140	2,25	50	6,300	5	1,260	0,794	A
C/ Alfafara	78,66	7,31	117,5	4,894	6,85	0,714	1,400	D
Av. San Juan de Ribera	86,36	10,98	562	1,687	9,39	0,180	5,565	G
C/ Banyeres	76	4,58	167,1	2,083	5	0,417	2,400	E
C/ Batalla de Lepanto	68,94	23,1	562	2,834	13	0,218	4,588	F
C/ Cervantes	74,5	8,61	117,5	5,459	7,89	0,692	1,445	D
C/ Dos de Maig	74,64	6,97	117,5	4,428	6,57	0,674	1,484	D
C/ Germanies	108,57	9,17	167,1	5,958	8,34	0,714	1,400	D
C/ Joan Beneyto Bernacer	145,55	8,62	562	2,232	7,9	0,283	3,539	F
C/ Músic Bernat	107,21	7,47	117,5	6,816	6,97	0,978	1,023	B
C/ Ontinyent	98,95	7,06	167,1	4,181	6,65	0,629	1,591	D
C/ Pío XII	120,46	0,95	50	2,289	5	0,458	2,185	E
C/ Rei en Jaume	55,17	20,4	255	4,414	13	0,340	2,945	F
C/ Valencia	97,55	7,62	117,5	6,326	7,1	0,891	1,122	C

El sector alberga algunas de las calles más concurridas del municipio por ser las principales vías de entrada y salida en él. Por este motivo, se decidió instalar lámparas de mayor potencia (250W). Sin embargo, su calificación energética es muy baja por este mismo motivo, la iluminancia obtenida no es lo suficientemente elevada para la potencia que se encuentra instalada.

Estas vías son Avenida San Juan de Ribera, C/ Batalla de Lepanto y C/ Joan Beneyto Bernacer.

Las vías con luminaria asimétrica tipo cazoleta con lámpara VSAP de 100 W tienen peor calificación energética (letra D en su mayoría) que las vías del sector 1 con la misma luminaria. La menor superficie de cálculo y valores de iluminancia inferiores les otorgan dichos resultados. Esto puede ser debido a que las calles en este sector cuentan con áreas de aparcamiento a ambos lados de la calzada, con lo que la calzada queda más alejada de las luminarias y los cálculos realizados en la misma dan resultados notablemente inferiores.

Por último, encontramos luminarias de bloque esférico instaladas directamente sobre la pared con lámparas de VSAP de 150 W de potencia. Al igual que con las lámparas LED, su elevado flujo hemisférico superior se traduce en una pérdida de iluminación sobre la calzada, que junto a su potencia un poco más alta les otorga a las calles con esta tipología calificaciones con la letra D o E.

4.2.2.4. Sector 4

Tabla 24. Calificación energética del sector 4

Calle	Superficie (m ²)	Em (lux)	Potencia (W)	ε (m ² ·lux/W)	ε _R (m ² ·lux/W)	IE	ICE	Calificación energética
Av. d'Espanya	230,37	7	281	5,739	6,6	0,870	1,150	C
Azorín	118,4	16,11	235	8,117	11,44	0,710	1,409	D
Bisbe Mahiques	148,2	8,86	281	4,673	8,08	0,578	1,729	D
Diputat Castelló	115,74	26,8	562	5,519	13	0,425	2,355	E
Escalinata	62,4	4,89	50	6,103	5	1,221	0,819	A
Mestre Serrano	121,6	17,26	235	8,931	11,9	0,751	1,332	C
Obispe Miró	145,5	28,75	562	7,443	13	0,573	1,747	D
San Roque	52,66	19,98	117,5	8,954	12,992	0,689	1,451	D
Santa Agueda	97,16	19,59	117,5	16,199	12,836	1,262	0,792	A
Sor Pietat de la Creu	122,13	26,28	562	5,711	13	0,439	2,276	E
Talaia	135,78	13,54	117,5	15,646	10,41	1,503	0,665	A
Tramussol	70,6	13,12	117,5	7,883	10,25	0,769	1,300	C
Travesía Obispe Miró	58,82	13,89	117,5	6,953	10,55	0,659	1,517	D
Travesía Santa Agueda	80,17	13,12	117,5	8,952	10,248	0,874	1,145	C
Tribunal de les Aigues	86,58	6,93	117,5	5,106	6,544	0,780	1,282	C
Vinalopó	166,5	0,93	50	3,097	5	0,619	1,615	D

El sector 4 alberga la mayor parte del casco urbano de la localidad.

Con algunas vías con farol tipo fernandina y columna esférica de lámpara VSAP de 250W, la calificación es muy baja (letra D y E) al igual que ocurría con las calles más concurridas del sector 3, debido a la elevada potencia instalada.

Estas son Avenida de España, C/ Diputat Castelló, C/ Sor Pietat de la Creu y C/ Obispe Miró.

Para casi el resto de sector hay instaladas luminarias asimétricas tipo cazoleta con lámpara VSAP de 100 W. Su calificación es inferior que para el mismo caso que en las calles del sector 1, pero porque las calles son más estrechas, por lo que la superficie de cálculo se reduce y la calificación empeora. Las letras varían entre la C y la D.

4.3. Mediciones eléctricas

A modo de comprobar si el inventario de los sectores realizado es correcto se han realizado las mediciones oportunas in situ en cada cuadro.

Hay que tener en cuenta que debido a la imposibilidad de la empresa encargada de realizar las mediciones, solo se pudo realizar medidas de la intensidad eléctrica en cada fase mediante pinza amperimétrica.

No obstante, se explica más adelante el procedimiento seguido en cada sector para llegar a los resultados obtenidos.

Se considera en todos los casos que la tensión entre fases es de 230 voltios.

4.3.1. Sector 1

Para el cuadro situado en la calle Gabriel Miró, al tener contratada una tarifa eléctrica 3.0A dispone de elementos de medida tanto de energía activa como de energía reactiva, así como de maxímetros que miden la potencia activa instalada.

Para el cálculo del factor de potencia del cuadro, basta con observar en las facturas dichos elementos de medida durante un período de consumo.

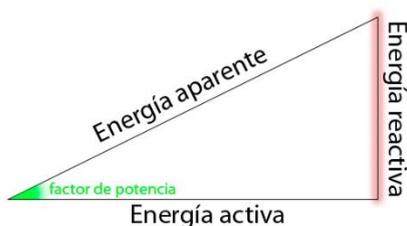


Figura 37. Factor de potencia

Durante el período del 16/04/2019 hasta el 06/05/2019 tenemos las siguientes lecturas:

$$E_{\text{Activa}} = 835 \text{ kWh}$$

$$E_{\text{Reactiva}} = 298 \text{ kVArh}$$

Por lo tanto: $E_{\text{Aparente}} = \sqrt{(E_{\text{Activa}})^2 + (E_{\text{Reactiva}})^2} = \sqrt{835^2 + 298^2} = 886,58 \text{ kVA}$

Y el factor de potencia del sector es: $\cos(\theta) = \frac{E_{\text{Activa}}}{E_{\text{Aparente}}} = \frac{835}{886,58} = 0,941$

Con ello, los resultados son los siguientes:

Tabla 25. Mediciones eléctricas del sector 1

	Fase			TOTAL (kW)
	R	S	T	
Intensidad (A)	38	28	27	
Tensión (V)	230	230	230	
Factor de potencia (cos(θ))	0,941	0,941	0,941	
Potencia activa (W)	8.224,34	6.060,04	5.843,61	20,13

Daremos por válidos los datos del inventario (potencia activa instalada 17,4 kW) al ver una diferencia no muy notable con los resultados obtenidos.

4.3.2. Sector 2

Para el sector 2 las mediciones se realizaron solamente con el cuadro de mando situado en la calle Poeta Ibn Ruhaim activado, con lo que faltan las luminarias controladas por el subcuadro situado en el Passeig de la Derrota. Por lo tanto, los resultados son aplicables a 59 de las 77 luminarias que forman todo el sector.

Además, se ha considerado como factor de potencia 0,85 por la falta de medición de esta magnitud al considerarla como valor estándar entre los sectores que se han conseguido calcular.

Tabla 26. Mediciones eléctricas del sector 2

	Fase			TOTAL (kW)
	R	S	T	
Intensidad (A)	4	2	3	
Tensión (V)	230	230	230	
Factor de potencia (cos(θ))	0,85	0,85	0,85	
Potencia activa (W)	782	391	586,5	1,76

Sabiendo que todas las lámparas del sector son de tecnología LED, de la misma potencia y que no disponen de ningún balasto que las controle, calculamos la potencia unitaria de cada luminaria del sector 2.

$$P_{\text{Unitaria}} = \frac{1.759,5 \text{ W}}{59 \text{ uds}} = 29,82 \text{ W/lámpara}$$

Con esto, sabemos que cada lámpara del sector es de aproximadamente 30W. Por eso, la potencia total del sector es:

$$P_{\text{Total}} = P_{\text{Unitaria}} \cdot N^{\circ} \text{ unidades} = 30 \cdot 77 = 2.310 \text{ W} = 2,31 \text{ kW}$$

4.3.3. Sector 3

En este caso, se conectaron los 4 subcuadros asociados al sector 3 antes de la medición. Como ocurre en el sector 2, el factor de potencia y la tensión utilizada en los cálculos es 0,85 y 230 voltios, respectivamente.

Tabla 27. Mediciones eléctricas del sector 3

	Fase			
	R	S	T	
Intensidad (A)	63,45	66,18	56,8	
Tensión (V)	230	230	230	
Factor de potencia (cos(θ))	0,85	0,85	0,85	TOTAL (kW)
Potencia activa (W)	12.404,48	12.938,19	11.104,40	36,45

Como podemos ver, la potencia calculada con las mediciones realizadas coincide exactamente con la calculada según el inventario realizado.

4.3.4. Sector 4

Al igual que ocurre con el sector 1, se va a calcular el factor de potencia a través de la energía activa y reactiva consumidos durante un período, en concreto del 19/12/2018 al 18/01/2019.

$$E_{\text{Activa}} = 2.703 \text{ kWh}$$

$$E_{\text{Reactiva}} = 1.668 \text{ kVArh}$$

$$E_{\text{Aparente}} = \sqrt{(E_{\text{Activa}})^2 + (E_{\text{Reactiva}})^2} = \sqrt{2.703^2 + 1.668^2} = 3.176,22 \text{ kVA}$$

Con lo que el factor de potencia del sector 4 es: $\cos(\theta) = \frac{E_{\text{Activa}}}{E_{\text{Aparente}}} = \frac{2.703}{3.176,22} = 0,85$

Tabla 28. Mediciones eléctricas del sector 4

	Fase			
	R	S	T	
Intensidad (A)	79	67	77	
Tensión (V)	230	230	230	
Factor de potencia (cos(θ))	0,85	0,85	0,85	TOTAL (kW)
Potencia activa (W)	15.444,5	13.098,5	15.053,5	43,60

En este caso, la potencia real difiere bastante tanto de la lectura de los potenciómetros (35,17 kW) como del inventario calculado (32 kW). Se desconoce la procedencia de esta diferencia, pero puede ser posible que las mediciones no fueran correctamente realizadas, ya que la lectura de los potenciómetros suele ser una referencia fiable. También podría ser posible que hubiera conectada una instalación externa al alumbrado, pero debería reflejarse en la lectura de los potenciómetros, por lo que los errores en las mediciones deben de ser lo más probable. Al diferir muy poco la lectura de los potenciómetros con el inventario realizado, daremos por válido dicho inventario.

4.4. Cálculo horas de funcionamiento

Para el cálculo de las horas de funcionamiento basta con conocer la energía activa consumida durante todo el año por el cuadro de suministro y la potencia total instalada en él.

Tratando en primer lugar al sector 1, el contador ha registrado un total de 72.665 kWh durante el año 2019. Para la potencia total instalada, escogemos el valor registrado por el maxímetro instalado (18,03 kW) ya que tanto el valor del inventario como el calculado mediante las mediciones eléctricas difieren muy poco de éste. Por lo tanto, las horas de funcionamiento (H_{Anual}) son las siguientes:

$$H_{Anual} = \frac{72.665 \text{ kWh}}{18,03 \text{ kW}} = 4.030,22 \text{ horas}$$

Para el sector 2, contamos con un consumo anual de 6.945 kWh y una potencia instalada de 2,31 kW. Así, las horas de funcionamiento son:

$$H_{Anual} = \frac{6.945 \text{ kWh}}{2,31 \text{ kW}} = 3.006,49 \text{ horas}$$

Estas horas de funcionamiento son un poco bajas para el funcionamiento de una fotocélula, pero se ha dado como válido al tratarse de información validada mediante mediciones.

En el sector 3, el consumo tanto del cuadro de suministro como de los 3 subcuadros conectados a él es de 127.244 kWh y la potencia instalada total son 36,4 kW. Sus horas de funcionamiento a lo largo del año son:

$$H_{Anual} = \frac{127.244 \text{ kWh}}{36,4 \text{ kW}} = 3.495,71 \text{ horas}$$

Por último, teniendo en cuenta el consumo del año 2018 del sector 4 por el cambio del contador a principios de año que causó problemas de lectura del contador, sabemos que durante ese año se han contabilizado 142.331 kWh y la potencia ha sido de 35,17 kW. Por lo tanto:

$$H_{Anual} = \frac{142.331 \text{ kWh}}{35,17 \text{ kW}} = 4.046,97 \text{ horas}$$

5. Propuestas de mejora

5.1. Sustitución de luminarias

Debido a la falta de eficiencia en las calles donde hay instaladas lámparas de 250 W y con la finalidad de ajustar los niveles de iluminación de las vías con lámparas de vapor de sodio de alta presión según la clase de alumbrado apto para cada una de ellas, se ha propuesto la sustitución de éstas por luminarias LED de la marca Philips.

En concreto, se ha optado por sustituir luminarias asimétricas por luminarias Philips modelo ClearWay gen2 y las luminarias esféricas, los faroles villa y fernandina por luminarias Philips modelo ClassicStreet y Farol Villa LED gen2.

Para ello, los cálculos se han realizado mediante el programa informático DIALux, el cual introduciendo la clase de alumbrado, la geometría de la calle, el modelo de luminaria y la disposición de las luminarias en la vía, calcula si cumple con los niveles exigidos en la clase de alumbrado según la norma UNE-EN 13201. Los resultados obtenidos para cada vía aparecen en apartado de Anexos.

Además, el programa permite establecer la clase de pavimento. El Comité Internacional de Iluminación (CIE) establece una clasificación de las clases de pavimentos en función del coeficiente de luminancia medio o grado de luminosidad (Q_0) y del factor de especulación (S_1), siendo mejor pavimento cuanto más se aproxime a una reflexión difusa en él. No obstante, por la imposibilidad de realizar las medidas necesarias para obtener dichas variables, se ha optado por establecer una clase de pavimento R3 para todas las vías objeto de estudio.

Con todo esto, se han realizado unas tablas a modo de visualización de todas las luminarias que se van a sustituir por sector, conociendo el modelo y tipología tanto la actual como su previsión.

Tabla 29. Sustitución de luminarias del sector 1

Calle	Nº luminarias a sustituir	Tipología	Potencia conjunto (W)	Potencia total actual (W)	Luminaria a instalar	Potencia conjunto (W)	Potencia total prevista (W)	Flujo lámpara (lm)	Flujo luminaria (lm)
C/ Cubet	2	Asimétrica cazoleta VSAP	117,5	235	ClearWay gen2 BGP307 LED18-4S/740 I DM50 DDF2 D18 48	12,6	25,2	1.800	1.584
C/ Ereta de Penya	8	Asimétrica cazoleta VSAP	117,5	940	ClearWay gen2 BGP307 LED54-4S/740 I DM50 DDF2 D18 48	36,5	292	5.400	4.698
C/ Gabriel Miró	19	Asimétrica cazoleta VSAP	117,5	2232,5	ClearWay gen2 BGP307 LED54-4S/740 I DM50 DDF2 D18 48	36,5	693,5	5.400	4.698
C/ Joaquin Sorolla	5	Asimétrica cazoleta VSAP	117,5	587,5	ClearWay gen2 BGP307 LED54-4S/740 I DM50 DDF2 D18 48	36,5	182,5	5.400	4.698
C/ José Puig	3	Asimétrica cazoleta VSAP	117,5	352,5	ClearWay gen2 BGP307 LED54-4S/740 I DM50 DDF2 D18 48	36,5	109,5	5.400	4.698
C/ Martí Calabuig	9	Asimétrica cazoleta VSAP	117,5	1057,5	ClearWay gen2 BGP307 LED54-4S/740 I DM50 DDF2 D18 48	36,5	328,5	5.400	4.698
C/ Músic Blai Colomer	5	Asimétrica cazoleta VSAP	117,5	587,5	ClearWay gen2 BGP307 LED18-4S/740 I DM50 DDF2 D18 48	12,6	63	1.800	1.584
Plaça de la dolçaina i del tabalet	2	Asimétrica cazoleta VSAP	117,5	235	ClearWay gen2 BGP307 LED54-4S/740 I DM50 DDF2 D18 48	36,5	73	5.400	4.698
C/ Repuntó	4	Asimétrica cazoleta VSAP	117,5	470	ClearWay gen2 BGP307 LED18-4S/740 I DM50 DDF2 D18 48	12,6	50,4	1.800	1.584
C/ Sant Agustí	6	Asimétrica cazoleta VSAP	117,5	705	ClearWay gen2 BGP307 LED30-4S/740 I DM50 DDF2 D18 48	21,5	129	3.000	2.580
C/ Talaia	2	Asimétrica cazoleta VSAP	117,5	235	ClearWay gen2 BGP307 LED18-4S/740 I DM50 DDF2 D18 48	12,6	25,2	1.800	1.584
C/ Taula del rei	3	Asimétrica cazoleta VSAP	117,5	352,5	ClearWay gen2 BGP307 LED18-4S/740 I DM50 DDF2 D18 48	12,6	37,8	1.800	1.584
TOTAL	68		TOTAL (kW)	7,99		TOTAL (Kw)	2,01		

Proyecto de auditoría energética y propuestas de mejora del alumbrado público exterior del municipio de Bocairent

Tabla 30. Sustitución de luminarias del sector 3

Calle	Nº luminarias a sustituir	Tipología	Potencia conjunto (W)	Potencia total actual (W)	Luminaria a instalar	Potencia conjunto (W)	Potencia total prevista (W)	Flujo lámpara (lm)	Flujo luminaria (lm)
C/ Alcoy	9	Asimétrica reflector VSAP	167,1	1.502,9	ClearWay gen2 BGP307 LED54-4S/740 I DM50 DDF2 D18 48	36,5	365	5.400	4.698
	1	Asimétrica cazoleta VSAP	117,5	117,5					
C/ Alfafara	3	Asimétrica reflector VSAP	167,1	501,3	ClearWay gen2 BGP307 LED35-4S/740 I DM50 DDF2 D18 48	23	138	3.500	3.080
	3	Asimétrica cazoleta VSAP	117,5	352,5					
Av. San Juan de Ribera	5	Esférica directa a pared VSAP	281	1.405	ClassicStreet BDP794 LED42-4S/740 DM70 MK-BK BK CLO DDF2	28,5	142,5	4.200	2.900
	30	Esférica columna VSAP	281	8.430	Farol Villa LED gen2 BDP768 LED27-4S/740 PSDD DW50 I FG BK DDF2	17,2	516	2.700	1.863
C/ Banyeres	4	Esférica directa a pared VSAP	167,1	668,4	Farol Villa LED gen2 BDP768 LED40-4S/740 PSDD DW50 I FG BK DDF2	24	96	4.000	2.760
C/ Batalla de Lepanto	12	Esférica directa a pared VSAP	281	3.372	ClassicStreet BDP794 LED42-4S/740 DM70 MK-BK BK CLO DDF2	28,5	342	4.000	2.900
	8	Esférica columna VSAP	281	2.248	Farol Villa LED gen2 BDP768 LED40-4S/740 PSDD DW50 I FG BK DDF2	24	192	4.000	2.760
	12	Esférica columna VSAP	281	3.372	Farol Villa LED gen2 BDP768 LED69-4S/740 PSDD DW50 I FG BK DDF2	40,5	486	7.000	4.760
C/ Cervantes	5	Asimétrica cazoleta VSAP	117,5	587,5	ClearWay gen2 BGP307 LED69-4S/740 I DM50 DDF2 D18 48	52	260	7.000	5.984
	2	Esférica directa a pared VSAP	281	562	ClassicStreet BDP794 LED42-4S/740 DM70 MK-BK BK CLO DDF2	28,5	57	4.000	2.900
	1	Esférica columna VSAP	281	281	Farol Villa LED gen2 BDP768 LED69-4S/740 PSDD DW50 I FG BK DDF2	40,5	40,5	7.000	4.760
C/ Dos de Maig	6	Asimétrica cazoleta VSAP	117,5	705	ClearWay gen2 BGP307 LED35-4S/740 I DM50 DDF2 D18 48	23	138	3.500	3.080
C/ Germanies	2	Asimétrica cazoleta VSAP	117,5	235	ClearWay gen2 BGP307 LED54-4S/740 I DM50 DDF2 D18 48	36,5	73	5.400	4.698
	3	Esférica columna VSAP	167,1	501,3	Farol Villa LED gen2 BDP768 LED40-4S/740 PSDD DW50 I FG BK DDF2	24	72	4.000	2.760
C/ Joan Beneyto Bernacer	3	Esférica directa a pared VSAP	281	843	Farol Villa LED gen2 BDP768 LED69-4S/740 PSDD DW50 I FG BK DDF2	40,5	121,5	7.000	4.760
	8	Esférica columna VSAP	281	2.248	Farol Villa LED gen2 BDP768 LED69-4S/740 PSDD DW50 I FG BK DDF2	40,5	324	7.000	4.760
C/ José Puig	4	Asimétrica cazoleta VSAP	117,5	470	ClearWay gen2 BGP307 LED54-4S/740 I DM50 DDF2 D18 48	36,5	146	5.400	4.698
C/ Músic Bernat	3	Asimétrica cazoleta VSAP	117,5	352,5	ClearWay gen2 BGP307 LED54-4S/740 I DM50 DDF2 D18 48	36,5	109,5	5.400	4.698
C/ Ontinyent	4	Esférica directa a pared VSAP	167,1	668,4	Farol Villa LED gen2 BDP768 LED40-4S/740 PSDD DW50 I FG BK DDF2	24	96	4.000	2.760
C/ Rei en Jaume	15	Asimétrica cazoleta VSAP	117,5	1.762,5	ClearWay gen2 BGP307 LED30-4S/740 I DM50 DDF2 D18 48	21,5	322,5	3.000	2.580
	1	Esférica columna VSAP	167,1	167,1	Farol Villa LED gen2 BDP768 LED40-4S/740 PSDD DW50 I FG BK DDF2	24	24	4.000	2.760
C/ Valencia	6	Asimétrica cazoleta VSAP	117,5	705	ClearWay gen2 BGP307 LED54-4S/740 I DM50 DDF2 D18 48	36,5	219	5.400	4.698
TOTAL	150			TOTAL (kW)	32,06		TOTAL (kW)	3,78	

Tabla 31. Sustitución de luminarias del sector 4

Calle	Nº luminarias a sustituir	Tipología	Potencia conjunto (W)	Potencia total actual (W)	Luminaria a instalar	Potencia conjunto (W)	Potencia total prevista (W)	Flujo lámpara (lm)	Flujo luminaria (lm)
Av. d'Espanya	12	Esférica columna VSAP	281	3.372	Farol Villa LED gen2 BDP768 LED99-4S/740 PSDD DW50 I FG BK DDF2	59	708	10.000	6.700
	7	Asimétrica cazoleta VSAP	117,5	822,5	ClearWay gen2 BGP307 LED69-4S/740 I DM50 DDF2 D18 48	52	364	7.000	5.984
C/ Azorín	10	Asimétrica cazoleta VSAP	117,5	1.175	ClearWay gen2 BGP307 LED54-4S/740 I DM50 DDF2 D18 48	36,5	365	5.400	4.698
C/ Bisbe Mahiques	5	Farol Villa VSAP	281	1.405	Farol Villa LED gen2 BDP768 LED99-4S/740 PSDD DW50 I FG BK DDF2	59	295	10.000	6.700
	2	Asimétrica cazoleta VSAP	117,5	235	ClearWay gen2 BGP307 LED54-4S/740 I DM50 DDF2 D18 48	36,5	73	5.400	4.698
C/ Cubet	1	Asimétrica cazoleta VSAP	117,5	117,5	ClearWay gen2 BGP307 LED18-4S/740 I DM50 DDF2 D18 48	12,6	12,6	1.800	1.584
C/ Diputat Castelló	9	Farol Fernandina VSAP	281	2.529	Farol Villa LED gen2 BDP768 LED69-4S/740 PSDD DW50 I FG BK DDF2	40,5	364,5	7.000	4.760
C/ Ereta de Penya	11	Asimétrica cazoleta VSAP	117,5	1.292,5	ClearWay gen2 BGP307 LED54-4S/740 I DM50 DDF2 D18 48	36,5	401,5	5.400	4.698
C/ Joan Beneyto Bernacer	6	Esférica directa a pared VSAP	281	1.686	Farol Villa LED gen2 BDP768 LED69-4S/740 PSDD DW50 I FG BK DDF2	40,5	243	7.000	4.760
C/ Juan de Juanes	3	Asimétrica cazoleta VSAP	117,5	352,5	ClearWay gen2 BGP307 LED30-4S/740 I DM50 DDF2 D18 48	21,5	64,5	3.000	2.580
	1	Farol Fernandina VSAP	281	281	Farol Villa LED gen2 BDP768 LED69-4S/740 PSDD DW50 I FG BK DDF2	40,5	40,5	7.000	4.760
C/ Magisteri	1	Asimétrica cazoleta VSAP	117,5	117,5	ClearWay gen2 BGP307 LED54-4S/740 I DM50 DDF2 D18 48	36,5	36,5	5.400	4.698
C/ Mestre Serrano	7	Asimétrica cazoleta VSAP	117,5	822,5	ClearWay gen2 BGP307 LED35-4S/740 I DM50 DDF2 D18 48	23	161	3.500	3.080
C/ Obispe Miró	14	Farol Fernandina VSAP	281	3.934	Farol Villa LED gen2 BDP768 LED69-4S/740 PSDD DW50 I FG BK DDF2	40,5	567	7.000	4.760
Plaça dels Olmets	3	Farol Fernandina VSAP	281	843	Farol Villa LED gen2 BDP768 LED69-4S/740 PSDD DW50 I FG BK DDF2	40,5	121,5	7.000	4.760
Plaça Joan de Joanes	7	Farol Fernandina VSAP	281	1.967	Farol Villa LED gen2 BDP768 LED69-4S/740 PSDD DW50 I FG BK DDF2	40,5	283,5	7.000	4.760
C/ San Roque	5	Asimétrica cazoleta VSAP	117,5	587,5	ClearWay gen2 BGP307 LED30-4S/740 I DM50 DDF2 D18 48	21,5	107,5	3.000	2.580
	1	Esférica columna VSAP	167,1	167,1	Farol Villa LED gen2 BDP768 LED99-4S/740 PSDD DW50 I FG BK DDF2	59	59	10.000	6.700
C/ Sant Agustí	6	Asimétrica cazoleta VSAP	117,5	705	ClearWay gen2 BGP307 LED30-4S/740 I DM50 DDF2 D18 48	21,5	129	3.000	2.580
C/ Santa Agueda	6	Asimétrica cazoleta VSAP	117,5	705	ClearWay gen2 BGP307 LED54-4S/740 I DM50 DDF2 D18 48	36,5	219	5.400	4.698
C/ Sor Pietat de la Creu	2	Asimétrica cazoleta VSAP	117,5	235	ClearWay gen2 BGP307 LED54-4S/740 I DM50 DDF2 D18 48	36,5	73	5.400	4.698
	4	Farol Fernandina VSAP	281	1.124	Farol Villa LED gen2 BDP768 LED69-4S/740 PSDD DW50 I FG BK DDF2	40,5	162	7.000	4.760
C/ Talaia	14	Asimétrica cazoleta VSAP	117,5	1.645	ClearWay gen2 BGP307 LED18-4S/740 I DM50 DDF2 D18 48	12,6	176,4	1.800	1.584
C/ Tramussol	2	Asimétrica cazoleta VSAP	117,5	235	ClearWay gen2 BGP307 LED18-4S/740 I DM50 DDF2 D18 48	12,6	25,2	1.800	1.584
Travesia Obispe Miró	2	Asimétrica cazoleta VSAP	117,5	235	ClearWay gen2 BGP307 LED30-4S/740 I DM50 DDF2 D18 48	21,5	43	3.000	2.580
Travesia Santa Agueda	2	Asimétrica cazoleta VSAP	117,5	235	ClearWay gen2 BGP307 LED54-4S/740 I DM50 DDF2 D18 48	36,5	73	5.400	4.698
C/ Tribunal de les Aigües	16	Asimétrica cazoleta VSAP	117,5	1.880	ClearWay gen2 BGP307 LED54-4S/740 I DM50 DDF2 D18 48	36,5	584	5.400	4.698
TOTAL	159			TOTAL (kW)	28,71		TOTAL (kW)	5,75	

Proyecto de auditoría energética y propuestas de mejora del alumbrado público exterior del municipio de Bocairent

Con todas estas sustituciones, la potencia activa total en cada sector es la siguiente:

Tabla 32. Potencia activa total tras sustitución sector 1

	Nº puntos de luz	Tipo de luminaria	Tipo de lámpara	Potencia lámpara (W)	Pot. Equipo auxiliar (W)	Potencia total (W)
	7	Cazoleta	VSAP	100	17,5	822,5
	70	Cazoleta	LED	50	0	3.500
	5	Esférica directa a pared	VSAP	250	31	1.405
	12	Esférica directa a pared	LED	50	0	600
	6	Columna	VSAP	250	31	1.686
	28	Columna	LED	50	0	1.400
	16	ClearWay gen2 BGP307 LED18-4S/740 I DM50 DDF2 D18 48	LED	12,6	0	202
	6	ClearWay gen2 BGP307 LED30-4S/740 I DM50 DDF2 D18 48	LED	21,5	0	129
	46	ClearWay gen2 BGP307 LED54-4S/740 I DM50 DDF2 D18 48	LED	36,5	0	1.679
TOTAL	196					11.423,1

Tabla 33. Potencia activa total tras sustitución sector 3

	Nº puntos de luz	Tipo de luminaria	Tipo de lámpara	Potencia lámpara (W)	Pot. Equipo auxiliar (W)	Potencia total (W)
	2	Cazoleta	VSAP	100	17,5	235
	1	Esférica directa a pared	VSAP	150	17,1	167,1
	4	Esférica directa a pared	VSAP	250	31	1.124
	37	Esférica directa a pared	LED	50	0	1.850
	2	Columna	VSAP	250	31	562
	10	Columna	LED	50	0	500
	27	Tubo	LED	20	0	540
	2	Proyector	LED	50	0	100
	19	ClassicStreet BDP794 LED42-4S/740 DM70 MK-BK BK CLO DDF2	LED	28,5	0	542
	15	ClearWay gen2 BGP307 LED30-4S/740 I DM50 DDF2 D18 48	LED	21,5	0	323
	12	ClearWay gen2 BGP307 LED35-4S/740 I DM50 DDF2 D18 48	LED	23	0	276
	25	ClearWay gen2 BGP307 LED54-4S/740 I DM50 DDF2 D18 48	LED	36,5	0	913
	5	ClearWay gen2 BGP307 LED69-4S/740 I DM50 DDF2 D18 48	LED	52	0	260
	30	Farol Villa LED gen2 BDP768 LED27-4S/740 PSDD DW50 I FG BK DDF2	LED	17,2	0	516
	20	Farol Villa LED gen2 BDP768 LED40-4S/740 PSDD DW50 I FG BK DDF2	LED	24	0	480
	24	Farol Villa LED gen2 BDP768 LED69-4S/740 PSDD DW50 I FG BK DDF2	LED	40,5	0	972
TOTAL	235					9.358,6

Tabla 34. Potencia activa total tras sustitución sector 4

	Nº puntos de luz	Tipo de luminaria	Tipo de lámpara	Potencia lámpara (W)	Pot. Equipo auxiliar (W)	Potencia total (W)
	1	Cazoleta	VSAP	100	17,5	118
	2	Esférica directa a pared	VSAP	150	17,1	334,2
	14	Esférica directa a pared	LED	50	0	700
	23	Columna	LED	50	0	1.150
	2	Farol Villa	VSAP	250	31	562
	9	Farol Villa	LED	50	0	450
	3	Proyector	LED	50	0	150
	17	ClearWay gen2 BGP307 LED18-4S/740 I DM50 DDF2 D18 48	LED	12,6	0	214
	16	ClearWay gen2 BGP307 LED30-4S/740 I DM50 DDF2 D18 48	LED	21,5	0	344
	7	ClearWay gen2 BGP307 LED35-4S/740 I DM50 DDF2 D18 48	LED	23	0	161
	50	ClearWay gen2 BGP307 LED54-4S/740 I DM50 DDF2 D18 48	LED	36,5	0	1.825
	7	ClearWay gen2 BGP307 LED69-4S/740 I DM50 DDF2 D18 48	LED	52	0	364
	44	Farol Villa LED gen2 BDP768 LED69-4S/740 PSDD DW50 I FG BK DDF2	LED	40,5	0	1.782
	18	Farol Villa LED gen2 BDP768 LED99-4S/740 PSDD DW50 I FG BK DDF2	LED	59	0	1.062
TOTAL	213					9.215,9

5.2. Sistemas de accionamiento

En el Reglamento de Eficiencia Energética de Instalaciones de Alumbrado Exterior se especifica que toda instalación de alumbrado exterior cuya potencia de lámparas y equipos auxiliares sea superior a 5 kW deberá incorporar un sistema de accionamiento por reloj astronómico o sistema de encendido centralizado. Sin embargo, si la potencia es igual o inferior a 5 kW también podrá incorporar un sistema de accionamiento mediante fotocélula.

Por lo tanto, y al haber observado que los cuatro sectores cuentan con fotocélula, es necesario que en los sectores 1, 3 y 4 se instale un reloj astronómico como sistema de encendido, ya que su potencia es superior a la especificada.

Para el sector 1, basta con programar el reloj instalado y desactivar la fotocélula que se encuentra activa. Sin embargo, los sectores 3 y 4 necesitarían adquirirlas, tanto para el cuadro de mando como en los subcuadros existentes en el sector 3, y así uniformizar el accionamiento del sector entero, que en la actualidad se ha observado que cada uno de ellos tiene un período distinto de funcionamiento.

En cambio, en el sector 2 hay menos de 5 kW instalados y las horas de funcionamiento son bastante bajas a lo largo del año (3.006,49 horas), por lo que se recomienda mantener la fotocélula.

El reloj astronómico escogido es el modelo Orbis Astro Nova City 230 V ac. Se configurará para su funcionamiento entre el ocaso y el orto para cada día del año en función de su localización. Como referencia, fijándonos en las horas anuales entre el ocaso y el orto para la localidad de Valencia, se contabilizan unas 4.307 horas de funcionamiento, según datos del Observatorio Astronómico Nacional. Por lo tanto, hemos escogido este valor como referencia para el funcionamiento en el futuro de los cuadros 1, 3 y 4.

5.3. Bloques ópticos

Durante la calificación energética, se ha observado que aquellas calles con luminarias esféricas de bloque óptico opaco tienen una menor eficiencia que aquellas con el bloque óptico transparente. Todo ello es debido a que la opacidad del bloque dificulta la emisión de flujo luminoso de la lámpara al exterior.

Sin embargo, las lámparas LED instaladas cuentan con una potencia bastante aceptable, con lo que se ha creído que no es necesaria una sustitución completa de la luminaria.

Con ello, se ha optado por sustituir dichos bloques ópticos opacos por bloques transparentes en la mayoría de las luminarias de los sectores de actuación. El modelo escogido es Gran Vía de la marca Extrumol, fabricado en policarbonato incoloro. En concreto, las calles de actuación son las siguientes:

SECTOR 1

27 bloques ópticos situados en C/ El Palleter, C/ Els Clots, C/ Santa Agueda y C/ Tribunal de les Aigües.

SECTOR 2

21 bloques ópticos situados en C/ Alcoy, Avenida 9 d'Octubre, C/ Els Vilars y C/ Perp. Derrota/9 d'Octubre.

SECTOR 3

25 bloques ópticos situados en C/ Agres, C/ Baixada a la canaleta, C/ Cervantes y C/ El Palleter.

SECTOR 4

25 bloques ópticos situados en C/ Santa Agueda y C/ Vinalopó.

También observamos en el apartado de planos, la localización exacta de las luminarias que son necesaria la sustitución del bloque óptico opaco.

5.4. Sistemas de regulación del flujo luminoso

Según el Reglamento de Eficiencia Energética en Instalaciones de Alumbrado Exterior (REEIAE), con la finalidad de ahorrar energía, a ciertas horas de la noche debería reducirse el nivel de iluminación en instalaciones de alumbrado con potencia instalada mayor de 5 kW sin disminuir el nivel de uniformidad tanto de luminancia como de iluminancia.

Por eso, en los sectores 1, 3 y 4 se ha optado por dotar a las luminarias a sustituir de un sistema de regulación de flujo luminoso que cumpla lo acordado según el reglamento. El sistema que se ha elegido es la incorporación en cada luminaria de un balasto electrónico con posibilidad de regulación en 5 escalones. También llamada funcionalidad Dynadimmer (DDF), permite establecer hasta 5 niveles de regulación en 5 períodos de tiempo a lo largo de la noche.

Existen algunas curvas de regulación estandarizadas, pero se pueden programar cualquier otra curva a posteriori. Se ha elegido la curva estándar DDF2, que cuenta con el siguiente funcionamiento:

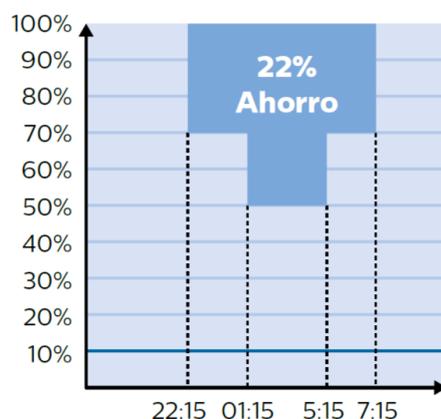


Figura 38. Curva de regulación de flujo Dynadimmer DDF2

Como podemos ver, esta regulación supone 4 horas diarias en las que la luminaria funciona al 50% de su régimen nominal y 5 horas al 70%. Teniendo en cuenta estos datos a lo largo del año, sabemos que:

$$4 \frac{\text{h}}{\text{día}} \cdot 365 \frac{\text{días}}{\text{año}} = 1.460 \frac{\text{h}}{\text{año}} \text{ al } 50\%$$

$$5 \frac{\text{h}}{\text{día}} \cdot 365 \frac{\text{días}}{\text{año}} = 1.825 \frac{\text{h}}{\text{año}} \text{ al } 70\%$$

Teniendo en cuenta que con la instalación de los relojes astronómicos en los cuadros de los sectores, la instalación de alumbrado funcionará 4.307 horas al año, con el sistema de regulación del nivel luminoso, supondrá para cada luminaria un ahorro energético del 30% respecto a su funcionamiento en régimen nominal.

$$4.307 \text{ h} - 1.460 \text{ h} - 1.825 \text{ h} = 1.022 \text{ horas al } 100\% \text{ de flujo luminoso}$$

$$\frac{1.460 \text{ h} \cdot 0,5 + 1.825 \text{ h} \cdot 0,7 + 1.022 \text{ h}}{4.307 \text{ h}} = 0,7034 = 70,34\% \rightarrow \cong 30\% \text{ ahorro energético}$$

6. Cálculo justificativo del ahorro energético

Con todas las propuestas de mejora indicadas, se va a calcular el ahorro energético anual que supone para cada sector la sustitución tanto de las luminarias como la sustitución de los sistemas de accionamiento.

No se ha considerado el ahorro en el sector 2, ya que sólo se va a actuar sobre los bloques ópticos de algunas luminarias esféricas.

Se han calculado también los consumos anuales y el precio unitario de la energía en las facturas eléctricas, que se muestran a continuación.

Para los factores de conversión de la energía y de emisiones de CO₂, se han seguido las recomendaciones del IDAE para la generación de Energía Eléctrica General, en la que se consideran los siguientes factores:

$$2,11 \frac{\text{MWh primario}}{\text{MWh final}} \qquad 2,95 \frac{\text{tCO}_2}{\text{tep final}} \qquad 11.600 \frac{\text{kWh}}{\text{tep}}$$

6.1. Sector 1

SITUACIÓN ACTUAL

Horas de funcionamiento (h) = 4.030,22 horas

Tabla 35. Facturas eléctricas del sector 1

Período de facturación	Energía facturada (kWh)			Importe total factura (€)	Precio unitario energía (c€/kWh)	Potencia media maxímetros (kW)
	Punta	Llano	Valle			
19/12/2018 - 18/01/2019	2.086	1.292	4.217	1.043,37	13,738	18
18/01/2019 - 18/02/2019	1.944	1.180	4.329	1.028,25	13,796	18
18/02/2019 - 18/03/2019	1.484	985	3.673	860,41	14,009	18
18/03/2019 - 16/04/2019	608	1.447	3.678	794,09	13,851	18
16/04/2019 - 06/05/2019	11	1.227	2.510	512,36	13,670	17,533
06/05/2019 - 04/07/2019	0	2.803	6.994	1.493,17	15,241	17,718
04/07/2019 - 06/08/2019	0	1.536	4.010	900,07	16,229	17,735
06/08/2019 - 05/09/2019	1	1.726	3.857	884,30	15,836	19,265
05/09/2019 - 06/10/2019	0	2.132	3.964	955,65	15,677	17,510
06/10/2019 - 07/11/2019	846	2.200	4.312	1.149,50	15,622	18,948
07/11/2019 - 08/12/2019	2.114	1.319	4.180	1.214,86	15,958	17,627
TOTAL		72.665		10.836,03	14,912	18,03

SITUACIÓN FUTURA

Horas de funcionamiento (h) = 4.307 horas

Régimen de funcionamiento anual (%) = 70,34%

Potencia total instalada (W) = 11.423,1 W

Consumo anual (kWh/año) = 11,4231 kW · 4.307 h · 0,7034 = 34.606,78 kWh/año

Importe factura anual (€/año) = 34.606,78 kWh/año · 0,14912 €/kWh = 5.160,56 €/año

AHORRO

Ahorro anual (€/año) = 10.836,03 – 5.160,56 = 5.675,47 €/año

Energía final ahorrada (kWh/año) = 72.665 – 34.606,78 = 38.058,22 kWh/año

Energía final ahorrada (tep/año) = $\frac{38.058,22 \text{ kWh/año}}{11.600} = 3,28 \text{ tep/año}$

Porcentaje energía final ahorrada (%) = $\frac{38.058,22 \text{ kWh/año}}{72.665 \text{ kWh/año}} \cdot 100 = 52,37\%$

Energía primaria ahorrada (kWh/año) = 38.058,22 kWh/año · 2,11 = 80.302,84 kWh/año

Energía primaria ahorrada (tep/año) = $\frac{80.302,84 \text{ kWh/año}}{11.600} = 6,92 \text{ tep/año}$

Emissiones CO₂ evitadas (tCO₂/año) = 3,28 tep/año · 2,95 = 9,67 tCO₂/año

6.2. Sector 3

SITUACIÓN ACTUAL

Horas de funcionamiento (h) = 3.495,71 horas

Tabla 36. Facturas eléctricas del sector 3

Período de facturación	Energía facturada (kWh)	Importe total factura (€)	Precio unitario energía (c€/kWh)
17/12/2018 - 17/01/2019	13.328	2.360,79	17,713
17/01/2019 - 23/02/2019	15.296	2.708,83	17,709
23/02/2019 - 17/03/2019	7.821	1.390,83	17,783
17/03/2019 - 15/04/2019	9.476	1.689,77	17,832
15/04/2019 - 19/05/2019	10.223	1.828,16	17,883
19/05/2019 - 17/06/2019	7.904	1.485,09	18,789
17/06/2019 - 15/07/2019	7.645	1.284,00	16,795
15/07/2019 - 19/08/2019	10.016	1.995,12	19,919
19/08/2019 - 19/09/2019	9.254	1.705,40	18,429
19/09/2019 - 19/10/2019	10.075	1.995,00	19,801
19/10/2019 - 19/11/2019	13.944	2.546,79	18,264
19/11/2019 - 17/12/2019	12.262	2.400,30	19,575
TOTAL	127.244	23.390,08	18,382

SITUACIÓN FUTURA

Horas de funcionamiento (h) = 4.307 horas

Régimen de funcionamiento anual (%) = 70,34%

Potencia total instalada (W) = 9.358,6 W

Consumo anual (kWh/año) = 9,3586 kW · 4.307 h · 0,7034 = 28.352,28 kWh/año

Importe factura anual (€/año) = 28.352,28 kWh/año · 0,18382 €/kWh = 5.211,71 €/año

AHORRO

Ahorro anual (€/año) = 23.390,08 – 5.211,71 = 18.178,37 €/año

Energía final ahorrada (kWh/año) = 127.244 – 28.352,28 = 98.891,72 kWh/año

$$\text{Energía final ahorrada (tep/año)} = \frac{98.891,72 \text{ kWh/año}}{11.600} = 8,52 \text{ tep/año}$$

$$\text{Porcentaje energía final ahorrada (\%)} = \frac{98.891,72 \text{ kWh/año}}{127.244 \text{ kWh/año}} \cdot 100 = 77,71\%$$

$$\text{Energía primaria ahorrada (kWh/año)} = 98.891,72 \text{ kWh/año} \cdot 2,11 = 208.661,53 \text{ kWh/año}$$

$$\text{Energía primaria ahorrada (tep/año)} = \frac{208.661,53 \text{ kWh/año}}{11.600} = 17,98 \text{ tep/año}$$

$$\text{Emisiones CO}_2 \text{ evitadas (tCO}_2\text{/año)} = 8,52 \text{ tep/año} \cdot 2,95 = 25,134 \text{ tCO}_2\text{/año}$$

6.3. Sector 4

SITUACIÓN ACTUAL

Horas de funcionamiento (h) = 4.046,97 horas

Tabla 37. Facturas eléctricas del sector 4

Período de facturación	Energía facturada (kWh)			Importe total factura (€)	Precio unitario energía (C€/kWh)	Potencia media máxímetros (kW)
	Punta	Llano	Valle			
20/12/2017 - 22/01/2018	4.494	2.463	8.973	1.929,28	12,11	36,17
22/01/2018 - 15/02/2018	2.956	1.801	6.377	1.347,84	12,11	37,00
15/02/2018 - 21/03/2018	3.368	2.321	8.282	1.717,01	12,29	36,50
21/03/2018 - 19/04/2018	353	3.075	7.321	1.243,96	11,57	35,50
19/04/2018 - 17/05/2018	50	2.784	6.394	1.094,72	11,86	35,80
17/05/2018 - 19/06/2018	0	2.818	7.226	1.256,09	12,51	34,75
19/06/2018 - 18/07/2018	2	2.300	6.379	1.117,77	12,88	34,50
18/07/2018 - 21/08/2018	33	3.176	8.033	1.420,85	12,64	33,20
21/08/2018 - 19/09/2018	0	3.788	7.506	1.401,26	12,41	35,20
19/09/2018 - 19/10/2018	24	4.236	7.776	1.498,36	12,45	34,75
19/10/2018 - 16/11/2018	2.456	2.859	7.144	1.625,65	13,05	34,17
16/11/2018 - 19/12/2018	4.492	2.405	8.666	2.066,03	13,28	34,50
TOTAL	142.331	17.718,82	12,45	35,17		

SITUACIÓN FUTURA

Horas de funcionamiento (h) = 4.307 horas

Régimen de funcionamiento anual (%) = 70,34%

Potencia total instalada (W) = 9.215,9 W

Consumo anual (kWh/año) = 9,2159 kW · 4.307 h · 0,7034 = 27.919,97 kWh/año

Importe factura anual (€/año) = 27.919,97 kWh/año · 0,1245 €/kWh = 3.476,03 €/año

AHORRO

Ahorro anual (€/año) = 17.718,82 – 3.476,03 = 14.242,79 €/año

Energía final ahorrada (kWh/año) = 142.331 – 27.919,97 = 114.411,03 kWh/año

Energía final ahorrada (tep/año) = $\frac{114.411,03 \text{ kWh/año}}{11.600} = 9,86 \text{ tep/año}$

$$\text{Porcentaje energía final ahorrada (\%)} = \frac{114.411,03 \text{ kWh/año}}{142.331 \text{ kWh/año}} \cdot 100 = 80,38\%$$

$$\text{Energía primaria ahorrada (kWh/año)} = 114.411,03 \text{ kWh/año} \cdot 2,11 = 241.407,27 \text{ kWh/año}$$

$$\text{Energía primaria ahorrada (tep/año)} = \frac{241.407,27 \text{ kWh/año}}{11.600} = 20,81 \text{ tep/año}$$

$$\text{Emisiones CO}_2 \text{ evitadas (tCO}_2\text{/año)} = 9,86 \text{ tep/año} \cdot 2,95 = 29,087 \text{ tCO}_2\text{/año}$$

6.4. Período de retorno

Según el presupuesto de ejecución por contrata realizado teniendo en consideración todas las propuestas de mejora, desde la sustitución de las luminarias hasta la sustitución de bloques ópticos, el coste total de la inversión asciende a 241.115,42 €.

Además, si se tiene en cuenta que el ahorro económico anual calculado para los sectores 1, 3 y 4 tiene una cifra total de 38.096,63 €, el período de retorno de toda la inversión del proyecto es de:

$$\frac{241.115,42 \text{ €}}{38.096,63 \text{ €/año}} = 6,32 \text{ años}$$

Con lo que con la energía que ahorraría la instalación, en poco menos de 6 años y medio, la inversión estaría rentabilizada.

7. Conclusiones

A lo largo del proyecto se observa con claridad que la infraestructura luminotécnica en esta zona del municipio es bastante antigua, en algunas zonas ineficiente y donde el mantenimiento es bastante escaso.

El mayor potencial de ahorro recae en los sectores 3 y 4, donde la potencia instalada es bastante elevada y donde una sustitución de luminarias y de sistemas de accionamiento suponen ahorros energéticos en torno al 70%.

Para los sectores 1 y 2 el ahorro es menos notable porque en ellos ya se sustituyeron parte de las lámparas de vapor de sodio de alta presión a lámparas LED, pese a que existen zonas donde se puede actuar para mejorar la eficiencia.

En cuanto a la adaptación a la normativa vigente, es necesaria la instalación de programadores astronómicos y sistemas de regulación de flujo luminoso en todos los sectores para cumplir con el Reglamento de Eficiencia energética en Instalaciones de Alumbrado Exterior.

Este gran potencial de ahorro existente le otorga un período de retorno de la inversión bastante aceptable aun tratándose de una inversión total bastante elevada.

PRESUPUESTO

Proyecto de auditoría energética y propuestas de mejora del alumbrado público exterior del
municipio de Bocairent

1. Cuadro de mano de obra

Cuadro de mano de obra

Num. Código	Denominación de la man...	Precio	Horas	Total
1 MOOE.8a	Oficial 1ª electricidad	19,75	166,35 h	3.285,41
2 MOOE11a	Especialista electricidad	16,84	131,95 h	2.222,04
Total mano de obra:				5.507,45

2. Cuadro de maquinaria

Cuadro de maquinaria

Num. Código	Denominación de la maq...	Precio	Cantidad	Total
1 MMMG.2a	Camión grúa cesta 10 metros	35,40	161,35 h	5.711,79
			Total maquinaria:	5.711,79

Proyecto de auditoría energética y propuestas de mejora del alumbrado público exterior del municipio de Bocairent

3. Cuadro de materiales

Cuadro de materiales

Num.	Código	Denominación del mate...	Precio	Cantidad	Total
1	11679800	Luminaria Philips ClassicStreet BDP794 LED42-4S/740 DM70 MK-BK BK CLO D9	547,00	19,00 u	10.393,00
2	9123000245...	Luminaria Philips Farol Villa LED gen2 BDP768 LED99-4S/740 PSDD DW50 I FG BK DDF27	533,00	18,00 u	9.594,00
3	9123000245...	Luminaria Philips Farol Villa LED gen2 BDP768 LED69-4S/740 PSDD DW50 I FG BK DDF27	533,00	68,00 u	36.244,00
4	9123000245...	Luminaria Philips Farol Villa LED gen2 BDP768 LED40-4S/740 PSDD DW50 I FG BK DDF27	508,00	20,00 u	10.160,00
5	9123000245...	Luminaria Philips Farol Villa LED gen2 BDP768 LED27-4S/740 PSDD DW50 I FG BK DDF27	498,00	30,00 u	14.940,00
6	99612600	Luminaria Philips ClearWay gen2 BGP307 LED69-4S/740 I DM50 DDF27 D18 48	323,00	12,00 u	3.876,00
7	99611900	Luminaria Philips ClearWay gen2 BGP307 LED54-4S/740 I DM50 DDF27 D18 48	276,00	121,00 u	33.396,00
8	99610200	Luminaria Philips ClearWay gen2 BGP307 LED35-4S/740 I DM50 DDF27 D18 48	276,00	19,00 u	5.244,00
9	99609600	Luminaria Philips ClearWay gen2 BGP307 LED30-4S/740 I DM50 DDF27 D18 48	262,00	37,00 u	9.694,00
10	99608900	Luminaria Philips ClearWay gen2 BGP307 LED18-4S/740 I DM50 DDF27 D18 48	262,00	33,00 u	8.646,00
11	OB178012	Interruptor horario digital de distribuidor Orbis Astro Nova City 230 V	95,00	5,00 u	475,00
12	GVIAPCINGR	Bloque óptico transparente Extrumol Gran Vía con difusor fabricado en policarbonato incoloro grabado.	70,00	98,00 u	6.860,00
Total materiales:					149.522,00

Proyecto de auditoría energética y propuestas de mejora del alumbrado público exterior del municipio de Bocairent

4. Cuadro de precios nº 1

Nº	Designación	Importe	
		En cifra (Euros)	En letra (Euros)
1	u Suministro e instalación de luminaria LED para alumbrado vial ambiental sobre brazo mural de 2,2 metros modelo Philips ClearWay gen2 BGP307 LED18-4S/740 I DM50 DDF27 D18 48, temperatura de color 4000K y equipo electrónico con regulación programable hasta 5 pasos, totalmente comprobada y en correcto funcionamiento.	301,72	TRESCIENTOS UN EUROS CON SETENTA Y DOS CÉNTIMOS
2	u Suministro e instalación de luminaria LED para alumbrado vial ambiental sobre brazo mural de 2,2 metros modelo Philips ClearWay BGP307 LED30-4S/740 I DM50 DDF27 D18 48, temperatura de color 4000K y equipo electrónico con regulación programable hasta 5 pasos, totalmente comprobada y en correcto funcionamiento.	301,72	TRESCIENTOS UN EUROS CON SETENTA Y DOS CÉNTIMOS
3	u Suministro e instalación de luminaria LED para alumbrado vial ambiental sobre brazo mural de 2,2 metros modelo Philips ClearWay gen2 BGP307 LED54-4S/740 I DM50 DDF27 D18 48, temperatura de color 4000K y equipo electrónico con regulación programable hasta 5 pasos, totalmente comprobada y en correcto funcionamiento.	316,43	TRESCIENTOS DIECISEIS EUROS CON CUARENTA Y TRES CÉNTIMOS
4	u Reposición e instalación de bloque óptico transparente modelo Gran Via LED, clase I IK09 IP54, difusor esférico fabricado en policarbonato, instalación vertical "Top-post" para tubo de diámetro 40 mm en luminarias residenciales de 3-4 m de altura, colocada y en correcto funcionamiento.	90,93	NOVENTA EUROS CON NOVENTA Y TRES CÉNTIMOS
5	u Desconexión de fotocélula existente, suministro e instalación de interruptor horario astronómico modelo Astro Nova City 230V ac, clase II, grado de protección IP20, ajuste astronómico diario, poder de ruptura 26 (10) A /250V ac, totalmente instalado, conectado y en correcto funcionamiento.	120,56	CIENTO VEINTE EUROS CON CINCUENTA Y SEIS CÉNTIMOS

Proyecto de auditoría energética y propuestas de mejora del alumbrado público exterior del municipio de Bocairent

4. Cuadro de precios nº 1			
Nº	Designación	Importe	
		En cifra (Euros)	En letra (Euros)
6	u Suministro e instalación de luminaria LED para alumbrado vial ambiental sobre brazo mural de 0,75 metros modelo Philips ClassicStreet BDP794 LED42-4S/740 DM70 MK-BK BK CLO D9, temperatura de color 4000K y equipo electrónico con regulación programable hasta 5 pasos, totalmente comprobada y en correcto funcionamiento.	601,14	SEISCIENTOS UN EUROS CON CATORCE CÉNTIMOS
7	u Suministro e instalación de luminaria LED para alumbrado vial ambiental sobre brazo mural de 2,2 metros modelo Philips ClearWay gen2 BGP307 LED35-4S/740 I DM50 DDF27 D18 48, temperatura de color 4000K y equipo electrónico con regulación programable hasta 5 pasos, totalmente comprobada y en correcto funcionamiento.	316,43	TRESCIENTOS DIECISEIS EUROS CON CUARENTA Y TRES CÉNTIMOS
8	u Suministro e instalación de luminaria LED para alumbrado vial ambiental sobre brazo mural de 2,2 metros modelo Philips ClearWay gen2 BGP307 LED69-4S/740 I DM50 DDF27 D18 48, temperatura de color 4000K y equipo electrónico con regulación programable hasta 5 pasos, totalmente comprobada y en correcto funcionamiento.	365,80	TRESCIENTOS SESENTA Y CINCO EUROS CON OCHENTA CÉNTIMOS
9	u Suministro e instalación de luminaria LED para alumbrado vial ambiental sobre columna de 3 y 4 metros de altura modelo Farol Villa LED gen2 BDP768 LED27-4S/740 PSDD DW50 I FG BK DDF27, temperatura de color 4000K y equipo electrónico con regulación programable hasta 5 pasos, totalmente comprobada y en correcto funcionamiento.	549,66	QUINIENTOS CUARENTA Y NUEVE EUROS CON SESENTA Y SEIS CÉNTIMOS
10	u Suministro e instalación de luminaria LED para alumbrado vial ambiental sobre columna de 3 metros de altura y brazo mural de 0,75 metros modelo Farol Villa LED gen2 BDP768 LED40-4S/740 PSDD DW50 I FG BK DDF27, temperatura de color 4000K y equipo electrónico con regulación programable hasta 5 pasos, totalmente comprobada y en correcto funcionamiento.	560,17	QUINIENTOS SESENTA EUROS CON DIECISIETE CÉNTIMOS

Proyecto de auditoría energética y propuestas de mejora del alumbrado público exterior del municipio de Bocairent

4. Cuadro de precios nº 1			
Nº	Designación	Importe	
		En cifra (Euros)	En letra (Euros)
11	u Suministro e instalación de luminaria LED para alumbrado vial ambiental sobre brazo mural de 0,75 y 1 metro de altura modelo Farol Villa LED gen2 BDP768 LED69-4S/740 PSDD DW50 I FG BK DDF27, temperatura de color 4000K y equipo electrónico con regulación programable hasta 5 pasos, totalmente comprobada y en correcto funcionamiento.	586,43	QUINIENTOS OCHENTA Y SEIS EUROS CON CUARENTA Y TRES CÉNTIMOS
12	u Suministro e instalación de luminaria LED para alumbrado vial ambiental sobre columnas de 3 y 4 metros de altura y brazo mural de 0,75 metros modelo Farol Villa LED gen2 BDP768 LED99-4S/740 PSDD DW50 I FG BK DDF27, temperatura de color 4000K y equipo electrónico con regulación programable hasta 5 pasos, totalmente comprobada y en correcto funcionamiento.	586,43	QUINIENTOS OCHENTA Y SEIS EUROS CON CUARENTA Y TRES CÉNTIMOS
Bocairent 05/08/2020 Ingeniero Industrial			
Jord. Sanjuan Silvestre			

5. Cuadro de precios nº 2

Advertencia: Los precios del presente cuadro se aplicarán única y exclusivamente en los casos que sea preciso abonar obras incompletas cuando por rescisión u otra causa no lleguen a terminarse las contratadas, sin que pueda pretenderse la valoración de cada unidad de obra fraccionada en otra forma que la establecida en dicho cuadro.

Nº	Designación	Importe	
		Parcial (Euros)	Total (Euros)
	1 Sector 1		
	1.1 Luminarias		
1.1.1	u Suministro e instalación de luminaria LED para alumbrado vial ambiental sobre brazo mural de 2,2 metros modelo Philips ClearWay gen2 BGP307 LED18-4S/740 I DM50 DDF27 D18 48, temperatura de color 4000K y equipo electrónico con regulación programable hasta 5 pasos, totalmente comprobada y en correcto funcionamiento. (Mano de obra) Oficial 1ª electricidad 0,35 h 19,75 6,91 Especialista electricidad 0,35 h 16,84 5,89 (Maquinaria) Camión grúa cesta 10 metros 0,35 h 35,40 12,39 (Materiales) Luminaria Philips ClearWay g... 1,00 u 262,00 262,00 (Resto obra) 5,74 3% Costes indirectos 8,79		
			301,72
1.1.2	u Suministro e instalación de luminaria LED para alumbrado vial ambiental sobre brazo mural de 2,2 metros modelo Philips ClearWay BGP307 LED30-4S/740 I DM50 DDF27 D18 48, temperatura de color 4000K y equipo electrónico con regulación programable hasta 5 pasos, totalmente comprobada y en correcto funcionamiento. (Mano de obra) Oficial 1ª electricidad 0,35 h 19,75 6,91 Especialista electricidad 0,35 h 16,84 5,89 (Maquinaria) Camión grúa cesta 10 metros 0,35 h 35,40 12,39 (Materiales) Luminaria Philips ClearWay g... 1,00 u 262,00 262,00 (Resto obra) 5,74 3% Costes indirectos 8,79		
			301,72

Proyecto de auditoría energética y propuestas de mejora del alumbrado público exterior del municipio de Bocairant

5. Cuadro de precios nº 2			
Nº	Designación	Importe	
		Parcial (Euros)	Total (Euros)
1.1.3	<p>u Suministro e instalación de luminaria LED para alumbrado vial ambiental sobre brazo mural de 2,2 metros modelo Philips ClearWay gen2 BGP307 LED54-4S/740 I DM50 DDF27 D18 48, temperatura de color 4000K y equipo electrónico con regulación programable hasta 5 pasos, totalmente comprobada y en correcto funcionamiento.</p> <p>(Mano de obra)</p> <p>Oficial 1ª electricidad 0,35 h 19,75 6,91</p> <p>Especialista electricidad 0,35 h 16,84 5,89</p> <p>(Maquinaria)</p> <p>Camión grúa cesta 10 metros 0,35 h 35,40 12,39</p> <p>(Materiales)</p> <p>Luminaria Philips ClearWay g... 1,00 u 276,00 276,00</p> <p>(Resto obra)</p> <p>3% Costes indirectos 9,22</p>		
			316,43
1.2.1	<p>1.2 Bloques ópticos</p> <p>u Reposición e instalación de bloque óptico transparente modelo Gran Vía LED, clase I IK09 IP54, difusor esférico fabricado en policarbonato, instalación vertical "Top-post" para tubo de diámetro 40 mm en luminarias residenciales de 3-4 m de altura, colocada y en correcto funcionamiento.</p> <p>(Mano de obra)</p> <p>Oficial 1ª electricidad 0,30 h 19,75 5,93</p> <p>(Maquinaria)</p> <p>Camión grúa cesta 10 metros 0,30 h 35,40 10,62</p> <p>(Materiales)</p> <p>Bloque óptico transparente E... 1,00 u 70,00 70,00</p> <p>(Resto obra)</p> <p>3% Costes indirectos 2,65</p>		
			90,93
2.1.1	<p>2 Sector 2</p> <p>2.1 Bloques ópticos</p> <p>u Reposición e instalación de bloque óptico transparente modelo Gran Vía LED, clase I IK09 IP54, difusor esférico fabricado en policarbonato, instalación vertical "Top-post" para tubo de diámetro 40 mm en luminarias residenciales de 3-4 m de altura, colocada y en correcto funcionamiento.</p> <p>(Mano de obra)</p> <p>Oficial 1ª electricidad 0,30 h 19,75 5,93</p> <p>(Maquinaria)</p> <p>Camión grúa cesta 10 metros 0,30 h 35,40 10,62</p> <p>(Materiales)</p> <p>Bloque óptico transparente E... 1,00 u 70,00 70,00</p> <p>(Resto obra)</p> <p>3% Costes indirectos 2,65</p>		
			90,93
	<p>3 Sector 3</p> <p>3.1 Luminarias</p>		

Proyecto de auditoría energética y propuestas de mejora del alumbrado público exterior del municipio de Bocairant

5. Cuadro de precios nº 2				
Nº	Designación	Importe		
		Parcial (Euros)	Total (Euros)	
3.1.1	u Suministro e instalación de luminaria LED para alumbrado vial ambiental sobre brazo mural de 2,2 metros modelo Philips ClearWay BGP307 LED30-4S/740 I DM50 DDF27 D18 48, temperatura de color 4000K y equipo electrónico con regulación programable hasta 5 pasos, totalmente comprobada y en correcto funcionamiento.			
	(Mano de obra)			
	Oficial 1ª electricidad	0,35 h	19,75	6,91
	Especialista electricidad	0,35 h	16,84	5,89
	(Maquinaria)			
	Camión grúa cesta 10 metros	0,35 h	35,40	12,39
	(Materiales)			
	Luminaria Philips ClearWay g...	1,00 u	262,00	262,00
	(Resto obra)			5,74
	3% Costes indirectos			8,79
				301,72
3.1.2	u Suministro e instalación de luminaria LED para alumbrado vial ambiental sobre brazo mural de 2,2 metros modelo Philips ClearWay gen2 BGP307 LED54-4S/740 I DM50 DDF27 D18 48, temperatura de color 4000K y equipo electrónico con regulación programable hasta 5 pasos, totalmente comprobada y en correcto funcionamiento.			
	(Mano de obra)			
	Oficial 1ª electricidad	0,35 h	19,75	6,91
	Especialista electricidad	0,35 h	16,84	5,89
	(Maquinaria)			
	Camión grúa cesta 10 metros	0,35 h	35,40	12,39
	(Materiales)			
	Luminaria Philips ClearWay g...	1,00 u	276,00	276,00
	(Resto obra)			6,02
	3% Costes indirectos			9,22
				316,43
3.1.3	u Suministro e instalación de luminaria LED para alumbrado vial ambiental sobre brazo mural de 0,75 metros modelo Philips ClassicStreet BDP794 LED42-4S/740 DM70 MK-BK BK CLO D9, temperatura de color 4000K y equipo electrónico con regulación programable hasta 5 pasos, totalmente comprobada y en correcto funcionamiento.			
	(Mano de obra)			
	Oficial 1ª electricidad	0,35 h	19,75	6,91
	Especialista electricidad	0,35 h	16,84	5,89
	(Maquinaria)			
	Camión grúa cesta 10 metros	0,35 h	35,40	12,39
	(Materiales)			
	Luminaria Philips ClassicStr...	1,00 u	547,00	547,00
	(Resto obra)			11,44
	3% Costes indirectos			17,51
				601,14

Proyecto de auditoría energética y propuestas de mejora del alumbrado público exterior del municipio de Bocairant

5. Cuadro de precios nº 2					
Nº	Designación	Importe			
		Parcial (Euros)	Total (Euros)		
3.1.4	u Suministro e instalación de luminaria LED para alumbrado vial ambiental sobre brazo mural de 2,2 metros modelo Philips ClearWay gen2 BGP307 LED35-4S/740 I DM50 DDF27 D18 48, temperatura de color 4000K y equipo electrónico con regulación programable hasta 5 pasos, totalmente comprobada y en correcto funcionamiento.				
	(Mano de obra)				
	Oficial 1ª electricidad	0,35 h	19,75	6,91	
	Especialista electricidad	0,35 h	16,84	5,89	
	(Maquinaria)				
	Camión grúa cesta 10 metros	0,35 h	35,40	12,39	
	(Materiales)				
	Luminaria Philips ClearWay g...	1,00 u	276,00	276,00	
	(Resto obra)				6,02
	3% Costes indirectos				9,22
				316,43	
3.1.5	u Suministro e instalación de luminaria LED para alumbrado vial ambiental sobre brazo mural de 2,2 metros modelo Philips ClearWay gen2 BGP307 LED69-4S/740 I DM50 DDF27 D18 48, temperatura de color 4000K y equipo electrónico con regulación programable hasta 5 pasos, totalmente comprobada y en correcto funcionamiento.				
	(Mano de obra)				
	Oficial 1ª electricidad	0,35 h	19,75	6,91	
	Especialista electricidad	0,35 h	16,84	5,89	
	(Maquinaria)				
	Camión grúa cesta 10 metros	0,35 h	35,40	12,39	
	(Materiales)				
	Luminaria Philips ClearWay g...	1,00 u	323,00	323,00	
	(Resto obra)				6,96
	3% Costes indirectos				10,65
				365,80	
3.1.6	u Suministro e instalación de luminaria LED para alumbrado vial ambiental sobre columna de 3 y 4 metros de altura modelo Farol Villa LED gen2 BDP768 LED27-4S/740 PSDD DW50 I FG BK DDF27, temperatura de color 4000K y equipo electrónico con regulación programable hasta 5 pasos, totalmente comprobada y en correcto funcionamiento.				
	(Mano de obra)				
	Oficial 1ª electricidad	0,35 h	19,75	6,91	
	Especialista electricidad	0,35 h	16,84	5,89	
	(Maquinaria)				
	Camión grúa cesta 10 metros	0,35 h	35,40	12,39	
	(Materiales)				
	Luminaria Philips Farol Vill...	1,00 u	498,00	498,00	
	(Resto obra)				10,46
	3% Costes indirectos				16,01
				549,66	

Proyecto de auditoría energética y propuestas de mejora del alumbrado público exterior del municipio de Bocairén

5. Cuadro de precios nº 2				
Nº	Designación	Importe		
		Parcial (Euros)	Total (Euros)	
3.1.7	<p>u Suministro e instalación de luminaria LED para alumbrado vial ambiental sobre columna de 3 metros de altura y brazo mural de 0,75 metros modelo Farol Villa LED gen2 BDP768 LED40-4S/740 PSDD DW50 I FG BK DDF27, temperatura de color 4000K y equipo electrónico con regulación programable hasta 5 pasos, totalmente comprobada y en correcto funcionamiento.</p> <p>(Mano de obra)</p> <p>Oficial 1ª electricidad 0,35 h 19,75 6,91</p> <p>Especialista electricidad 0,35 h 16,84 5,89</p> <p>(Maquinaria)</p> <p>Camión grúa cesta 10 metros 0,35 h 35,40 12,39</p> <p>(Materiales)</p> <p>Luminaria Philips Farol Vill... 1,00 u 508,00 508,00</p> <p>(Resto obra) 10,66</p> <p>3% Costes indirectos 16,32</p>			
3.1.8	<p>u Suministro e instalación de luminaria LED para alumbrado vial ambiental sobre brazo mural de 0,75 y 1 metro de altura modelo Farol Villa LED gen2 BDP768 LED69-4S/740 PSDD DW50 I FG BK DDF27, temperatura de color 4000K y equipo electrónico con regulación programable hasta 5 pasos, totalmente comprobada y en correcto funcionamiento.</p> <p>(Mano de obra)</p> <p>Oficial 1ª electricidad 0,35 h 19,75 6,91</p> <p>Especialista electricidad 0,35 h 16,84 5,89</p> <p>(Maquinaria)</p> <p>Camión grúa cesta 10 metros 0,35 h 35,40 12,39</p> <p>(Materiales)</p> <p>Luminaria Philips Farol Vill... 1,00 u 533,00 533,00</p> <p>(Resto obra) 11,16</p> <p>3% Costes indirectos 17,08</p>			560,17
3.2.1	<p>3.2 Sistemas de accionamiento</p> <p>u Desconexión de fotocélula existente, suministro e instalación de interruptor horario astronómico modelo Astro Nova City 230V ac, clase II, grado de protección IP20, ajuste astronómico diario, poder de ruptura 26 (10) A /250V ac, totalmente instalado, conectado y en correcto funcionamiento.</p> <p>(Mano de obra)</p> <p>Oficial 1ª electricidad 1,00 h 19,75 19,75</p> <p>(Materiales)</p> <p>Interruptor horario digital ... 1,00 u 95,00 95,00</p> <p>(Resto obra) 2,30</p> <p>3% Costes indirectos 3,51</p>			586,43
	<p>3.3 Bloques ópticos</p>			120,56

Proyecto de auditoría energética y propuestas de mejora del alumbrado público exterior del municipio de Bocairant

5. Cuadro de precios nº 2					
Nº	Designación			Importe	
				Parcial (Euros)	Total (Euros)
3.3.1	u Reposición e instalación de bloque óptico transparente modelo Gran Vía LED, clase I IK09 IP54, difusor esférico fabricado en policarbonato, instalación vertical "Top-post" para tubo de diámetro 40 mm en luminarias residenciales de 3-4 m de altura, colocada y en correcto funcionamiento.				
	(Mano de obra)				
	Oficial 1ª electricidad	0,30 h	19,75	5,93	
	(Maquinaria)				
	Camión grúa cesta 10 metros	0,30 h	35,40	10,62	
	(Materiales)				
	Bloque óptico transparente E...	1,00 u	70,00	70,00	
	(Resto obra)				1,73
	3% Costes indirectos				2,65
					90,93
	4 Sector 4				
	4.1 Luminarias				
4.1.1	u Suministro e instalación de luminaria LED para alumbrado vial ambiental sobre brazo mural de 2,2 metros modelo Philips ClearWay gen2 BGP307 LED18-4S/740 I DM50 DDF27 D18 48, temperatura de color 4000K y equipo electrónico con regulación programable hasta 5 pasos, totalmente comprobada y en correcto funcionamiento.				
	(Mano de obra)				
	Oficial 1ª electricidad	0,35 h	19,75	6,91	
	Especialista electricidad	0,35 h	16,84	5,89	
	(Maquinaria)				
	Camión grúa cesta 10 metros	0,35 h	35,40	12,39	
	(Materiales)				
	Luminaria Philips ClearWay g...	1,00 u	262,00	262,00	
	(Resto obra)				5,74
	3% Costes indirectos				8,79
					301,72
4.1.2	u Suministro e instalación de luminaria LED para alumbrado vial ambiental sobre brazo mural de 2,2 metros modelo Philips ClearWay BGP307 LED30-4S/740 I DM50 DDF27 D18 48, temperatura de color 4000K y equipo electrónico con regulación programable hasta 5 pasos, totalmente comprobada y en correcto funcionamiento.				
	(Mano de obra)				
	Oficial 1ª electricidad	0,35 h	19,75	6,91	
	Especialista electricidad	0,35 h	16,84	5,89	
	(Maquinaria)				
	Camión grúa cesta 10 metros	0,35 h	35,40	12,39	
	(Materiales)				
	Luminaria Philips ClearWay g...	1,00 u	262,00	262,00	
	(Resto obra)				5,74
	3% Costes indirectos				8,79
					301,72

Proyecto de auditoría energética y propuestas de mejora del alumbrado público exterior del municipio de Bocairant

5. Cuadro de precios nº 2					
Nº	Designación	Importe			
		Parcial (Euros)	Total (Euros)		
4.1.3	u Suministro e instalación de luminaria LED para alumbrado vial ambiental sobre brazo mural de 2,2 metros modelo Philips ClearWay gen2 BGP307 LED35-4S/740 I DM50 DDF27 D18 48, temperatura de color 4000K y equipo electrónico con regulación programable hasta 5 pasos, totalmente comprobada y en correcto funcionamiento.				
	(Mano de obra)				
	Oficial 1ª electricidad	0,35 h	19,75	6,91	
	Especialista electricidad	0,35 h	16,84	5,89	
	(Maquinaria)				
	Camión grúa cesta 10 metros	0,35 h	35,40	12,39	
	(Materiales)				
	Luminaria Philips ClearWay g...	1,00 u	276,00	276,00	
	(Resto obra)				6,02
	3% Costes indirectos				9,22
				316,43	
4.1.4	u Suministro e instalación de luminaria LED para alumbrado vial ambiental sobre brazo mural de 2,2 metros modelo Philips ClearWay gen2 BGP307 LED54-4S/740 I DM50 DDF27 D18 48, temperatura de color 4000K y equipo electrónico con regulación programable hasta 5 pasos, totalmente comprobada y en correcto funcionamiento.				
	(Mano de obra)				
	Oficial 1ª electricidad	0,35 h	19,75	6,91	
	Especialista electricidad	0,35 h	16,84	5,89	
	(Maquinaria)				
	Camión grúa cesta 10 metros	0,35 h	35,40	12,39	
	(Materiales)				
	Luminaria Philips ClearWay g...	1,00 u	276,00	276,00	
	(Resto obra)				6,02
	3% Costes indirectos				9,22
				316,43	
4.1.5	u Suministro e instalación de luminaria LED para alumbrado vial ambiental sobre brazo mural de 2,2 metros modelo Philips ClearWay gen2 BGP307 LED69-4S/740 I DM50 DDF27 D18 48, temperatura de color 4000K y equipo electrónico con regulación programable hasta 5 pasos, totalmente comprobada y en correcto funcionamiento.				
	(Mano de obra)				
	Oficial 1ª electricidad	0,35 h	19,75	6,91	
	Especialista electricidad	0,35 h	16,84	5,89	
	(Maquinaria)				
	Camión grúa cesta 10 metros	0,35 h	35,40	12,39	
	(Materiales)				
	Luminaria Philips ClearWay g...	1,00 u	323,00	323,00	
	(Resto obra)				6,96
	3% Costes indirectos				10,65
				365,80	

Proyecto de auditoría energética y propuestas de mejora del alumbrado público exterior del municipio de Bocairén

5. Cuadro de precios nº 2				
Nº	Designación	Importe		
		Parcial (Euros)	Total (Euros)	
4.1.6	<p>u Suministro e instalación de luminaria LED para alumbrado vial ambiental sobre brazo mural de 0,75 y 1 metro de altura modelo Farol Villa LED gen2 BDP768 LED69-4S/740 PSDD DW50 I FG BK DDF27, temperatura de color 4000K y equipo electrónico con regulación programable hasta 5 pasos, totalmente comprobada y en correcto funcionamiento.</p> <p>(Mano de obra)</p> <p>Oficial 1ª electricidad 0,35 h 19,75</p> <p>Especialista electricidad 0,35 h 16,84</p> <p>(Maquinaria)</p> <p>Camión grúa cesta 10 metros 0,35 h 35,40</p> <p>(Materiales)</p> <p>Luminaria Philips Farol Vill... 1,00 u 533,00</p> <p>(Resto obra)</p> <p>3% Costes indirectos</p>			
				586,43
4.1.7	<p>u Suministro e instalación de luminaria LED para alumbrado vial ambiental sobre columnas de 3 y 4 metros de altura y brazo mural de 0,75 metros modelo Farol Villa LED gen2 BDP768 LED99-4S/740 PSDD DW50 I FG BK DDF27, temperatura de color 4000K y equipo electrónico con regulación programable hasta 5 pasos, totalmente comprobada y en correcto funcionamiento.</p> <p>(Mano de obra)</p> <p>Oficial 1ª electricidad 0,35 h 19,75</p> <p>Especialista electricidad 0,35 h 16,84</p> <p>(Maquinaria)</p> <p>Camión grúa cesta 10 metros 0,35 h 35,40</p> <p>(Materiales)</p> <p>Luminaria Philips Farol Vill... 1,00 u 533,00</p> <p>(Resto obra)</p> <p>3% Costes indirectos</p>			
				586,43
4.2.1	<p>4.2 Sistemas de accionamiento</p> <p>u Desconexión de fotocélula existente, suministro e instalación de interruptor horario astronómico modelo Astro Nova City 230V ac, clase II, grado de protección IP20, ajuste astronómico diario, poder de ruptura 26 (10) A /250V ac, totalmente instalado, conectado y en correcto funcionamiento.</p> <p>(Mano de obra)</p> <p>Oficial 1ª electricidad 1,00 h 19,75</p> <p>(Materiales)</p> <p>Interruptor horario digital ... 1,00 u 95,00</p> <p>(Resto obra)</p> <p>3% Costes indirectos</p>			
				120,56
	<p>4.3 Bloques ópticos</p>			

5. Cuadro de precios nº 2			
Nº	Designación	Importe	
		Parcial (Euros)	Total (Euros)
4.3.1	u Reposición e instalación de bloque óptico transparente modelo Gran Vía LED, clase I IK09 IP54, difusor esférico fabricado en policarbonato, instalación vertical "Top-post" para tubo de diámetro 40 mm en luminarias residenciales de 3-4 m de altura, colocada y en correcto funcionamiento. (Mano de obra) Oficial 1ª electricidad 0,30 h 19,75 (Maquinaria) Camión grúa cesta 10 metros 0,30 h 35,40 (Materiales) Bloque óptico transparente E... 1,00 u 70,00 (Resto obra) 3% Costes indirectos		
			90,93
	Bocairent 05/08/2020 Ingeniero Industrial Jordi Sanjuan Silvestre		

6. Resumen del Presupuesto de Ejecución por Contrata con IVA

Proyecto: Propuestas de mejora para los sectores 1, 2, 3 y 4 del alumbrado público ex...

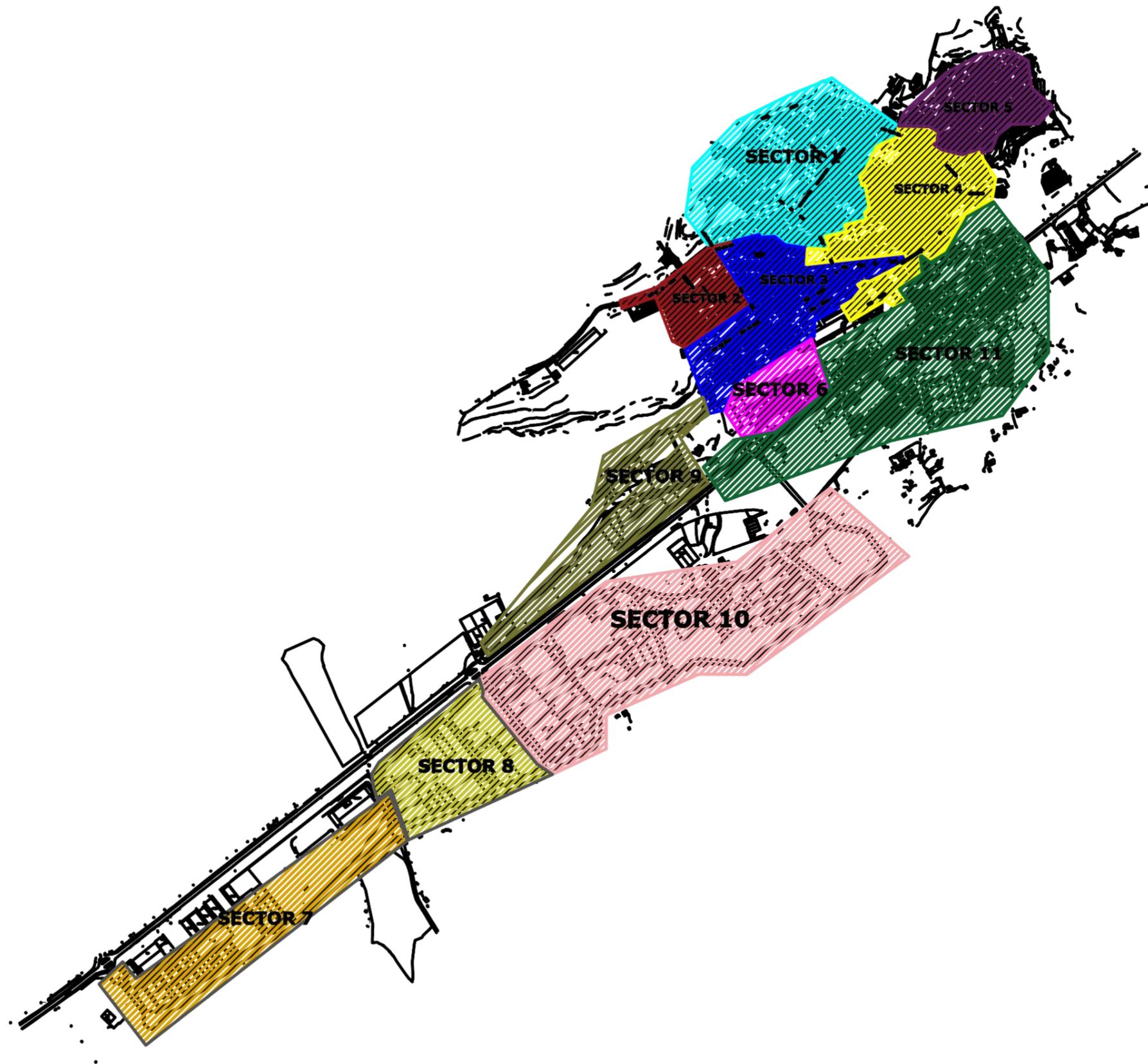
Capítulo	Importe
Capítulo 1 Sector 1	23.648,73
Capítulo 1.1 Luminarias	21.193,62
Capítulo 1.2 Bloques ópticos	2.455,11
Capítulo 2 Sector 2	1.909,53
Capítulo 2.1 Bloques ópticos	1.909,53
Capítulo 3 Sector 3	74.007,38
Capítulo 3.1 Luminarias	71.251,89
Capítulo 3.2 Sistemas de accionamiento	482,24
Capítulo 3.3 Bloques ópticos	2.273,25
Capítulo 4 Sector 4	69.306,34
Capítulo 4.1 Luminarias	66.912,53
Capítulo 4.2 Sistemas de accionamiento	120,56
Capítulo 4.3 Bloques ópticos	2.273,25
Presupuesto de ejecución material	168.871,98
12% de gastos generales	20.264,64
6% de beneficio industrial	10.132,32
Suma	199.268,94
21% IVA	41.846,48
Presupuesto de ejecución por contrata	241.115,42

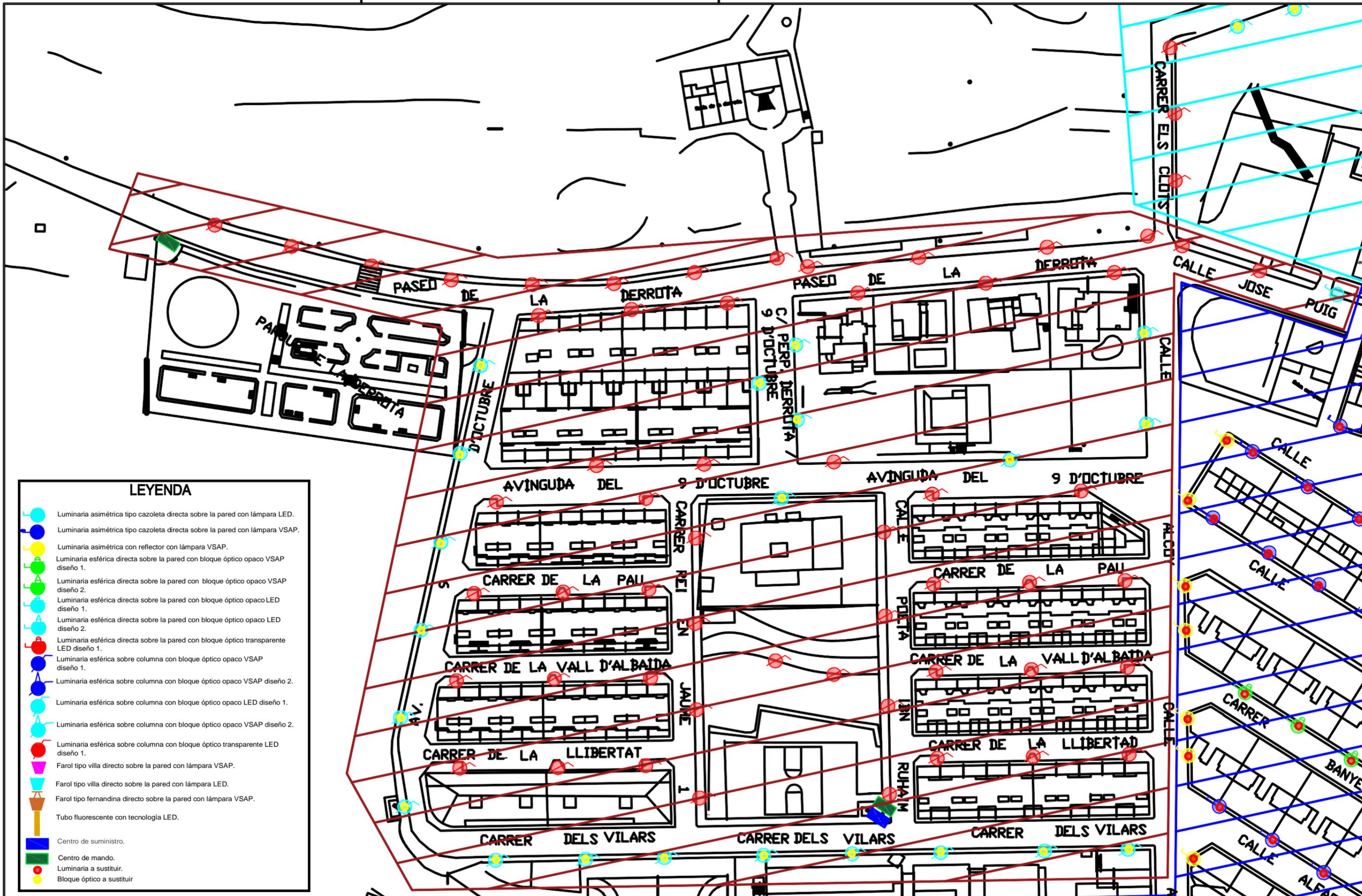
Asciende el presupuesto de ejecución por contrata a la expresada cantidad de DOSCIENTOS CUARENTA Y UN MIL CIENTO QUINCE EUROS CON CUARENTA Y DOS CÉNTIMOS.

Bocairent 05/08/2020
Ingeniero Industrial

Jordi Sanjuan Silvestre

PLANOS





LEYENDA

-  Luminaria asimétrica tipo cazoleta directa sobre la pared con lámpara LED.
-  Luminaria asimétrica tipo cazoleta directa sobre la pared con lámpara VSAP.
-  Luminaria asimétrica con reflector con lámpara VSAP.
-  Luminaria esférica directa sobre la pared con bloque óptico opaco VSAP diseño 1.
-  Luminaria esférica directa sobre la pared con bloque óptico opaco VSAP diseño 2.
-  Luminaria esférica directa sobre la pared con bloque óptico opaco LED diseño 1.
-  Luminaria esférica directa sobre la pared con bloque óptico opaco LED diseño 2.
-  Luminaria esférica directa sobre la pared con bloque óptico transparente LED diseño 1.
-  Luminaria esférica sobre columna con bloque óptico opaco VSAP diseño 1.
-  Luminaria esférica sobre columna con bloque óptico opaco VSAP diseño 2.
-  Luminaria esférica sobre columna con bloque óptico opaco LED diseño 1.
-  Luminaria esférica sobre columna con bloque óptico opaco VSAP diseño 2.
-  Luminaria esférica sobre columna con bloque óptico transparente LED diseño 1.
-  Farol tipo villa directo sobre la pared con lámpara VSAP.
-  Farol tipo villa directo sobre la pared con lámpara LED.
-  Farol tipo fernandina directo sobre la pared con lámpara VSAP.
-  Tubo fluorescente con tecnología LED.
-  Centro de suministro.
-  Centro de mando.
-  Luminaria a sustituir.
-  Bloque óptico a sustituir.

TRABAJO FINAL DE GRADO EN INGENIERIA EN TECNOLOGIAS INDUSTRIALES



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR INGENIERÍA INDUSTRIAL VALENCIA

Proyecto: Proyecto de auditoria energética y propuestas de mejora del alumbrado público exterior del municipio de Bocairent

Plano: Sector 2. C/ Poeta Ibn Ruham, 3-1

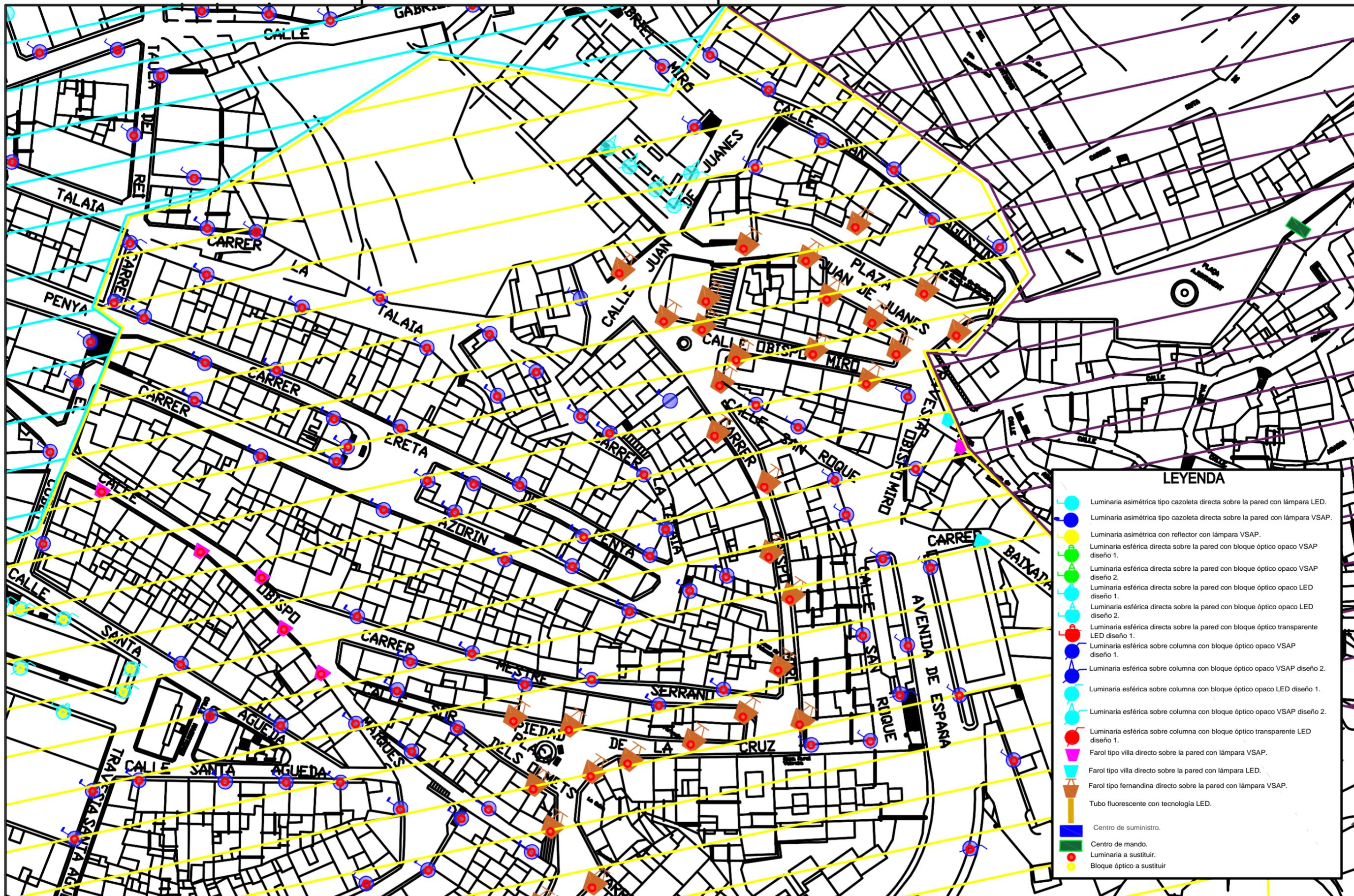
Autor: Jordi Sanjuan Silvestre

Fecha: Septiembre 2020

Escala: 1:1000

Nº Plano:

4



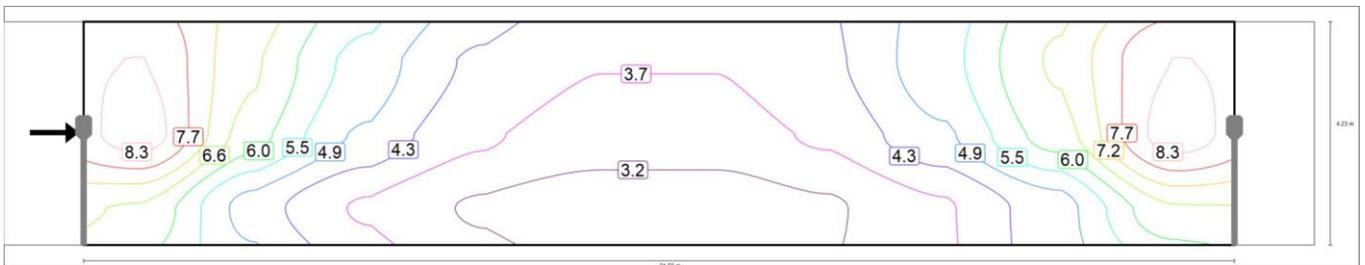
- LEYENDA**
- Luminaria asimétrica tipo cazoleta directa sobre la pared con lámpara LED.
 - Luminaria asimétrica tipo cazoleta directa sobre la pared con lámpara VSAP.
 - Luminaria asimétrica con reflector con lámpara VSAP.
 - Luminaria esférica directa sobre la pared con bloque óptico opaco VSAP diseño 1.
 - Luminaria esférica directa sobre la pared con bloque óptico opaco VSAP diseño 2.
 - Luminaria esférica directa sobre la pared con bloque óptico opaco LED diseño 1.
 - Luminaria esférica directa sobre la pared con bloque óptico opaco LED diseño 2.
 - Luminaria esférica directa sobre la pared con bloque óptico transparente LED diseño 1.
 - Luminaria esférica sobre columna con bloque óptico opaco VSAP diseño 1.
 - Luminaria esférica sobre columna con bloque óptico opaco VSAP diseño 2.
 - Luminaria esférica sobre columna con bloque óptico opaco LED diseño 1.
 - Luminaria esférica sobre columna con bloque óptico opaco VSAP diseño 2.
 - Luminaria esférica sobre columna con bloque óptico transparente LED diseño 1.
 - Farol tipo villa directo sobre la pared con lámpara VSAP.
 - Farol tipo villa directo sobre la pared con lámpara LED.
 - Farol tipo fernandina directo sobre la pared con lámpara VSAP.
 - Tubo fluorescente con tecnología LED.
 - Centro de suministro.
 - Centro de mando.
 - Luminaria a sustituir.
 - Bloque óptico a sustituir.

ANEXOS

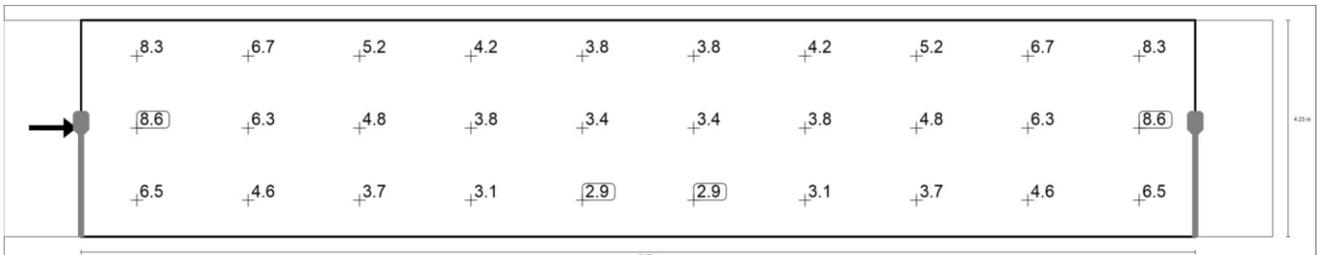
1.1.C/ Cubet · Alternativa 1
Calzada 1 (P4)

Resultados para campo de evaluación

	Tamaño	Calculado	Nominal	Verificación
Calzada 1 (P4)	E_m	5.07 lx	[5.00 - 7.50] lx	✓
	E_{min}	2.90 lx	≥ 1.00 lx	✓



Valor de mantenimiento iluminancia horizontal [lx] (Líneas Isolux)



Valor de mantenimiento iluminancia horizontal [lx] (Sistema de valores)

m	1.080	3.240	5.400	7.560	9.720	11.880	14.040	16.200	18.360	20.520
3.525	8.31	6.67	5.23	4.21	3.77	3.77	4.21	5.23	6.67	8.31
2.115	8.58	6.29	4.78	3.85	3.45	3.45	3.85	4.78	6.29	8.58
0.705	6.51	4.65	3.68	3.11	2.90	2.90	3.11	3.68	4.65	6.51

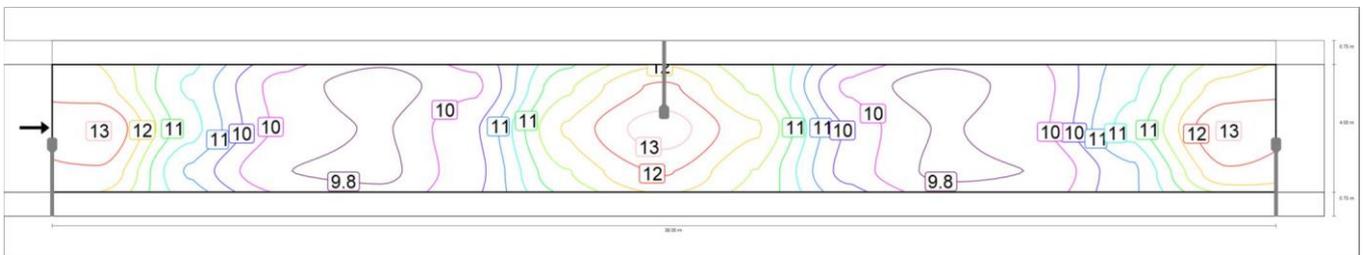
Valor de mantenimiento iluminancia horizontal [lx] (Tabla de valores)

	E_m	E_{min}	E_{max}	g_1	g_2
Valor de mantenimiento iluminancia horizontal	5.07 lx	2.90 lx	8.58 lx	0.572	0.337

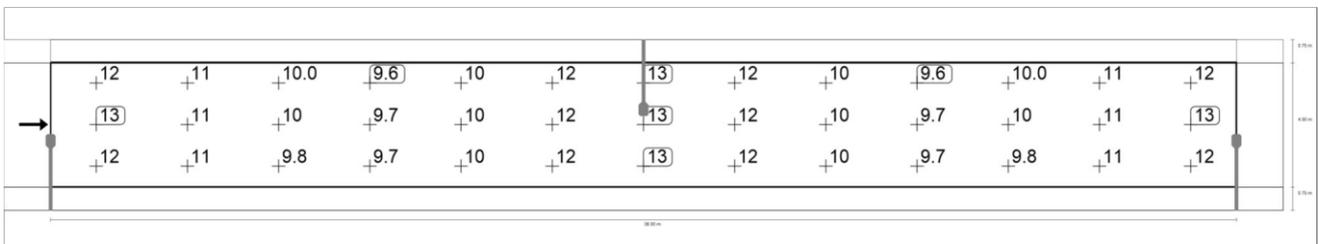
1.2.C/ Ereta de penya · Alternativa 2
Calzada 1 (P3)

Resultados para campo de evaluación

	Tamaño	Calculado	Nominal	Verificación
Calzada 1 (P3)	E_m	11.02 lx	[7.50 - 11.25] lx	✓
	E_{min}	9.60 lx	≥ 1.50 lx	✓



Valor de mantenimiento iluminancia horizontal [lx] (Líneas Isolux)



Valor de mantenimiento iluminancia horizontal [lx] (Sistema de valores)

m	1.462	4.385	7.308	10.231	13.154	16.077	19.000	21.923	24.846	27.769	30.692	33.615	36.538
4.083	12.28	11.07	9.98	9.60	10.03	11.75	12.53	11.75	10.03	9.60	9.98	11.07	12.28
2.750	12.82	11.26	10.04	9.74	10.40	12.18	12.98	12.18	10.40	9.74	10.04	11.26	12.82
1.417	12.41	10.73	9.78	9.69	10.32	11.79	12.50	11.79	10.32	9.69	9.78	10.73	12.41

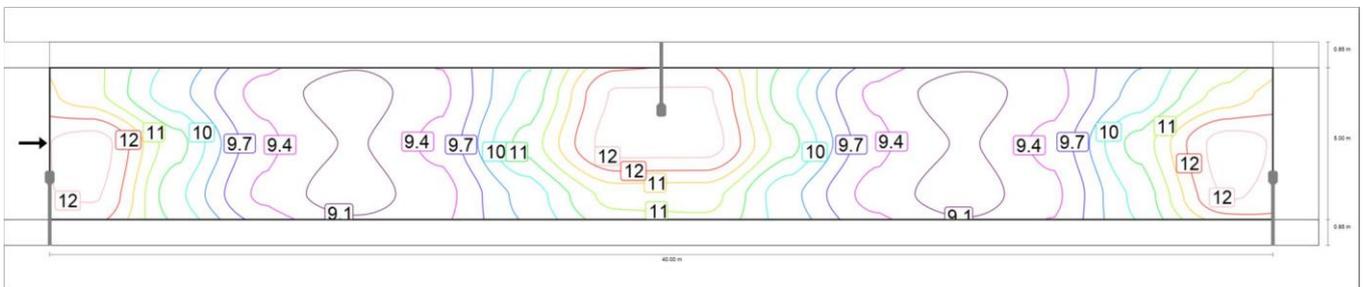
Valor de mantenimiento iluminancia horizontal [lx] (Tabla de valores)

	E_m	E_{min}	E_{max}	g_1	g_2
Valor de mantenimiento iluminancia horizontal	11.0 lx	9.60 lx	13.0 lx	0.871	0.739

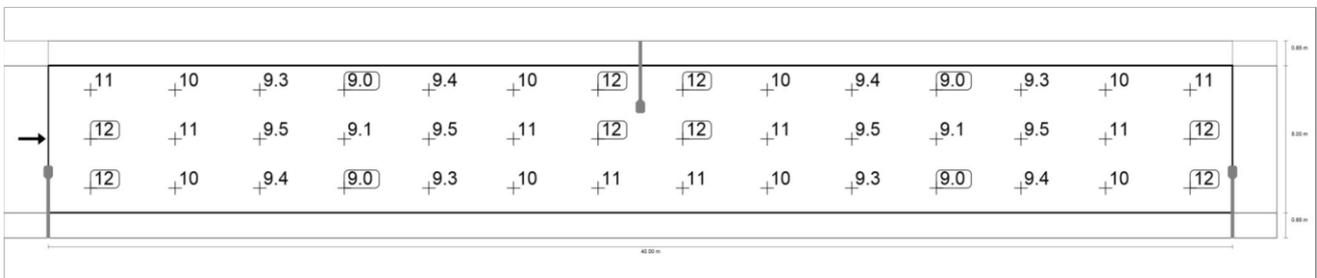
1.3.C/ Gabriel Miró · Alternativa 3
Calzada 1 (P3)

Resultados para campo de evaluación

	Tamaño	Calculado	Nominal	Verificación
Calzada 1 (P3)	E_m	10.33 lx	[7.50 - 11.25] lx	✓
	E_{min}	8.95 lx	≥ 1.50 lx	✓



Valor de mantenimiento iluminancia horizontal [lx] (Líneas Isolux)



Valor de mantenimiento iluminancia horizontal [lx] (Sistema de valores)

m	1.429	4.286	7.143	10.000	12.857	15.714	18.571	21.429	24.286	27.143	30.000	32.857	35.714	38.571
5.017	11.13	10.17	9.31	8.95	9.36	10.46	12.02	12.02	10.46	9.36	8.95	9.31	10.17	11.13
3.350	12.14	10.82	9.52	9.09	9.52	10.82	12.14	12.14	10.82	9.52	9.09	9.52	10.82	12.14
1.683	12.02	10.46	9.36	8.95	9.31	10.17	11.13	11.13	10.17	9.31	8.95	9.36	10.46	12.02

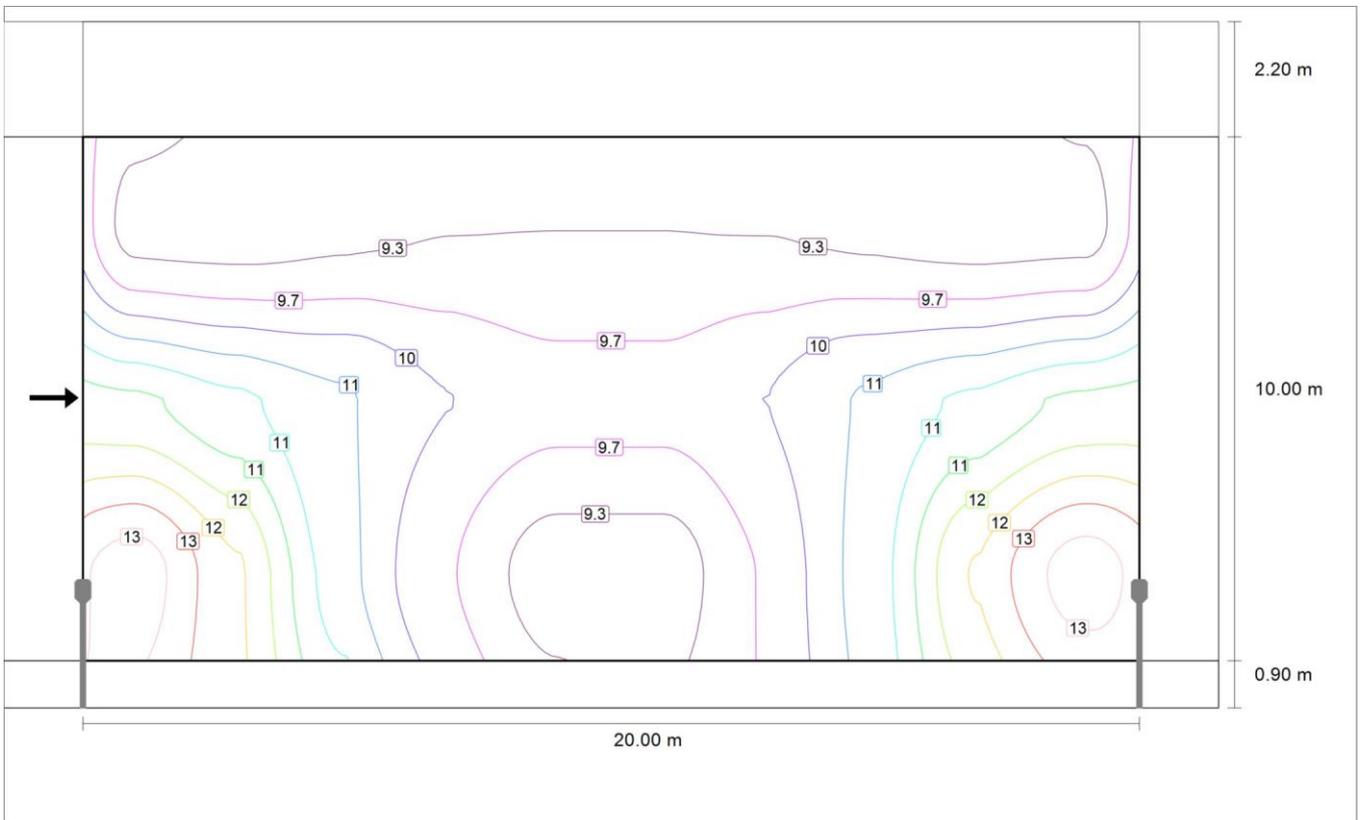
Valor de mantenimiento iluminancia horizontal [lx] (Tabla de valores)

	E_m	E_{min}	E_{max}	g_1	g_2
Valor de mantenimiento iluminancia horizontal	10.3 lx	8.95 lx	12.1 lx	0.867	0.738

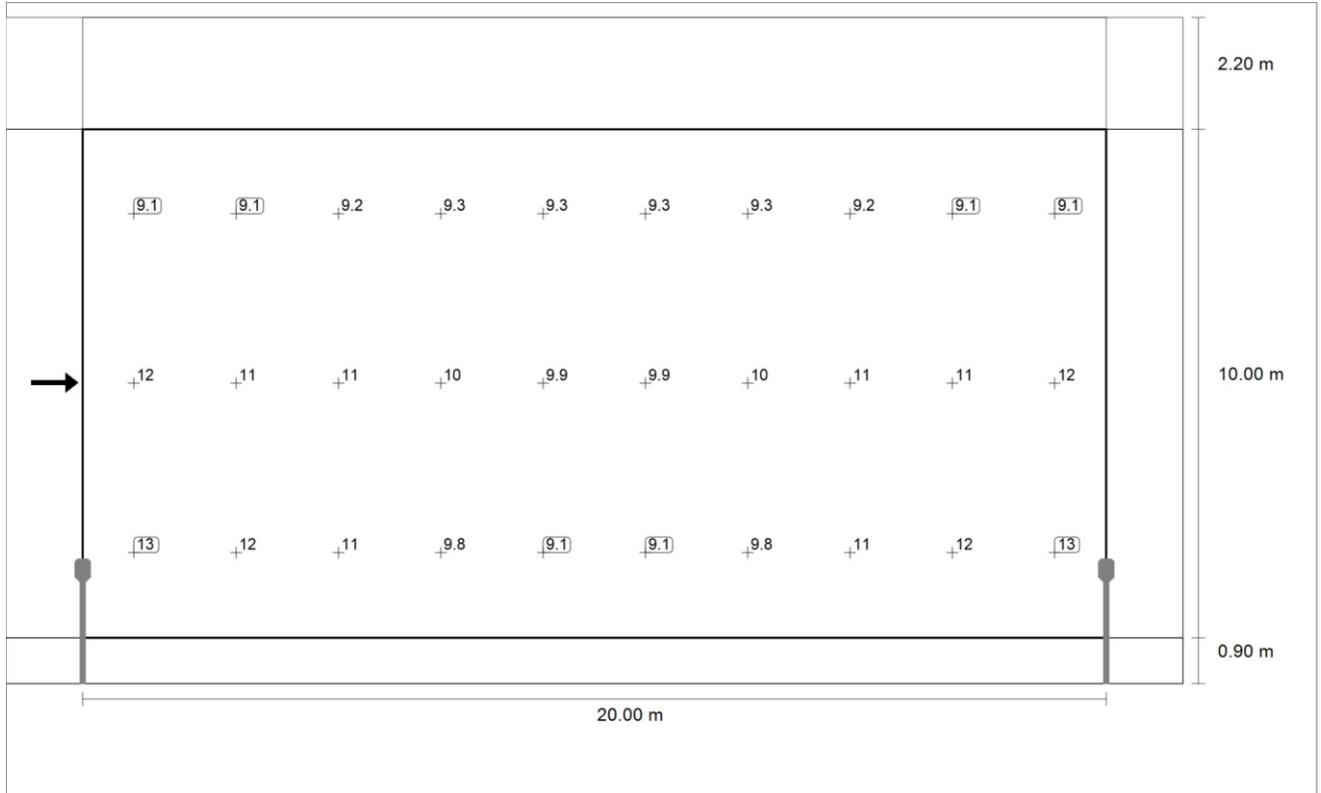
1.4.C/ José Puig · Alternativa 4
Calzada 1 (P3)

Resultados para campo de evaluación

	Tamaño	Calculado	Nominal	Verificación
Calzada 1 (P3)	E_m	10.30 lx	[7.50 - 11.25] lx	✓
	E_{min}	9.07 lx	≥ 1.50 lx	✓



Valor de mantenimiento iluminancia horizontal [lx] (Líneas Isolux)



Valor de mantenimiento iluminancia horizontal [lx] (Sistema de valores)

m	1.000	3.000	5.000	7.000	9.000	11.000	13.000	15.000	17.000	19.000
9.233	9.11	9.07	9.17	9.27	9.28	9.28	9.27	9.17	9.07	9.11
5.900	11.55	11.11	10.63	10.15	9.87	9.87	10.15	10.63	11.11	11.55
2.567	13.38	12.36	10.75	9.75	9.07	9.07	9.75	10.75	12.36	13.38

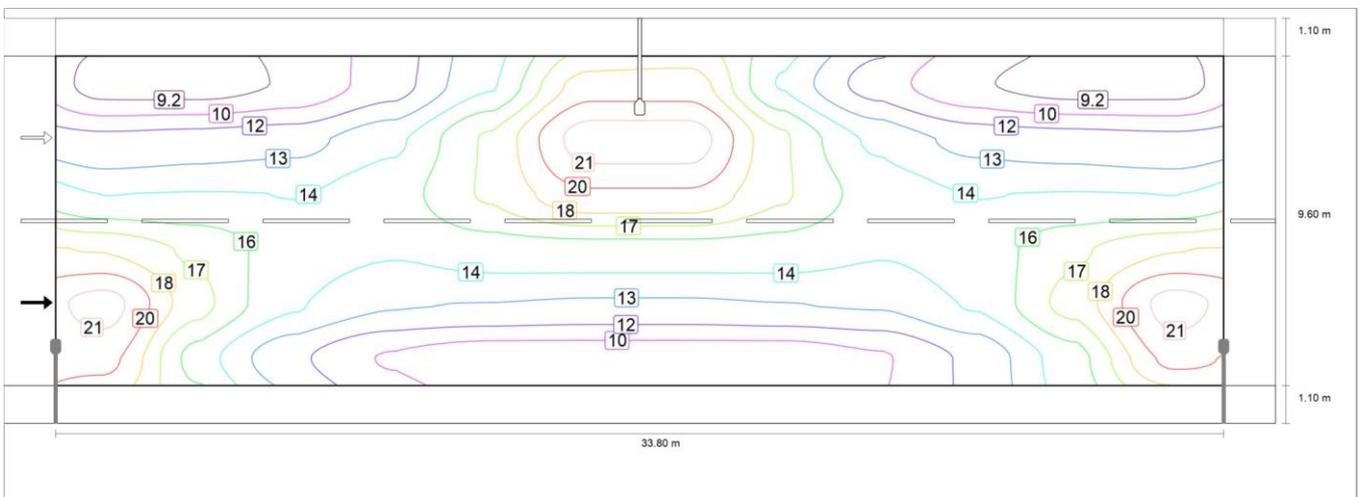
Valor de mantenimiento iluminancia horizontal [lx] (Tabla de valores)

	E_m	E_{min}	E_{max}	g_1	g_2
Valor de mantenimiento iluminancia horizontal	10.3 lx	9.07 lx	13.4 lx	0.880	0.678

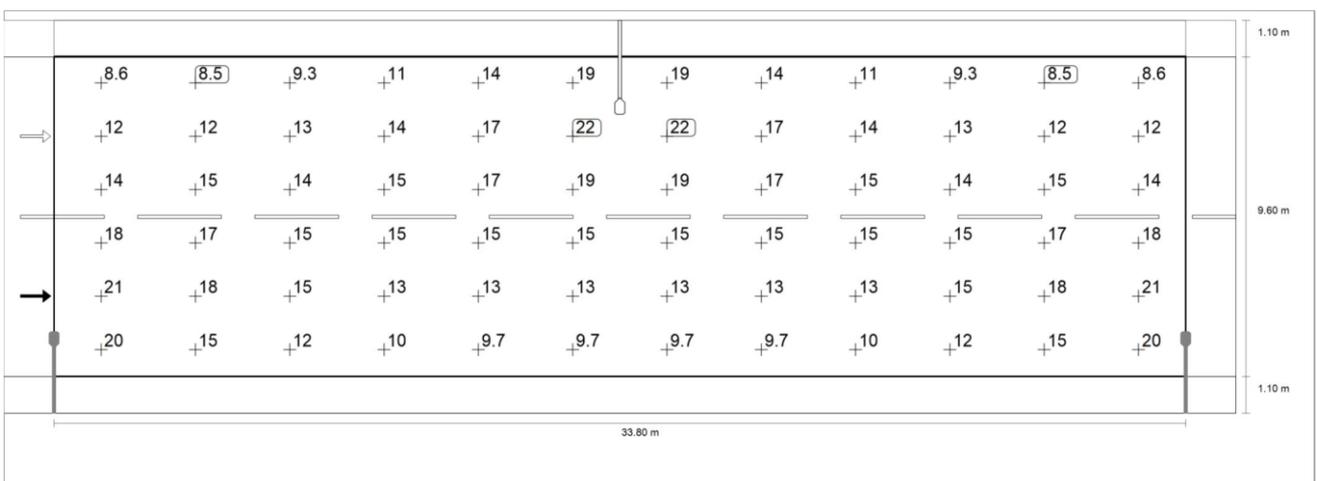
1.5.C/ Martí Calabuig · Alternativa 5
Calzada 1 (P3)

Resultados para campo de evaluación

	Tamaño	Calculado	Nominal	Verificación
Calzada 1 (P3)	E_m	14.47 lx	[7.50 - 11.25] lx	✗
	E_{min}	8.51 lx	≥ 1.50 lx	✓



Valor de mantenimiento iluminancia horizontal [lx] (Líneas Isolux)



Valor de mantenimiento iluminancia horizontal [lx] (Sistema de valores)

m	1.408	4.225	7.042	9.858	12.675	15.492	18.308	21.125	23.942	26.758	29.575	32.392
9.900	8.57	8.51	9.35	11.19	14.27	19.02	19.02	14.27	11.19	9.35	8.51	8.57
8.300	12.23	12.44	12.70	14.14	17.23	21.65	21.65	17.23	14.14	12.70	12.44	12.23
6.700	14.41	14.50	14.40	15.18	17.23	19.40	19.40	17.23	15.18	14.40	14.50	14.41
5.100	18.30	16.77	15.03	14.52	14.96	15.08	15.08	14.96	14.52	15.03	16.77	18.30
3.500	21.46	17.53	14.59	13.24	13.08	12.85	12.85	13.08	13.24	14.59	17.53	21.46
1.900	20.05	15.17	12.08	10.35	9.67	9.71	9.71	9.67	10.35	12.08	15.17	20.05

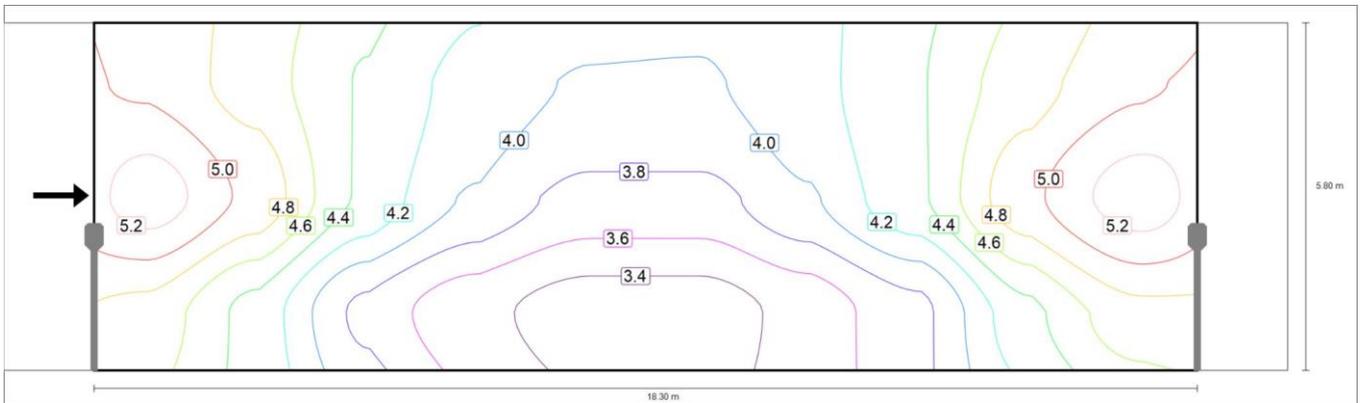
Valor de mantenimiento iluminancia horizontal [lx] (Tabla de valores)

	E_m	E_{min}	E_{max}	g_1	g_2
Valor de mantenimiento iluminancia horizontal	14.5 lx	8.51 lx	21.7 lx	0.588	0.393

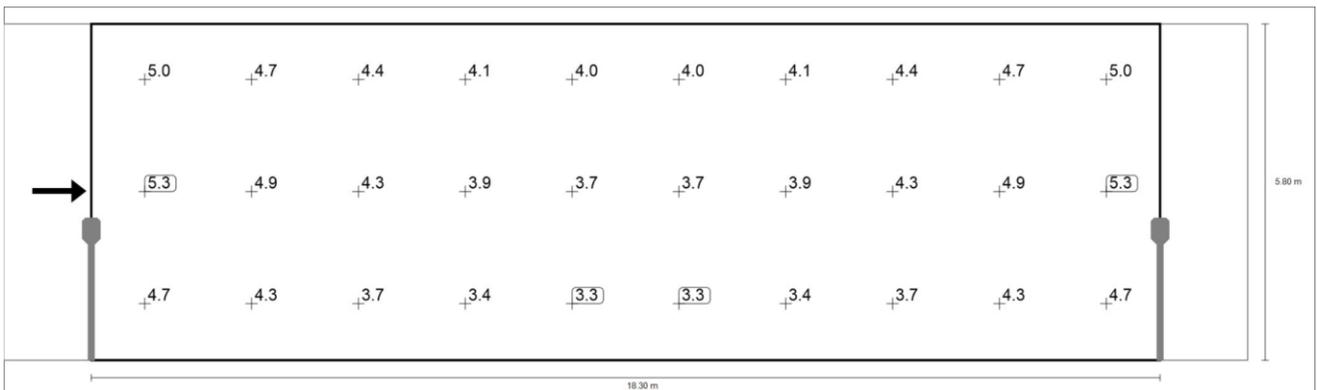
1.6.C/ Músic Blai Colomer · Alternativa 6
Calzada 1 (P5)

Resultados para campo de evaluación

	Tamaño	Calculado	Nominal	Verificación
Calzada 1 (P5)	E_m	4.25 lx	[3.00 - 4.50] lx	✓
	E_{min}	3.25 lx	≥ 0.60 lx	✓



Valor de mantenimiento iluminancia horizontal [lx] (Líneas Isolux)



Valor de mantenimiento iluminancia horizontal [lx] (Sistema de valores)

m	0.915	2.745	4.575	6.405	8.235	10.065	11.895	13.725	15.555	17.385
4.833	4.96	4.70	4.36	4.10	3.95	3.95	4.10	4.36	4.70	4.96
2.900	5.31	4.94	4.35	3.94	3.69	3.69	3.94	4.35	4.94	5.31
0.967	4.72	4.32	3.71	3.43	3.25	3.25	3.43	3.71	4.32	4.72

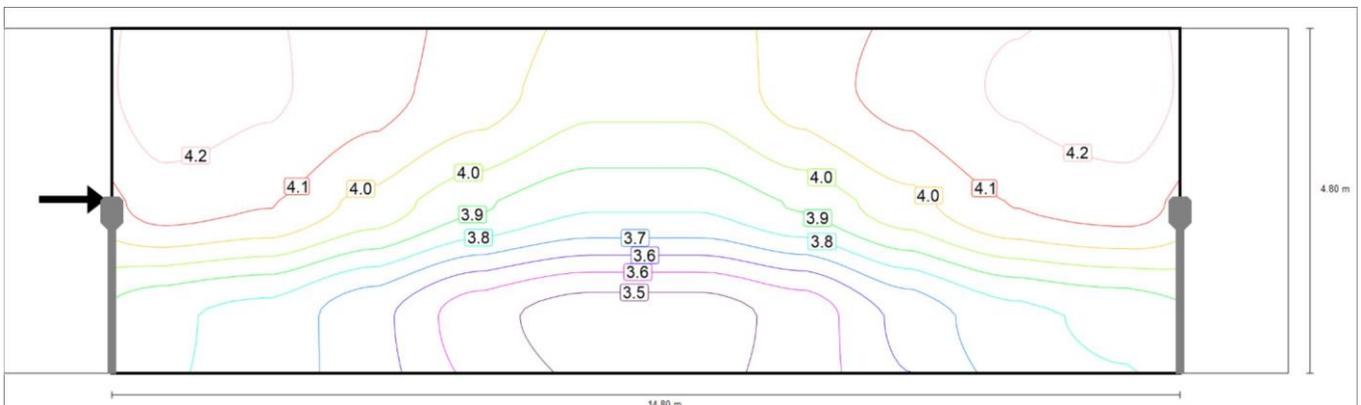
Valor de mantenimiento iluminancia horizontal [lx] (Tabla de valores)

	E_m	E_{min}	E_{max}	g_1	g_2
Valor de mantenimiento iluminancia horizontal	4.25 lx	3.25 lx	5.31 lx	0.765	0.613

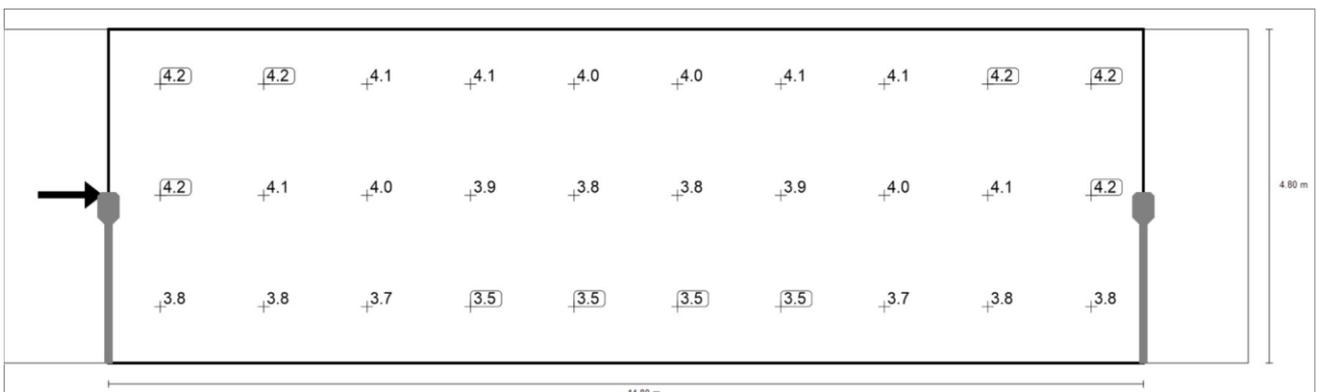
1.7.C/ Repuntxó · Alternativa 7
Calzada 1 (P5)

Resultados para campo de evaluación

	Tamaño	Calculado	Nominal	Verificación
Calzada 1 (P5)	E_m	3.93 lx	[3.00 - 4.50] lx	✓
	E_{min}	3.45 lx	≥ 0.60 lx	✓



Valor de mantenimiento iluminancia horizontal [lx] (Líneas Isolux)



Valor de mantenimiento iluminancia horizontal [lx] (Sistema de valores)

m	0.740	2.220	3.700	5.180	6.660	8.140	9.620	11.100	12.580	14.060
4.000	4.24	4.21	4.15	4.08	3.99	3.99	4.08	4.15	4.21	4.24
2.400	4.16	4.12	4.01	3.90	3.82	3.82	3.90	4.01	4.12	4.16
0.800	3.82	3.78	3.67	3.52	3.45	3.45	3.52	3.67	3.78	3.82

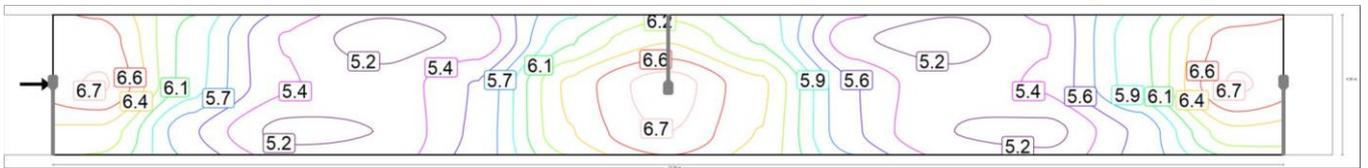
Valor de mantenimiento iluminancia horizontal [lx] (Tabla de valores)

	E_m	E_{min}	E_{max}	g_1	g_2
Valor de mantenimiento iluminancia horizontal	3.93 lx	3.45 lx	4.24 lx	0.879	0.815

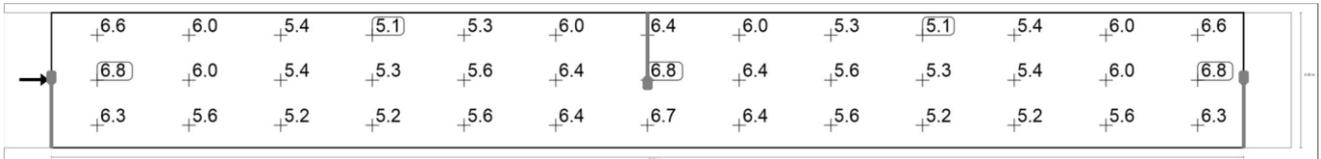
1.8.C/ Sant Agustí · Alternativa 8
Calzada 1 (P4)

Resultados para campo de evaluación

	Tamaño	Calculado	Nominal	Verificación
Calzada 1 (P4)	E_m	5.86 lx	[5.00 - 7.50] lx	✓
	E_{min}	5.14 lx	≥ 1.00 lx	✓



Valor de mantenimiento iluminancia horizontal [lx] (Líneas Isolux)



Valor de mantenimiento iluminancia horizontal [lx] (Sistema de valores)

m	1.446	4.338	7.231	10.123	13.015	15.908	18.800	21.692	24.585	27.477	30.369	33.262	36.154
	3.583	6.65	6.00	5.37	5.14	5.26	6.04	6.39	6.04	5.26	5.14	5.37	6.00
	2.150	6.76	5.98	5.42	5.28	5.57	6.44	6.82	6.44	5.57	5.28	5.42	5.98
	0.717	6.35	5.58	5.17	5.22	5.58	6.39	6.74	6.39	5.58	5.22	5.17	5.58

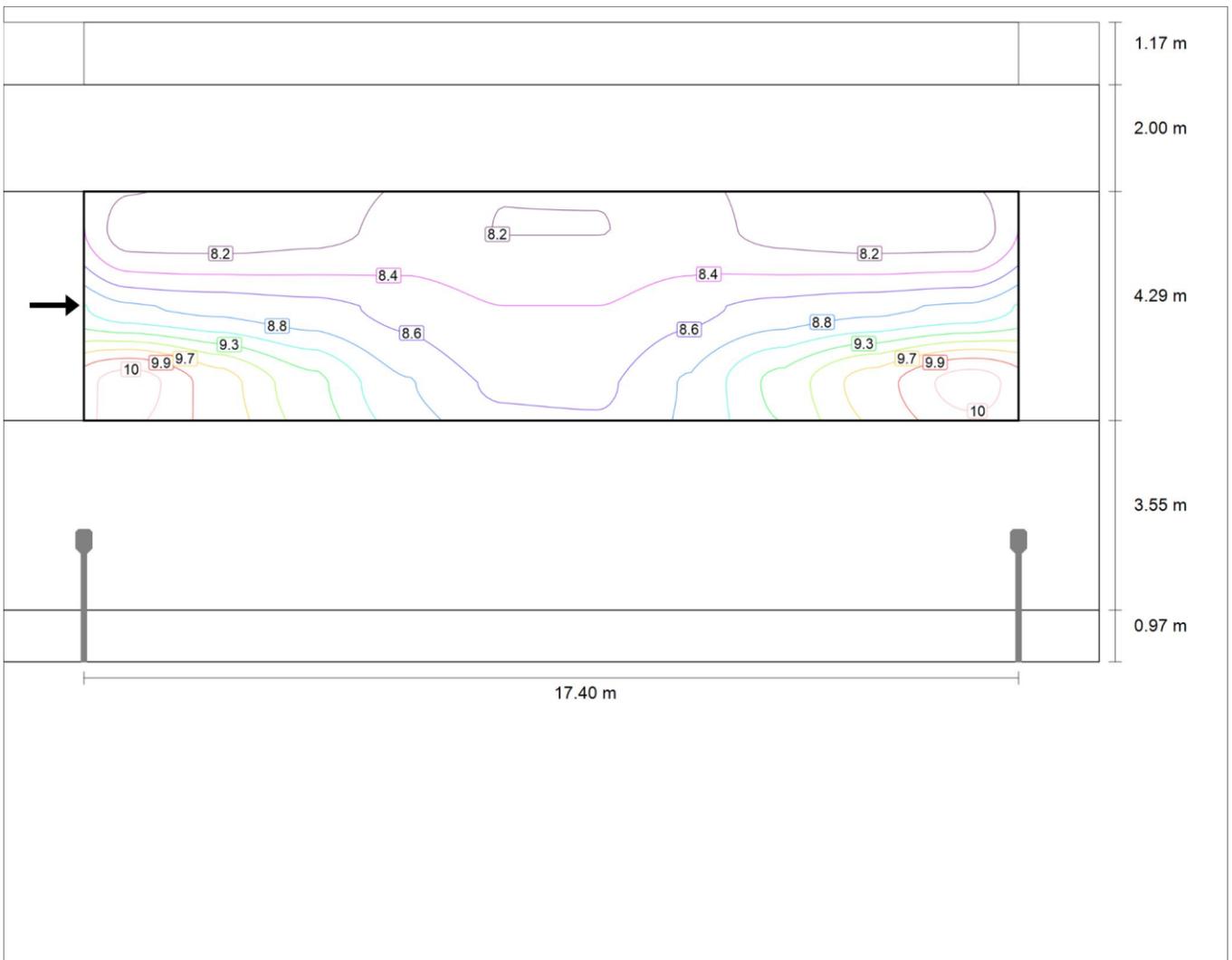
Valor de mantenimiento iluminancia horizontal [lx] (Tabla de valores)

	E_m	E_{min}	E_{max}	g_1	g_2
Valor de mantenimiento iluminancia horizontal	5.86 lx	5.14 lx	6.82 lx	0.878	0.753

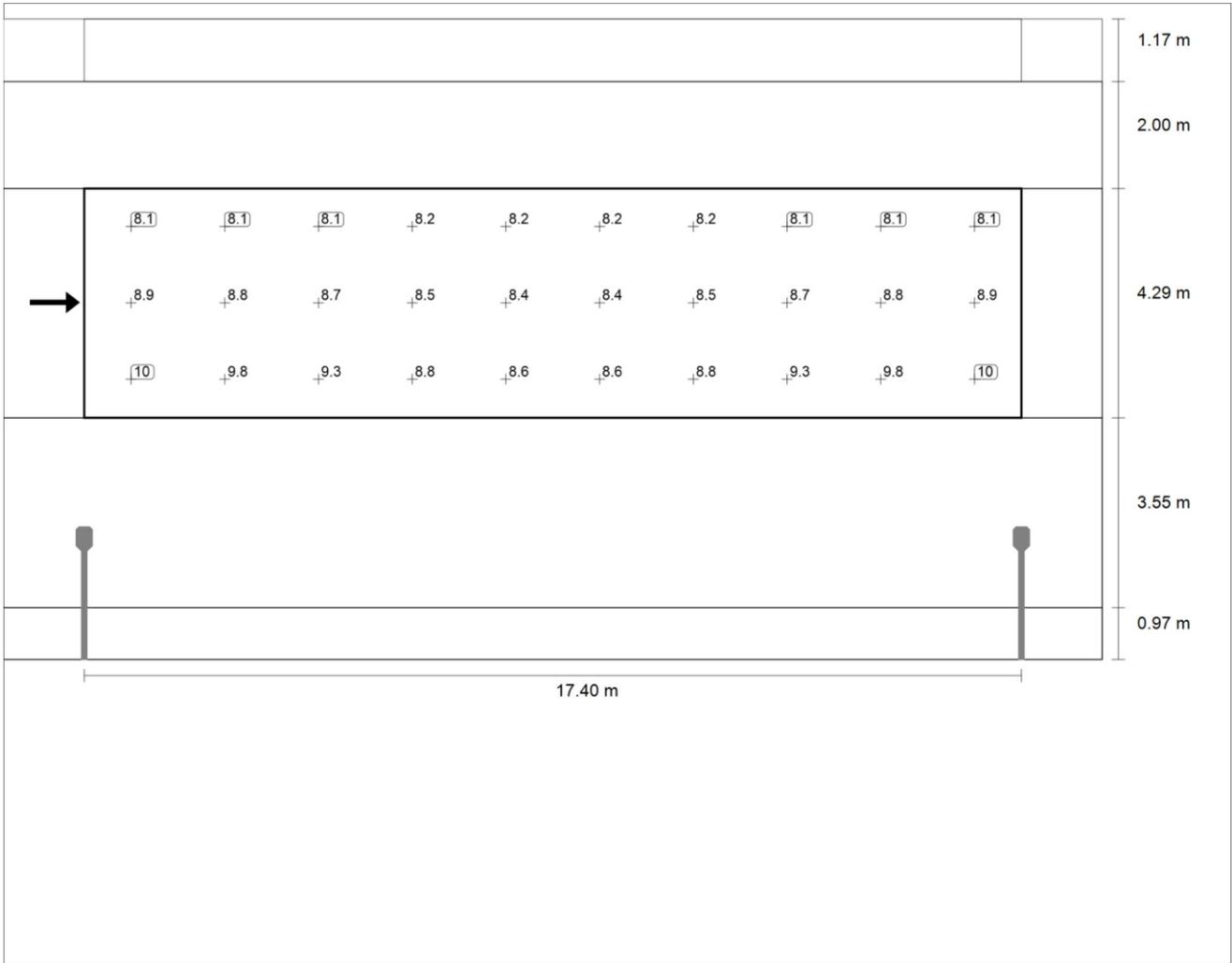
2.1. C/ Dos de Mayo · Alternativa 1 Calzada 1 (P3)

Resultados para campo de evaluación

	Tamaño	Calculado	Nominal	Verificación
Calzada 1 (P3)	E_m	8.70 lx	[7.50 - 11.25] lx	✓
	E_{min}	8.05 lx	≥ 1.50 lx	✓



Valor de mantenimiento iluminancia horizontal [lx] (Líneas Isolux)



Valor de mantenimiento iluminancia horizontal [lx] (Sistema de valores)

m	0.870	2.610	4.350	6.090	7.830	9.570	11.310	13.050	14.790	16.530
8.095	8.06	8.05	8.10	8.22	8.16	8.16	8.22	8.10	8.05	8.06
6.665	8.86	8.76	8.67	8.53	8.38	8.38	8.53	8.67	8.76	8.86
5.235	10.24	9.80	9.32	8.83	8.56	8.56	8.83	9.32	9.80	10.24

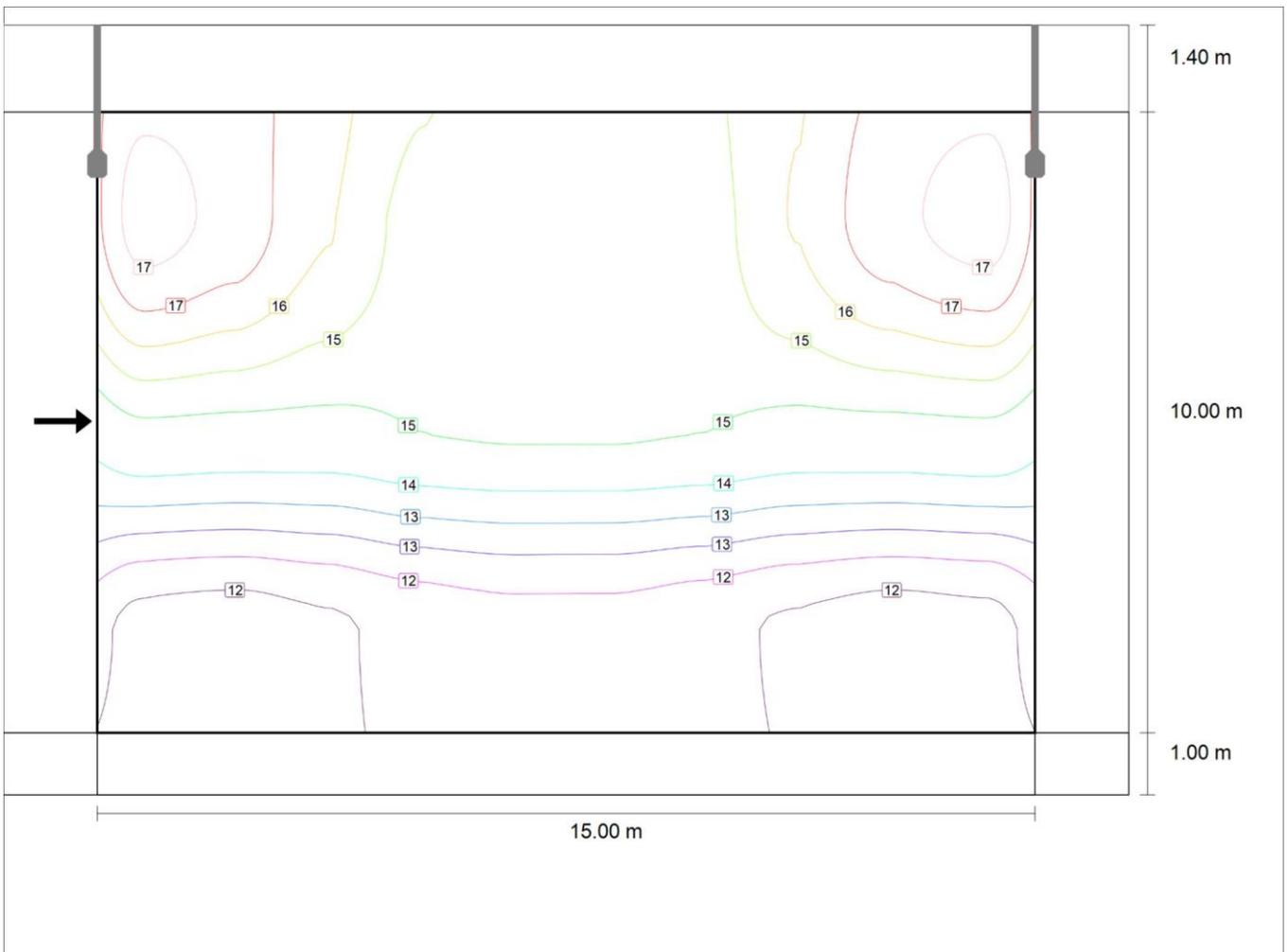
Valor de mantenimiento iluminancia horizontal [lx] (Tabla de valores)

	E_m	E_{min}	E_{max}	g_1	g_2
Valor de mantenimiento iluminancia horizontal	8.70 lx	8.05 lx	10.2 lx	0.925	0.786

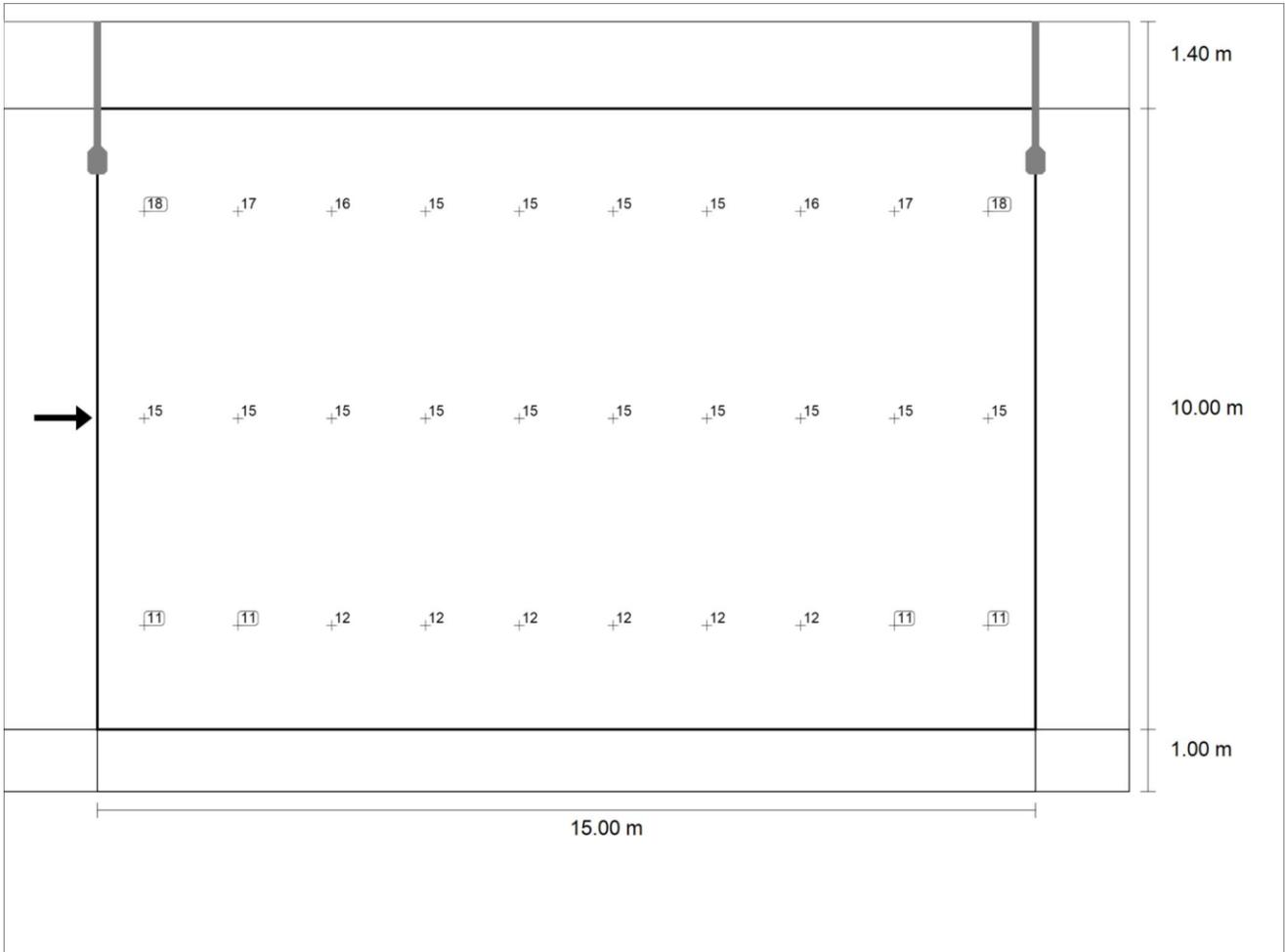
2.2. C/ Alcoy · Alternativa 2
 Calzada 1 (P2)

Resultados para campo de evaluación

	Tamaño	Calculado	Nominal	Verificación
Calzada 1 (P2)	E_m	14.15 lx	[10.00 - 15.00] lx	✓
	E_{min}	11.30 lx	≥ 2.00 lx	✓



Valor de mantenimiento iluminancia horizontal [lx] (Líneas Isolux)



Valor de mantenimiento iluminancia horizontal [lx] (Sistema de valores)

m	0.750	2.250	3.750	5.250	6.750	8.250	9.750	11.250	12.750	14.250
9.333	17.57	17.04	16.05	15.13	14.97	14.97	15.13	16.05	17.04	17.57
6.000	14.68	14.61	14.58	14.78	14.84	14.84	14.78	14.58	14.61	14.68
2.667	11.40	11.30	11.52	11.82	11.99	11.99	11.82	11.52	11.30	11.40

Valor de mantenimiento iluminancia horizontal [lx] (Tabla de valores)

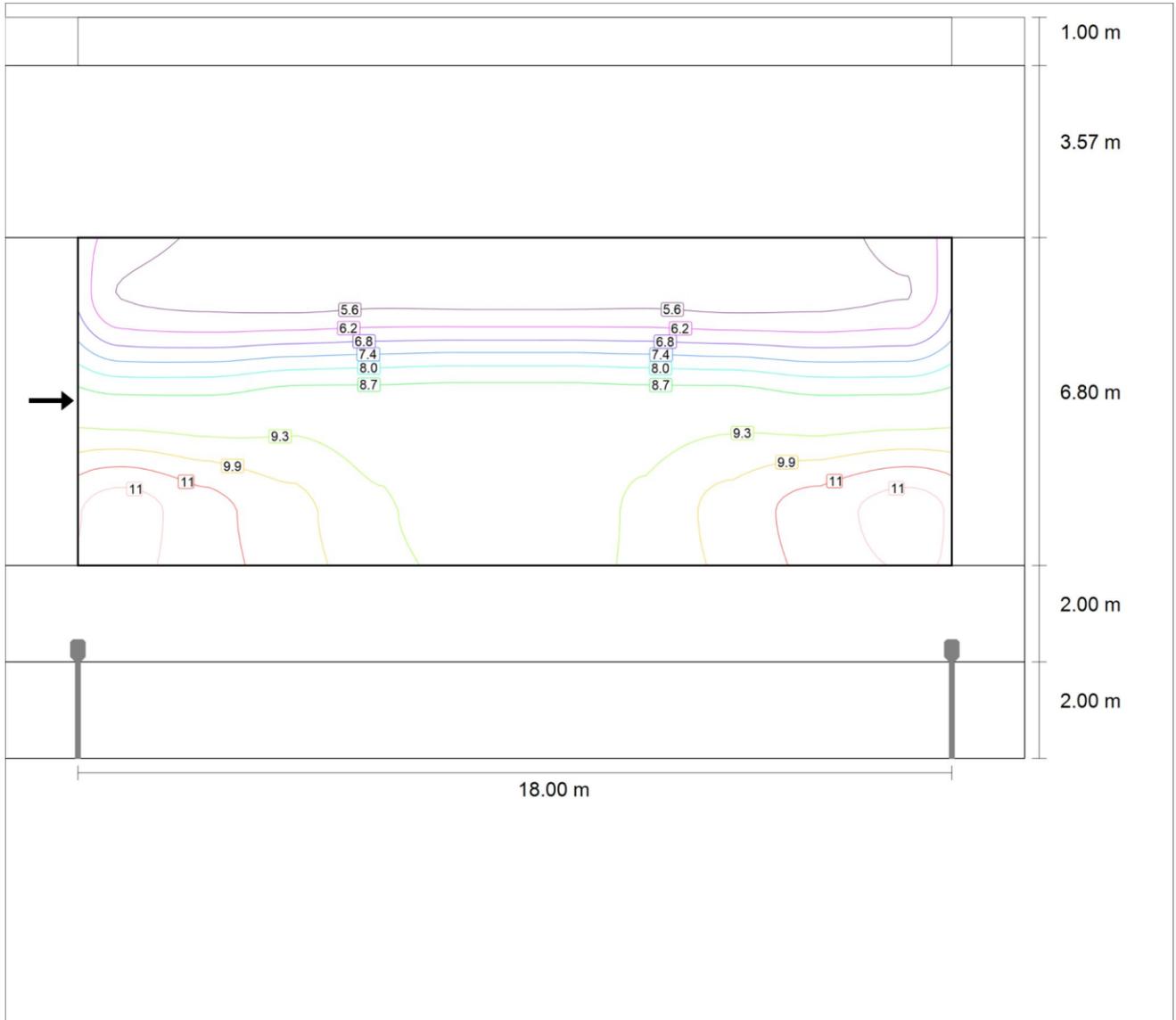
	E_m	E_{min}	E_{max}	g_1	g_2
Valor de mantenimiento iluminancia horizontal	14.2 lx	11.3 lx	17.6 lx	0.799	0.643

2.3. C/ Alfafara · Alternativa 3

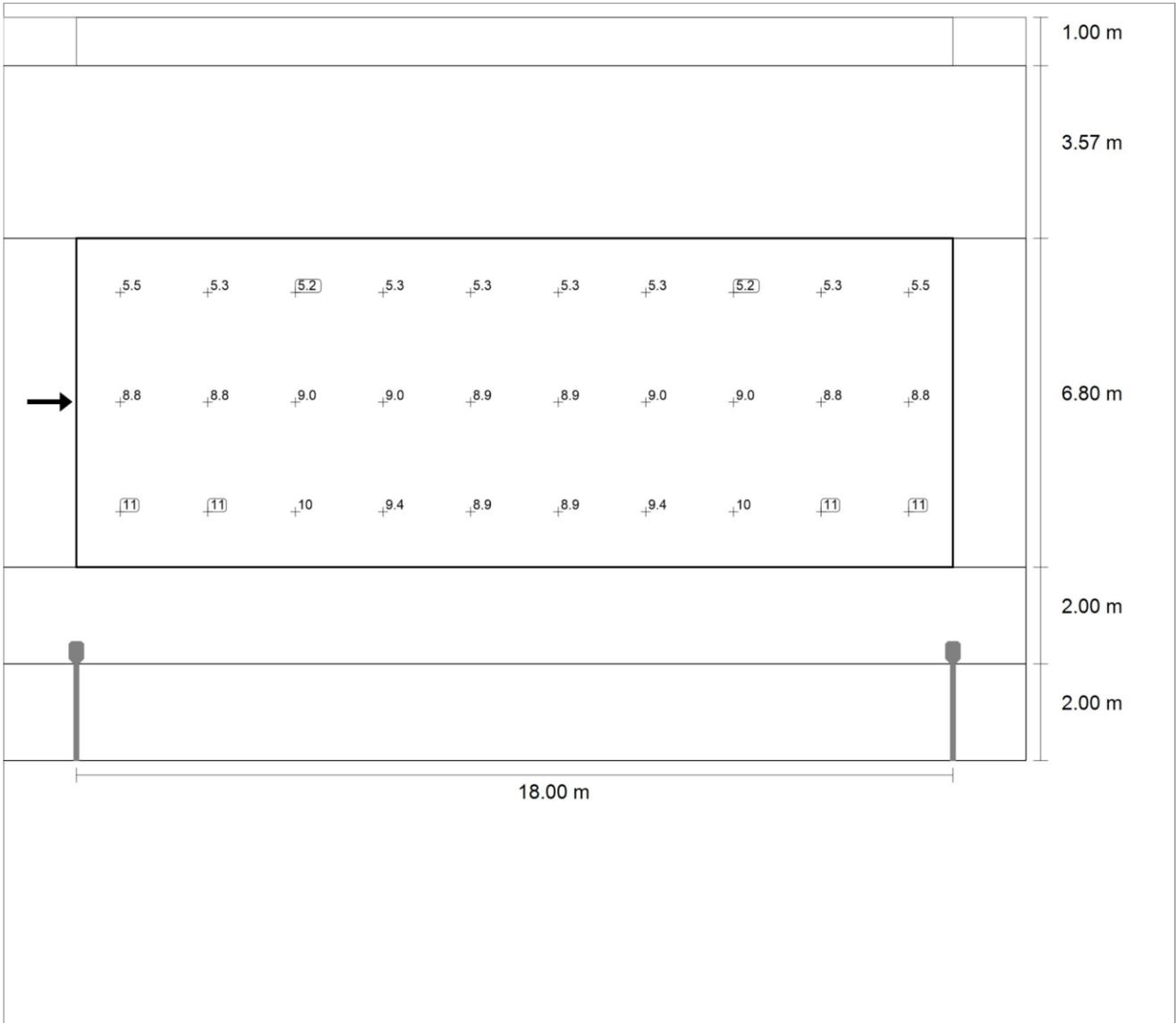
Calzada 1 (P3)

Resultados para campo de evaluación

	Tamaño	Calculado	Nominal	Verificación
Calzada 1 (P3)	E_m	8.13 lx	[7.50 - 11.25] lx	✓
	E_{min}	5.24 lx	≥ 1.50 lx	✓



Valor de mantenimiento iluminancia horizontal [lx] (Líneas Isolux)



Valor de mantenimiento iluminancia horizontal [lx] (Sistema de valores)

m	0.900	2.700	4.500	6.300	8.100	9.900	11.700	13.500	15.300	17.100
9.667	5.52	5.32	5.24	5.34	5.30	5.30	5.34	5.24	5.32	5.52
7.400	8.84	8.81	9.05	8.97	8.95	8.95	8.97	9.05	8.81	8.84
5.133	11.44	10.77	10.10	9.37	8.91	8.91	9.37	10.10	10.77	11.44

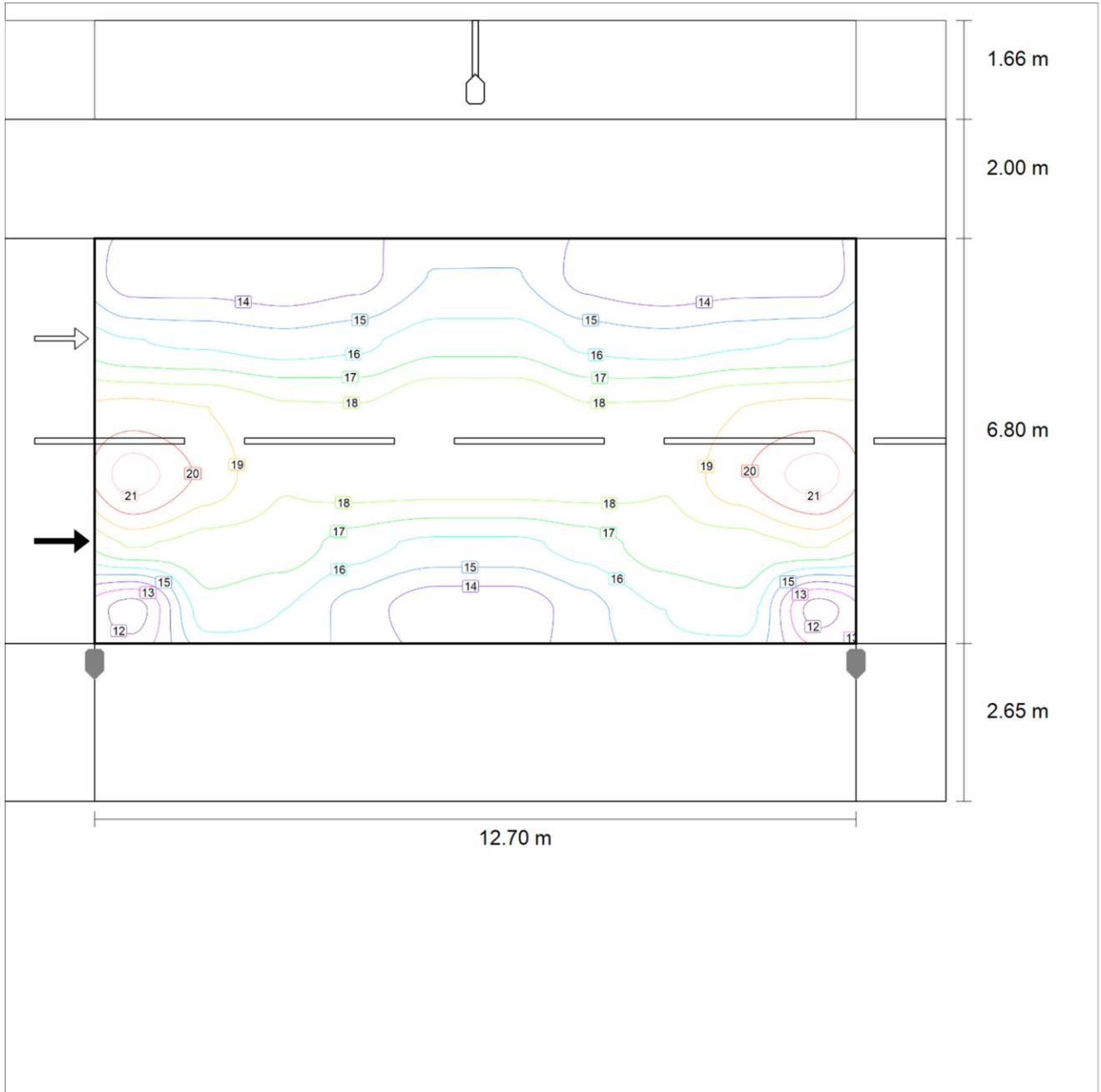
Valor de mantenimiento iluminancia horizontal [lx] (Tabla de valores)

	E_m	E_{min}	E_{max}	g_1	g_2
Valor de mantenimiento iluminancia horizontal	8.13 lx	5.24 lx	11.4 lx	0.645	0.458

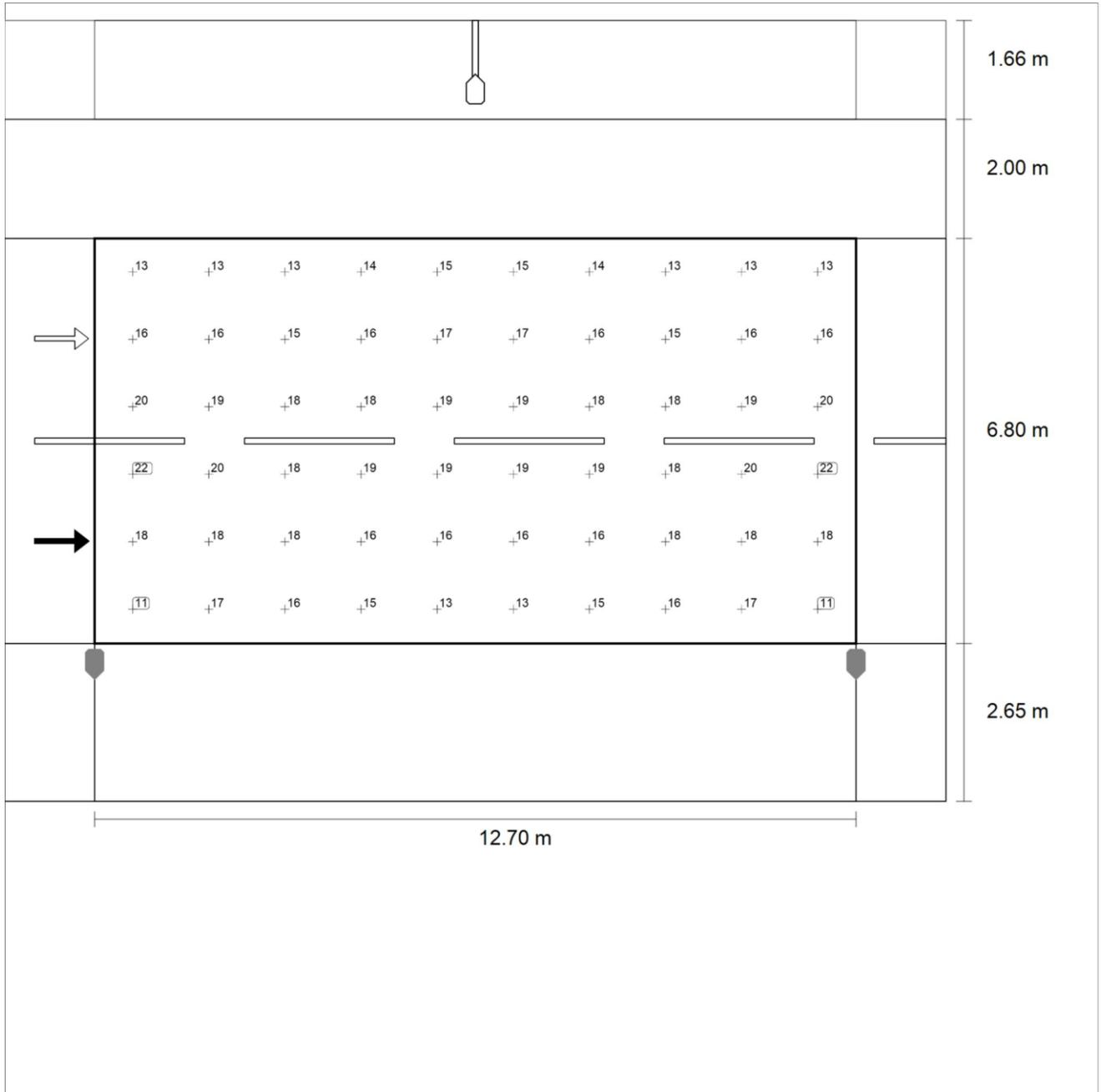
2.4. Av. San Juan de Ribera · Alternativa 8 Calzada 1 (P2)

Resultados para campo de evaluación

	Tamaño	Calculado	Nominal	Verificación
Calzada 1 (P2)	E_m	16.57 lx	[10.00 - 15.00] lx	✗
	E_{min}	11.42 lx	≥ 2.00 lx	✓



Valor de mantenimiento iluminancia horizontal [lx] (Líneas Isolux)



Valor de mantenimiento iluminancia horizontal [lx] (Sistema de valores)

m	0.635	1.905	3.175	4.445	5.715	6.985	8.255	9.525	10.795	12.065
8.883	13.39	13.42	13.11	13.58	15.05	15.05	13.58	13.11	13.42	13.39
7.750	16.08	15.85	15.45	15.78	16.68	16.68	15.78	15.45	15.85	16.08
6.617	19.52	19.10	18.15	18.16	19.00	19.00	18.16	18.15	19.10	19.52
5.483	21.66	19.93	18.15	18.71	18.77	18.77	18.71	18.15	19.93	21.66
4.350	18.22	17.64	17.61	16.48	15.78	15.78	16.48	17.61	17.64	18.22
3.217	11.42	16.61	16.03	14.57	13.28	13.28	14.57	16.03	16.61	11.42

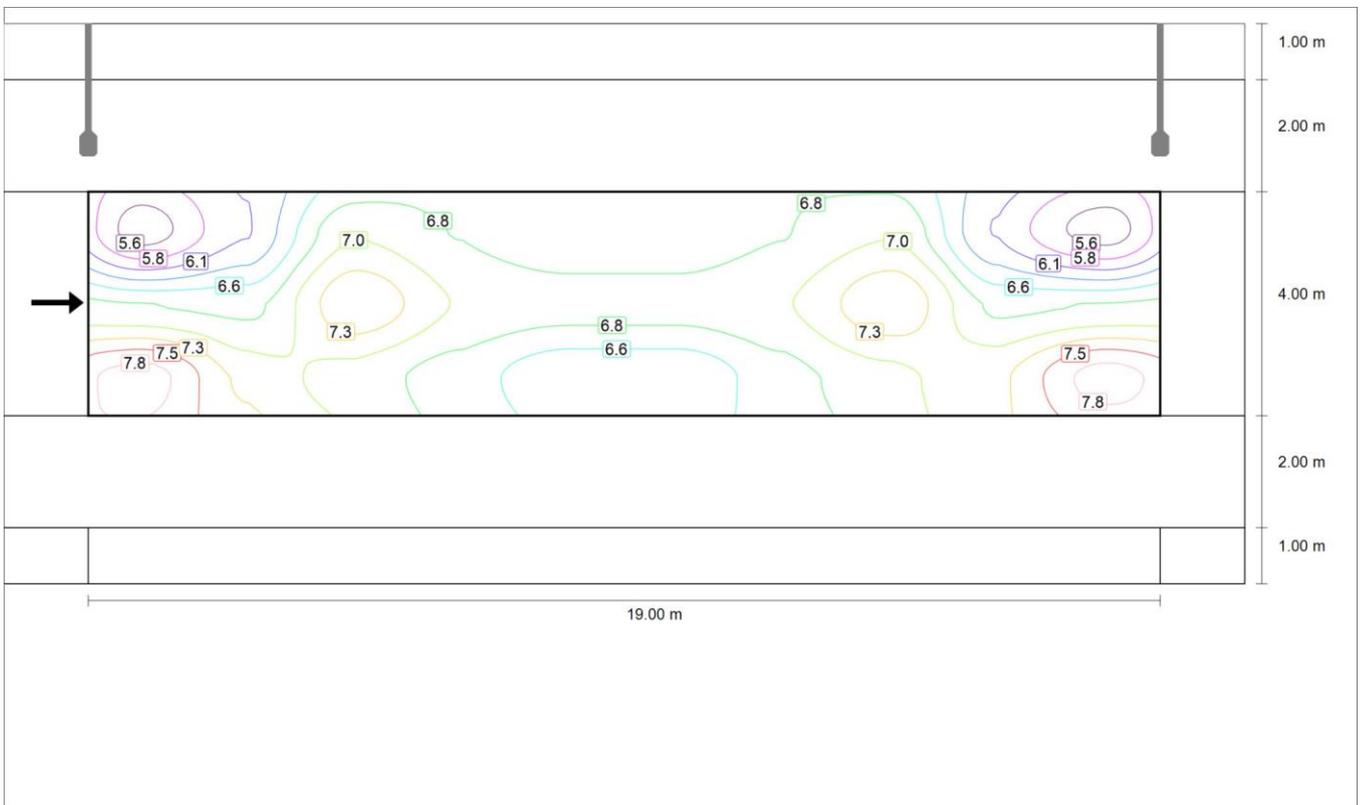
Valor de mantenimiento iluminancia horizontal [lx] (Tabla de valores)

	E_m	E_{min}	E_{max}	g_1	g_2
Valor de mantenimiento iluminancia horizontal	16.6 lx	11.4 lx	21.7 lx	0.689	0.527

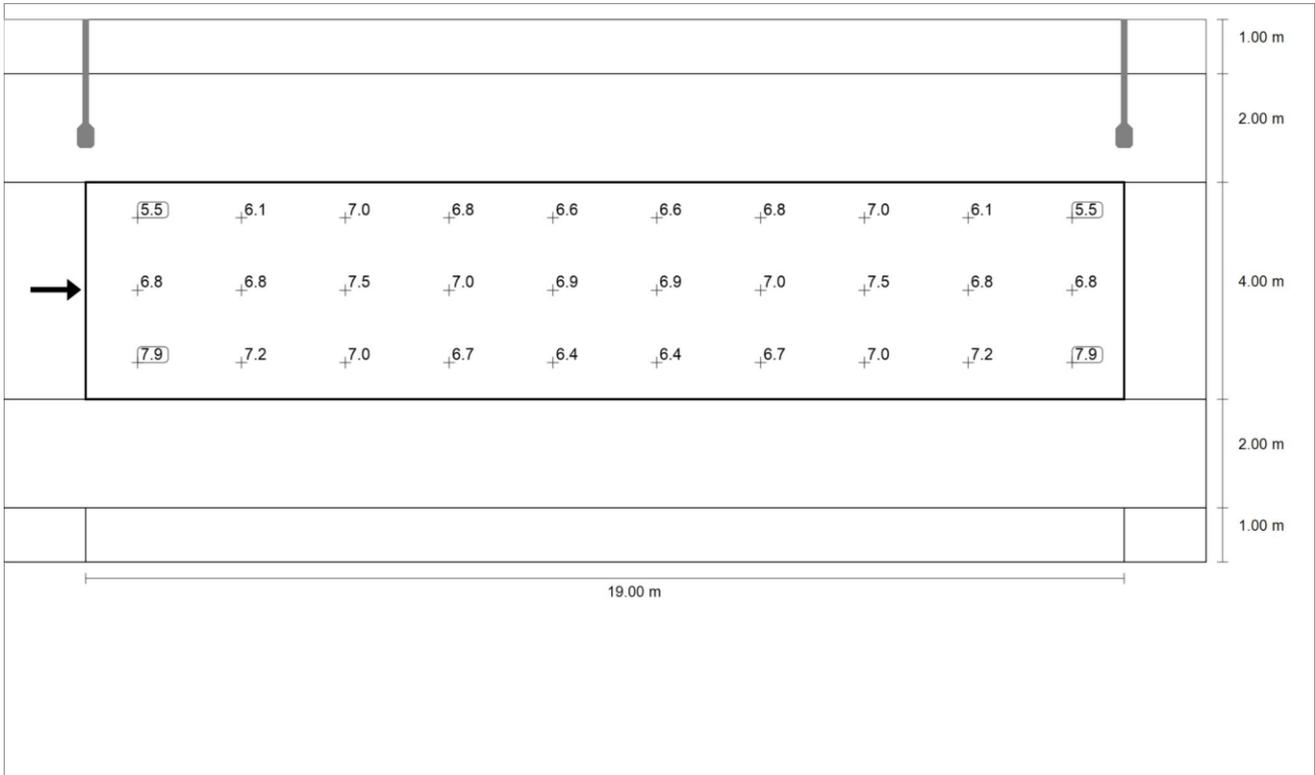
2.5. C/ Banyeres · Alternativa 9
Calzada 1 (P4)

Resultados para campo de evaluación

	Tamaño	Calculado	Nominal	Verificación
Calzada 1 (P4)	E_m	6.80 lx	[5.00 - 7.50] lx	✓
	E_{min}	5.49 lx	≥ 1.00 lx	✓



Valor de mantenimiento iluminancia horizontal [lx] (Líneas Isolux)



Valor de mantenimiento iluminancia horizontal [lx] (Sistema de valores)

m	0.950	2.850	4.750	6.650	8.550	10.450	12.350	14.250	16.150	18.050
6.333	5.49	6.07	7.02	6.79	6.61	6.61	6.79	7.02	6.07	5.49
5.000	6.81	6.75	7.47	7.02	6.91	6.91	7.02	7.47	6.75	6.81
3.667	7.88	7.23	6.95	6.69	6.38	6.38	6.69	6.95	7.23	7.88

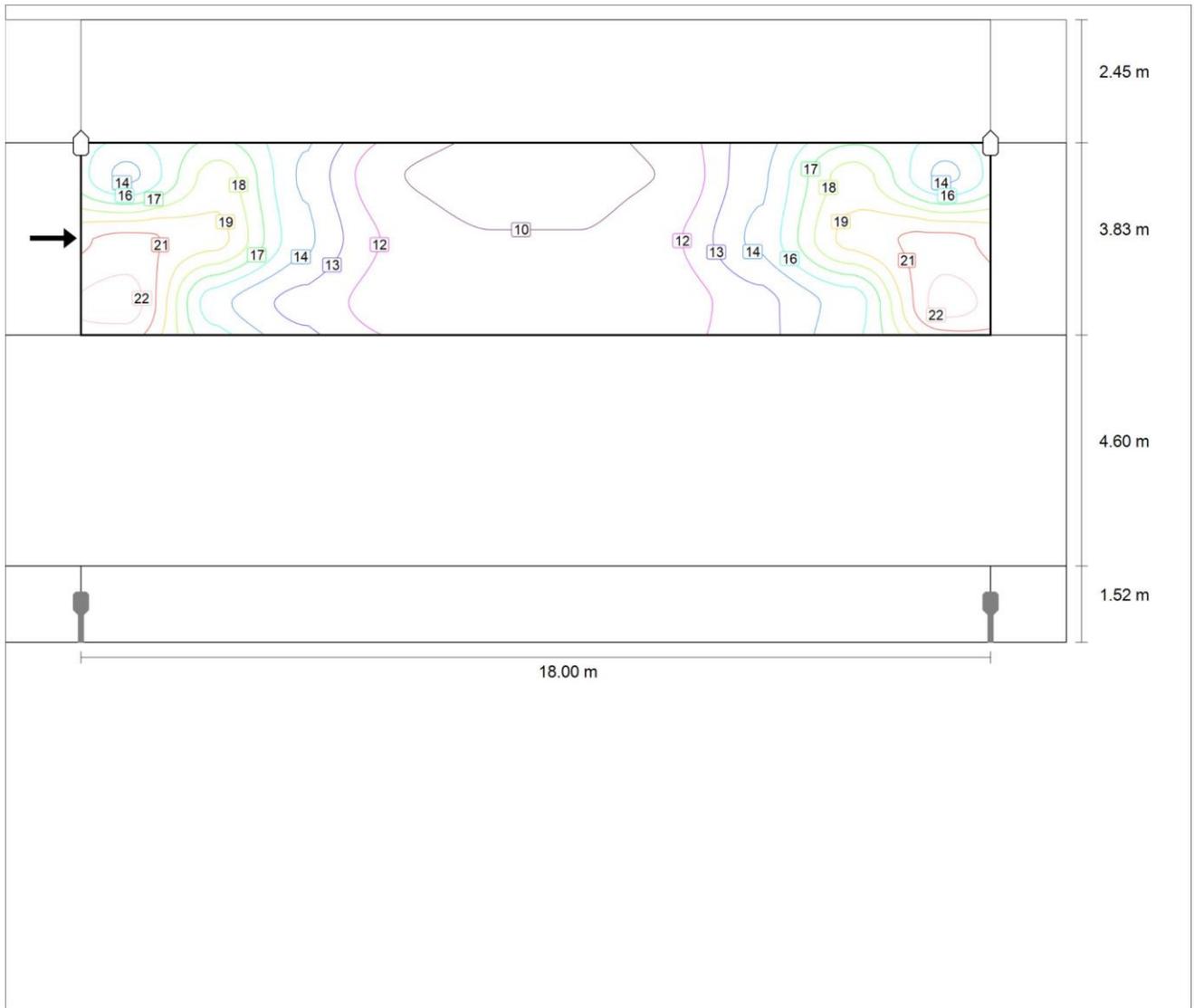
Valor de mantenimiento iluminancia horizontal [lx] (Tabla de valores)

	E_m	E_{min}	E_{max}	g_1	g_2
Valor de mantenimiento iluminancia horizontal	6.80 lx	5.49 lx	7.88 lx	0.807	0.697

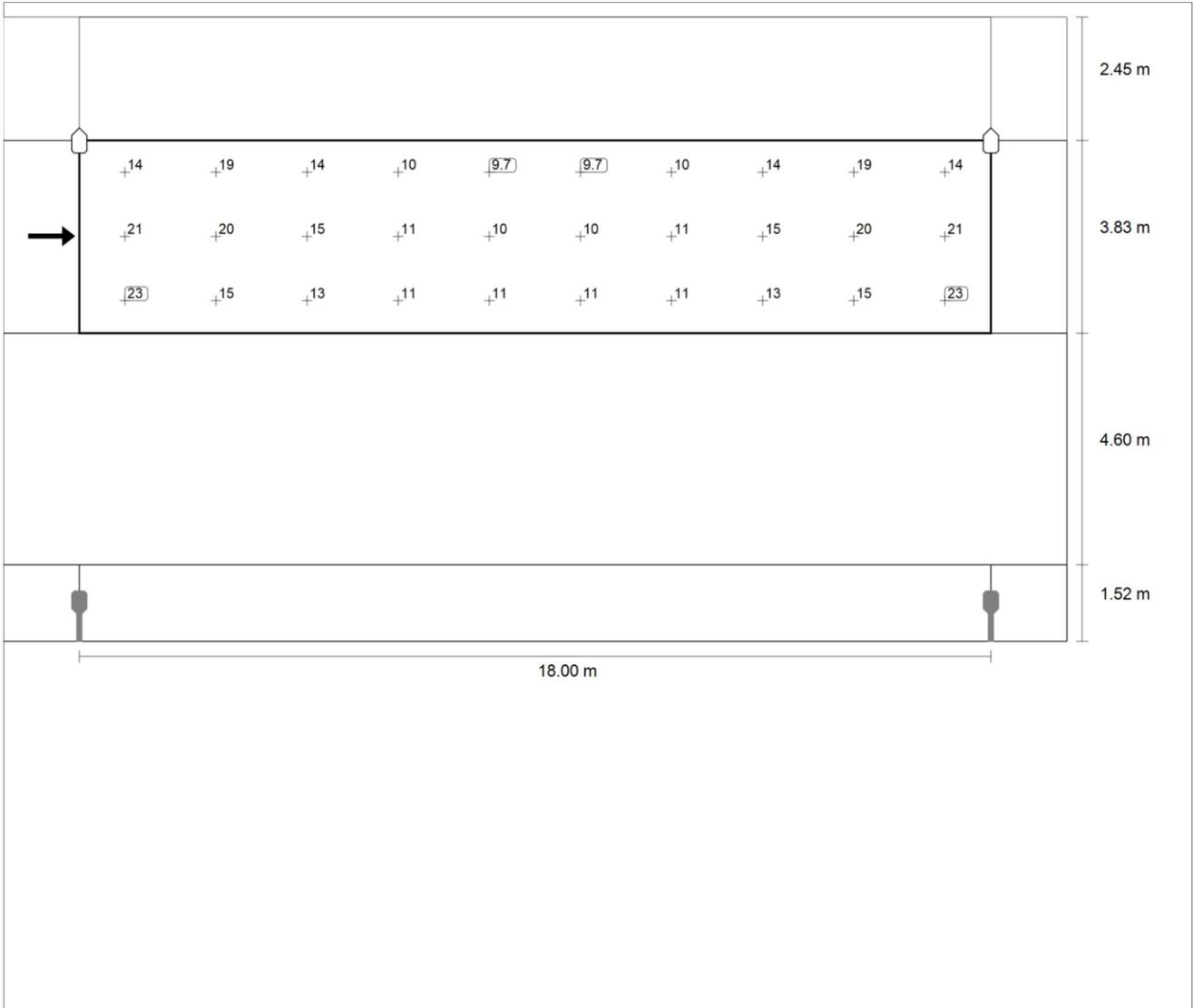
2.6. Batalla de Lepanto 1 · Alternativa 10 Calzada 1 (P2)

Resultados para campo de evaluación

	Tamaño	Calculado	Nominal	Verificación
Calzada 1 (P2)	E_m	14.38 lx	[10.00 - 15.00] lx	✓
	E_{min}	9.69 lx	≥ 2.00 lx	✓



Valor de mantenimiento iluminancia horizontal [lx] (Líneas Isolux)



Valor de mantenimiento iluminancia horizontal [lx] (Sistema de valores)

m	0.900	2.700	4.500	6.300	8.100	9.900	11.700	13.500	15.300	17.100
9.312	13.90	18.68	13.97	10.41	9.69	9.69	10.41	13.97	18.68	13.90
8.035	21.07	19.82	14.52	11.40	10.44	10.44	11.40	14.52	19.82	21.07
6.758	22.61	14.74	12.52	10.98	10.94	10.94	10.98	12.52	14.74	22.61

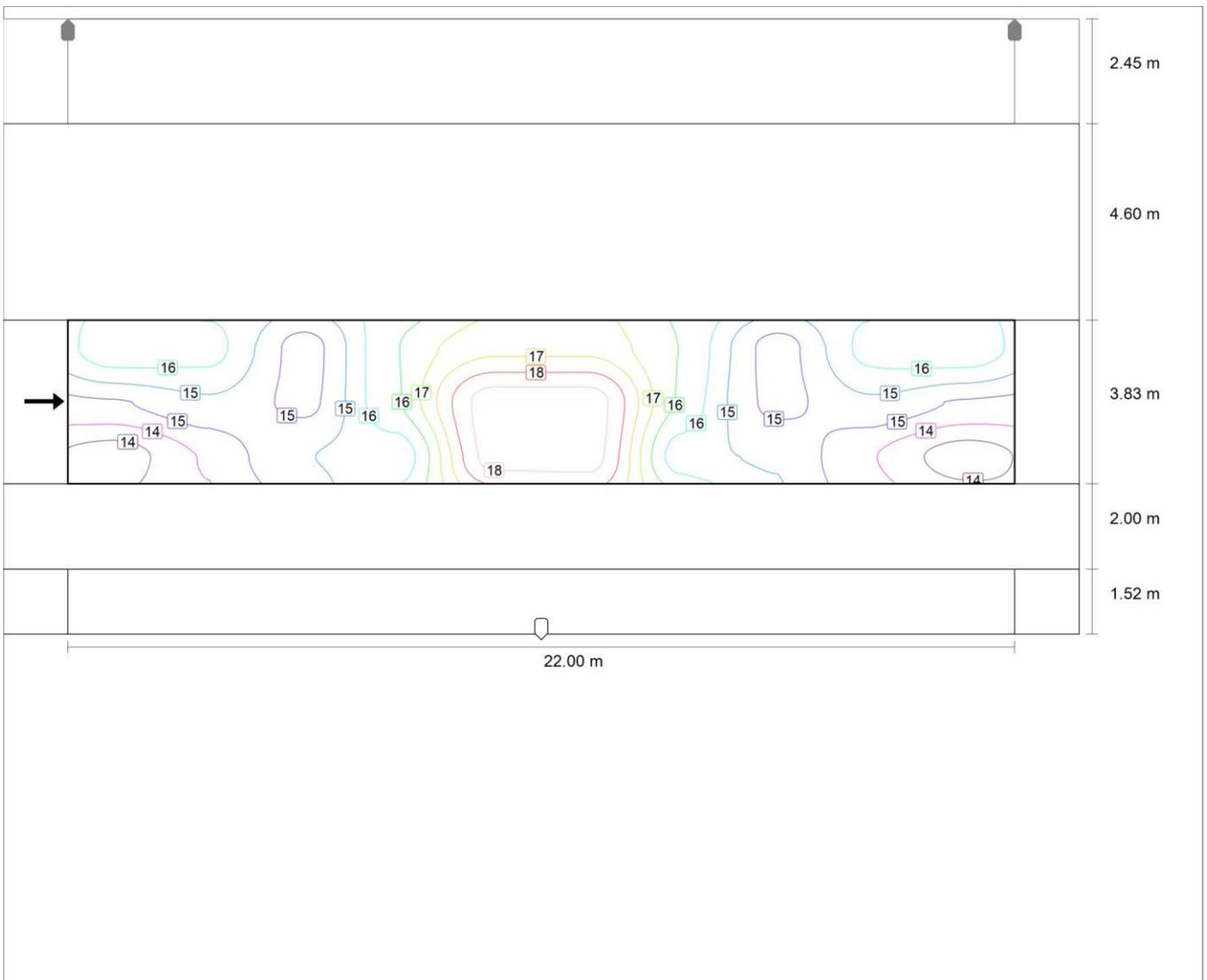
Valor de mantenimiento iluminancia horizontal [lx] (Tabla de valores)

	E_m	E_{min}	E_{max}	g_1	g_2
Valor de mantenimiento iluminancia horizontal	14.4 lx	9.69 lx	22.6 lx	0.674	0.429

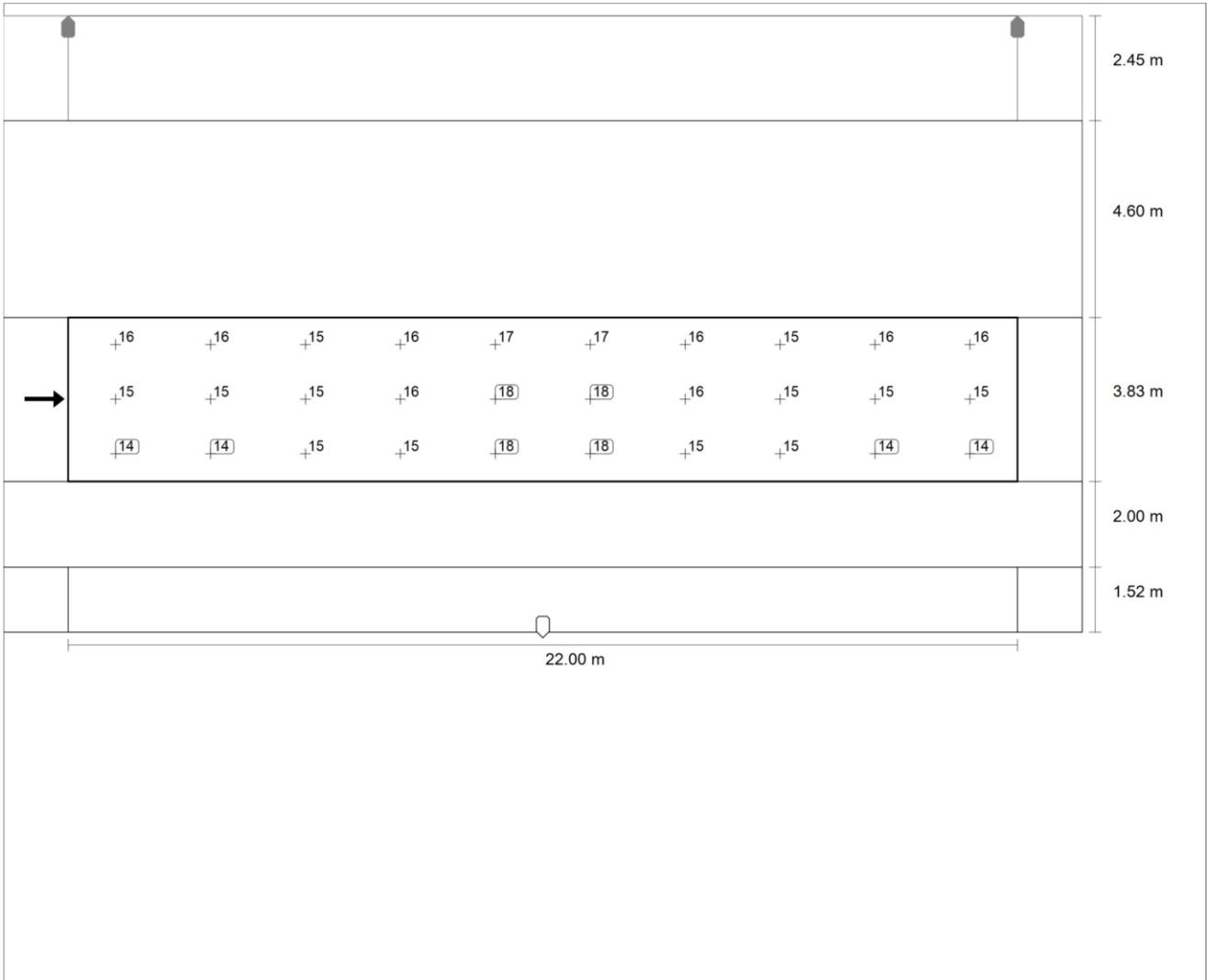
2.7. Batalla de Lepanto 2 · Alternativa 11 Calzada 1 (P2)

Resultados para campo de evaluación

	Tamaño	Calculado	Nominal	Verificación
Calzada 1 (P2)	E_m	15.73 lx	[10.00 - 15.00] lx	✗
	E_{min}	13.72 lx	≥ 2.00 lx	✓



Valor de mantenimiento iluminancia horizontal [lx] (Líneas Isolux)



Valor de mantenimiento iluminancia horizontal [lx] (Sistema de valores)

m	1.100	3.300	5.500	7.700	9.900	12.100	14.300	16.500	18.700	20.900
6.712	16.03	15.89	14.67	16.18	16.99	16.99	16.18	14.67	15.89	16.03
5.435	14.78	15.18	14.73	16.14	18.21	18.21	16.14	14.73	15.18	14.78
4.158	13.72	14.43	15.25	15.48	18.18	18.18	15.48	15.25	14.43	13.72

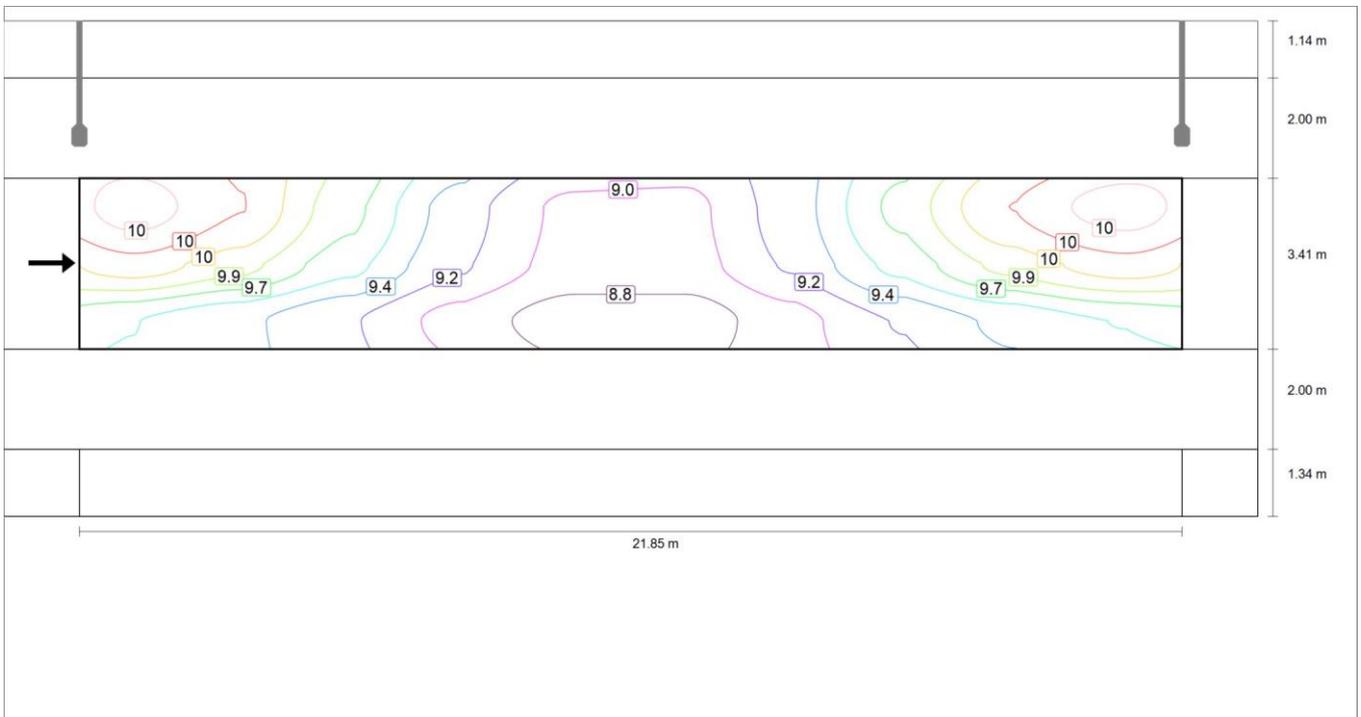
Valor de mantenimiento iluminancia horizontal [lx] (Tabla de valores)

	E_m	E_{min}	E_{max}	g_1	g_2
Valor de mantenimiento iluminancia horizontal	15.7 lx	13.7 lx	18.2 lx	0.872	0.753

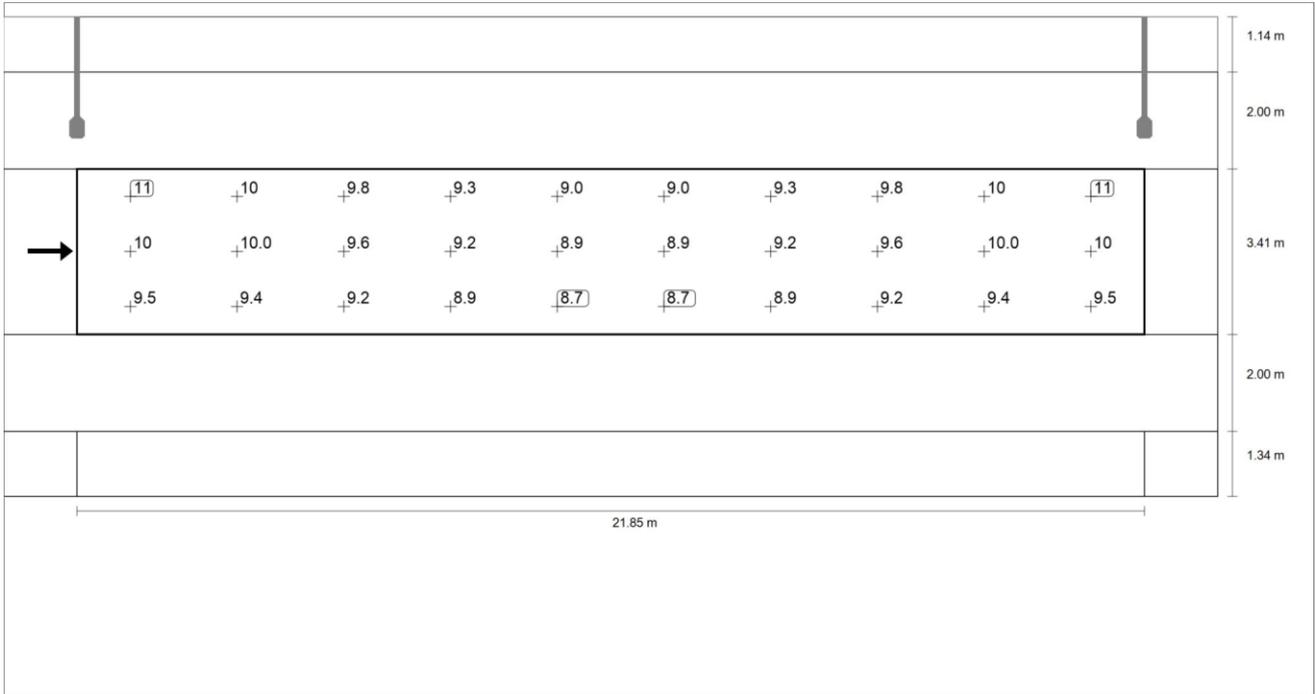
2.8. C/ Cervantes · Alternativa 12
Calzada 1 (P3)

Resultados para campo de evaluación

	Tamaño	Calculado	Nominal	Verificación
Calzada 1 (P3)	E_m	9.50 lx	[7.50 - 11.25] lx	✓
	E_{min}	8.73 lx	≥ 1.50 lx	✓



Valor de mantenimiento iluminancia horizontal [lx] (Líneas Isolux)



Valor de mantenimiento iluminancia horizontal [lx] (Sistema de valores)

m	1.093	3.278	5.463	7.648	9.833	12.018	14.203	16.388	18.573	20.758
6.182	10.53	10.26	9.77	9.27	8.96	8.96	9.27	9.77	10.26	10.53
5.045	10.17	9.96	9.60	9.21	8.94	8.94	9.21	9.60	9.96	10.17
3.908	9.55	9.40	9.20	8.93	8.73	8.73	8.93	9.20	9.40	9.55

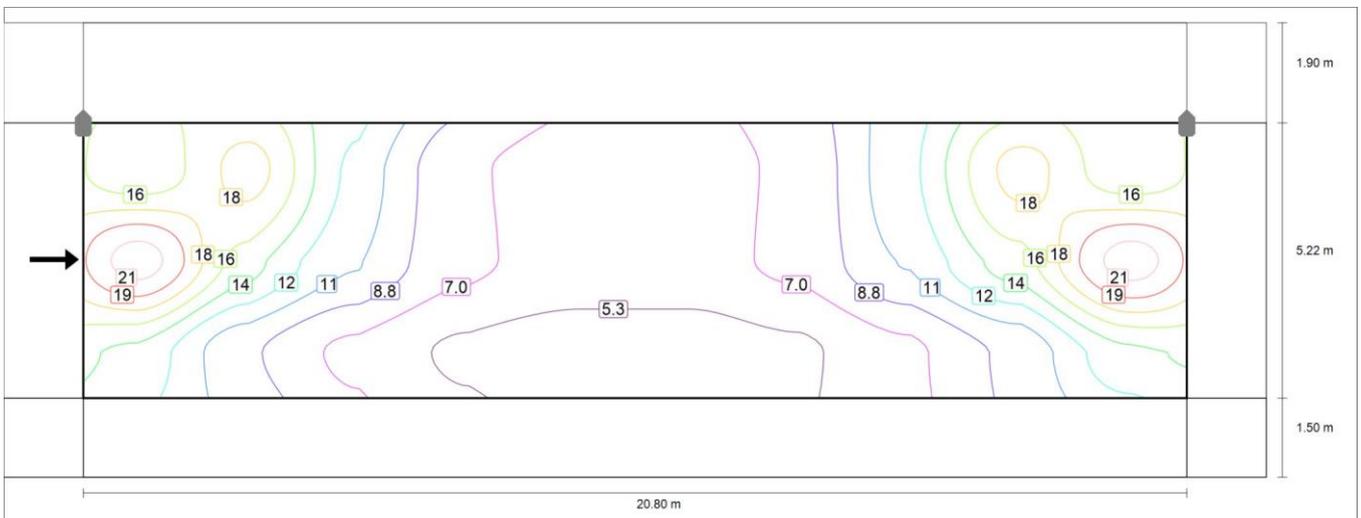
Valor de mantenimiento iluminancia horizontal [lx] (Tabla de valores)

	E_m	E_{min}	E_{max}	g_1	g_2
Valor de mantenimiento iluminancia horizontal	9.50 lx	8.73 lx	10.5 lx	0.919	0.829

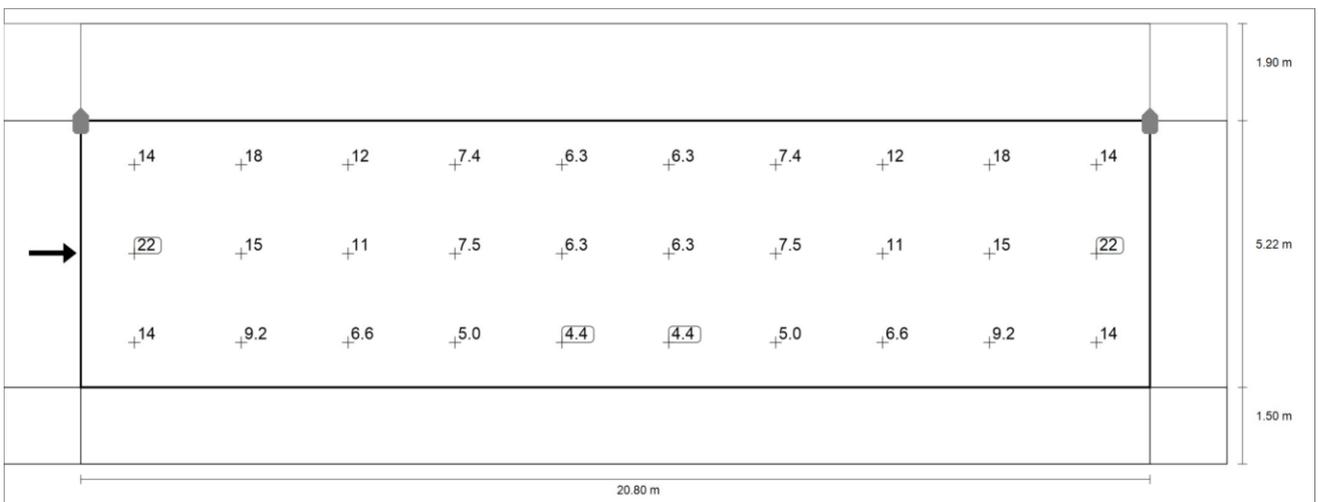
2.9. C/ Germanies · Alternativa 13
 Calzada 1 (P3)

Resultados para campo de evaluación

	Tamaño	Calculado	Nominal	Verificación
Calzada 1 (P3)	E_m	10.55 lx	[7.50 - 11.25] lx	✓
	E_{min}	4.38 lx	≥ 1.50 lx	✓



Valor de mantenimiento iluminancia horizontal [lx] (Líneas Isolux)



Valor de mantenimiento iluminancia horizontal [lx] (Sistema de valores)

m	1.040	3.120	5.200	7.280	9.360	11.440	13.520	15.600	17.680	19.760
5.850	14.35	18.23	11.83	7.37	6.27	6.27	7.37	11.83	18.23	14.35
4.110	22.02	14.97	10.69	7.46	6.32	6.32	7.46	10.69	14.97	22.02
2.370	13.61	9.20	6.62	4.96	4.38	4.38	4.96	6.62	9.20	13.61

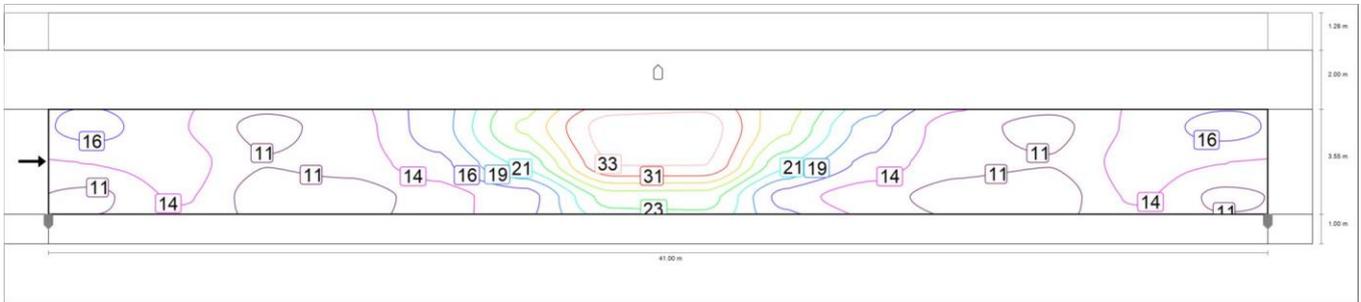
Valor de mantenimiento iluminancia horizontal [lx] (Tabla de valores)

	E_m	E_{min}	E_{max}	g_1	g_2
Valor de mantenimiento iluminancia horizontal	10.6 lx	4.38 lx	22.0 lx	0.415	0.199

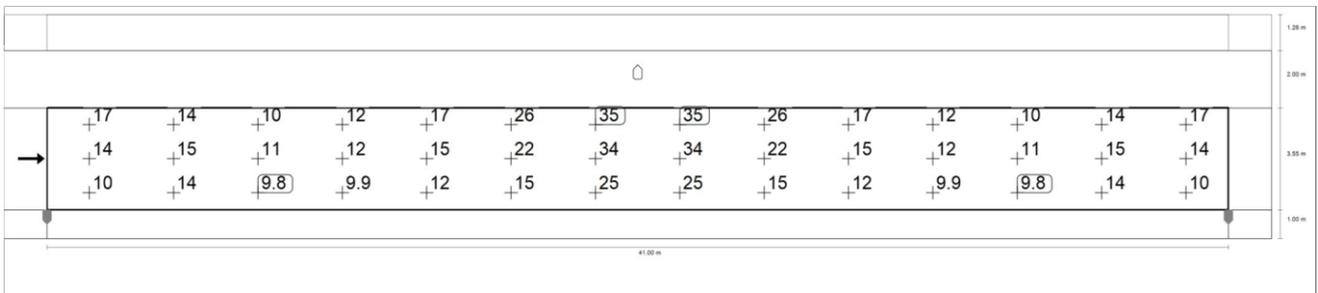
2.10. C/ Joan Beneyto Bernacer · Alternativa 14 Calzada 1 (P2)

Resultados para campo de evaluación

	Tamaño	Calculado	Nominal	Verificación
Calzada 1 (P2)	E_m	16.68 lx	[10.00 - 15.00] lx	✗
	E_{min}	9.84 lx	≥ 2.00 lx	✓



Valor de mantenimiento iluminancia horizontal [lx] (Líneas Isolux)



Valor de mantenimiento iluminancia horizontal [lx] (Sistema de valores)

m	1.464	4.393	7.321	10.250	13.179	16.107	19.036	21.964	24.893	27.821	30.750	33.679	36.607	39.536
	3.958	16.96	13.97	10.39	12.24	17.31	26.33	34.66	34.66	26.33	17.31	12.24	10.39	13.97
	2.775	13.61	14.68	11.18	12.03	15.35	21.73	33.66	33.66	21.73	15.35	12.03	11.18	14.68
	1.592	10.50	13.92	9.84	9.93	12.24	15.07	24.61	24.61	15.07	12.24	9.93	9.84	13.92

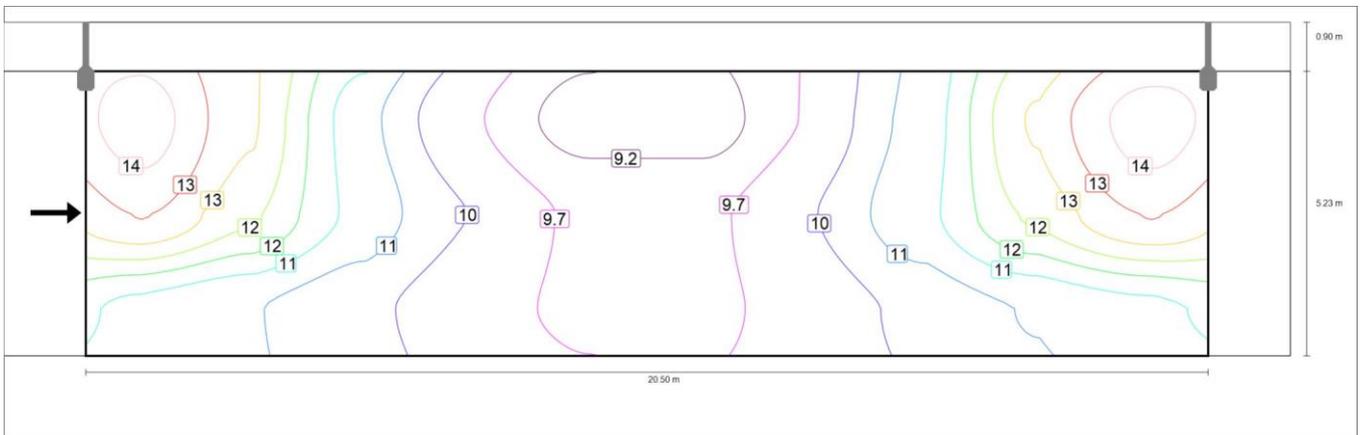
Valor de mantenimiento iluminancia horizontal [lx] (Tabla de valores)

	E_m	E_{min}	E_{max}	g_1	g_2
Valor de mantenimiento iluminancia horizontal	16.7 lx	9.84 lx	34.7 lx	0.590	0.284

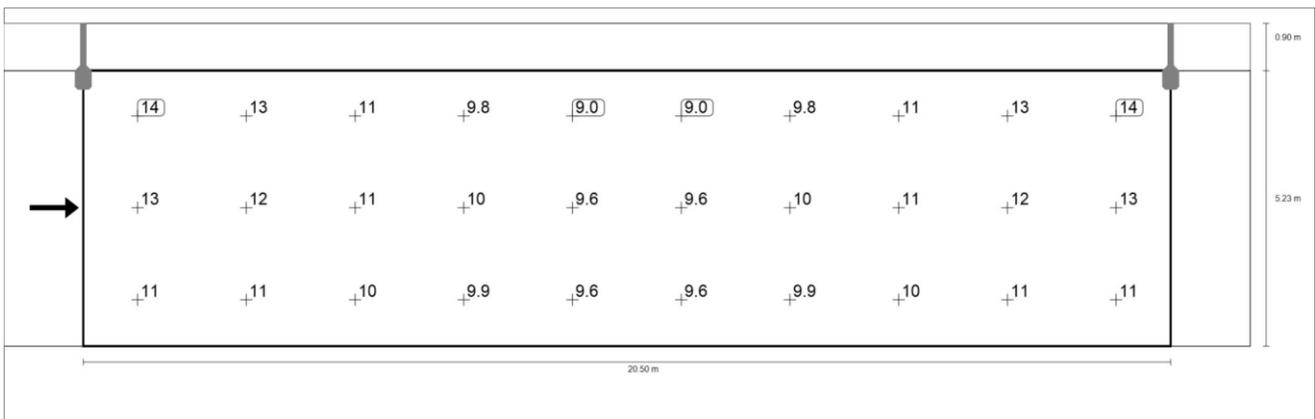
2.11. C/ Músic Bernat · Alternativa 15 Calzada 1 (P3)

Resultados para campo de evaluación

	Tamaño	Calculado	Nominal	Verificación
Calzada 1 (P3)	E_m	10.92 lx	[7.50 - 11.25] lx	✓
	E_{min}	8.98 lx	≥ 1.50 lx	✓



Valor de mantenimiento iluminancia horizontal [lx] (Líneas Isolux)



Valor de mantenimiento iluminancia horizontal [lx] (Sistema de valores)

m	1.025	3.075	5.125	7.175	9.225	11.275	13.325	15.375	17.425	19.475
4.358	13.82	12.68	10.87	9.76	8.98	8.98	9.76	10.87	12.68	13.82
2.615	13.12	12.21	11.03	10.17	9.62	9.62	10.17	11.03	12.21	13.12
0.872	11.00	10.71	10.32	9.89	9.62	9.62	9.89	10.32	10.71	11.00

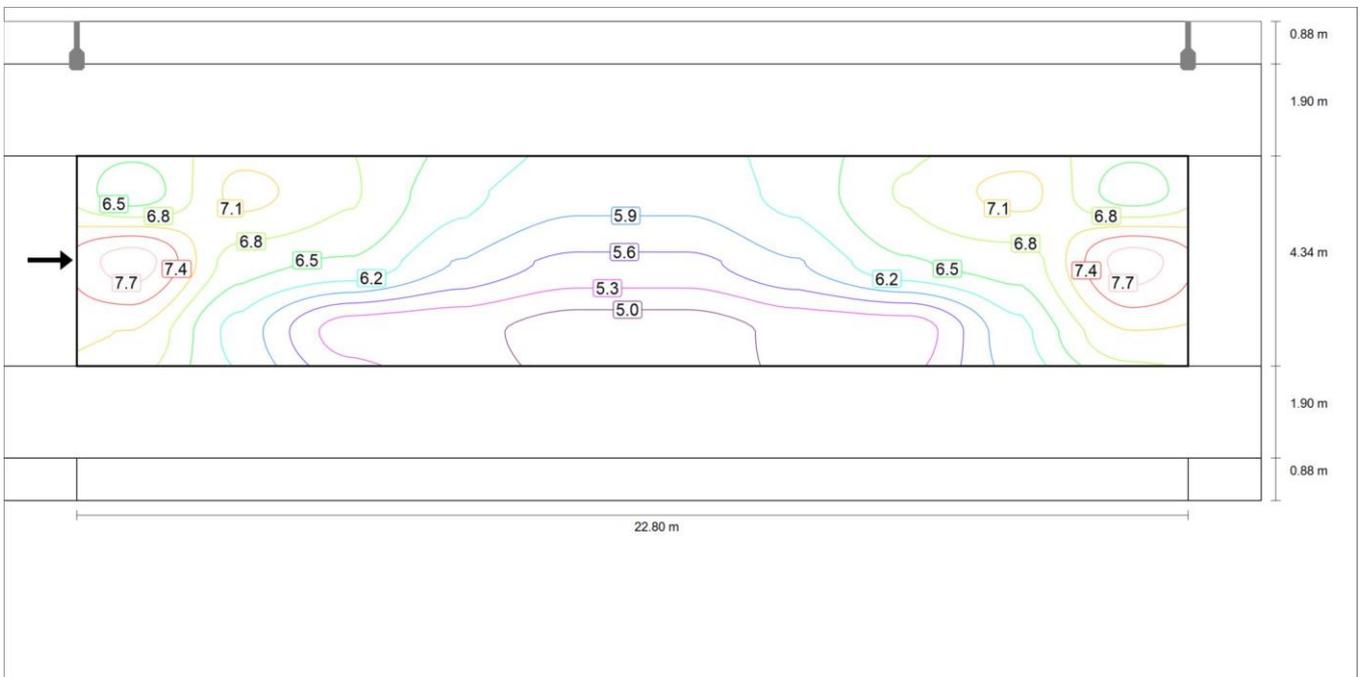
Valor de mantenimiento iluminancia horizontal [lx] (Tabla de valores)

	E_m	E_{min}	E_{max}	g_1	g_2
Valor de mantenimiento iluminancia horizontal	10.9 lx	8.98 lx	13.8 lx	0.822	0.650

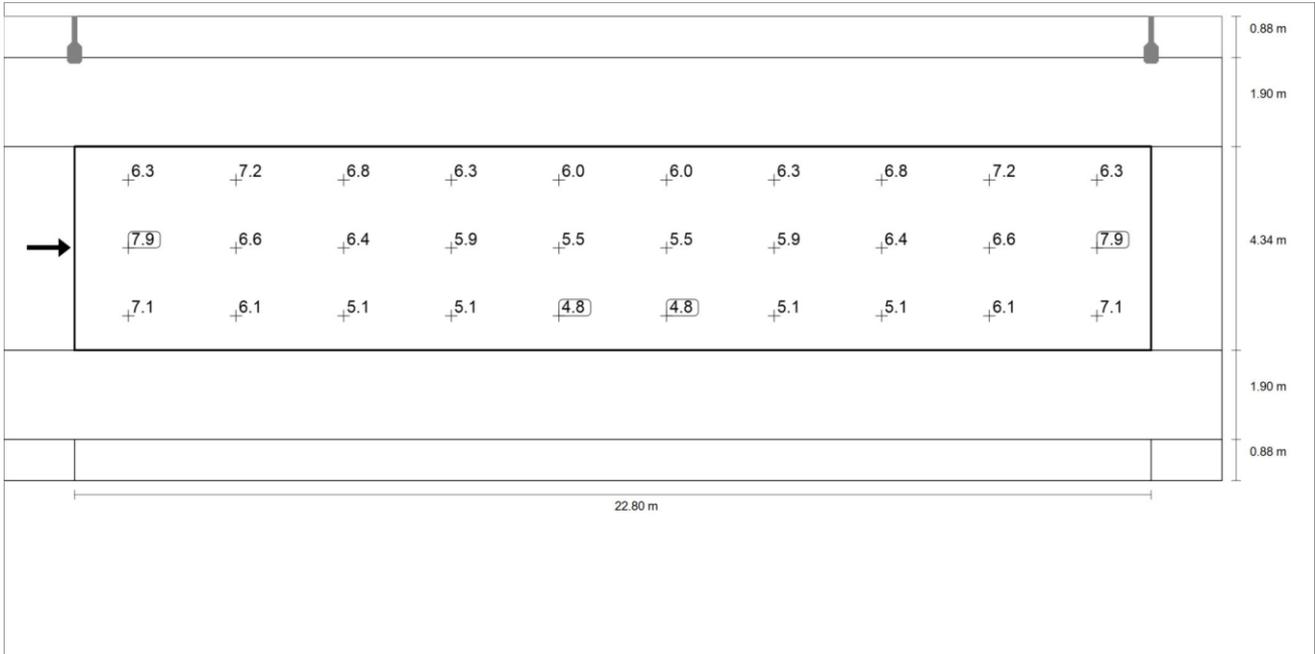
2.12. C/ Ontinyent · Alternativa 16 Calzada 1 (P4)

Resultados para campo de evaluación

	Tamaño	Calculado	Nominal	Verificación
Calzada 1 (P4)	E_m	6.20 lx	[5.00 - 7.50] lx	✓
	E_{min}	4.83 lx	≥ 1.00 lx	✓



Valor de mantenimiento iluminancia horizontal [lx] (Líneas Isolux)



Valor de mantenimiento iluminancia horizontal [lx] (Sistema de valores)

m	1.140	3.420	5.700	7.980	10.260	12.540	14.820	17.100	19.380	21.660
6.397	6.30	7.18	6.82	6.27	5.98	5.98	6.27	6.82	7.18	6.30
4.950	7.85	6.62	6.45	5.86	5.51	5.51	5.86	6.45	6.62	7.85
3.503	7.09	6.08	5.12	5.06	4.83	4.83	5.06	5.12	6.08	7.09

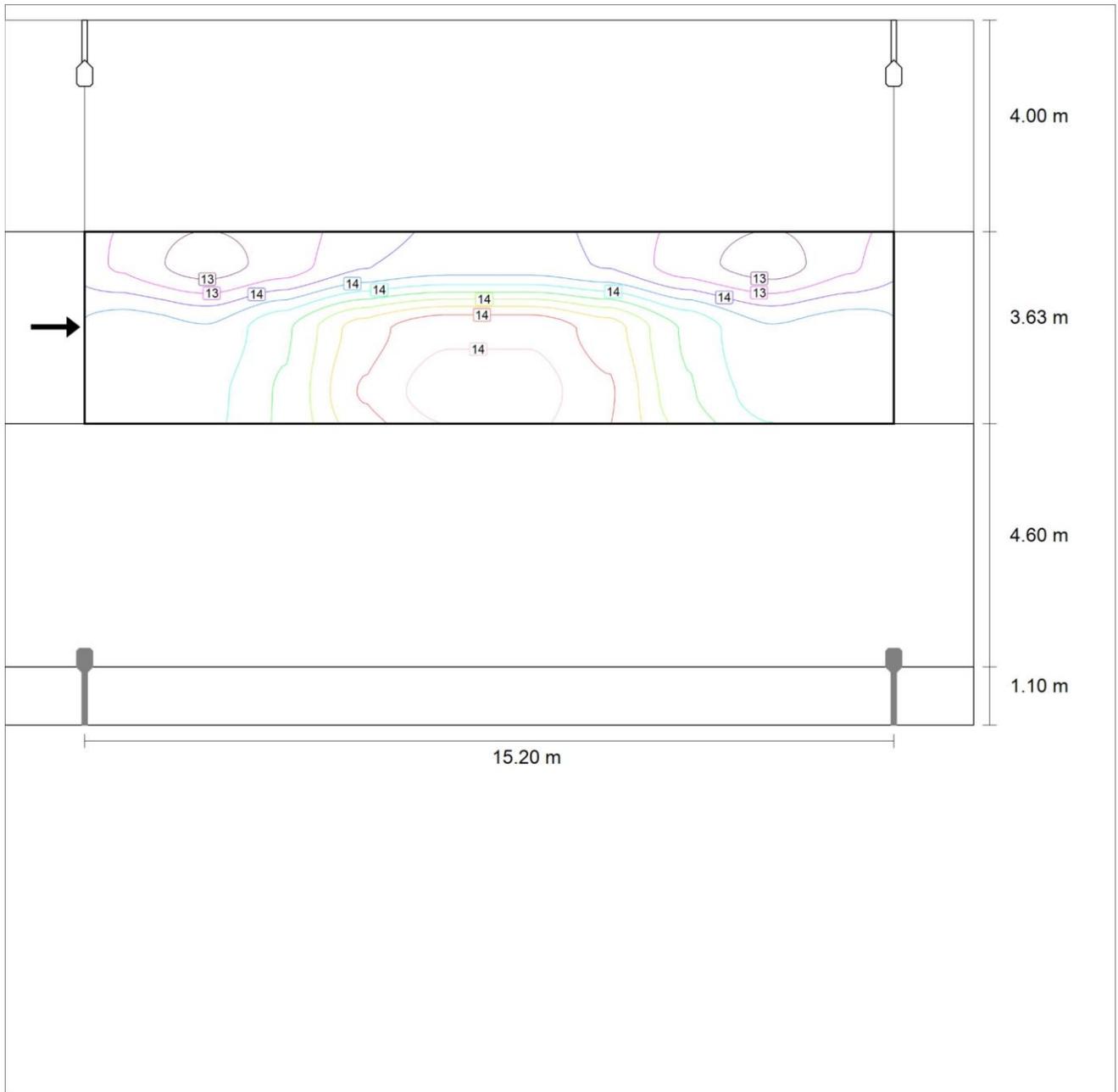
Valor de mantenimiento iluminancia horizontal [lx] (Tabla de valores)

	E_m	E_{min}	E_{max}	g_1	g_2
Valor de mantenimiento iluminancia horizontal	6.20 lx	4.83 lx	7.85 lx	0.779	0.615

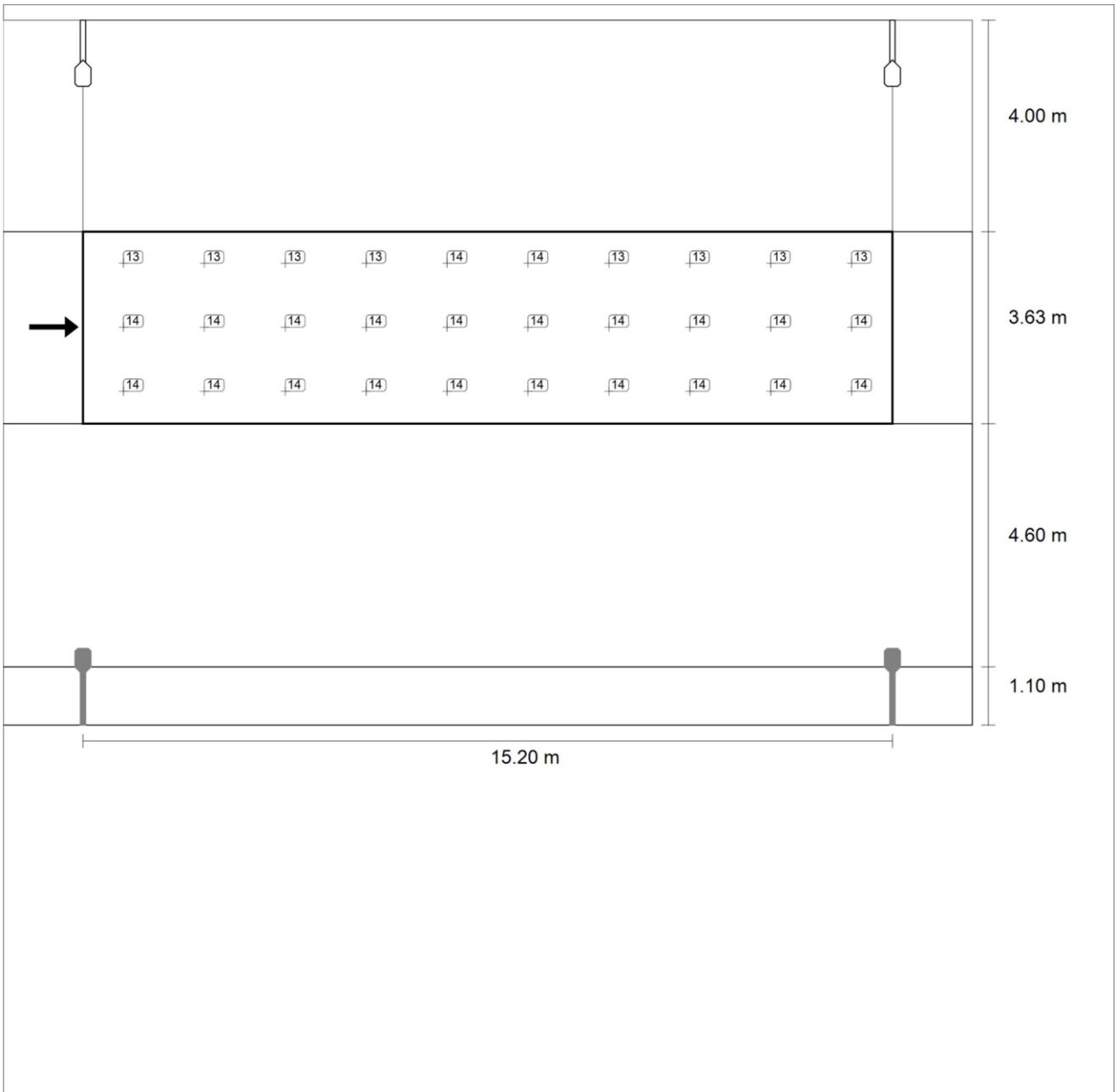
2.13. C/ Rei en Jaume · Alternativa 17
Calzada 1 (P3)

Resultados para campo de evaluación

	Tamaño	Calculado	Nominal	Verificación
Calzada 1 (P3)	E_m	13.68 lx	[7.50 - 11.25] lx	✗
	E_{min}	13.30 lx	≥ 1.50 lx	✓



Valor de mantenimiento iluminancia horizontal [lx] (Líneas Isolux)



Valor de mantenimiento iluminancia horizontal [lx] (Sistema de valores)

m	0.760	2.280	3.800	5.320	6.840	8.360	9.880	11.400	12.920	14.440
8.725	13.41	13.30	13.38	13.50	13.54	13.54	13.50	13.38	13.30	13.41
7.515	13.63	13.59	13.73	13.94	14.05	14.05	13.94	13.73	13.59	13.63
6.305	13.59	13.63	13.75	13.99	14.10	14.10	13.99	13.75	13.63	13.59

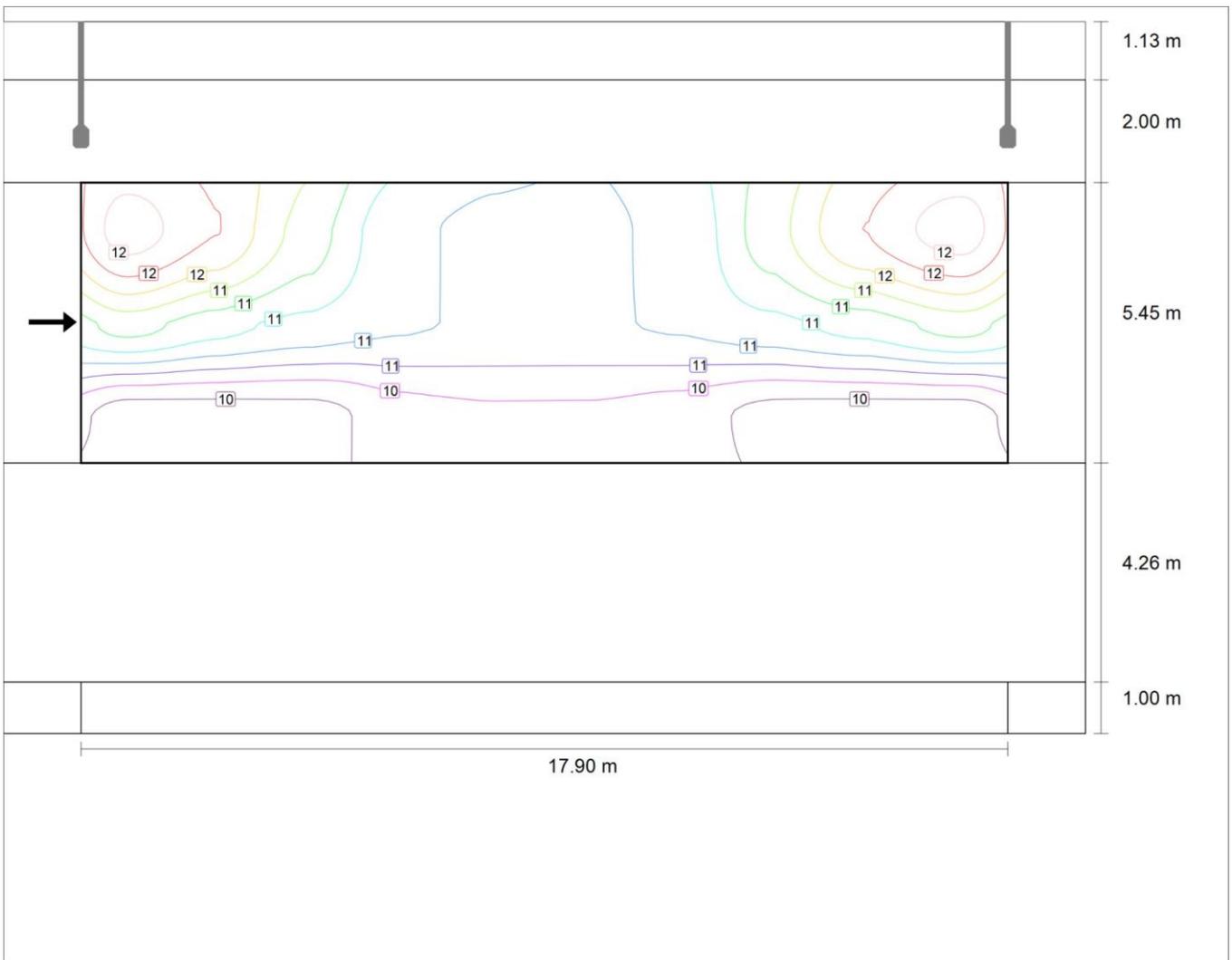
Valor de mantenimiento iluminancia horizontal [lx] (Tabla de valores)

	E_m	E_{min}	E_{max}	g_1	g_2
Valor de mantenimiento iluminancia horizontal	13.7 lx	13.3 lx	14.1 lx	0.973	0.943

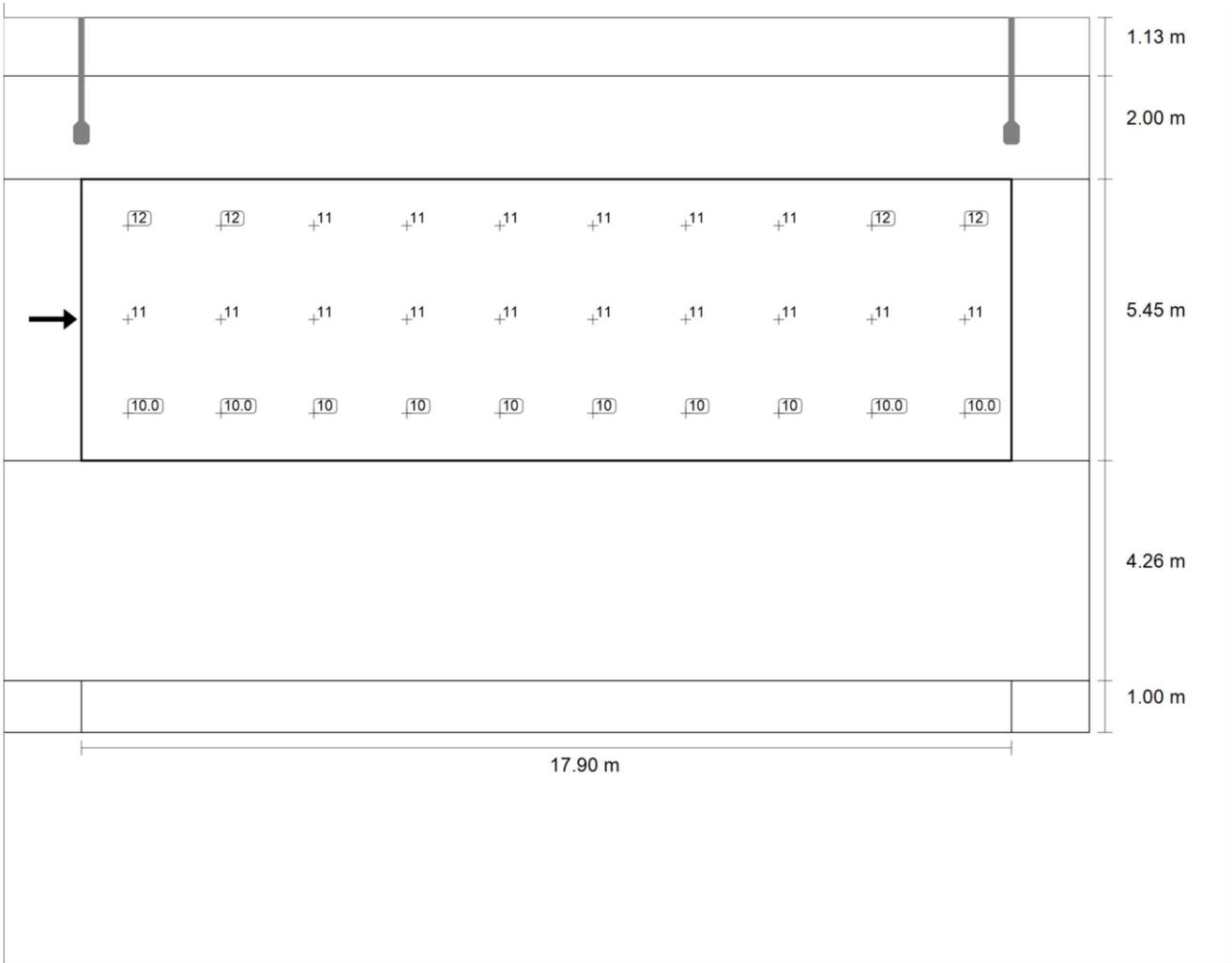
2.14. C/ Valencia · Alternativa 18
Calzada 1 (P3)

Resultados para campo de evaluación

	Tamaño	Calculado	Nominal	Verificación
Calzada 1 (P3)	E_m	10.78 lx	[7.50 - 11.25] lx	✓
	E_{min}	9.97 lx	≥ 1.50 lx	✓



Valor de mantenimiento iluminancia horizontal [lx] (Líneas Isolux)



Valor de mantenimiento iluminancia horizontal [lx] (Sistema de valores)

m	0.895	2.685	4.475	6.265	8.055	9.845	11.635	13.425	15.215	17.005
9.802	12.13	11.81	11.29	10.77	10.69	10.69	10.77	11.29	11.81	12.13
7.985	11.25	11.03	10.88	10.76	10.70	10.70	10.76	10.88	11.03	11.25
6.168	9.97	9.99	10.00	10.19	10.25	10.25	10.19	10.00	9.99	9.97

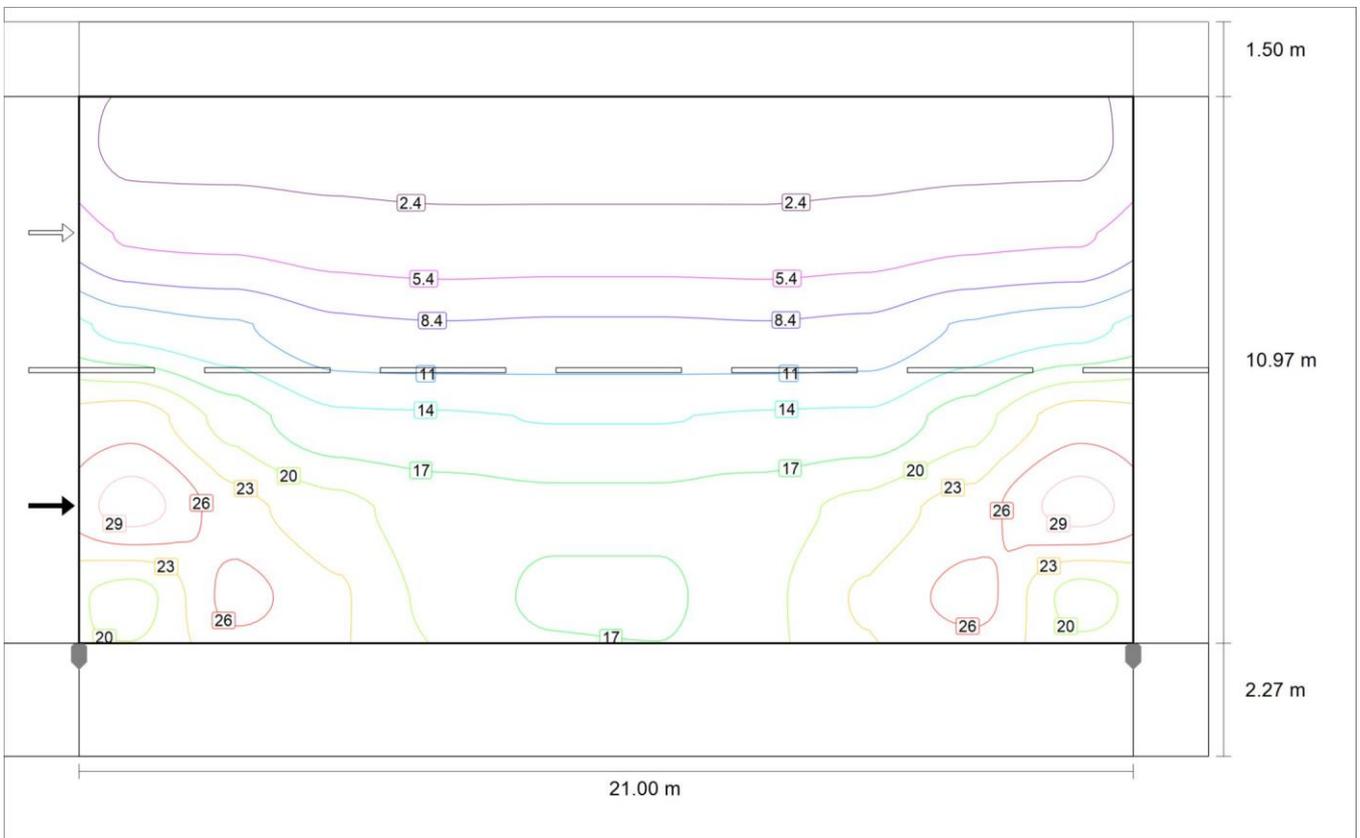
Valor de mantenimiento iluminancia horizontal [lx] (Tabla de valores)

	E_m	E_{min}	E_{max}	g_1	g_2
Valor de mantenimiento iluminancia horizontal	10.8 lx	9.97 lx	12.1 lx	0.925	0.822

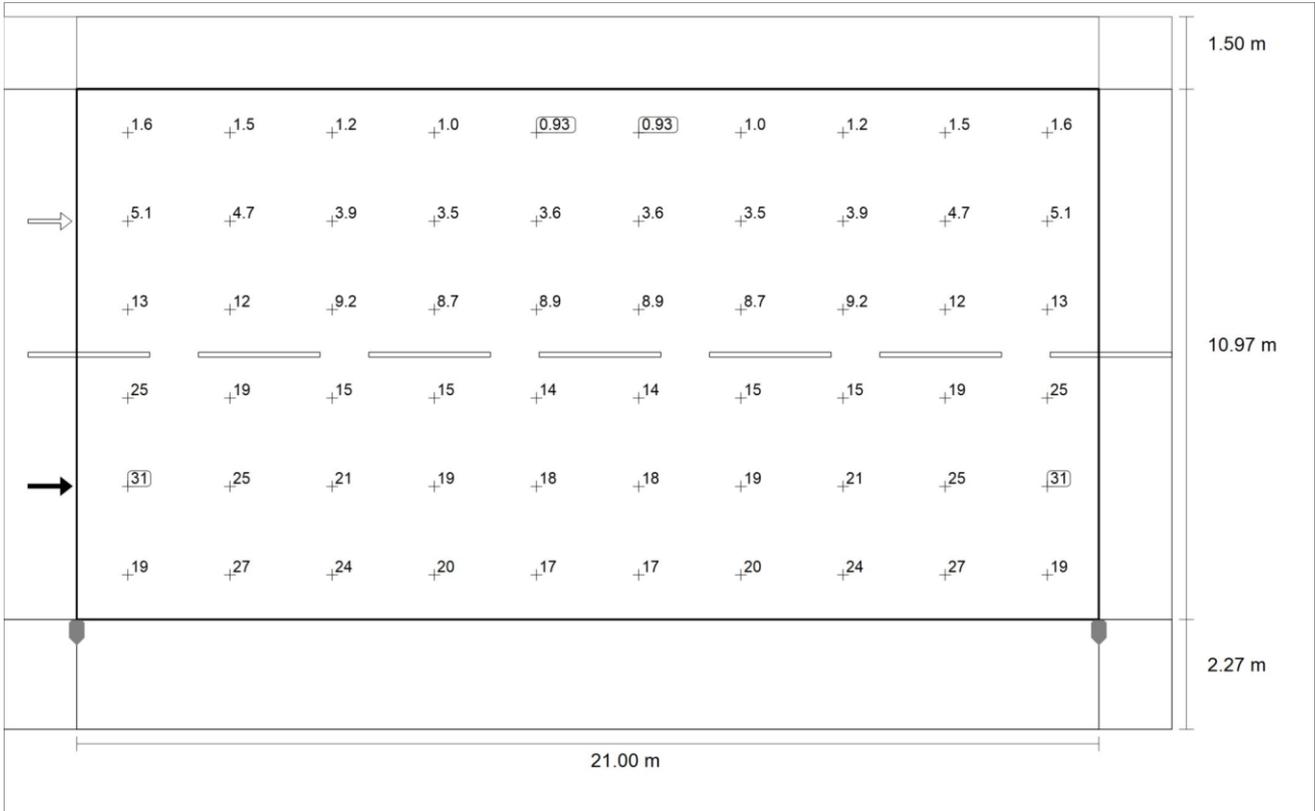
3.1. Av. España 1 · Alternativa 1 Calzada 1 (P2)

Resultados para campo de evaluación

	Tamaño	Calculado	Nominal	Verificación
Calzada 1 (P2)	E_m	12.96 lx	[10.00 - 15.00] lx	✓
	E_{min}	0.93 lx	≥ 2.00 lx	✗



Valor de mantenimiento iluminancia horizontal [lx] (Líneas Isolux)



Valor de mantenimiento iluminancia horizontal [lx] (Sistema de valores)

m	1.050	3.150	5.250	7.350	9.450	11.550	13.650	15.750	17.850	19.950
12.326	1.56	1.45	1.19	1.03	0.93	0.93	1.03	1.19	1.45	1.56
10.498	5.09	4.73	3.93	3.50	3.57	3.57	3.50	3.93	4.73	5.09
8.669	13.35	11.83	9.15	8.66	8.90	8.90	8.66	9.15	11.83	13.35
6.841	25.17	19.20	15.03	14.76	14.36	14.36	14.76	15.03	19.20	25.17
5.013	31.00	24.90	21.44	18.94	18.09	18.09	18.94	21.44	24.90	31.00
3.184	19.17	27.49	23.84	19.52	16.98	16.98	19.52	23.84	27.49	19.17

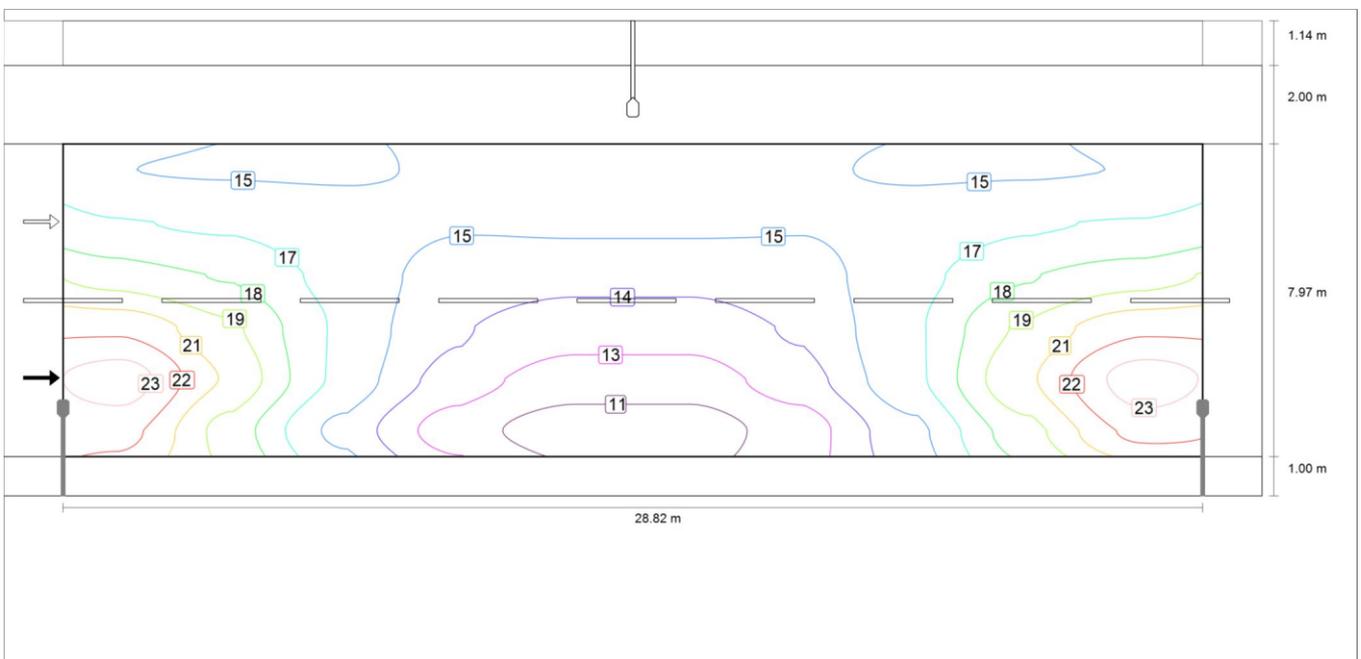
Valor de mantenimiento iluminancia horizontal [lx] (Tabla de valores)

	E_m	E_{min}	E_{max}	g_1	g_2
Valor de mantenimiento iluminancia horizontal	13.0 lx	0.93 lx	31.0 lx	0.072	0.030

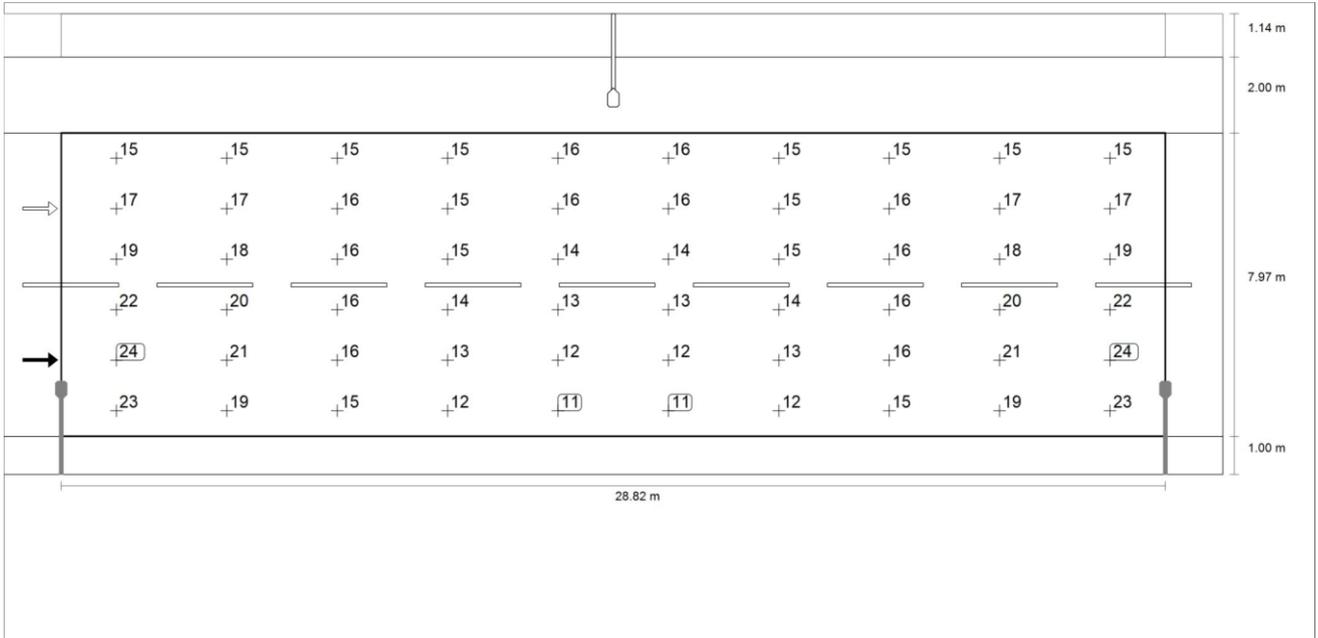
3.2. Av. España 2 · Alternativa 2 Calzada 1 (P2)

Resultados para campo de evaluación

	Tamaño	Calculado	Nominal	Verificación
Calzada 1 (P2)	E_m	16.33 lx	[10.00 - 15.00] lx	✗
	E_{min}	10.55 lx	≥ 2.00 lx	✓



Valor de mantenimiento iluminancia horizontal [lx] (Líneas Isolux)



Valor de mantenimiento iluminancia horizontal [lx] (Sistema de valores)

m	1.441	4.323	7.205	10.087	12.969	15.851	18.733	21.615	24.497	27.379
8.306	15.35	15.22	15.19	15.49	15.99	15.99	15.49	15.19	15.22	15.35
6.978	16.80	16.51	15.89	15.39	15.52	15.52	15.39	15.89	16.51	16.80
5.649	18.85	17.94	16.20	14.75	14.32	14.32	14.75	16.20	17.94	18.85
4.321	21.88	19.63	16.47	14.11	13.12	13.12	14.11	16.47	19.63	21.88
2.993	24.17	20.57	16.36	13.35	11.89	11.89	13.35	16.36	20.57	24.17
1.664	22.55	18.86	14.92	11.90	10.55	10.55	11.90	14.92	18.86	22.55

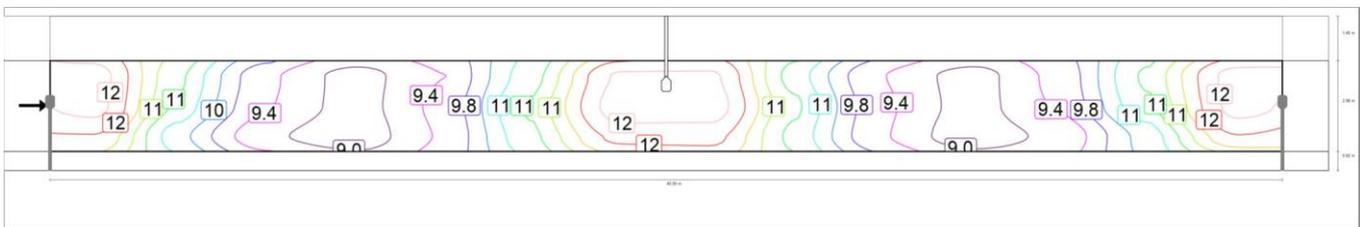
Valor de mantenimiento iluminancia horizontal [lx] (Tabla de valores)

	E_m	E_{min}	E_{max}	g_1	g_2
Valor de mantenimiento iluminancia horizontal	16.3 lx	10.5 lx	24.2 lx	0.646	0.436

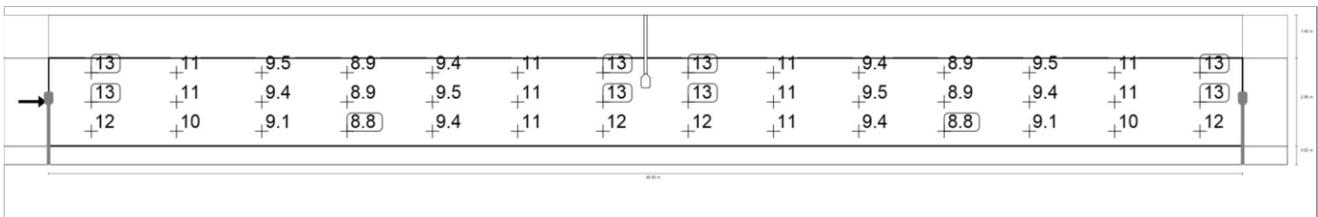
3.3. C/ Azorín · Alternativa 3 Calzada 1 (P3)

Resultados para campo de evaluación

	Tamaño	Calculado	Nominal	Verificación
Calzada 1 (P3)	E_m	10.58 lx	[7.50 - 11.25] lx	✓
	E_{min}	8.81 lx	≥ 1.50 lx	✓



Valor de mantenimiento iluminancia horizontal [lx] (Líneas Isolux)



Valor de mantenimiento iluminancia horizontal [lx] (Sistema de valores)

m	1.429	4.286	7.143	10.000	12.857	15.714	18.571	21.429	24.286	27.143	30.000	32.857	35.714	38.571
3.087	12.63	10.99	9.50	8.88	9.39	10.75	12.54	12.54	10.75	9.39	8.88	9.50	10.99	12.63
2.100	12.59	10.82	9.42	8.89	9.49	10.99	12.66	12.66	10.99	9.49	8.89	9.42	10.82	12.59
1.113	12.04	10.30	9.10	8.81	9.43	10.81	12.20	12.20	10.81	9.43	8.81	9.10	10.30	12.04

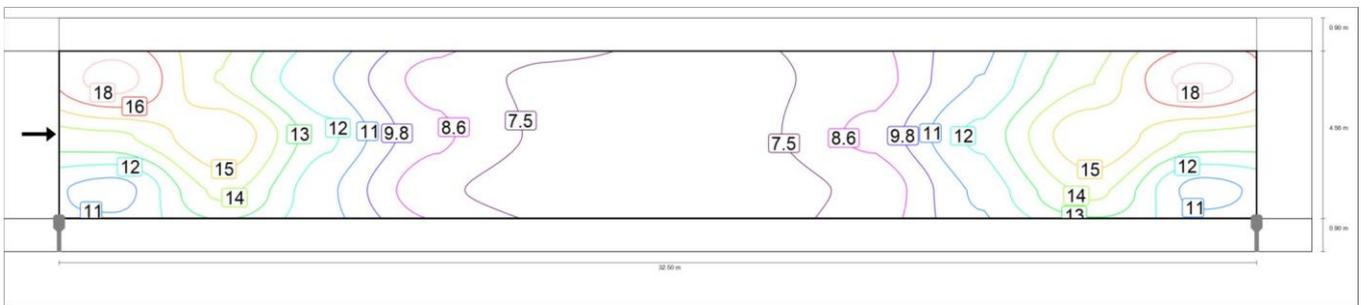
Valor de mantenimiento iluminancia horizontal [lx] (Tabla de valores)

	E_m	E_{min}	E_{max}	g_1	g_2
Valor de mantenimiento iluminancia horizontal	10.6 lx	8.81 lx	12.7 lx	0.832	0.696

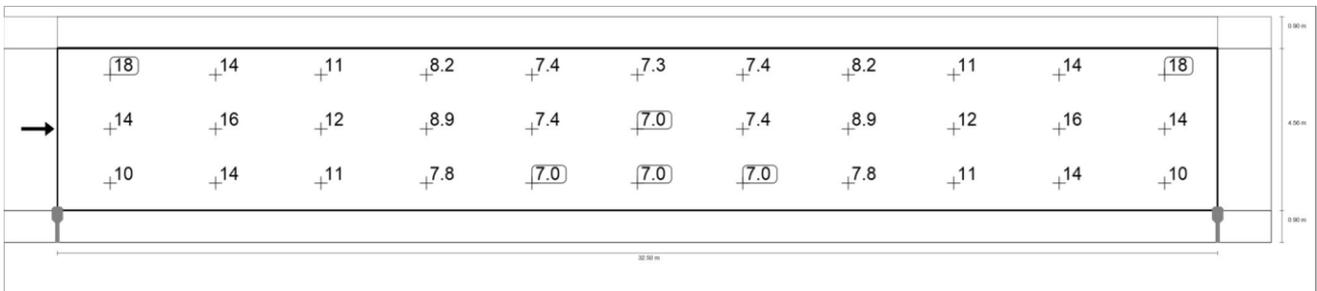
3.4. C/ Bisbe Mahiques · Alternativa 4 Calzada 1 (P3)

Resultados para campo de evaluación

	Tamaño	Calculado	Nominal	Verificación
Calzada 1 (P3)	E_m	10.85 lx	[7.50 - 11.25] lx	✓
	E_{min}	6.97 lx	≥ 1.50 lx	✓



Valor de mantenimiento iluminancia horizontal [lx] (Líneas Isolux)



Valor de mantenimiento iluminancia horizontal [lx] (Sistema de valores)

m	1.477	4.432	7.386	10.341	13.295	16.250	19.205	22.159	25.114	28.068	31.023
4.700	18.12	14.16	10.94	8.17	7.37	7.31	7.37	8.17	10.94	14.16	18.12
3.180	13.95	16.25	12.26	8.94	7.39	7.04	7.39	8.94	12.26	16.25	13.95
1.660	10.40	14.46	11.08	7.80	7.02	6.97	7.02	7.80	11.08	14.46	10.40

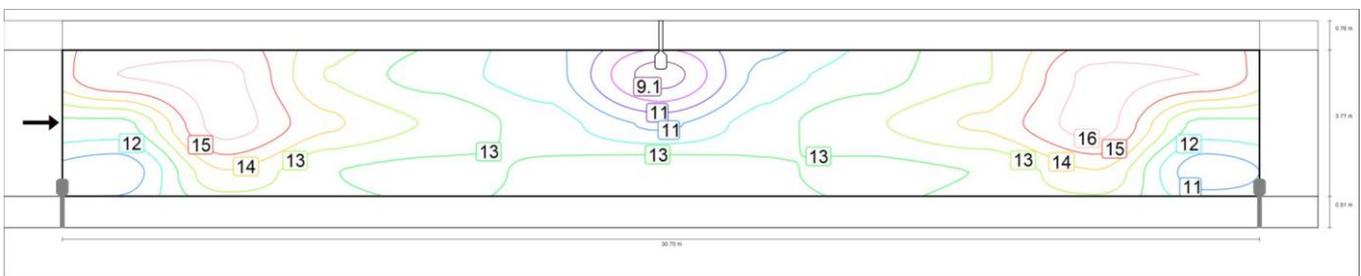
Valor de mantenimiento iluminancia horizontal [lx] (Tabla de valores)

	E_m	E_{min}	E_{max}	g_1	g_2
Valor de mantenimiento iluminancia horizontal	10.8 lx	6.97 lx	18.1 lx	0.642	0.384

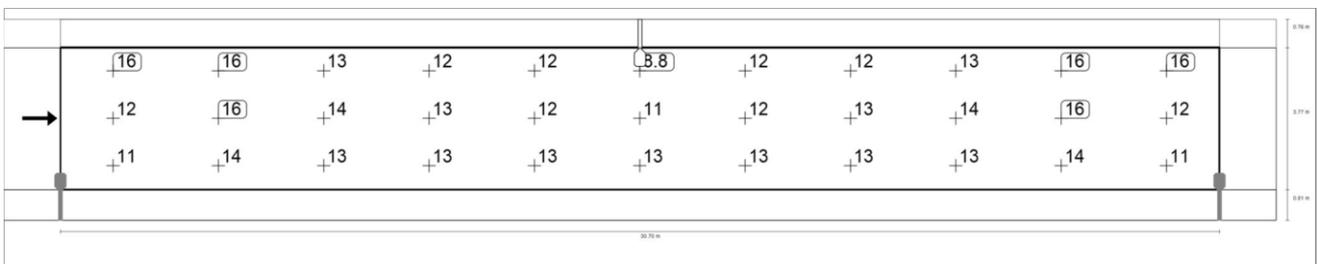
3.5. C/ Diputat Castelló · Alternativa 5 Calzada 1 (P2)

Resultados para campo de evaluación

	Tamaño	Calculado	Nominal	Verificación
Calzada 1 (P2)	E_m	13.14 lx	[10.00 - 15.00] lx	✓
	E_{min}	8.75 lx	≥ 2.00 lx	✓



Valor de mantenimiento iluminancia horizontal [lx] (Líneas Isolux)



Valor de mantenimiento iluminancia horizontal [lx] (Sistema de valores)

m	1.395	4.186	6.977	9.768	12.559	15.350	18.141	20.932	23.723	26.514	29.305
3.952	15.61	15.81	13.38	12.39	11.56	8.75	11.56	12.39	13.38	15.81	15.61
2.695	12.45	15.97	14.29	13.37	12.39	11.14	12.39	13.37	14.29	15.97	12.45
1.438	10.74	14.08	12.74	12.52	12.84	13.36	12.84	12.52	12.74	14.08	10.74

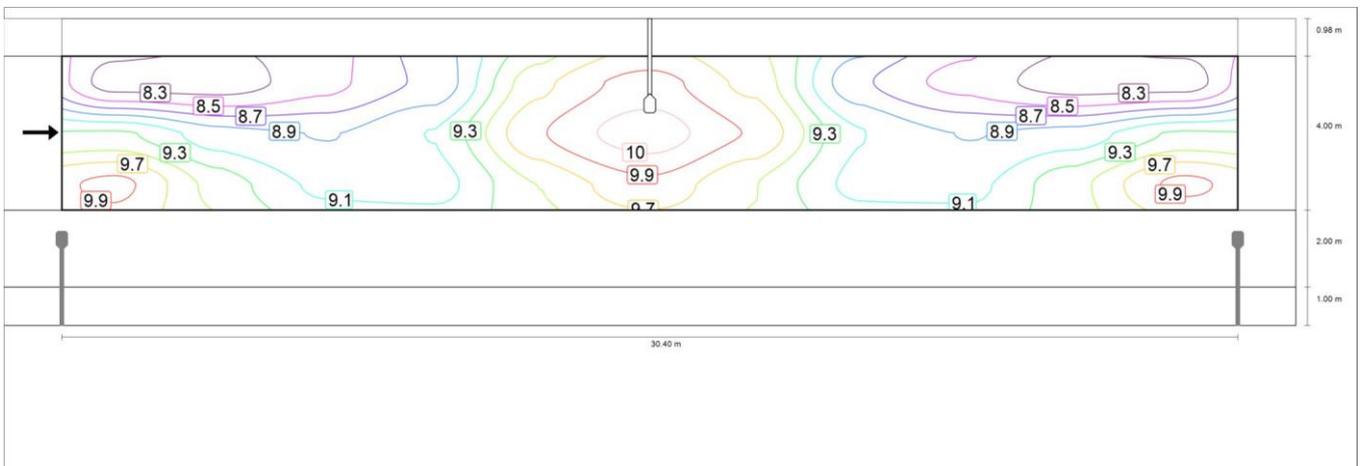
Valor de mantenimiento iluminancia horizontal [lx] (Tabla de valores)

	E_m	E_{min}	E_{max}	g_1	g_2
Valor de mantenimiento iluminancia horizontal	13.1 lx	8.75 lx	16.0 lx	0.666	0.548

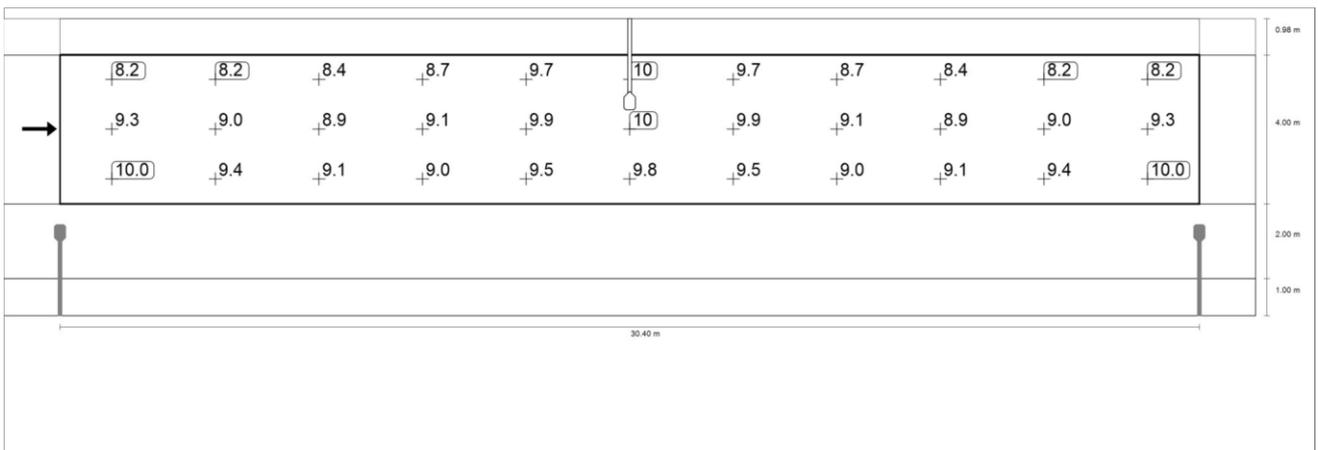
3.6. C/ Mestre Serrano · Alternativa 6 Calzada 1 (P3)

Resultados para campo de evaluación

	Tamaño	Calculado	Nominal	Verificación
Calzada 1 (P3)	E_m	9.18 lx	[7.50 - 11.25] lx	✓
	E_{min}	8.17 lx	≥ 1.50 lx	✓



Valor de mantenimiento iluminancia horizontal [lx] (Líneas Isolux)



Valor de mantenimiento iluminancia horizontal [lx] (Sistema de valores)

m	1.382	4.145	6.909	9.673	12.436	15.200	17.964	20.727	23.491	26.255	29.018
6.333	8.18	8.17	8.41	8.73	9.65	10.00	9.65	8.73	8.41	8.17	8.18
5.000	9.34	8.98	8.89	9.11	9.90	10.23	9.90	9.11	8.89	8.98	9.34
3.667	9.97	9.44	9.05	9.04	9.51	9.85	9.51	9.04	9.05	9.44	9.97

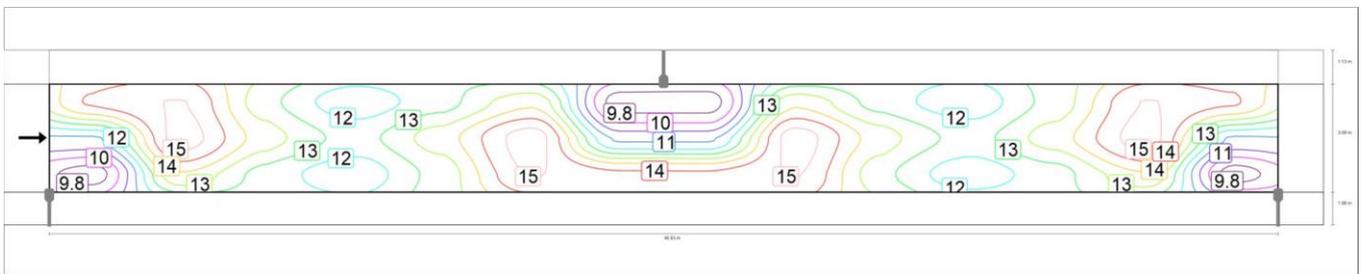
Valor de mantenimiento iluminancia horizontal [lx] (Tabla de valores)

	E_m	E_{min}	E_{max}	g_1	g_2
Valor de mantenimiento iluminancia horizontal	9.18 lx	8.17 lx	10.2 lx	0.891	0.799

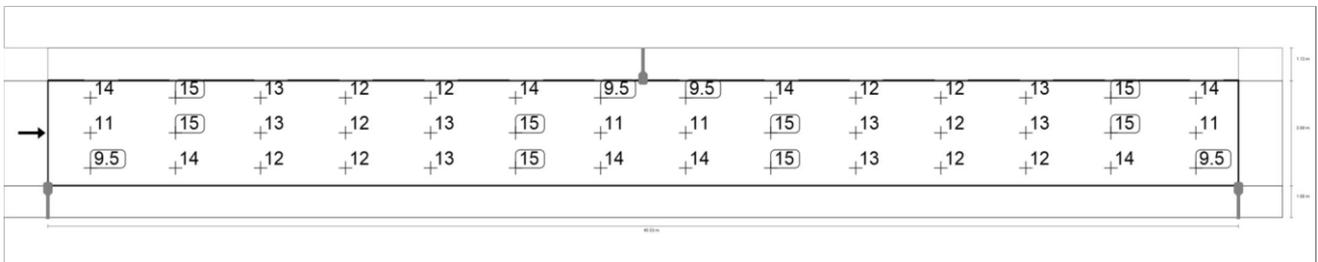
3.7. C/ Obispo Miró · Alternativa 7 Calzada 1 (P2)

Resultados para campo de evaluación

	Tamaño	Calculado	Nominal	Verificación
Calzada 1 (P2)	E_m	12.80 lx	[10.00 - 15.00] lx	✓
	E_{min}	9.51 lx	≥ 2.00 lx	✓



Valor de mantenimiento iluminancia horizontal [lx] (Líneas Isolux)



Valor de mantenimiento iluminancia horizontal [lx] (Sistema de valores)

m	1.448	4.343	7.238	10.133	13.028	15.923	18.818	21.713	24.608	27.503	30.398	33.293	36.188	39.083
4.072	14.24	14.72	12.72	11.65	12.30	13.50	9.51	9.51	13.50	12.30	11.65	12.72	14.72	14.24
2.875	11.32	14.97	13.34	12.33	13.34	14.97	11.32	11.32	14.97	13.34	12.33	13.34	14.97	11.32
1.678	9.51	13.50	12.30	11.65	12.72	14.72	14.24	14.24	14.72	12.72	11.65	12.30	13.50	9.51

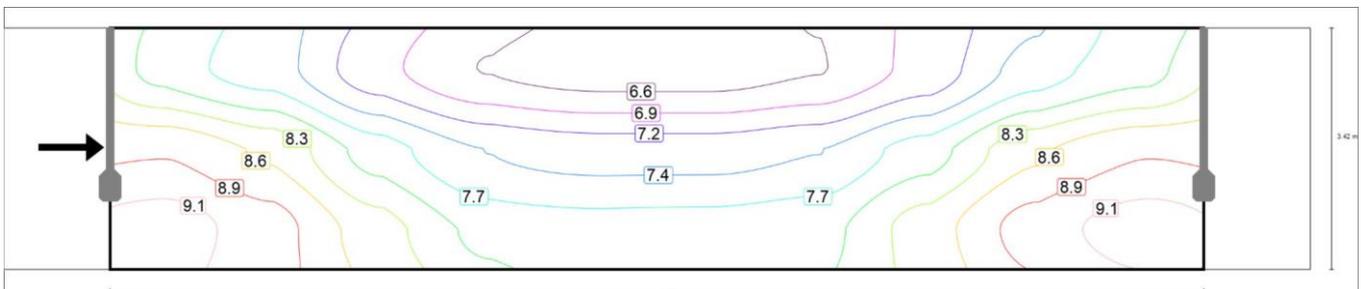
Valor de mantenimiento iluminancia horizontal [lx] (Tabla de valores)

	E_m	E_{min}	E_{max}	g_1	g_2
Valor de mantenimiento iluminancia horizontal	12.8 lx	9.51 lx	15.0 lx	0.743	0.635

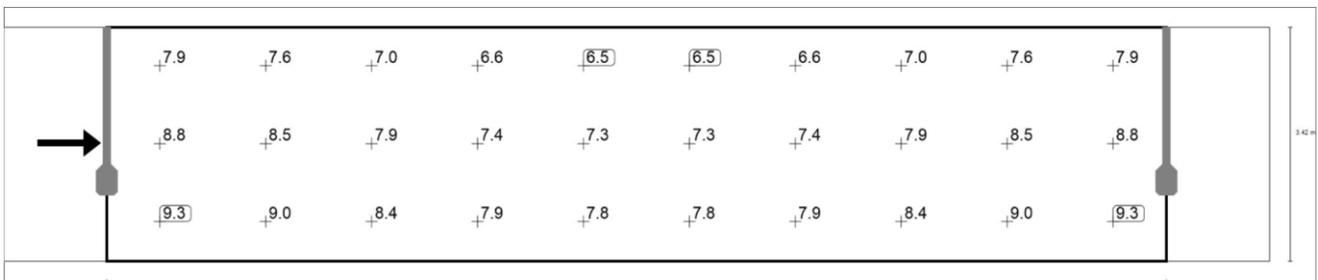
3.8. C/ San Roque · Alternativa 8 Calzada 1 (P4)

Resultados para campo de evaluación

	Tamaño	Calculado	Nominal	Verificación
Calzada 1 (P4)	E_m	7.86 lx	[5.00 - 7.50] lx	✗
	E_{min}	6.45 lx	≥ 1.00 lx	✓



Valor de mantenimiento iluminancia horizontal [lx] (Líneas Isolux)



Valor de mantenimiento iluminancia horizontal [lx] (Sistema de valores)

m	0.770	2.310	3.850	5.390	6.930	8.470	10.010	11.550	13.090	14.630
2.850	7.90	7.58	6.97	6.58	6.45	6.45	6.58	6.97	7.58	7.90
1.710	8.84	8.52	7.87	7.44	7.32	7.32	7.44	7.87	8.52	8.84
0.570	9.28	8.98	8.42	7.92	7.84	7.84	7.92	8.42	8.98	9.28

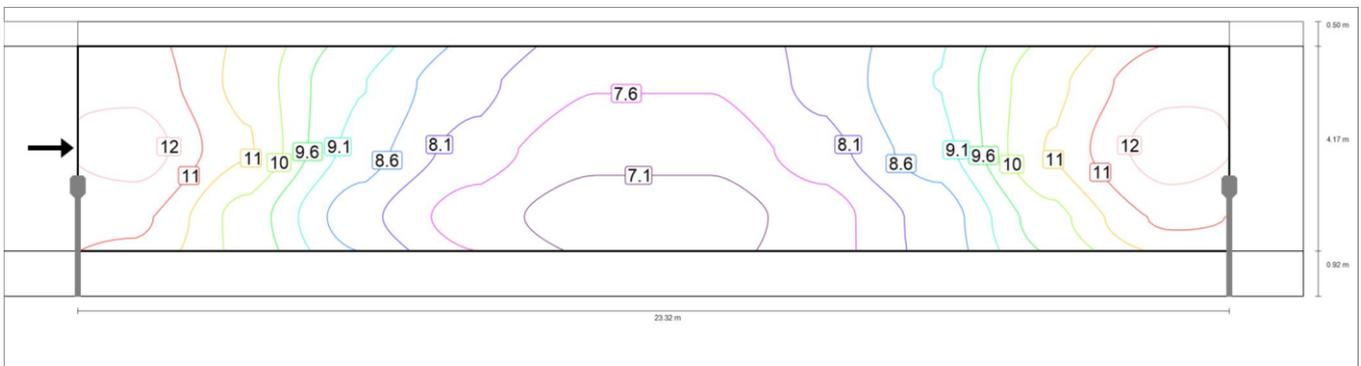
Valor de mantenimiento iluminancia horizontal [lx] (Tabla de valores)

	E_m	E_{min}	E_{max}	g_1	g_2
Valor de mantenimiento iluminancia horizontal	7.86 lx	6.45 lx	9.28 lx	0.821	0.695

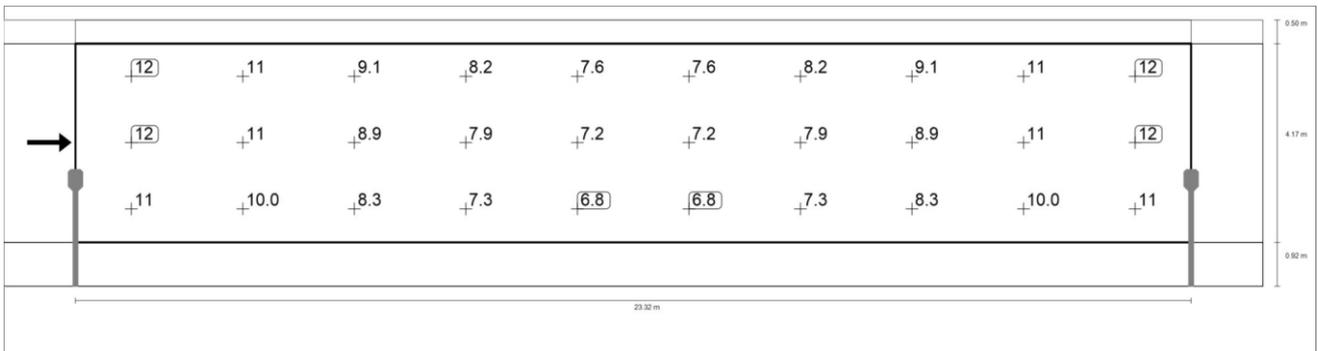
3.9. C/ Santa Agueda · Alternativa 9 Calzada 1 (P3)

Resultados para campo de evaluación

	Tamaño	Calculado	Nominal	Verificación
Calzada 1 (P3)	E_m	9.16 lx	[7.50 - 11.25] lx	✓
	E_{min}	6.82 lx	≥ 1.50 lx	✓



Valor de mantenimiento iluminancia horizontal [lx] (Líneas Isolux)



Valor de mantenimiento iluminancia horizontal [lx] (Sistema de valores)

m	1.166	3.498	5.830	8.162	10.494	12.826	15.158	17.490	19.822	22.154
4.395	11.54	10.52	9.14	8.24	7.62	7.62	8.24	9.14	10.52	11.54
3.005	11.94	10.71	8.92	7.88	7.21	7.21	7.88	8.92	10.71	11.94
1.615	11.28	9.96	8.28	7.34	6.82	6.82	7.34	8.28	9.96	11.28

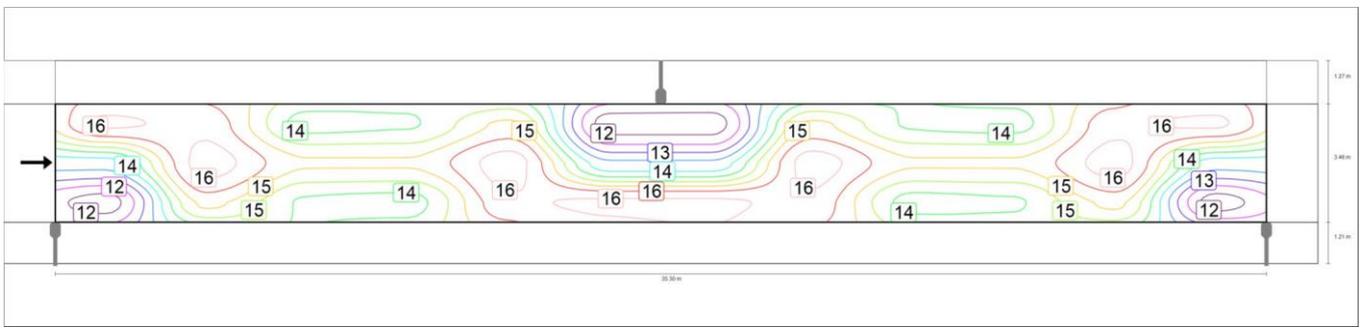
Valor de mantenimiento iluminancia horizontal [lx] (Tabla de valores)

	E_m	E_{min}	E_{max}	g_1	g_2
Valor de mantenimiento iluminancia horizontal	9.16 lx	6.82 lx	11.9 lx	0.745	0.571

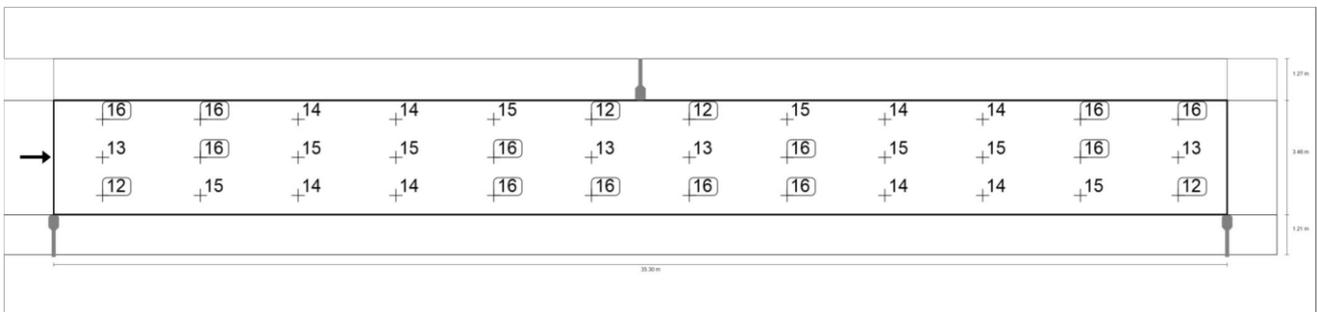
3.10. C/ Sor Pietat de la Creu · Alternativa 10 Calzada 1 (P2)

Resultados para campo de evaluación

	Tamaño	Calculado	Nominal	Verificación
Calzada 1 (P2)	E_m	14.77 lx	[10.00 - 15.00] lx	✓
	E_{min}	11.65 lx	≥ 2.00 lx	✓



Valor de mantenimiento iluminancia horizontal [lx] (Líneas Isolux)



Valor de mantenimiento iluminancia horizontal [lx] (Sistema de valores)

m	1.471	4.413	7.354	10.296	13.237	16.179	19.121	22.063	25.004	27.946	30.887	33.829
4.093	16.29	16.05	14.10	14.22	15.36	11.65	11.65	15.36	14.22	14.10	16.05	16.29
2.940	13.48	16.44	15.30	15.30	16.44	13.48	13.48	16.44	15.30	15.30	16.44	13.48
1.787	11.65	15.36	14.22	14.10	16.05	16.29	16.29	16.05	14.10	14.22	15.36	11.65

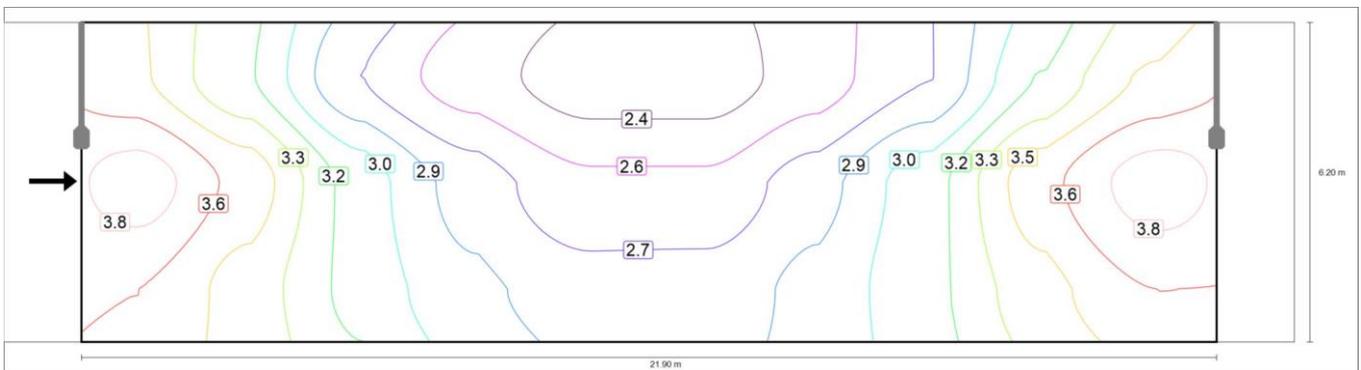
Valor de mantenimiento iluminancia horizontal [lx] (Tabla de valores)

	E_m	E_{min}	E_{max}	g_1	g_2
Valor de mantenimiento iluminancia horizontal	14.8 lx	11.7 lx	16.4 lx	0.789	0.709

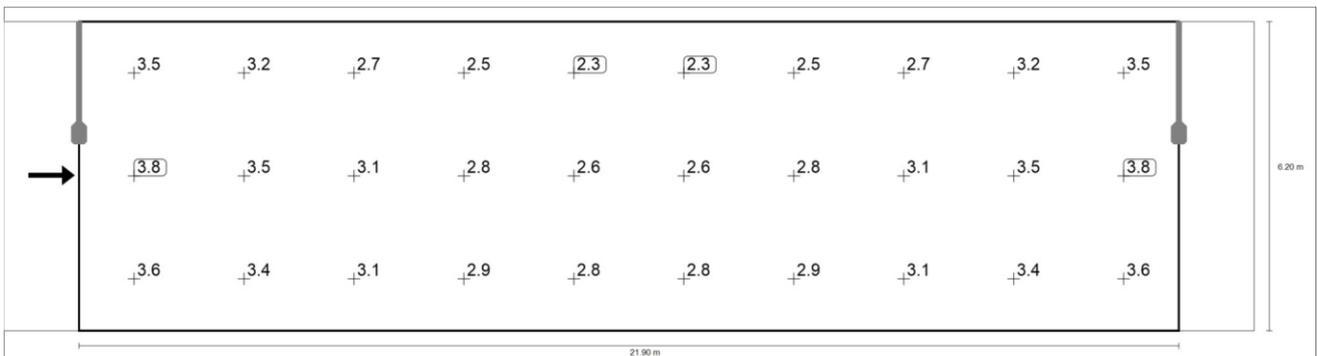
3.11. C/ Talaia · Alternativa 11 C/ Talaia (P6)

Resultados para campo de evaluación

	Tamaño	Calculado	Nominal	Verificación
C/ Talaia (P6)	E_m	3.06 lx	[2.00 - 3.00] lx	✗
	E_{min}	2.35 lx	≥ 0.40 lx	✓



Valor de mantenimiento iluminancia horizontal [lx] (Líneas Isolux)



Valor de mantenimiento iluminancia horizontal [lx] (Sistema de valores)

m	1.095	3.285	5.475	7.665	9.855	12.045	14.235	16.425	18.615	20.805
5.167	3.49	3.17	2.72	2.49	2.35	2.35	2.49	2.72	3.17	3.49
3.100	3.83	3.55	3.10	2.80	2.61	2.61	2.80	3.10	3.55	3.83
1.033	3.60	3.40	3.12	2.91	2.78	2.78	2.91	3.12	3.40	3.60

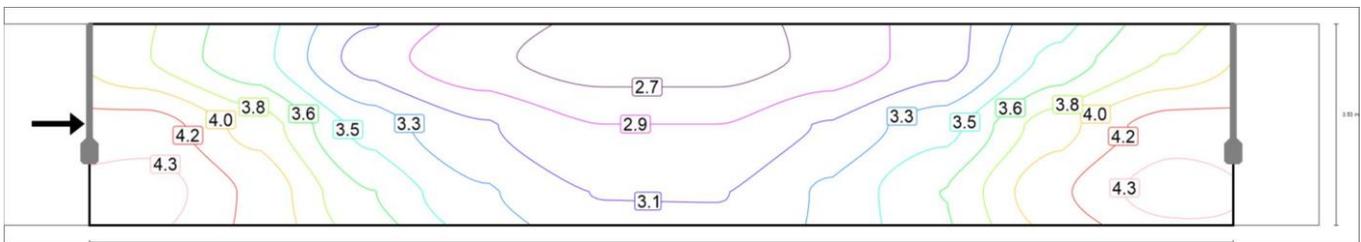
Valor de mantenimiento iluminancia horizontal [lx] (Tabla de valores)

	E_m	E_{min}	E_{max}	g_1	g_2
Valor de mantenimiento iluminancia horizontal	3.06 lx	2.35 lx	3.83 lx	0.767	0.614

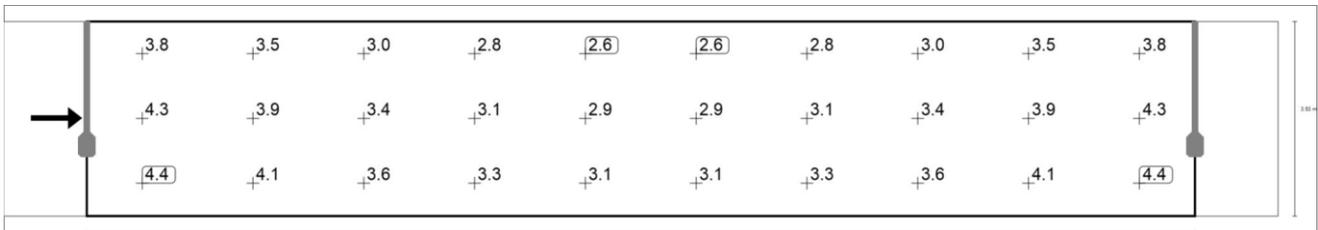
3.12. C/ Tramussol · Alternativa 12 Calzada 1 (P6)

Resultados para campo de evaluación

	Tamaño	Calculado	Nominal	Verificación
Calzada 1 (P6)	E_m	3.46 lx	[2.00 - 3.00] lx	✗
	E_{min}	2.65 lx	≥ 0.40 lx	✓



Valor de mantenimiento iluminancia horizontal [lx] (Líneas Isolux)



Valor de mantenimiento iluminancia horizontal [lx] (Sistema de valores)

m	1.000	3.000	5.000	7.000	9.000	11.000	13.000	15.000	17.000	19.000
2.942	3.82	3.51	3.01	2.78	2.65	2.65	2.78	3.01	3.51	3.82
1.765	4.25	3.91	3.39	3.11	2.92	2.92	3.11	3.39	3.91	4.25
0.588	4.44	4.13	3.63	3.30	3.09	3.09	3.30	3.63	4.13	4.44

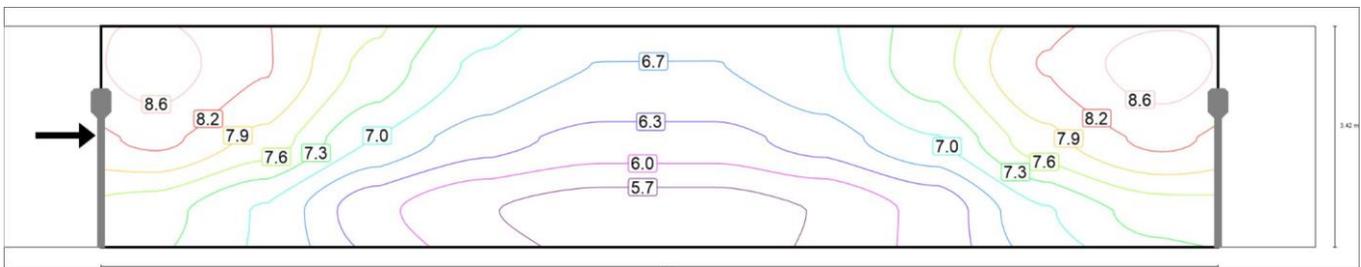
Valor de mantenimiento iluminancia horizontal [lx] (Tabla de valores)

	E_m	E_{min}	E_{max}	g_1	g_2
Valor de mantenimiento iluminancia horizontal	3.46 lx	2.65 lx	4.44 lx	0.764	0.596

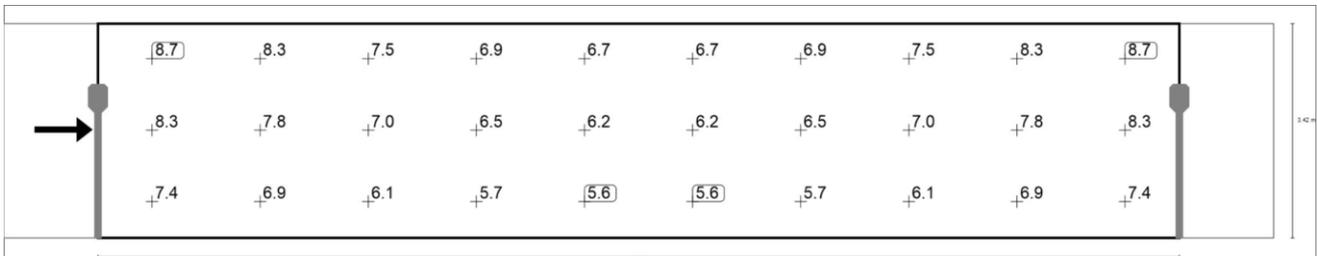
3.13. Travesía Obispe Miró · Alternativa 13 Travesía Obispe Miró (P4)

Resultados para campo de evaluación

	Tamaño	Calculado	Nominal	Verificación
Travesía Obispe Miró (P4)	E_m	7.04 lx	[5.00 - 7.50] lx	✓
	E_{min}	5.56 lx	≥ 1.00 lx	✓



Valor de mantenimiento iluminancia horizontal [lx] (Líneas Isolux)



Valor de mantenimiento iluminancia horizontal [lx] (Sistema de valores)

m	0.860	2.580	4.300	6.020	7.740	9.460	11.180	12.900	14.620	16.340
2.850	8.71	8.26	7.50	6.90	6.66	6.66	6.90	7.50	8.26	8.71
1.710	8.32	7.82	6.96	6.50	6.24	6.24	6.50	6.96	7.82	8.32
0.570	7.42	6.95	6.13	5.73	5.56	5.56	5.73	6.13	6.95	7.42

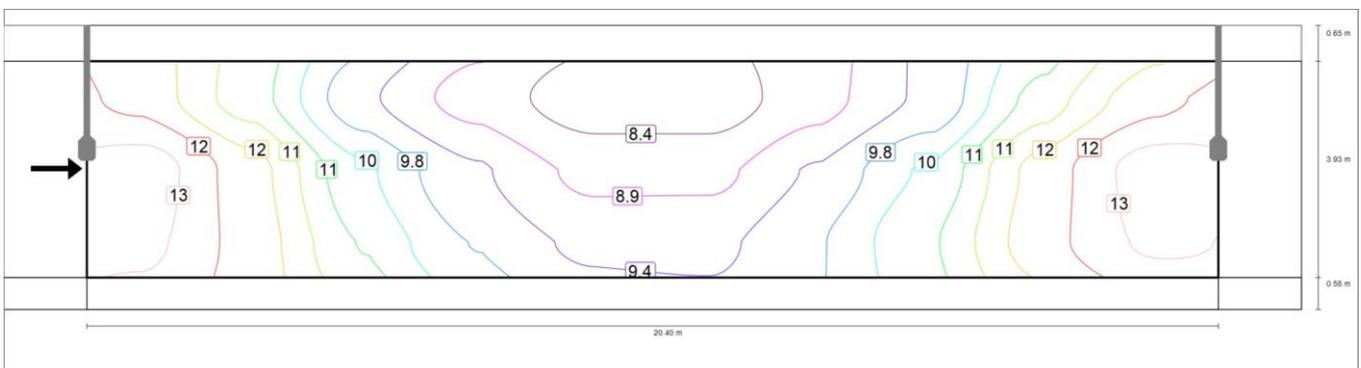
Valor de mantenimiento iluminancia horizontal [lx] (Tabla de valores)

	E_m	E_{min}	E_{max}	g_1	g_2
Valor de mantenimiento iluminancia horizontal	7.04 lx	5.56 lx	8.71 lx	0.789	0.638

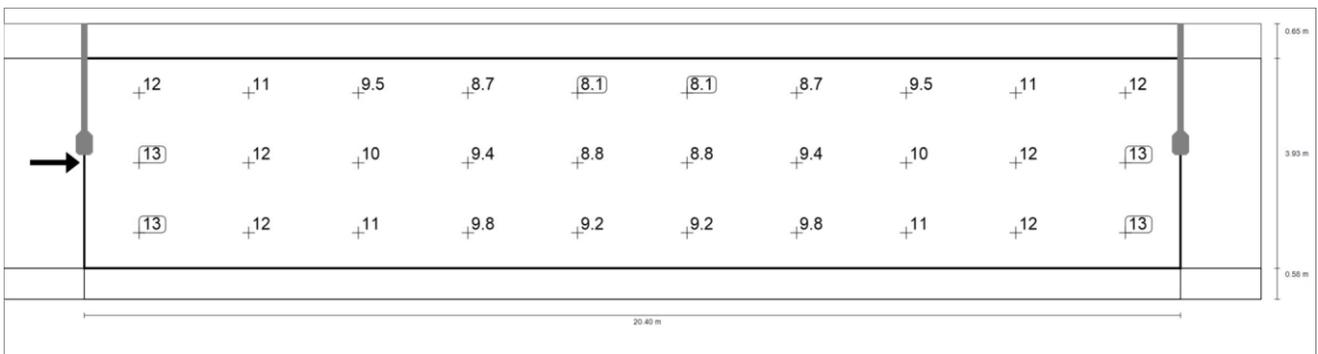
3.14. Travesía Santa Agueda · Alternativa 14 Calzada 1 (P3)

Resultados para campo de evaluación

	Tamaño	Calculado	Nominal	Verificación
Calzada 1 (P3)	E_m	10.51 lx	[7.50 - 11.25] lx	✓
	E_{min}	8.15 lx	≥ 1.50 lx	✓



Valor de mantenimiento iluminancia horizontal [lx] (Líneas Isolux)



Valor de mantenimiento iluminancia horizontal [lx] (Sistema de valores)

m	1.020	3.060	5.100	7.140	9.180	11.220	13.260	15.300	17.340	19.380
3.855	12.10	11.03	9.45	8.68	8.15	8.15	8.68	9.45	11.03	12.10
2.545	12.98	11.98	10.41	9.43	8.76	8.76	9.43	10.41	11.98	12.98
1.235	12.84	12.06	10.76	9.81	9.25	9.25	9.81	10.76	12.06	12.84

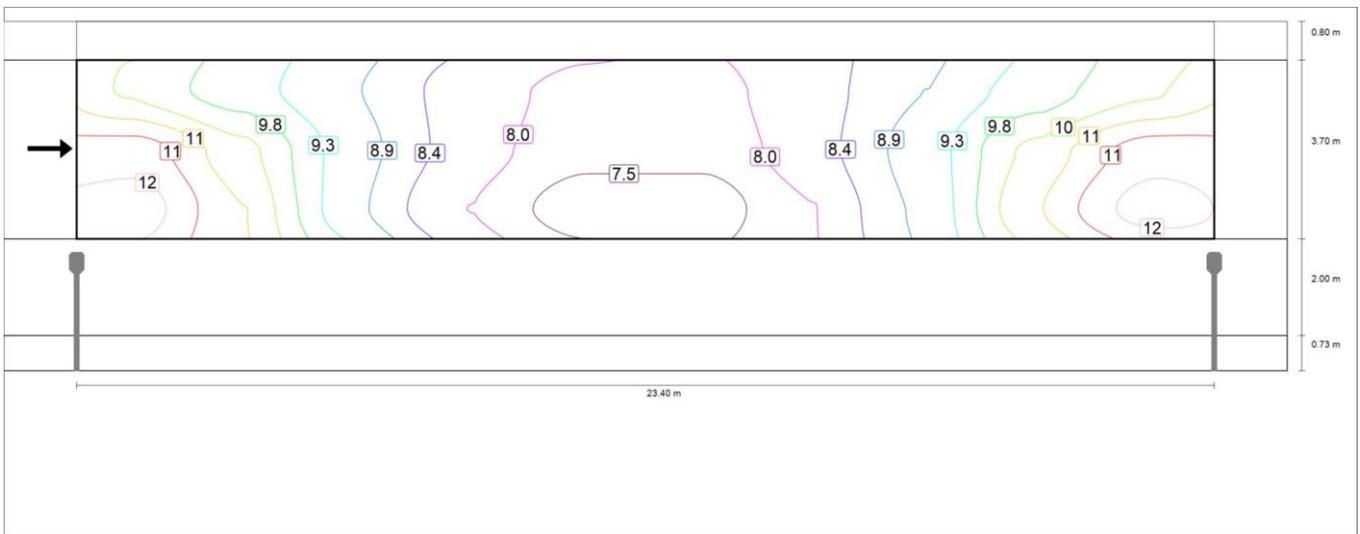
Valor de mantenimiento iluminancia horizontal [lx] (Tabla de valores)

	E_m	E_{min}	E_{max}	g_1	g_2
Valor de mantenimiento iluminancia horizontal	10.5 lx	8.15 lx	13.0 lx	0.775	0.628

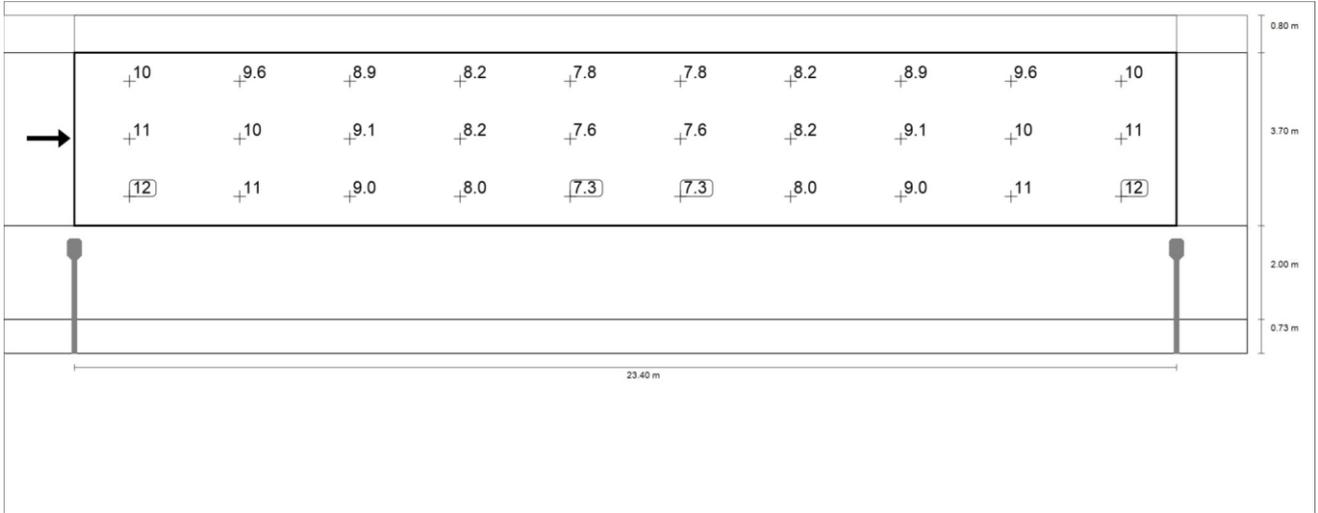
3.15. C/ Tribunal de les aigües · Alternativa 15 Calzada 1 (P3)

Resultados para campo de evaluación

	Tamaño	Calculado	Nominal	Verificación
Calzada 1 (P3)	E_m	9.22 lx	[7.50 - 11.25] lx	✓
	E_{min}	7.27 lx	≥ 1.50 lx	✓



Valor de mantenimiento iluminancia horizontal [lx] (Líneas Isolux)



Valor de mantenimiento iluminancia horizontal [lx] (Sistema de valores)

m	1.170	3.510	5.850	8.190	10.530	12.870	15.210	17.550	19.890	22.230
5.813	10.20	9.57	8.89	8.21	7.82	7.82	8.21	8.89	9.57	10.20
4.580	11.43	10.41	9.09	8.22	7.63	7.63	8.22	9.09	10.41	11.43
3.347	11.87	10.72	8.97	7.95	7.27	7.27	7.95	8.97	10.72	11.87

Valor de mantenimiento iluminancia horizontal [lx] (Tabla de valores)

	E_m	E_{min}	E_{max}	g_1	g_2
Valor de mantenimiento iluminancia horizontal	9.22 lx	7.27 lx	11.9 lx	0.789	0.612