



---

ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA

---

GRADO EN INGENIERÍA ELECTRÓNICA INDUSTRIAL Y  
AUTOMÁTICA

TRABAJO DE FIN DE GRADO:

**ESTUDIO DEL ESTADO ACTUAL Y PROPUESTA DE MEDIDAS  
DE MEJORA DEL ALUMBRADO EXTERIOR DE LOS  
APARCAMIENTOS DEL CAMPUS ANCHIETA DE LA  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA**

AUTOR: BUDBEDA LABEIDI MULAI ZEIN

TUTOR: RICARDO MESA CRUZ



# **AGRADECIMIENTOS**

En primer lugar, agradecer al tutor Ricardo Mesa Cruz por su metodología de trabajo y enseñanza y por tener paciencia a lo largo del curso conmigo. Ha sido un placer haber realizado este TFG con usted y solamente me puedo llevar aspectos positivos de su persona.

En segundo lugar, este trabajo va dedicado especialmente a mi madre, a mi padre y a mis hermanos por haber estado en todos los momentos, buenos y malos, por hacerme la persona que soy hoy en día. Sabed que sin vosotros nada de esto hubiese sido posible.

Por último pero no menos importante, darle un fuerte abrazo de gratitud a aquellos pocos amigos que siempre han estado ahí para animarme y motivarme a conseguir mis metas.





# ÍNDICE GENERAL

<b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
1.1. OBJETIVOS.....	2
1.2. GLOSARIO DE TÉRMINOS .....	3
<b>2. ESTADO DEL ARTE DE LAS LÁMPARAS .....</b>	<b>7</b>
2.1. LÁMPARAS INCANDESCENTES.....	7
2.1.1. Características:.....	8
2.1.2. Partes de una lámpara:.....	9
2.1.3. Factores que influyen en el deterioro:.....	9
2.1.4. Tipos de lámparas:.....	10
2.2. LÁMPARAS DE DESCARGA .....	11
2.2.1. Características:.....	11
2.2.2. Eficiencias:.....	12
2.2.3. Soluciones cromáticas:.....	12
2.2.4. Características de duración:.....	13
2.2.5. Factores externos que influyen en el deterioro:.....	13
2.3. LÁMPARAS LED .....	14
2.3.1. Componentes LED:.....	14
2.3.2. Características LED:.....	16
2.4. LUMINARIAS .....	17
2.4.1. Componentes de una luminaria:.....	17
2.4.2. Clasificación según la óptica:.....	17
2.4.3. Clasificación según la protección mecánica:.....	18
2.4.4. Clasificación según la protección eléctrica:.....	19
2.5. SISTEMAS DE ACCIONAMIENTO. ....	19
2.5.1. Fococélulas:.....	19
2.5.2. Reloj Astronómico:.....	21
2.5.3. Sistemas de control centralizado:.....	22
<b>3. LEGISLACIÓN Y NORMATIVAS .....</b>	<b>24</b>
<b>4. EMPLAZAMIENTO DE LAS INSTALACIONES.....</b>	<b>29</b>
<b>5. HERRAMIENTAS UTILIZADAS PARA MODELAR EL ALUMBRADO .....</b>	<b>30</b>
5.1. AUTOCAD 2017.....	30

5.2.	DIALUX 4.13.....	30
5.3.	LIGHTMETER.....	31
<b>6.</b>	<b>NORMATIVA DE EFICIENCIA ENERGÉTICA .....</b>	<b>32</b>
6.1.	REGLAMENTO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA .....	32
6.1.1.	<i>ITC-EA-01: Eficiencia energética.....</i>	<i>32</i>
6.1.2.	<i>ITC-EA-02: Niveles de iluminación .....</i>	<i>34</i>
6.1.3.	<i>ITC-EA-03: Resplandor luminoso nocturno .....</i>	<i>37</i>
6.1.4.	<i>ITC-EA-04: Componentes de las instalaciones.....</i>	<i>38</i>
6.1.5.	<i>ITC-EA-05: Verificaciones e inspecciones.....</i>	<i>39</i>
6.1.6.	<i>ITC-EA-06: Mantenimiento de la eficiencia de las instalaciones.....</i>	<i>39</i>
6.1.7.	<i>ITC-EA-07: Mediciones. ....</i>	<i>41</i>
<b>7.</b>	<b>SISTEMA DE ALUMBRADO ACTUAL.....</b>	<b>43</b>
7.1.	CONDICIONES ACTUALES .....	43
7.1.1.	<i>Aparcamiento de Informática: .....</i>	<i>44</i>
7.1.2.	<i>Aparcamiento de Física y Matemáticas:.....</i>	<i>44</i>
7.1.3.	<i>Aparcamiento de Biología: .....</i>	<i>45</i>
7.1.4.	<i>Comparativa entre las instalaciones de alumbrado actuales: .....</i>	<i>45</i>
7.2.	MEDICIONES Y CÁLCULOS LUMINOTÉCNICOS .....	47
7.2.1.	<i>Mediciones mediante luxómetro LightMeter: .....</i>	<i>48</i>
7.2.2.	<i>Resultados de modelado actual a partir de Dialux:.....</i>	<i>53</i>
7.2.3.	<i>Comparativa entre Dialux y LightMeter:.....</i>	<i>54</i>
7.3.	FICHA TÉCNICA DE RESULTADOS Y COMPARACIÓN CON LA NORMATIVA.....	55
7.4.	COMPARATIVA CON RESPECTO AL REBT .....	59
7.5.	COMPARATIVA CON RESPECTO A LA GUÍA TÉCNICA IAC.....	63
<b>8.</b>	<b>PROPUESTA DE MEDIDAS PARA MEJORA.....</b>	<b>67</b>
8.1.	FICHA TÉCNICA DE RESULTADOS Y COMPARACIÓN CON LA NORMATIVA.....	69
8.2.	COMPARATIVA CON RESPECTO AL REBT .....	72
8.3.	COMPARATIVA CON RESPECTO A IAC.....	73
8.4.	COMPARATIVA ENTRE LA INSTALACIÓN ACTUAL Y PROPUESTA .....	75
<b>9.</b>	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>79</b>
<b>10.</b>	<b>PRESUPUESTO.....</b>	<b>81</b>
<b>11.</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>82</b>
<b>12.</b>	<b>ANEXOS .....</b>	<b>84</b>

12.1	REPORTAJE FOTOGRÁFICO .....	85
12.2.	PLANOS AUTOCAD .....	87

**ÍNDICE DE ILUSTRACIONES**

ILUSTRACIÓN 1. BALANCE ENERGÉTICO DE UNA LÁMPARA INCANDESCENTE [4].	8
ILUSTRACIÓN 2. PARTES DE UNA LÁMPARA INCANDESCENTE [5].	9
ILUSTRACIÓN 3. ESQUEMA DE UNA LÁMPARA DE DESCARGA [7].	11
ILUSTRACIÓN 4. ELEMENTOS QUE COMPONEN UN LED. [8]	14
ILUSTRACIÓN 5. DRIVER DE LUMINARIA SCHRÉDER AMPERA MIDI.	15
ILUSTRACIÓN 6. EJEMPLO DE RELOJ ASTRONÓMICO. [12]	21
ILUSTRACIÓN 7. NIVELES DE ILUMINACIÓN SEGÚN LAS CLASES DE ALUMBRADO.	35
ILUSTRACIÓN 8. NIVELES DE ILUMINACIÓN SEGÚN LA NORMA UNE EN 12464-2.	36
ILUSTRACIÓN 9. MEDIDAS EN APARCAMIENTOS DE INFORMÁTICA 1.	48
ILUSTRACIÓN 10. MEDIDAS EN APARCAMIENTO DE INFORMÁTICA 2.	49
ILUSTRACIÓN 11. MEDIDAS EN LA ENTRADA DE LOS APARCAMIENTOS DE FÍSICA.	49
ILUSTRACIÓN 12. MEDIDAS EN CALZADA DE FÍSICA.	50
ILUSTRACIÓN 13. MEDIDAS EN LA GLORIETA DE FÍSICA.	51
ILUSTRACIÓN 14. ARQUETA Y BASE DE LUMINARIA DE FÍSICA.	60
ILUSTRACIÓN 15. CALCULADORA DE UTILANCIA.	64

## ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. TEMPERATURA DEL COLOR. ....	5
TABLA 2. IRC SEGÚN LÁMPARA UTILIZADA. ....	5
TABLA 3. PROPIEDADES DE LAS LÁMPARAS INCANDESCENTES NO HALÓGENAS.....	10
TABLA 4. EFICACIA DE LAS LÁMPARAS DE DESCARGA. ....	12
TABLA 5. DURACIÓN DE LAS FUENTES DE DESCARGA .....	13
TABLA 6. CLASIFICACIÓN CIE SEGÚN LA DISTRIBUCIÓN DE LUZ. ....	18
TABLA 7. CLASIFICACIÓN SEGÚN LA PROTECCIÓN MECÁNICA IP.....	18
TABLA 8. CLASIFICACIÓN SEGÚN LA PROTECCIÓN ELÉCTRICA DE LAS LUMINARIAS. ....	19
TABLA 9. EFICIENCIA ENERGÉTICA MÍNIMA QUE ALCANZAR. ....	33
TABLA 10. CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DE UNA INSTALACIÓN. ....	34
TABLA 11. CLASIFICACIÓN DE LAS VÍAS CON RELACIÓN A LA VELOCIDAD.....	34
TABLA 12. SITUACIÓN Y CLASE DE ALUMBRADO DE LA INSTALACIÓN ACTUAL. ....	35
TABLA 13. CLASIFICACIÓN DE UNA ZONA POR SU ACTIVIDAD LUMINOSA. ....	37
TABLA 14. LÍMITE DEL FLUJO HEMISFÉRICO SUPERIOR DE LA ZONA INSTALADA.....	37
TABLA 15. VALORES MÍNIMOS DE RENDIMIENTO PARA ALUMBRADOS EXTERIORES. ....	38
TABLA 16. FACTORES DE DEPRECIACIÓN DEL FLUJO LUMINOSO DE LAS LÁMPARAS (FDFL). ...	40
TABLA 17. FACTORES DE SUPERVIVENCIA DE LAS LÁMPARAS (FSL).....	41
TABLA 18. FACTORES DE DEPRECIACIÓN DE LAS LUMINARIAS (FDLU).....	41
TABLA 19. CARACTERÍSTICAS DEL APARCAMIENTO DE INFORMÁTICA.....	44
TABLA 20. CARACTERÍSTICAS DEL APARCAMIENTO DE FÍSICA Y MATEMÁTICAS. ....	44
TABLA 21. CARACTERÍSTICAS DEL APARCAMIENTO DE BIOLOGÍA. ....	45
TABLA 22. GASTO ENERGÉTICO Y ECONÓMICO DEL ALUMBRADO ACTUAL. ....	46
TABLA 23. MEDICIONES OBTENIDAS EN APARCAMIENTO INFORMÁTICA 1. ....	48
TABLA 24. MEDICIONES OBTENIDAS EN APARCAMIENTO INFORMÁTICA 2. ....	49
TABLA 25. MEDICIONES OBTENIDAS EN LA ENTRADA DEL APARCAMIENTO DE FÍSICA. ....	50
TABLA 26. MEDIDAS OBTENIDAS EN LA CALZADA DE LOS APARCAMIENTOS DE FÍSICA. ....	50
TABLA 27. MEDIDAS OBTENIDAS EN LA GLORIETA DE LOS APARCAMIENTOS DE FÍSICA. ....	51
TABLA 28. MEDIDAS PARA LUMINARIA MODELO DE LOS APARCAMIENTOS DE BIOLOGÍA.....	52
TABLA 29. MEDIDAS OBTENIDAS A PARTIR DE DIALUX .....	53
TABLA 30. COMPARATIVA ENTRE RESULTADOS DE DIALUX Y LIGHTMETER. ....	54
TABLA 31. COMPROBACIÓN DE LOS RESULTADOS LUMINOTÉCNICOS DE INFORMÁTICA. ....	56
TABLA 32. COMPROBACIÓN DE LOS RESULTADOS LUMINOTÉCNICOS DE FÍSICA Y MATEMÁTICAS. ....	57
TABLA 33. COMPROBACIÓN DE LOS RESULTADOS LUMINOTÉCNICOS DE BIOLOGÍA.....	58

TABLA 34. RESULTADOS LUMÍNICOS EN COMPARATIVA CON EL IAC. ....	65
TABLA 35. CARACTERÍSTICAS DEL ALUMBRADO PROPUESTO. ....	68
TABLA 36. COMPROBACIÓN DE LOS RESULTADOS LUMINOTÉCNICOS DE FÍSICA. ....	70
TABLA 37. COMPROBACIÓN DE LOS RESULTADOS LUMINOTÉCNICOS DE BIOLOGÍA. ....	71
TABLA 38. RESULTADOS LUMINOTÉCNICOS EN COMPARATIVA CON IAC. ....	73
TABLA 39. COMPARATIVA ENERGÉTICA Y ECONÓMICA DE LA INSTALACIÓN ACTUAL Y PROPUESTA. ....	75
TABLA 40. COMPARATIVA DEL GASTO ECONÓMICO QUE SUPONE CADA INSTALACIÓN. ....	76
TABLA 41. PRESUPUESTO DE LAS INSTALACIONES ALTERNATIVAS. ....	81

## ÍNDICE DE ANEXOS

12.2. Anexos de Dialux para alumbrado actual de Informática. . . . .	pág. 110
12.3. Anexos de Dialux para alumbrado actual de Física. . . . .	pág. 120
12.4. Anexos de Dialux para alumbrado actual de Biología . . . . .	pág. 129
12.5. Anexos de Dialux para alumbrado propuesto de Física. . . . .	pág. 138
12.6. Anexos de Dialux para alumbrado propuesto de Biología. . . . .	pág. 148
12.7. Anexos columna Castilla propuesta para instalación. . . . .	pág. 157
12.8. Anexos para controlador OwLet IoT para control de niveles de alumbrado. . . . .	
. . . . .	pág. 160
12.9. Anexos presupuestos cedidos por la empresa Schréder. . . . .	pág. 165

## Resumen

La importancia del ahorro y la eficiencia energética en Canarias es de vital importancia para la subsistencia de su ecosistema y sociedad. Es por ello por lo que, el estudio de la luminotecnia cobra especial importancia de cara a un desarrollo energético sostenible y eficaz pues supone un considerable porcentaje del gasto de la energía. De este modo, nuestro objetivo en este trabajo es realizar un estudio previo de las condiciones luminotécnicas y energéticas del sistema de alumbrado actual que afecta a las instalaciones del Campus de Anchieta, concretamente a los aparcamientos de Física, Informática y Biología. Para este análisis cuantitativo y cualitativo de la energía nos centraremos en medir variables como la superficie, iluminancia, deslumbramientos, tipos y características de las luminarias utilizadas y uniformidades. Una vez conseguidos estos resultados pasaremos a evaluar los establecimientos mediante calificaciones energéticas, eficiencias y comparativas con respecto a la normativa vigente que dicta la legislación. A posteriori y una vez conocidos los parámetros anteriormente citados, procederemos a valorar las instalaciones actuales y en caso de que sus parámetros no cumplan con la normativa o se excedan en el gasto energético, intentaremos delinear una propuesta alternativa de alumbrado más eficiente, basándonos en cumplir los requisitos lumínicos que estipula la normativa.

**Palabras clave:** Luminotecnia, Iluminancia, Eficiencia, Deslumbramientos, Uniformidades, Sostenible y Luminarias.

## Abstract

The importance of savings and energetic efficiency in the Canary Islands is of paramount importance for the subsistence of its ecosystem and society. For this reason, the study of lighting technology is particularly important for sustainable and efficient energy development, because it supposes a considerable percentage of energy expenditure. On this basis, our objective in this work is to carry out a previous study of the lighting and energy conditions of the current lighting system that affects the installations of the Anchieta Campus, specifically the Physics, Computer Science and Biology parkings. For this quantitative and qualitative energy analysis we will focus on measuring variables such as surface, illuminance, glare, types and characteristics of luminaires used and uniformity. Once these results have been achieved, we will evaluate the establishments by energy ratings, efficiencies and comparisons with the current legislation in effect. A posteriori and once the parameters mentioned previously are known, we will proceed to evaluate the current installations and in the event that their parameters do not comply with the regulations or exceed the energy consumption, we will try to design an alternative proposal for more efficient lighting, which shall comply with the lighting requirements stipulated in the legislation.

**Keywords:** Lighting, Illumination, Efficiency, Uniformities, Sustainable, Glare and Luminaires.

# Capítulo 1

---

## 1. Introducción

El campo de estudio del presente Trabajo de Fin de Grado (TFG) está enfocado al análisis luminotécnico de las instalaciones de alumbrado exterior y las características normalizadas a las que se deben de regir. De esta manera, se fijan una serie de parámetros máximos y mínimos que serán de importancia primordial para el cumplimiento de aspectos como la seguridad, eficiencia, contaminación y sostenibilidad de la instalación y su entorno.

Cuando analizamos la importancia de la eficiencia energética nos damos cuenta de que en pocas palabras significa “conseguir mucho con poco”, pues es la manera de conseguir el máximo beneficio utilizando la menor cantidad de recursos posibles. De esta forma, entendemos que la eficiencia energética es un pilar de vital importancia para fomentar el desarrollo de un mundo sostenible, pues el objetivo es facilitar que toda la humanidad disfrute de unas condiciones de vida dignas y saludables, sacándole el mayor provecho posible a la energía.

En la actualidad, la investigación científica en el campo de la energía se ha convertido en uno de los pilares de la ciencia y de las sociedades modernas. El problema de la contaminación, el agotamiento de los recursos naturales y el afán por desarrollar nuevas fuentes de energía ha desembocado en el surgimiento de numerosas empresas e instituciones que persiguen acabar con el derroche energético, así como también abastecer a un mundo que crece a pasos agigantados. La creciente demanda de electricidad y el detrimento e impacto que tiene la quema de combustibles fósiles en el medio ambiente ha dado lugar a una búsqueda desenfadada de alternativas que sean menos perjudiciales para la naturaleza, y que al mismo tiempo intenten abastecer la demanda energética.

Asimismo, en las últimas décadas se ha producido un cambio progresivo con respecto a las tendencias en el ámbito de la luminotecnia, pues la continua mejora de la

industria luminotécnica y su afán por perfeccionar características tales como el rendimiento y la estabilidad de las lámparas ha dado lugar, por mencionar algunos ejemplos, a la eliminación de las bombillas incandescentes - debido a su baja eficiencia energética - y la incorporación de las ecológicas y económicas lámparas LED.

Es por ello por lo que diversas empresas, organismos e instituciones, públicas y privadas, han invertido un gran capital económico y académico destinado a la indagación y estudio del campo de la luminotecnia de sus recintos. De esta manera, en un detallado análisis de la eficiencia energética y económica para la ULL se ha pretendido reflejar en el marco de la asignatura de TFG, las modificaciones oportunas para dar lugar a esta mejora luminotécnica en los aparcamientos correspondientes al Campus Padre Anchieta.

## 1.1. Objetivos

Este estudio se centrará, como ya se ha mencionado anteriormente, en recintos pertenecientes a la ULL. Para el desarrollo de este proyecto contamos con tres establecimientos de aparcamientos al aire libre situados en las Facultades de Física y Matemáticas, Informática y Biología. Podemos describir los aparcamientos de Física y Biología como los que mayor antigüedad presentan en lo que refiere a instalación de lámparas y luminarias. Por otro lado, la facultad de Informática cuenta con instalaciones más actuales y modernas, lo que ha resultado en un ambiente de buena visibilidad, donde aparcar un vehículo se puede realizar de una manera más agradable y tranquila.

Para alcanzar el objetivo principal, que será una iluminación confortable y segura, se ha de pasar antes por una serie de estudios y observaciones que se enuncian a continuación.

*El análisis constará de tres partes: en primer lugar, se estudiarán los tipos y características de las luminarias y lámparas actuales; seguidamente, se estudiarán las normas que puedan influir en esta instalación y se llevará a cabo una comparativa de la iluminación actual respecto a los parámetros normalizados que dictan las normativas enunciadas; y en tercer lugar, se realizará una delineación de la calificación energética de la instalación.*

*Por último, se desarrollará una propuesta alternativa para renovar y modernizar la iluminación de aquellos aparcamientos que sean ambiguos o no cumplan con la normativa, corrigiendo valores importantes como la eficiencia, uniformidad e iluminancia.*

## 1.2. Glosario de términos

- [1] Luz y radiación:

La radiación es un campo electromagnético variante que propaga energía través de un espacio, tal que tiene un amplio margen de longitudes de onda que van desde los que más energía tienen ( $10^{-12}$  m) hasta los que menos energía tienen ( $10^2$  m). Entre este espectro de ondas, se encuentra un pequeño rango reservado para la luz visible que es capaz de captar el ser humano, y va desde 360 hasta 830 nanómetros.

- Flujo luminoso:

Se define como la radiación emitida por una fuente de luz en todas las direcciones y percibida por el ojo humano. Su unidad de medida es el lumen [lm].

- Intensidad luminosa:

El flujo luminoso con el que se proyecta la luz en una dirección determinada contenida en un ángulo sólido se denomina intensidad luminosa. Su unidad de medida es la candela [cd].

- Iluminancia:

Es la relación entre el flujo luminoso y una superficie determinada, indicando cuantitativamente el flujo luminoso incide en un área concreta. Su símbolo de identificación es “E” y la unidad de medida es el lux [ $\text{lm}/\text{m}^2$ ].

$$E = \frac{\Phi}{S}$$

- Luminancia:

Se define como la densidad del flujo luminoso que atraviesa o es reflejada por una superficie siguiendo una dirección determinada, también es conocida como el brillo de un objeto. Su unidad de medida es candela por metro cuadrado [cd/m<sup>2</sup>].

- Rendimiento o eficacia luminosa:

Es la relación entre iluminancia alcanzada en una superficie con respecto a la potencia consumida por la lámpara, o bien, como el flujo luminoso respecto a la potencia instalada. Su unidad de medida es el lumen por watio [lm/W].

$$\varepsilon = \frac{S \cdot E}{W} = \frac{\Phi}{W}$$

- Uniformidad media:

En nuestro caso, estudiaremos la uniformidad relacionada a la iluminancia siendo ésta la razón entre la iluminancia mínima y máxima. Se trata de un valor adimensional.

$$U = \frac{E_{mín}}{E_m}$$

- Tono de la luz:

Los tonos de luz se pueden clasificar simplíficadamente en tres clases, cada una con un espectro de luz y temperatura diferente. Por regla general, cuanto más blanca sea la luz emitida, mayor serán los grados Kelvin que produce la fuente de luz. A continuación, se muestra una tabla en la que se distinguen estos tres tipos:

Color de luz	Temperatura [ K ]	Apariencia del color
Amarillento	1800 – 2500	Cálido
Blanco cálido	2600 – 3000	
Blanco neutral	3100 – 4100	Intermedio
Blanco frío	4200 – 6000	Frío
Blanco luz del día	6100 – 6500	

Tabla 1. Temperatura del color.

- Reproducción cromática:

La reproducción cromática se define por el aspecto coloreado que muestran los objetos iluminados en comparación con el que presentan bajo una luz de referencia. La determinación de las propiedades de reproducción cromática se realiza iluminando un conjunto de ocho colores de muestra establecidos por la norma DIN 6169 con la luz de referencia y la luz que se analiza.

Una fuente de luz con  $R_a = 100$ , refleja todos los colores correctamente, y a cuanto más bajo es el índice  $R_a$ , peor es la reproducción cromática.

Lámpara	IRC
Sodio baja presión	5 – 10
Mercurio	15 – 50
Sodio alta presión	20 – 30
Fluorescente	50-70
Halogenuros metálicos	80 – 90
LED	70 – 90
Incandescente y halógenas	90 – 100

Tabla 2. IRC según lámpara utilizada.

- Vida media:

Se define como el tiempo transcurrido hasta que el 50% de las lámparas del establecimiento muestren fallos en su sistema. Es evidente que con un mayor número de encendidos/apagados la lámpara experimente una duración menor que la especificada por el fabricante.

- Vida útil:

El valor de la vida útil de una lámpara es fijado a partir de las curvas de depreciación y supervivencia. Cuando las pérdidas entre las dos curvas alcancen la suma del 20% será el momento de reponer las lámparas.

- Deslumbramiento:

El deslumbramiento es la percepción producida por áreas brillantes dentro del campo de visión y puede experimentarse como una sensación molesta y perturbadora. Es importante limitar el deslumbramiento a las personas para evitar fatigas y accidentes.

## Capítulo 2

---

## 2. Estado del arte de las lámparas

En este capítulo vamos a estudiar los elementos necesarios para iluminar espacios carentes de luz, las lámparas, y los aparatos que sirven de soporte y distribuyen adecuadamente esta luz, las luminarias.

[2] Las lámparas empleadas en alumbrado exterior deben caracterizarse por ciertas cualidades que vienen impuestas por las propias exigencias específicas de funcionamiento, siendo las dos características principales, la eficacia luminosa y la duración de la vida útil. Además de estas dos cualidades esenciales deben considerarse otros parámetros de menor importancia para las instalaciones de alumbrado exterior como son la temperatura del color y el rendimiento de este.

Los tipos de lámparas utilizadas en instalaciones de alumbrado público son las siguientes en orden de aparición en el mercado:

### 2.1. Lámparas incandescentes

[3] Las lámparas incandescentes fueron la primera forma de generar luz a partir de la energía eléctrica. El principio de funcionamiento de estas lámparas se basa en una corriente eléctrica que atraviesa un filamento hasta alcanzar una temperatura muy alta que emite radiaciones visibles por el ojo humano. Mientras más alta sea la temperatura mayor será la energía emitida.



Ilustración 1. Balance energético de una lámpara incandescente [4].

### 2.1.1. Características:

- Los rendimientos de este tipo de lámparas son bajos, debido a que la mayor parte de la energía consumida se convierte en pérdidas de calor, como aparece en la figura 1.
- La luz emitida contiene todas las longitudes de onda que forman la luz visible, de esta manera está garantizada una buena reproducción de los colores.
- La duración de una lámpara viene determinada básicamente por la temperatura de trabajo del filamento. A mayor temperatura, mayor velocidad de evaporación del material que forma el filamento.

### 2.1.2. Partes de una lámpara:

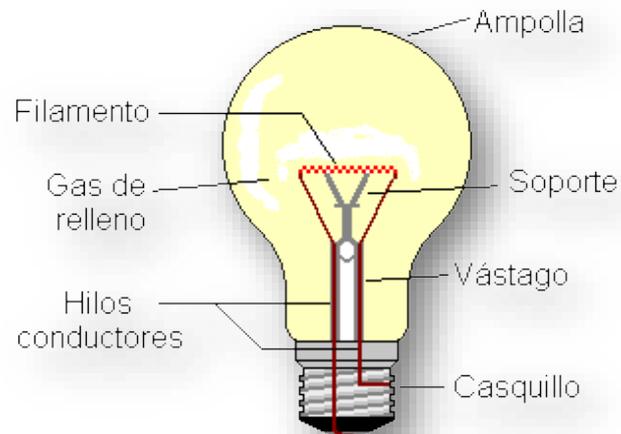


Ilustración 2. Partes de una lámpara incandescente [5].

### 2.1.3. Factores que influyen en el deterioro:

Las causas habituales del desgaste de este tipo de lámparas son entre; la temperatura del entorno donde esté situada la lámpara, la desviación en la tensión nominal de los bornes y el deterioro de los materiales que la componen.

#### 2.1.4. **Tipos de lámparas:**

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

➤ **Lámparas no halógenas:**

Dentro de este tipo podemos distinguir las que se han rellenado de un gas noble de aquellas en las que se ha hecho el vacío en su interior.

	Gas inerte	Vacío
Temperatura filamento (°C)	2500	2100
Eficacia luminosa (lm/W)	10-20	7.5-11
Duración (horas)	1000	1000
Pérdidas por calor	Convección y radiación	Radiación

Tabla 3. Propiedades de las lámparas incandescentes no halógenas.

➤ **Lámparas halógenas:**

El principio de estas lámparas se fundamenta en agregar una pequeña cantidad de compuesto gaseoso (cloro, bromo o yodo) al gas de relleno de la lámpara, con esto se consigue formar un ciclo de regeneración que evitaría el ennegrecimiento de la lámpara. No obstante, para que esta reacción se cumpla es necesario que la lámpara esté fabricada de un cristal especial que permita funcionar a la fuente a temperaturas elevadas. Tienen una eficacia luminosa de 22 lm/W, con una amplia gama de potencias de trabajo que va desde 150 – 200 W según al uso que estén destinadas, y su duración va desde 2000 hasta 4000 horas.

## 2.2. Lámparas de descarga

En este tipo de lámparas la luz se alcanza por medio de excitación de un gas sometido a descargas eléctricas entre dos electrodos. De este modo, podemos diferenciar las distintas lámparas de descarga según el gas y la presión a la que se encuentren sometidos en el interior de esta luminaria, obteniendo de esta forma diversas características luminotécnicas para cada una. Cabe destacar que las lámparas de descarga son un método alternativo para generar luz de manera más eficiente y económica en comparación con las lámparas incandescentes anteriormente explicadas.

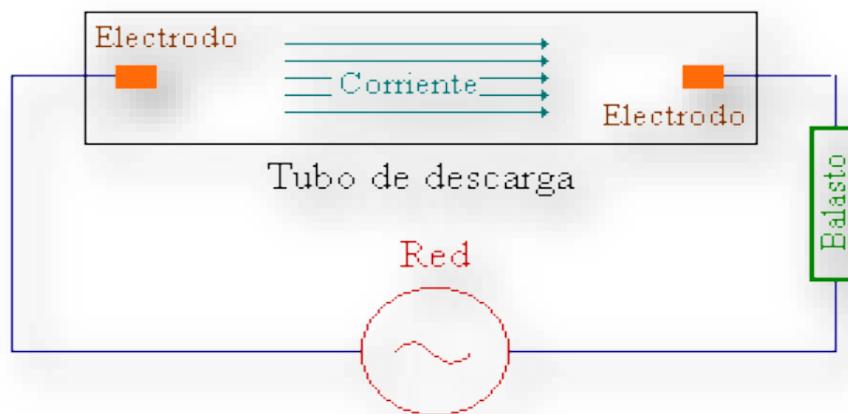


Ilustración 3. Esquema de una lámpara de descarga [7].

### 2.2.1. Características:

- La eficacia de estas lámparas depende tanto de la fuente de luz como de sus elementos auxiliares, y sus pérdidas normalmente son por efecto Joule o por radiaciones no visibles.
- La discontinuidad del espectro de luz y sus estrechas longitudes de onda hacen que sus reproducciones cromáticas sean escasas en comparación con otros tipos de lámparas.
- Requieren de la presencia de elementos auxiliares, cebadores y balastos, para su correcto funcionamiento.

### 2.2.2. **Eficiencias:**

Tabla de eficiencias de los distintos tipos de fuentes sin uso de balasto.

Tipo Lámpara	Eficacia sin balasto (lm/W)
Mercurio baja presión	39 – 91
Luz de mezcla	19 – 28
Mercurio a alta presión	40 – 63
Halogenuros metálicos	75 – 95
Sodio a baja presión	100 – 183
Sodio a alta presión	70 – 130

Tabla 4. Eficacia de las lámparas de descarga.

### 2.2.3. **Soluciones cromáticas:**

Existen varios métodos para solucionar la problemática con el tono de color de luz, entre ellos destacamos:

- Las lámparas de luz de mezcla.
- El aumento de la presión del gas, consiguiendo mayor anchura de las líneas del espectro.
- Añadir sustancias fluorescentes o fosforescentes a las paredes del tubo aprovechando así las peligrosas radiaciones ultravioletas como radiaciones visibles.

#### 2.2.4. **Características de duración:**

Hay dos aspectos básicos que afectan a la duración de las lámparas.

- *Depreciación del flujo:* Es producido por el ennegrecimiento de la superficie del tubo, y en aquellas lámparas que usan sustancias fluorescentes, otro factor es la pérdida progresiva de la eficacia de estas sustancias.
- *Deterioro del componente:* Debido al uso continuo de estas lámparas sus componentes sufren una degradación que se debe tener en cuenta para prevenir los riesgos que puedan ocurrir, entre estos componentes destacamos los electrodos, por el agotamiento del material que los recubre y el cambio de la composición del gas, sobre todo en aquellas lámparas de alta presión pues existe mayor probabilidad de que provoque una fuga.

A continuación, adjuntamos una tabla de referencia donde se pueden analizar las duraciones de cada tipo de lámpara:

Tipo Lámpara	Vida promedio(h)	Vida útil (h)
Fluorescentes	5.000	4.000
Luz de mezcla	9.000	6.000
Mercurio a alta presión	5.000	4.500
Halogenuros metálicos	11.000	20.000
Sodio a baja presión	12.000	16.000
Sodio a alta presión	15.000	24.000
LED	35.000	>50.000

Tabla 5. Duración de las fuentes de descarga

#### 2.2.5. **Factores externos que influyen en el deterioro:**

Los factores externos que más influyen en la duración de la vida de la lámpara son la temperatura y presión del ambiente, así como el número de encendidos y apagados.

## 2.3. Lámparas LED

[7] El diodo emisor de luz es un generador de luz compuesto por materiales semiconductores de dos extremos de potencial eléctrico. Se caracteriza por una unión P-N que produce luz cuando está excitado. De este modo, si sus terminales están a la diferencia de potencial necesaria para su funcionamiento, encontraremos que los electrones se combinan con los huecos liberando energía en forma de fotones, este efecto se conoce como electroluminiscencia y el color de luz que irradia depende de la energía aplicada en el electrodo fuente, así como de la anchura de banda del semiconductor.

### 2.3.1. Componentes LED:

- Chip: Es el material semiconductor capaz de generar luz una vez aplicada corriente eléctrica. En la siguiente figura podemos ver desglosado los elementos que lo forman.

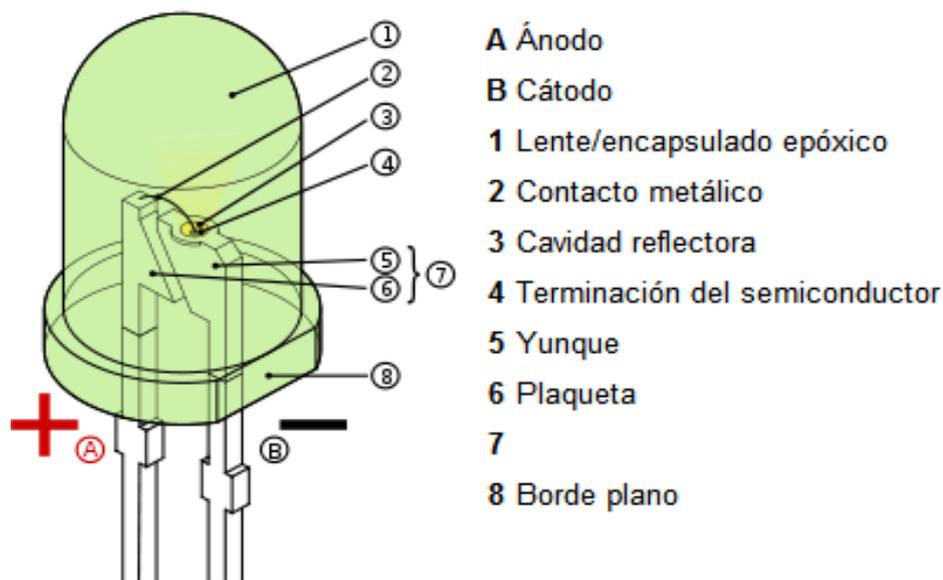


Ilustración 4. Elementos que componen un LED. [8]

- Driver: El driver o controlador es un rectificador de onda que hace transformar la corriente alterna (AC) en corriente continua (DC), también estabiliza la tensión eléctrica proveniente de la red para adaptarla al funcionamiento de los LED, consiguiendo gracias a este dispositivo, diodos seguros y eficientes. Además, también es el encargado de que estas fuentes de luz no se sobrecalienten por efecto Joule.

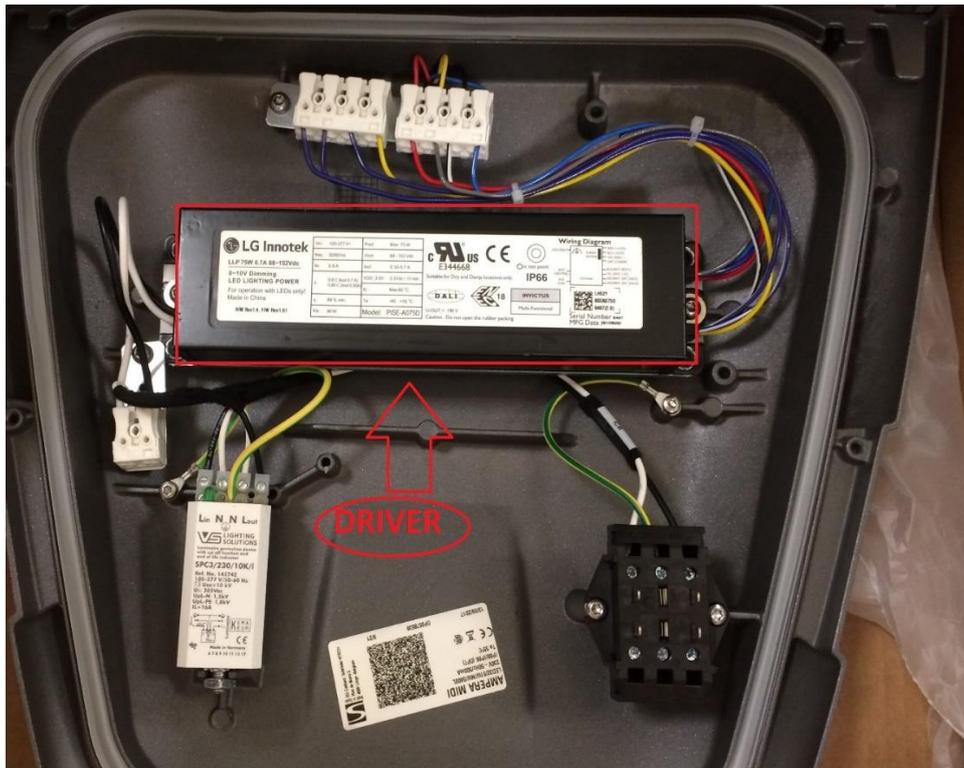


Ilustración 5. Driver de luminaria Schröder Ampera MIDI

- Placa base: Es el elemento que sirve para sostener todas las conexiones de los componentes. Dependiendo de las temperaturas que tenga que soportar estará fabricado de diferentes compuestos como Aluminio o Cobre, así como de varias capas.
- Gestión térmica: Este es uno de los componentes más importantes de la luminaria, pues de él dependerá en gran parte la duración, el funcionamiento y la calidad de iluminación. Hay que destacar que los LED no emiten calor apreciable, pero el controlador, así como los elementos eléctricos adyacentes si

lo hacen. Por este motivo, es necesario ventilar el interior de esta luminaria utilizando materiales ligeros y disipadores de calor.

### 2.3.2. **Características LED:**

- Son normalmente pequeños (menos de 1 mm<sup>2</sup>) y la vida promedio es superior a 50.000 horas.
- Son muy eficientes consiguiendo un ahorro energético mínimo del 50% en comparación a las anteriores lámparas estudiadas.
- No emplean gases para su funcionamiento.
- Costes reducidos de mantenimiento.
- Buena resistencia a las vibraciones y bajas emisiones de calor.
- La influencia del calor y las variaciones de corriente pueden aumentar o disminuir el tiempo de vida de estas lámparas de manera muy relevante.
- Requieren de ventilación de aire fresco pues en caso contrario se sobrecalentarían rápidamente, reduciendo su vida útil o produciendo fallos instantáneos.
- Precisan de un rango de corrientes eléctricas muy concreto.
- La frecuencia de la luz es muy azul por lo que pueden ser dañinos para la sensibilidad del ojo humano.

## 2.4. Luminarias

[9] [10] Las luminarias son dispositivos empleados para el soporte y conexión a la red eléctrica de las lámparas. Dependiendo del tipo de luminaria que se utilice afectará de una manera u otra al tipo de iluminación, así pues, para diferenciar sus funciones nos centramos en una serie de propiedades mecánicas, ópticas y eléctricas. De esta manera, dependiendo del establecimiento y el uso al que se le quiera dar la luminaria utilizaremos unas u otras, siempre y cuando cumplan con la normativa correspondiente a ese lugar de trabajo.

Con estas definiciones entendemos que la luminaria es la encargada de la protección y el control de la lámpara, así como de la distribución de la luz generada por la misma. Teniendo como objetivo final la iluminación segura y eficiente. Otro requisito que se pide cumplir a las luminarias es que deben ser de fácil instalación y mantenimiento.

### 2.4.1. Componentes de una luminaria:

- Carcasa o armadura para la protección ante impactos.
- Equipo eléctrico para el suministro de energía de la lámpara.
- Reflector, refractor, difusor y filtros cuyas funciones son distribuir uniformemente la luz o enfocar en la dirección deseada, también sirven para evitar deslumbramientos y mejorar las eficiencias lumínicas de las lámparas.

### 2.4.2. Clasificación según la óptica:

Una manera de clasificar las luminarias es analizando las direcciones y sentidos del flujo luminoso emitido, mediante porcentajes que indican la inclinación de la luminaria respecto al plano horizontal de la carretera. Es decir, los tipos de luminaria se pueden analizar dependiendo de la distribución de luz que ilumine la acera o la calzada, como se distingue en la siguiente tabla de clases:

Tipos	Iluminación acera	Iluminación calzada
Directa	0 – 10 %	90 – 100 %
Semi – Directa	10 – 40 %	60 – 90 %
General difuso	40 – 60 %	40 – 60 %
Directa – Indirecta	40 – 60 %	40 – 60 %
Semi – indirecta	60 – 90 %	10 – 40 %
Indirecta	90 – 100 %	0 – 10 %

Tabla 6. Clasificación CIE según la distribución de luz.

2.4.3. **Clasificación según la protección mecánica:**

El segundo método para clasificar las luminarias es el grado de protección contra polvos, líquidos y golpes. Estas definiciones para la protección están normalizadas por normativas nacionales e internacionales como, por ejemplo, la norma internacional UNE-EN 60529. Se denominan por las siglas IP seguidas de dos dígitos que se explican en la siguiente figura:

PRIMER DIGITO		SEGUNDO DIGITO
Sin protección	0	Sin protección
Protección ante objetos con diámetro superior a 50 mm	1	Protección ante goteo vertical
Protección ante objetos con diámetro superior a 12 mm	2	Protección ante goteo con inclinación de 15 °
Protección ante objetos con diámetro superior a 2,5 mm	3	Protección ante pulverización
Protección ante objetos con diámetro superior a 1 mm	4	Protección ante salpicaduras
Protección ante el polvo	5	Protección ante chorros de agua
Totalmente aislado al polvo	6	Protección ante chorros continuos de agua
-	7	Protección ante inmersiones temporales
-	8	Protección ante inmersiones totales

Tabla 7. Clasificación según la protección mecánica IP.

#### 2.4.4. **Clasificación según la protección eléctrica:**

El último método de clasificación es través del grado de protección eléctrica que presentan las luminarias. Éste se divide en cuatro clases como se refleja en la siguiente tabla:

Clase	Protección eléctrica
0	Aislamiento normal sin toma de tierra
I	Aislamiento normal y toma de tierra
II	Doble aislamiento sin toma de tierra
III	Luminarias para conectar a circuitos de muy baja tensión

Tabla 8. Clasificación según la protección eléctrica de las luminarias.

## 2.5. Sistemas de accionamiento.

[11] Estos sistemas de accionamiento y control deben asegurar que las instalaciones de alumbrado exterior se enciendan y apaguen con precisión a las horas previstas cuando la luminosidad del ambiente lo requiera, teniendo como objetivo principal la iluminación segura y el ahorro energético.

Dentro de los diferentes tipos de sistemas de accionamiento y control de alumbrado vamos a centrarnos en nombrar y describir los siguientes tres:

### 2.5.1. **Fotocélulas:**

Estos dispositivos detectores de luz solar sirven para accionar el alumbrado automáticamente desde el momento en que cae la luz solar hasta cierto valor de iluminancia, y del mismo modo, apagan las luminarias una vez sale el sol y alcanza este valor lumínico predeterminado. Estos sistemas de accionamiento están habilitados según la ITC-EA-06 solamente para instalaciones de potencia igual o inferior a 5 kW.

➤ Ventajas:

- + Bajo coste económico en comparación con los siguientes tipos.
- + Fácil instalación y configuración.
- + Mantenimiento sencillo.
- + Funcionamiento autónomo.

➤ Desventajas:

- No permite la programación y el control de la iluminación para días u horarios especiales.
- Encendidos aleatorios y vulnerable al vandalismo.
- Depende de factores climáticos estables, como la contaminación y ubicación.

Este sistema de accionamiento no ha sido empleado por la Universidad de La Laguna en el alumbrado del Campus Anchieta.

### 2.5.2. Reloj Astronómico:

Este controlador electrónico es un interruptor automático que viene integrado y sincronizado con un reloj astronómico GPS en el cuadro de alumbrado, de este modo, se controlan los encendidos y apagados de la luz en base al horario y la ubicación de la instalación, es decir, en función de la posición del Sol con respecto a la Tierra (verano, invierno) y con respecto a la ubicación (día y noche).



Ilustración 6. Ejemplo de reloj astronómico. [12]

➤ Ventajas:

- + Control horario del encendido y apagado.
- + Centralización de los puntos de luz.
- + Óptima gestión de costes de mantenimiento.
- + Fácil acceso y mantenimiento.
- + Alto nivel de ahorro energético.

- + Programación por rango de fechas.

➤ Desventajas:

- Importante inversión inicial.
- Suele haber problemas cuando las condiciones climáticas son adversas y se necesita de iluminación en horas del día.

### 2.5.3. **Sistemas de control centralizado:**

Este método es una forma de controlar cada punto de luz de forma independiente al que le acompaña, de este modo, se puede decir que cada punto de luz es una instalación diferente que se puede apagar, encender o reducir lumínicamente independientemente de las que la rodean. Este sistema puede incorporar un reloj astronómico o puede ser manipulado por un usuario vía telemática.

➤ Ventajas:

- + Configuración y supervisión mediante interfaz web.
- + A largo plazo supone un gran ahorro económico y energético.
- + Grandes cantidades de datos para estudiar y gestionar.
- + Control y mando de cada punto de luz de manera instantánea.

➤ Desventajas:

- Inversión inicial muy elevada.
- Mantenimiento periódico y costoso para casos de muchos encendidos y apagados.

Finalmente, podemos concluir que estos dispositivos electrónicos son un elemento primordial para obtener una mejor eficiencia en la instalación tal que se puedan controlar y manipular variables como:

- Consumo energético anual.
- Medidas y valoraciones de las potencias activas y reactivas consumidas.
- Niveles lumínicos medios y su manejo con respecto a la demanda.
- Tiempos de encendido y apagado.

## Capítulo 3

---

### 3. Legislación y Normativas

[20] Las instalaciones de alumbrado exterior se encuentran sometidas a las siguientes Legislaciones que se deben tener en cuenta para este proyecto:

1. Directiva de Baja Tensión 2006/95/CEE. Relativa a la aproximación de las Legislaciones de los estados miembros sobre el material eléctrico destinado a utilizarse con límites de tensión específicos.
2. Directiva de Compatibilidad Electromagnética 2004/108/CEE. Relativa a la aproximación de las Legislaciones de los estados miembros en materia de compatibilidad electromagnética.
3. Directiva ROHS 2011/65/UE. Relativa a las restricciones a la utilización de determinadas sustancias peligrosas en aparatos eléctricos y electrónicos.
4. Directiva de Ecodiseño 2009/125/CE. Por la que se instaura un marco para el establecimiento de requisitos de diseño ecológico aplicables a los productos relacionados con la energía.
5. Reglamento N° 1194/2012 por el que se aplica la Directiva de Ecodiseño 2009/125/CE a las lámparas direccionales, lámparas LED y sus equipos.
6. Real Decreto 154/1995, de 8 de enero, sobre exigencias de seguridad del material eléctrico destinado a ser utilizado en determinados límites de tensión y su Guía de Interpretación.
7. Real Decreto 1890/2008, que se aprueba el Reglamento de Eficiencia Energética en Instalaciones de Alumbrado Exterior y sus Instrucciones Técnicas complementarias EA-01 a EA-07.

8. Real Decreto 842/2002 por el que se aprueba el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias ITC-BT-01 a ITC-BT- 51.
  9. Reglamento CE nº 245/2009, de la Comisión de 18 de marzo, por la que se aplica la Directiva 2005/32/CE del Parlamento Europeo relativo a los requisitos de diseño ecológico para lámparas, balastos y luminarias.
  10. Reglamento 874/2012 de la Comisión de 12 de julio de 2012, por el que se complementa la Directiva 2010/30/UE del Parlamento Europeo y del Consejo en lo relativo al etiquetado energético de las lámparas eléctricas y las luminarias.
  11. CIE 206:2014 por el efecto de la distribución de la energía espectral en las emisiones de luces en zonas urbanas y peatonales.
  12. Real Decreto 580/2017, de 12 de junio, por el que se aprueba el Reglamento de la Ley 21/1988, de 21 de octubre, sobre Protección de la Calidad Astronómica de los Observatorios del Instituto de Astrofísica de Canarias.
  13. Decreto 141/2009, del 10 de noviembre, por el que se regulan la autorización, conexión y mantenimiento de las instalaciones eléctricas en el ámbito de la Comunidad Autónoma de Canarias.
  14. Real Decreto 314/2006 de 17 de marzo por el que se aprueba el CÓDIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN.
  15. Real Decreto 1725/1984, de 18 de julio, por el que se modifican el Reglamento de Verificaciones Eléctricas y Regularidad en el Suministro de Energía y el modelo de póliza de abono para el suministro de energía eléctrica y las condiciones de carácter general de la misma.
- Requisitos de Seguridad:
- UNE-EN 60598-1:2015. Luminarias. Requisitos generales y ensayos.

- UNE-EN 60598-2-3:2015. Luminarias. Requisitos particulares. Luminarias de alumbrado público.
- UNE-EN 62471:2009. Seguridad fotobiológica de lámparas y aparatos que utilizan lámparas.
- UNE-EN 62504:2015/A1:2018. Iluminación general. Productos de diodos electroluminiscentes (LED) y equipos relacionados. Términos y definiciones.
- UNE-EN 60529:2018. Establecen los grados de protección IP proporcionados por las envolventes.

➤ Compatibilidad Electromagnética:

- UNE EN 61000-3-2:2014. Compatibilidad electromagnética (CEM). Parte 3-2: Límites para las emisiones de corriente armónica para equipos con corriente de entrada menor o igual a 16 A por fase.
- UNE-EN 61000-3-3:2013. Compatibilidad electromagnética (CEM). Parte 3: Límites. Sección 3: Limitación de las variaciones de tensión, fluctuaciones de tensión y flicker en las redes públicas de suministro de baja tensión para equipos con corriente de entrada menor o igual a 16 A por fase.
- UNE-EN 61547:2011. Equipos para alumbrado de uso general. Requisitos de inmunidad CEM.
- UNE-EN 55015:2013/A1:2016. Límites y métodos de medida de las características relativas a la perturbación radioeléctrica de los equipos de iluminación y similares.

➤ Componentes de las luminarias:

- UNE-EN 62031:2009/A2:2015. Módulos LED para alumbrado general. Requisitos de seguridad.

- UNE-EN 61347-2-13:2015/A1/2017. Dispositivos de control de lámpara. Parte 2-13: Requisitos particulares para dispositivos de control electrónico alimentados con corriente continua o corriente alterna para módulos LED.
- UNE-EN 60.662. que informan de las características eléctricas que deben poseer las lámparas de Vapor de Sodio a Alta Presión.
- UNE-EN 62384:2007. Dispositivos electrónicos alimentados en corriente continua o corriente alterna para módulos LED. Requisitos de funcionamiento.
- IEC 62717:2014. Módulos LED para iluminación general. Requisitos de funcionamiento.
- IEC 62722-1:2014. Características de funcionamiento de luminarias. Parte 1: Requisitos generales.
- IEC 62722-2-1:2014. Características de funcionamiento de luminarias. Parte 2: Requisitos particulares para luminarias LED.

➤ Mediciones y ensayos:

- UNE-EN 13032-1:2006/A1:2014. Luz y alumbrado. Medición y presentación de datos fotométricos de lámparas y luminarias. Parte 1: Medición y formato de fichero.
- prEN 13032-4. Luz y alumbrado. Medición y presentación de datos fotométricos. Parte 4: Lámparas LED, módulos y luminarias LED.
- CIE S025/E:2015. Método de ensayo para lámparas LED, luminarias y módulos LED.
- CIE 127-2007. Medición de los LED.

➤ Eficiencia energética:

- UNE-EN 13201:2016. Luz e Iluminación. Tiene como objetivo fijar un rango de valores de iluminación para los distintos tipos de instalaciones.
- UNE-EN 12464-2. Luz y niveles de iluminación.

## Capítulo 4

---

### 4. Emplazamiento de las instalaciones

La ubicación de las instalaciones a analizar se encuentra en la ciudad de San Cristóbal de La Laguna, Tenerife, precisamente en el Campus Anchieta de la Avenida Astrofísico Francisco Sánchez, 38296. Estas instalaciones de alumbrado exterior correspondientes a los aparcamientos de Física, Informática y Biología se encuentran a una altitud de 550 metros sobre el nivel del mar, en una zona que está caracterizada por las constantes lluvias, altas humedades y fuertes vientos. Véase en los anexos de AutoCAD, los planos de situación y emplazamiento de las instalaciones.

## Capítulo 5

---

# 5. Herramientas utilizadas para modelar el alumbrado

## 5.1. AutoCAD 2017

En este proyecto se ha empleado AutoCAD para ilustrar las tres instalaciones de aparcamientos representando aceras, calzadas, zonas habilitadas para el aparcamiento y posiciones de las luminarias. Las mediciones de los establecimientos se han realizado mediante la aplicación de Google Maps, determinando punto a punto el perímetro de cada instalación. Por otro lado, este programa de diseño también ha sido empleado para mostrar los planos de situación y emplazamiento del lugar de estudio.

## 5.2. Dialux 4.13

La metodología de uso de este programa se ha basado inicialmente en la importación de los archivos CAD para una instalación exterior, así como, la instalación de los plugin de “*Phillips Lighting*” y “*Ampera Schreder*”. El siguiente paso ha sido elegir las luminarias y lámparas que mejor se adapten a la instalación vigente de los aparcamientos, y posicionarlas adecuadamente para así obtener un modelo lo más próximo a la realidad. Una vez realizado esto y fijado el perímetro de ensayo, podemos ejecutar los cálculos y extraer el pdf con los mismos. Por último, realizamos el mismo proceso, pero en este caso eligiendo luminarias y lámparas alternativas que puedan mejorar el sistema de alumbrado y su eficiencia energética y económica.

### 5.3. LightMeter

Para las mediciones reales de la iluminancia se debió hacer uso de un luxómetro, no obstante, al no disponer de este sensor de medida se ha utilizado la herramienta LightMeter, que es una aplicación para teléfonos móviles que mide la iluminancia en un punto. Esta herramienta no es del todo precisa pues tiene una resolución de  $\pm 6$  lux y su valor inicial siempre es 15 lux. Aún teniendo en cuenta que estas propiedades no son precisas, es necesario calcular la iluminancia media en servicio y se ha estimado que se pueden alcanzar datos relevantes para el estudio luminotécnico mediante esta aplicación.

## Capítulo 6

---

# 6. Normativa de Eficiencia Energética

[14] En este apartado analizaremos la normativa que incumbe a este proyecto en lo referente a la seguridad y la eficiencia energética. De este modo, enunciaremos las Instrucciones Técnicas Complementarias de Eficiencia Energética y los valores normalizados por la norma UNE-EN 12464-2 para el tipo de instalación que nos concierne. También citaremos aspectos a tener en cuenta de la ITC-BT-09 para instalaciones de alumbrado exterior.

## 6.1. Reglamento de eficiencia energética

### 6.1.1. ITC-EA-01: Eficiencia energética

La eficiencia energética de una instalación de alumbrado exterior es la relación entre, la superficie iluminada por la iluminancia media respecto a la potencia total instalada:

$$\varepsilon = \frac{S \cdot E_m}{P}$$

- $\varepsilon$ : Eficiencia energética de instalación de alumbrado exterior(m<sup>2</sup>·lux/W)
- P: Potencia activa total instalada(W)
- S: Superficie iluminada (m<sup>2</sup>)
- E<sub>m</sub>: Iluminancia media durante el servicio (lux)

➤ Requisitos mínimos de eficiencia energética:

En nuestro caso se trata de una instalación de alumbrado vial ambiental que deberá cumplir los requisitos mínimos de eficiencia energética que se fijan a continuación:

$E_m$ (lux)	Eficiencia energética mínima ( $\epsilon$ )
>20	9
15	7.5
10	6
7.5	5
<5	3.5

Tabla 9. Eficiencia energética mínima que alcanzar.

➤ Calificación energética de las instalaciones de alumbrado:

El índice de eficiencia energética ( $I\epsilon$ ) se define como el cociente entre la eficiencia energética de la instalación ( $\epsilon$ ) y el valor de eficiencia energética de referencia ( $\epsilon_R$ ).

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

Para la interpretación de la calificación energética de la instalación de alumbrado se define una etiqueta que caracteriza el consumo de energía de la instalación mediante una escala de siete letras que va desde la A (más eficiente) hasta la G (menos eficiente). El índice utilizado para la escala de letras será el índice de consumo energético (ICE) que es igual al inverso del índice de eficiencia energética:

$$ICE = \frac{1}{I\epsilon} = \frac{\epsilon_r}{\epsilon}$$

Para diferenciar las calificaciones energéticas de las instalaciones nos fijamos en los siguientes resultados del ICE normalizados:

Calificación Energética	Índice de Consumo Energético (ICE)	Índice de Eficiencia Energética (IE)
A	$ICE < 0,91$	$IE > 1,1$
B	$0,91 \leq ICE < 1,09$	$1,1 \geq IE > 0,92$
C	$1,09 \leq ICE < 1,35$	$0,92 \geq IE > 0,74$
D	$1,35 \leq ICE < 1,79$	$0,74 \geq IE > 0,56$
E	$1,79 \leq ICE < 2,63$	$0,56 \geq IE > 0,38$
F	$2,63 \leq ICE < 5$	$0,38 \geq IE > 0,2$
G	$ICE \geq 5$	$IE \leq 0,2$

Tabla 10. Calificación energética de una instalación.

### 6.1.2. ITC-EA-02: Niveles de iluminación

El primer criterio es la clasificación de las vías con relación a la velocidad de circulación:

Clasificación	Tipo de vía	Velocidad tráfico (km/h)
A	Alta velocidad	$V > 60$
B	Moderada velocidad	$30 < V \leq 60$
C	Carriles bicicleta	-
D	Baja velocidad	$5 < V \leq 30$
E	Vías peatonales	$V \leq 5$

Tabla 11. Clasificación de las vías con relación a la velocidad.

En correlación a la anterior tabla se establecen una serie de subgrupos que determinan el tipo de vía sobre la que se va a realizar la instalación de alumbrado:

Situaciones de proyecto	Tipos de vías	Clase de Alumbrado
D1 – D2	- Áreas de aparcamiento en autopistas y autovías. - Aparcamientos en general. - Estaciones de autobuses.	CE1A/CE2 CE3/CE4

Tabla 12. Situación y clase de alumbrado de la instalación actual.

Por ello, a partir de la situación del proyecto y la clase de alumbrado, se definen los niveles mínimos de iluminancia media y uniformidad que se reflejan en la siguiente tabla:

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

Ilustración 7. Niveles de iluminación según las clases de alumbrado.

Para el caso de nuestra instalación será una clase de alumbrado CE4. [25] Sin embargo, si nos fijamos en la tabla 5.9 de la norma UNE-EN 12464-2 de iluminación para zonas de trabajo exteriores, vemos que nos indica que el valor mínimo de uniformidad media para áreas de aparcamiento de tráfico medio es de 0,25 y no de 0,4 como indica la presente ITC.

Nº ref.	Tipo de área, tarea o actividad	$\bar{E}_m$ lux	$U_o$ -	$GR_L$ -	$R_s$ -	Observaciones
5.9.1	Tráfico ligero, por ejemplo, áreas de aparcamiento de tiendas, casas adosadas y edificios de apartamentos; parques de bicicletas	5	0,25	55	20	
5.9.2	Tráfico medio, por ejemplo, áreas de aparcamiento de almacenes comerciales, edificios de oficinas, plantas, complejos deportivos y multiusos	10	0,25	50	20	
5.9.3	Tráfico pesado, por ejemplo, áreas de aparcamiento de escuelas, iglesias, centros comerciales importantes, complejos deportivos y multiusos importantes	20	0,25	50	20	

Ilustración 8. Niveles de iluminación según la norma UNE EN 12464-2.

Por ende, para este proyecto nos basaremos en cumplir los requisitos mínimos requeridos por esta norma UNE.

➤ Niveles de iluminación nocturna:

*Con la finalidad de ahorrar energía y tener una segura iluminación, se procederá a disminuir el resplandor luminoso nocturno y la luz molesta a ciertas horas de la noche, siempre y cuando la potencia instalada sea superior a 5 kW y no afecte a las características del funcionamiento de la instalación.*

6.1.3. **ITC-EA-03: Resplandor luminoso nocturno**

El resplandor luminoso nocturno es la luminosidad producida en el cielo por la difusión y reflexión de la luz en los gases, aerosoles y partículas en suspensión de la atmosfera, procedente entre otros, de las instalaciones de alumbrado exterior, bien por emisión directa o porque ha sido reflejado por las superficies iluminadas. En la siguiente tabla se clasifican las diferentes zonas en función de su protección contra la contaminación luminosa:

Clasificación de zonas	Descripción
E1	Áreas con entornos o paisajes oscuros (Observatorios astronómicos, parques nacionales, etc)
E2	Áreas de brillo o luminosidad baja (Zonas rurales, poca iluminación)
E3	Áreas de brillo o luminosidad media (Zonas residenciales)
E4	Áreas de brillo o luminosidad alta (Zonas de elevada actividad nocturna)

Tabla 13. Clasificación de una zona por su actividad luminosa.

La luminosidad del cielo producida por el alumbrado exterior depende del flujo hemisférico superior instalado y es directamente proporcional a la superficie iluminada y a su nivel de iluminancia, e inversamente proporcional a los factores de utilización y mantenimiento de la instalación.

El flujo hemisférico superior instalado FHS en cada zona no deben superar los límites establecidos por la siguiente tabla:

Clasificación de zonas	Flujo hemisférico superior instalado FHS <sub>Inst</sub>
E1	< 1%
E2	< 5%
E3	< 15%
E4	< 25%

Tabla 14. Límite del flujo hemisférico superior de la zona instalada.

6.1.4. **ITC-EA-04: Componentes de las instalaciones.**

Como enuncia esta ITC, las lámparas utilizadas en instalaciones de alumbrado exterior tendrán una eficiencia mínima de 65 lum/W para alumbrados vial, específico y ornamental.

Las luminarias que se instalen en los emplazamientos de alumbrado, excepto las de alumbrado festivo y navideño, deberán cumplir con los requisitos de la siguiente tabla respecto los valores de rendimiento y factor de utilización.

Parámetros	Alumbrado vial		Resto alumbrados	
	Funcional	Ambiental	Proyectores	Luminarias
Rendimiento	> 65%	> 55%	> 55%	> 60%
Factor de utilización	(1)	(1)	> 0,25	> 0,3

Tabla 15. Valores mínimos de rendimiento para alumbrados exteriores.

- (1) Alcanzarán los valores que permitan cumplir los requisitos mínimos de eficiencia energética establecidas en la ITC-EA-01.

Para la elección de las luminarias en el alumbrado vial ambiental se aconseja considerar los siguientes criterios:

- *Calidades estéticas que permitan su integración en el emplazamiento.*
- *Prestaciones mecánicas que permitan un mantenimiento adecuado y resistencia a golpes y corrosión, preferiblemente se aconseja protección IP 65.*
- *Características fotométricas y limitación de deslumbramiento, con un flujo hemisférico superior instalado controlado, que limite el resplandor luminoso nocturno y reduzca la luz molesta.*

Por otra parte, en la tabla 2 de la presente ITC se expresa la potencia eléctrica máxima que puede consumir el conjunto del equipo auxiliar junto a la lámpara de descarga, el cual se ajusta a los valores admitidos por el Real Decreto 838/2002.

- Para las instalaciones de los aparcamientos de Física y Biología contamos con unas lámparas VSAP de potencia nominal 150 W. Por ello y según los valores estipulados en esta tabla, el valor máximo de la potencia en su conjunto será de 171 W.

#### 6.1.5. **ITC-EA-05: Verificaciones e inspecciones.**

Al contar con tres instalaciones de potencia total inferior a 5 kW, el método de verificaciones e inspecciones de las instalaciones de alumbrado exterior deberá cumplir si queremos realizar una instalación segura y prolongada los siguientes procesos:

- Una verificación inicial previa a su funcionamiento.
- Una verificación cada 5 años para controlar el correcto funcionamiento de estas instalaciones inferiores a 5 kW.

Éstas inspecciones o verificaciones, dependiendo del tipo de instalación que se quiera implementar tendrán en cuenta las siguientes mediciones:

- Análisis de la desviación de la potencia consumida respecto a la nominal.
- Iluminancia media de la instalación.
- Uniformidad de la instalación.
- Luminancia media de la instalación.
- Deslumbramiento perturbador y relación entorno SR.

El valor de la eficiencia energética medido no deberá ser inferior al 90% del valor original y la calificación energética de la instalación deberá coincidir con la proyectada.

#### 6.1.6. **ITC-EA-06: Mantenimiento de la eficiencia de las instalaciones.**

Las propiedades fotométricas y mecánicas de una instalación de alumbrado exterior se degradarán a lo largo del tiempo debido a diversas causas, siendo las más importantes las que se enuncian a continuación:

- La progresiva baja del flujo emitido por las lámparas.
- La suciedad que se genera en las lámparas y el sistema óptico de la luminaria.
- El envejecimiento de los diferentes componentes del sistema óptico de las luminarias.
- La disminución de la vida útil de las lámparas.

El factor de mantenimiento será el producto de los factores de depreciación del flujo luminoso de las lámparas, de supervivencia y de depreciación de la luminaria como indica a continuación:

$$Fm = FDFL \cdot FSL \cdot FDLU$$

En las siguientes tablas se indican los valores de estos factores en relación con la durabilidad.

Tipo de lámpara	Periodo de funcionamiento en horas				
	4.000 h	6.000 h	8.000 h	10.000 h	12.000 h
Sodio alta presión	0,98	0,97	0,94	0,91	0,9
Sodio baja presión	0,98	0,96	0,93	0,9	0,87
Halogenuros metálicos	0,82	0,78	0,76	0,76	0,73
Vapor de mercurio	0,87	0,83	0,8	0,78	0,76
Fluorescente Trifósforo	0,95	0,94	0,93	0,92	0,91
Fluorescente Halofosfato	0,82	0,78	0,74	0,72	0,71
Fluorescente compacta	0,91	0,88	0,86	0,85	0,84

Tabla 16. Factores de depreciación del flujo luminoso de las lámparas (FDFL).

Tipo de lámpara	Periodo de funcionamiento en horas				
	4.000 h	6.000 h	8.000 h	10.000 h	12.000 h
Sodio alta presión	0,98	0,96	0,94	0,92	0,89
Sodio baja presión	0,92	0,86	0,8	0,74	0,62
Halogenuros metálicos	0,98	0,97	0,94	0,92	0,88
Vapor de mercurio	0,93	0,91	0,87	0,82	0,76
Fluorescente Trifósforo	0,99	0,99	0,99	0,98	0,96
Fluorescente Halofosfato	0,99	0,98	0,93	0,86	0,7
Fluorescente compacta	0,98	0,94	0,9	0,78	0,5

Tabla 17. Factores de supervivencia de las lámparas (FSL).

Grado protección	Grado de contaminación	Intervalo de limpieza en años				
		1	1,5	2	2,5	3
IP 2X	Alto	0,53	0,48	0,45	0,43	0,42
	Medio	0,62	0,58	0,56	0,54	0,53
	Bajo	0,82	0,8	0,79	0,78	0,78
IP 5X	Alto	0,89	0,87	0,84	0,8	0,76
	Medio	0,9	0,88	0,86	0,84	0,82
	Bajo	0,92	0,91	0,9	0,89	0,88
IP 6X	Alto	0,91	0,90	0,88	0,85	0,83
	Medio	0,92	0,91	0,89	0,88	0,87
	Bajo	0,93	0,92	0,91	0,9	0,9

Tabla 18. Factores de depreciación de las luminarias (FDLU).

#### 6.1.7. ITC-EA-07: Mediciones.

Antes de realizar las mediciones se deben hacer las comprobaciones pertinentes de las medidas incluyendo en este estudio características tales como; la geometría de la instalación, tensión de alimentación, influencias de otras instalaciones y condiciones meteorológicas. Las medidas no deben diferir en más de un 10% de los valores calculados para el proyecto.

➤ Medida de Iluminancia:

La iluminancia horizontal en un punto de la calzada se averigua a través de la ley del coseno pues la superficie de incidencia no es perpendicular al rayo lumínico:

$$E = \sum \frac{I \cdot (\cos \alpha)^3}{h^2}$$

- $\alpha$ : Es el ángulo formado por la dirección de incidencia en el punto con la vertical.

➤ Método de los nueve puntos:

Este método permite calcular de forma simplificada la iluminancia media ( $E_m$ ) y las uniformidades del área proyectada. Se trata de la medición de la iluminancia en quince puntos de la calzada, determinándose a posteriori la iluminancia media horizontal, mediante una media ponderada.

Con respecto a estas valoraciones, la iluminancia de servicio se calcula:

$$E_m = \frac{1}{N} \sum_{i=0}^i E_i$$

El valor de la uniformidad media ( $U_m$ ) es el cociente entre el valor mínimo medido y la iluminancia media calculada.

$$U_m = \frac{E_{min}}{E_m}$$

La uniformidad extrema ( $U_g$ ) es el cociente entre el valor mínimo medido y el valor máximo de la iluminancia medida en los puntos anteriores.

$$U_g = \frac{E_{min}}{E_{máx}}$$

## Capítulo 7

---

# 7. Sistema de alumbrado actual

Actualmente en este proyecto se trata el análisis de tres instalaciones de alumbrado situadas en el Campus de Anchieta de la Universidad de La Laguna. Por un lado y con mayor altitud se encuentra la instalación más reciente de las tres, la Escuela Técnica Superior de Ingeniería y Tecnología, inaugurada en el año 2004 y cuyas instalaciones finalizaron en 2011, cuenta con un alumbrado moderno, seguro y eficiente acorde con las dimensiones que presenta el lugar. Por otro lado, pero no menos importante está la instalación de la facultad de Física y Matemáticas, provista de un aparcamiento no tan moderno como el anterior descrito, construido entre los años 1990 y 1993. Por último y con mayor antigüedad de estos tres emplazamientos se encuentra la facultad de Biología, estrenada en el año 1978.

### 7.1. Condiciones actuales

A continuación, describiremos las características actuales de cada establecimiento estudiando propiedades tales como las lámparas, luminarias y superficies.

Diferenciamos entre estos datos, los que han sido supuestos visualmente y los que son reales contrastados con la oficina técnica de la ULL.

7.1.1. **Aparcamiento de Informática:**

	Datos supuestos	Datos reales
Cantidad Luminarias	18	18
Área total del aparcamiento	5031,3 m <sup>2</sup>	-
Inter distancia entre luminarias	20 m	-
Altura de montaje	10 m	10 m
Lámpara utilizada	LED	LED
Modelo Luminaria	-	AMPERA SCHRÉDER
Modelo lámpara	-	AMPERA MIDI
Potencia la lámpara	-	51 W
Grado de protección	-	IP 66
Resistencia a los impactos	-	IK 09
Clase de protección eléctrica	II	II

Tabla 19. Características del aparcamiento de Informática.

7.1.2. **Aparcamiento de Física y Matemáticas:**

	Datos supuestos	Datos reales
Cantidad Luminarias	20	20
Área total del aparcamiento	4760 m <sup>2</sup>	-
Inter distancia entre luminarias	17 m	-
Altura de montaje	6 m	➤
Lámpara utilizada	VSAP	VSAP
Modelo Luminaria	INDALUX	INDALUX QUEBEC IQV
Modelo y marca lámpara	-	-
Potencia lámpara	150 W	150 W
Grado protección	IP 65	-
Resistencia a los impactos	-	-
Clase protección eléctrica	II	-

Tabla 20. Características del aparcamiento de Física y Matemáticas.

7.1.3. **Aparcamiento de Biología:**

	Datos supuestos	Datos reales
Cantidad Luminarias	16 +3 <sup>(1)</sup>	16
Área total del aparcamiento	5932 m <sup>2</sup>	-
Inter distancia entre luminarias	25 m	-
Altura de montaje	10 m	-
Lámpara utilizada	VSAP	VSAP
Modelo Luminaria	Desconocido	-
Modelo y marca lámpara	Desconocido	-
Potencia lámpara	150 W	150 W
Grado de protección	Desconocido <sup>(2)</sup>	-
Clase de protección eléctrica	II	-

Tabla 21. Características del aparcamiento de Biología.

- (1) Luz difusa indica que hay una zona del aparcamiento que recibe una contaminación lumínica de una instalación exterior de carreteras públicas.
- (2) Se ha intentado la búsqueda de información sobre estos aspectos, pero no ha resultado exitosa. Suponemos que la protección de la luminaria es la mínima por reglamento, por lo tanto; IP 55 e IK 08.

7.1.4. **Comparativa entre las instalaciones de alumbrado actuales:**

Si tenemos en cuenta las propiedades de cada lámpara y hacemos la estimación de veces que se han repuesto, así como sus costes energéticos, podremos averiguar cuál es el establecimiento que ha sido más eficiente.

Como sabemos que la primera vez que las tres instalaciones comenzaron a operar simultáneamente fue en 2011 y han pasado siete años, los resultados del ahorro energético son los siguientes:

Instalación		Informática	Biología	Física y Matemáticas
Características		LED	VSAP	VSAP
Potencia		51 W	150 W	150 W
Flujo luminoso luminaria		5905 lm	11550 lm	11550 lm
Eficacia luminosa		115,8 lm/W	77 lm/W	77 lm/W
Tiempo de encendido		0 s	0 – 5 min	0 – 5 min
Vida útil		> 80.000 h	28.000 h	28.000 h
Veces que se han cambiado las lámparas 2011-2018		0	1	1
		Cada 18 años	Cada 7 años	Cada 7 años
Energía total consumida por año (kWh)	Verano (21:00 – 7:00)	1.652,4	4.320	5.400
	Invierno (19:00 – 7:00)	2.037,3	5.328	6.660
Energía consumida por año (kWh)		3.690,4	9.648	12.060
Coste total €	Precio 0,127 €/kWh	468,68	1.225,3	1.531,6
Energía total consumida 2011-2018 (MWh)		25,83	67,54	84,42
Coste total de la energía durante los 7 años (€)		3.280,4	8.577,6	10.721,3

Tabla 22. Gasto energético y económico del alumbrado actual.

Estos valores corroboran que las instalaciones LED son más eficientes energéticamente, debido a que el ahorro en el consumo de energía de la instalación de Informática, respecto a Biología y Física en estos siete años, ha sido como mínimo de 40 MW.

## **7.2. Mediciones y cálculos luminotécnicos**

En este apartado vamos a diferenciar, por una parte, los resultados obtenidos a partir de la aplicación del luxómetro “LightMeter”, medidos entre las 22:00 – 00:00 de la noche del 16/07/2018 en los tres aparcamientos correspondientes a este proyecto. Por otra parte, también mostraremos los resultados obtenidos gracias a la modelación de alumbrado en el programa DIALUX 4.13 mediante los anexos que se adjuntan.

Además, debemos recalcar que ambas mediciones y modelaciones del sistema actual de alumbrado no son del todo exactas, debido a que la aplicación del luxómetro tiene una resolución ineficaz y en el diseño de Dialux, a excepción del alumbrado de Informática, desconocemos la marca y el modelo exacto de las lámparas con las que operan actualmente los alumbrados de Física y Biología.

Para la aplicación del luxómetro hemos hecho la medición en varias zonas de cada aparcamiento midiendo diferentes puntos, luego realizamos la media aritmética de estos valores obtenidos. De este modo, se pueden averiguar características como la uniformidad e iluminancia media de servicio. A continuación, mostraremos los resultados obtenidos a partir de las mediciones y los modelados de los diferentes programas utilizados.

7.2.1. **Mediciones mediante luxómetro *LightMeter*:**

- Las circunferencias verdes simbolizan luminarias.
- Las circunferencias blancas, son el resultado del valor de iluminancia.

1. Instalación de Informática:

Las mediciones realizadas en el aparcamiento de informática son las que están situadas en las siguientes ilustraciones:

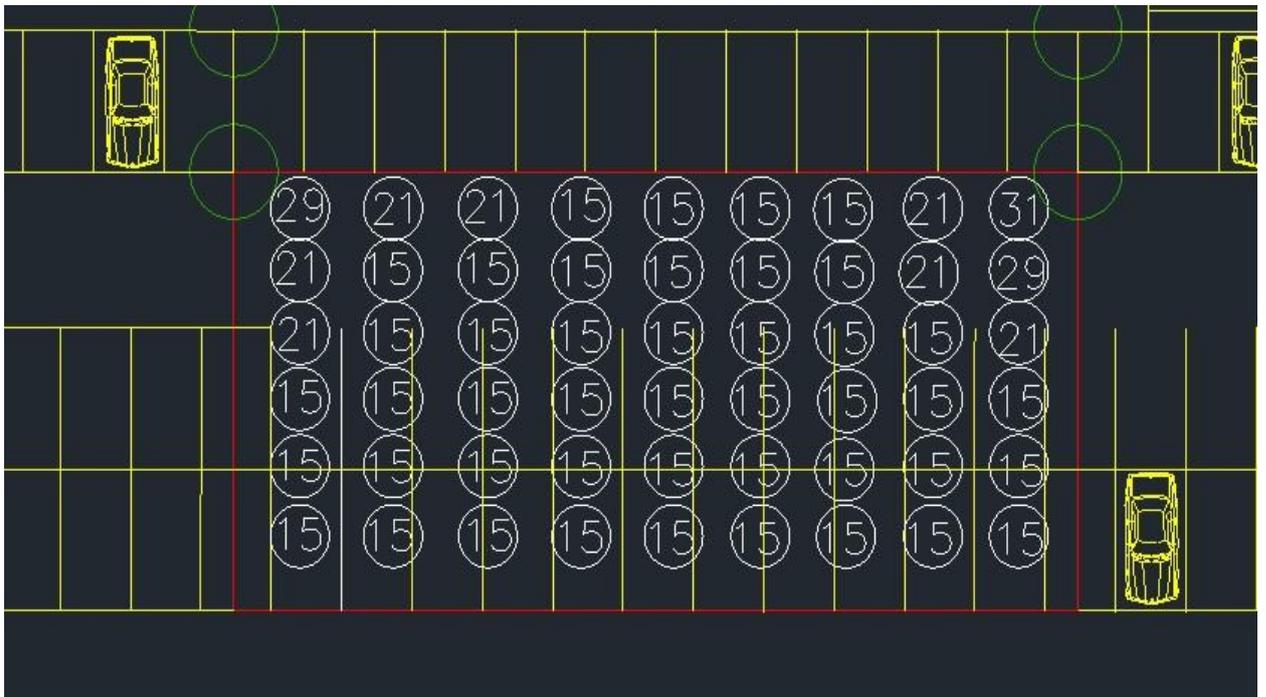


Ilustración 9. Medidas en aparcamientos de Informática 1.

Superficie de medida	392 m <sup>2</sup>
Iluminancia media	16,6 lux
Uniformidad media	0,9

Tabla 23. Mediciones obtenidas en aparcamiento Informática 1.

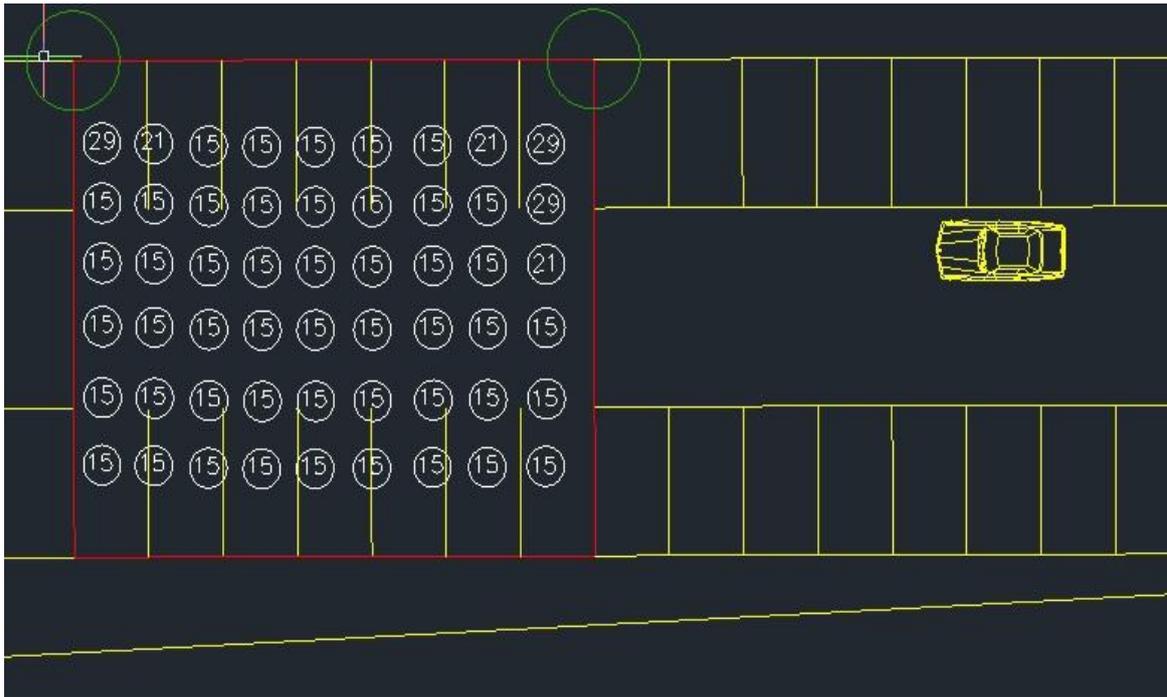


Ilustración 10. Medidas en aparcamiento de informática 2.

Superficie de medida	221 m <sup>2</sup>
Iluminancia media	16,1 lux
Uniformidad media	0,93

Tabla 24. Mediciones obtenidas en aparcamiento Informática 2.

2. Aparcamiento Física y Matemáticas:

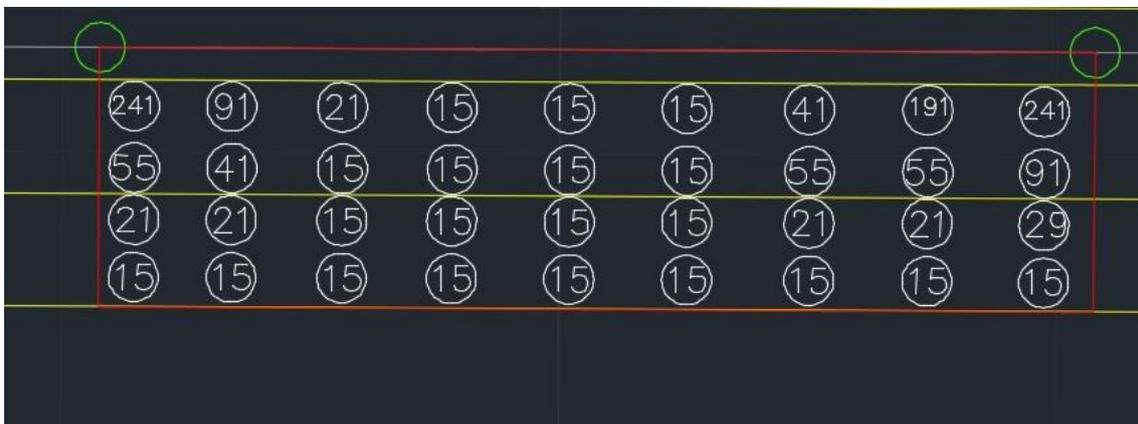


Ilustración 11. Medidas en la entrada de los aparcamientos de Física.

Superficie medida	105 m <sup>2</sup>
Iluminancia media	39,17 lux
Uniformidad media	0,38

Tabla 25. Mediciones obtenidas en la entrada del aparcamiento de Física.

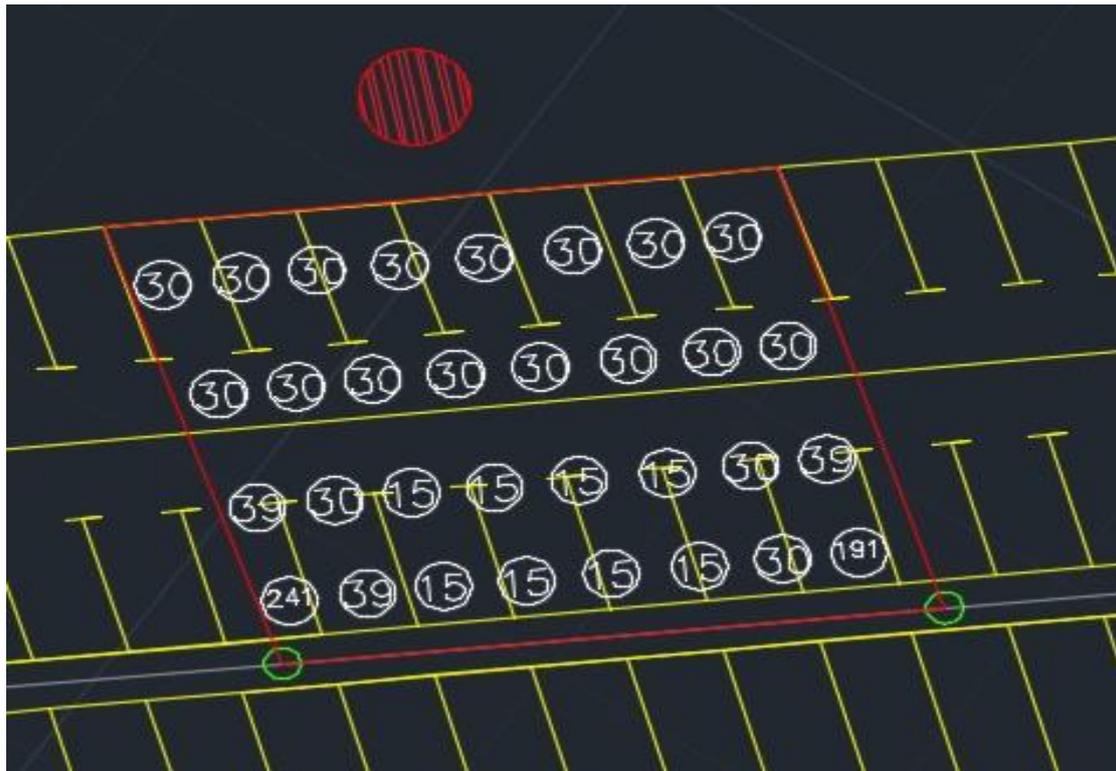


Ilustración 12. Medidas en calzada de Física.

Superficie de medición	266 m <sup>2</sup>
Iluminancia media	38,7 lux
Uniformidad media	0,39

Tabla 26. Medidas obtenidas en la calzada de los aparcamientos de Física.

- La circunferencia roja significa que hay una luz difusa proveniente del alumbrado público de la carretera paralela a este aparcamiento, por lo tanto, esta luminaria está afectando a los resultados.

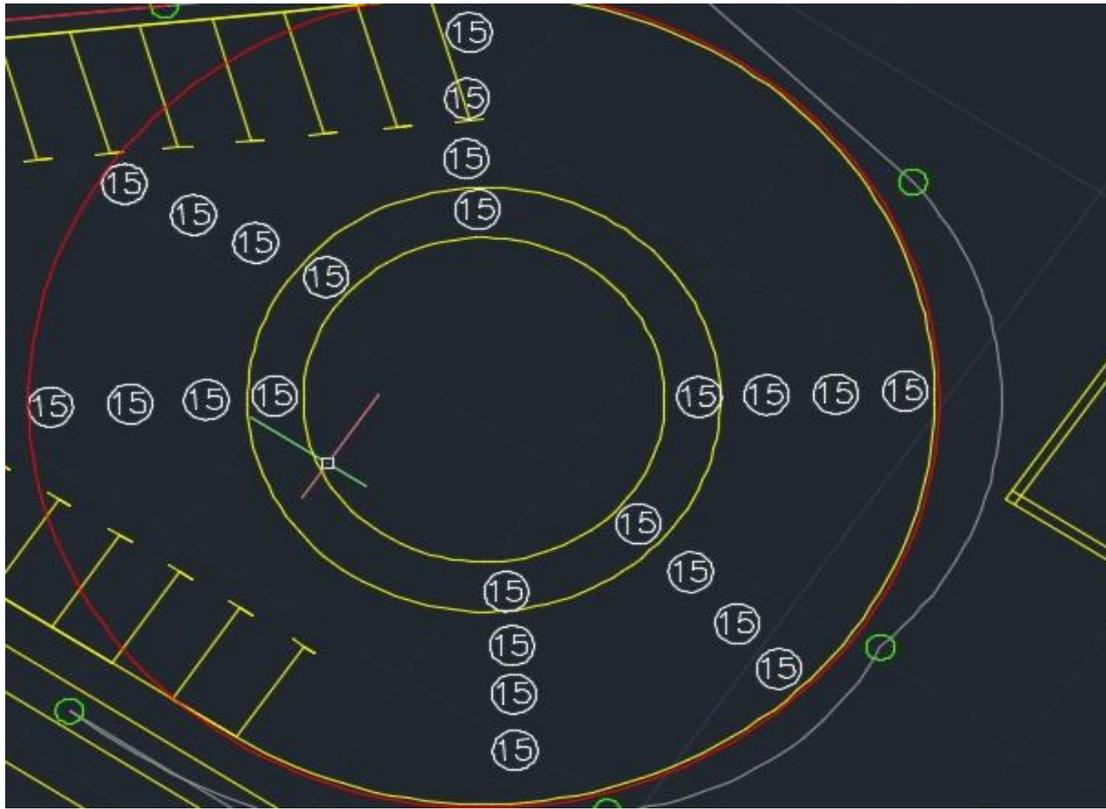


Ilustración 13. Medidas en la glorieta de Física.

Superficie de medida	99,7 m <sup>2</sup>
Iluminancia media	15 lux
Uniformidad media	1

Tabla 27. Medidas obtenidas en la glorieta de los aparcamientos de Física.

### 3. Aparcamiento Biología:

Para las mediciones de campo se acudió a este aparcamiento en dos ocasiones distintas y en ambas el alumbrado estaba apagado, por ende, no se pudieron realizar las mediciones oportunas. Sin embargo, encontramos cerca de este recinto una luminaria y lámpara de las mismas características, por lo que procedimos a realizar las mediciones que podrían acercarse al patrón de iluminancias buscadas en este aparcamiento.

#### ➤ Medidas de los resultados:

Iluminancia [Lux]				
21	29	41	29	21
21	29	29	21	15
15	15	21	21	15
15	15	15	15	15
15	15	15	15	15
Superficie de medida			130 m <sup>2</sup>	
Iluminancia media			19,7 lux	
Uniformidad media			0,76	

Tabla 28. Medidas para luminaria modelo de los aparcamientos de Biología.

7.2.2. **Resultados de modelado actual a partir de Dialux:**

En la siguiente tabla se reflejan los resultados luminotécnicos obtenidos a partir del modelado en el programa DIALUX con sus correspondientes características calculadas por el programa:

Instalación	Aparcamiento Informática	Aparcamiento Física	Aparcamiento Biología
Características			
Luminaria	AMPERA MIDI LED	PHILLIPS SGP268 VSAP	PHILLIPS SGP338 VSAP
Rendimiento luminaria	83% ✓	77% ✓	76% ✓
Iluminancia media	9,87 lux	26 lux	13 lux
Iluminancia mínima	3,18 lux	1,01 lux	2 lux
Uniformidad media iluminancia	0,322	0,04	0,153
Luminancia media	0,94 cd/m <sup>2</sup>	2,2 cd/m <sup>2</sup>	1,25 cd/m <sup>2</sup>
Deslumbramiento máximo <sup>(3)</sup>	35	45	36
Potencia lámpara	51 W	150 W	150 W
Potencia con elementos auxiliares	51 W	169 W	169 W
Potencia total	918 W	3000 W	2400 W

Tabla 29. Medidas obtenidas a partir de Dialux

- (3) El deslumbramiento se ha calculado en este programa estableciendo varios puntos de medición, fijando una referencia de 1,5 metros de altura al suelo. Además, hay que tener en cuenta según la ITC-EA-02 que debe distanciarse de la luminaria a un punto que forme  $85^\circ$  con respecto a la vertical. De este modo, el valor máximo de deslumbramiento obtenido es el que utilizamos como referencia para el cálculo.

### 7.2.3. Comparativa entre Dialux y LightMeter:

		LIGHTMETER	DIALUX
Aparcamiento Informática	Iluminancia media	16,35 lux	9,87 lux
	Uniformidad	0,91	0,322
Aparcamiento Física	Iluminancia media	30,9 lux	26 lux
	Uniformidad	0,6	0,04
Aparcamiento Biología	Iluminancia media	19,7 lux	13 lux
	Uniformidad	0,76	0,153

Tabla 30. Comparativa entre resultados de Dialux y LightMeter.

Dentro del análisis expuesto y aplicando la lógica, podemos concluir que los valores obtenidos a partir de la aplicación utilizada como luxómetro, se acercan al rango de las iluminancias medias obtenidas por simulación, pero no en tanto con las uniformidades. Esto nos indica que para la medición de las iluminancias medias y máximas del recinto si nos ha servido esta aplicación, pero para medir las zonas bajamente iluminadas no ha funcionado muy bien. Tal que, mediante esta aplicación podemos decir que LightMeter nos ha servido para hacer una valoración inicial de las instalaciones, realizando las medidas pertinentes para conocer las iluminancias medias en servicio de los recintos.

### **7.3. Ficha técnica de resultados y comparación con la normativa**

En las siguientes tablas se muestran las comparativas de los resultados lumínicos obtenidos a partir del programa DIALUX con respecto a los valores establecidos por las normativas que incumben a estas instalaciones.

IDENTIFICACIÓN DE LA VÍA						
<u>Nombre:</u> Avenida Astrofísico Francisco Sánchez, Facultad de Informática						
<u>Población:</u> San Cristóbal de La Laguna, Tenerife						
DIMENSIONES						
Acera min. – máx.	Calzada mín. – máx.	Aparcamiento vehículo Ancho x largo		Tipo tráfico		
1,5 – 5,3 m	5 – 8 m	2,4 x 4,5 m		Vehículos y peatones		
CARACTERÍSTICAS DE LA INSTALACIÓN						
Disposición luminarias	Altura luminaria	Interdistancia de luminarias	Modelo luminaria	Lámpara	Potencia máx. (W)	
Unilateral	10 m	20 m	Ampera Schröder MIDI	LED	51	
CLASIFICACIÓN DE LA VÍA						
Velocidad (km/h)	Situación proyecto	Tipo de vía	Tipo alumbrado	Intensidad tráfico	Clase alumbrado	
5 – 30	D1-D2	Baja velocidad	Vial ambiental	Medio	C4	
REQUISITOS SEGÚN REGLAMENTO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA						
Iluminancia media mínima	Uniformidad media mínima	UGR <sub>L</sub> máxima	IRC mínima	VEEI límite		
10 lux	0,25	50	20	4,0		
VALORES LUMÍNICOS OBTENIDOS						
Iluminancia media	Uniformidad media (U <sub>m</sub> )		UGR <sub>L</sub>	IRC		
9,87 lux ✓	0,32 ✓		35 ✓	70 ✓		
CÁLCULO ENERGÉTICO						
Superficie total (m <sup>2</sup> )	Iluminancia media (lux)	Potencia total (W)	Eficiencia energética	Índice eficiencia	Índice consumo energético	VEEI Calculado
			$\varepsilon = \frac{S \cdot E_m}{P}$	$I_\varepsilon = \frac{\varepsilon}{\varepsilon_r}$	$ICE = \frac{1}{I_\varepsilon}$	$VEEI = \frac{P \cdot 100}{S \cdot E_m}$
5031,3	9,87	918	54,1	6,0	0,17	1,85 ✓
CALIFICACIÓN ENERGÉTICA						
A ✓						

Tabla 31. Comprobación de los resultados luminotécnicos de Informática.

IDENTIFICACIÓN DE LA VÍA						
Nombre: Avenida Astrofísico Francisco Sánchez, Facultad de Física y Matemáticas						
Población: San Cristóbal de La Laguna, Tenerife						
DIMENSIONES						
Acera min. – máx.	Calzada mín. – máx.	Aparcamiento vehículo Ancho x largo		Tipo tráfico		
1,5 – 1,8 m	3,8 – 4,6 m	2,6 x 4,4 m		Vehículos y peatones		
CARACTERÍSTICAS DE LA INSTALACIÓN						
Disposición luminarias	Altura luminaria	Interdistancia de las luminarias	Modelo luminaria	Lámpara	Potencia máx. (W)	
Unilateral	6 m	17 m	Indalux Quebec IQV	VSAP	169	
CLASIFICACIÓN DE LA VÍA						
Velocidad (km/h)	Situación proyecto	Tipo de vía	Tipo alumbrado	Intensidad tráfico	Clase alumbrado	
5 – 30	D1-D2	Baja velocidad	Vial ambiental	Medio	C4	
REQUISITOS SEGÚN REGLAMENTO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA						
Iluminancia media mínima	Uniformidad media mínima	UGR <sub>L</sub> máxima	IRC mínima	VEEI límite		
10 lux	0,25	50	20	4,0		
VALORES LUMÍNICOS OBTENIDOS						
Iluminancia media	Uniformidad media (U <sub>m</sub> )		UGR <sub>L</sub>	IRC		
26 lux <b>X</b>	0,04 <b>X</b>		45 <b>✓</b>	No proporcionado		
CÁLCULO ENERGÉTICO						
Superficie total (m <sup>2</sup> )	Iluminancia media (lux)	Potencia total (W)	Eficiencia energética	Índice eficiencia	Índice consumo energético	VEEI Calculado
			$\varepsilon = \frac{S \cdot E_m}{P}$	$I_\varepsilon = \frac{\varepsilon}{\varepsilon_r}$	$ICE = \frac{1}{I_\varepsilon}$	$VEEI = \frac{P \cdot 100}{S \cdot E_m}$
4760	26	3380	36,6	2,8	0,35	2,73 <b>✓</b>
CALIFICACIÓN ENERGÉTICA						
A <b>✓</b>						

Tabla 32. Comprobación de los resultados luminotécnicos de Física y Matemáticas.

➤ Estos valores pueden verse afectados por la luz difusa de las luminarias exteriores del alumbrado público.

IDENTIFICACIÓN DE LA VÍA						
Nombre: Avenida Astrofísico Francisco Sánchez, Facultad de Biología						
Población: San Cristóbal de La Laguna, Tenerife						
DIMENSIONES						
Acera min. – máx.	Calzada mín. – máx.	Aparcamiento vehículo Ancho x largo		Tipo tráfico		
No tiene	3,4 – 15 m	2,5 x 4,5 m		Vehículos y peatones		
CARACTERÍSTICAS DE LA INSTALACIÓN						
Disposición luminarias	Altura luminaria	Interdistancia	Modelo luminaria	Lámpara	Potencia máx. (W)	
Unilateral	10 m	25 m Variable	Desconocida	VSAP	169	
CLASIFICACIÓN DE LA VÍA						
Velocidad (km/h)	Situación proyecto	Tipo de vía	Tipo alumbrado	Intensidad tráfico	Clase alumbrado	
5 – 30	D1-D2	Baja velocidad	Vial ambiental	Medio	C4	
REQUISITOS SEGÚN REGLAMENTO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA						
Iluminancia media mínima	Uniformidad media mínima	UGR <sub>L</sub> máxima	IRC mínima	VEEI límite		
10 lux	0,25	50	20	4,0		
VALORES LUMÍNICOS OBTENIDOS						
Iluminancia media	Uniformidad media (U <sub>m</sub> )		UGR <sub>L</sub>	IRC		
13 lux ✓	0,15 X		36 ✓	No proporcionado		
CÁLCULO ENERGÉTICO						
Superficie total (m <sup>2</sup> )	Iluminancia media (lux)	Potencia total (W)	Eficiencia energética	Índice eficiencia	Índice consumo energético	VEEI calculado
			$\varepsilon = \frac{S \cdot E_m}{P}$	$I_\varepsilon = \frac{\varepsilon}{\varepsilon_r}$	$ICE = \frac{1}{I_\varepsilon}$	$VEEI = \frac{P \cdot 100}{S \cdot E_m}$
5932	13	2704	28,5	2,8	0,36	3,51 ✓
CALIFICACIÓN ENERGÉTICA						
A ✓						

Tabla 33. Comprobación de los resultados luminotécnicos de Biología.

## 7.4. Comparativa con respecto al REBT

Para el análisis de estas tres instalaciones con respecto al Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión hemos tenido en cuenta una serie de consideraciones que se han extraído de la ITC-BT-09 para alumbrados exteriores e ITC-BT-07 para redes subterráneas de baja tensión. Por otra parte, hay que destacar que la Universidad no dispone de planos ni documentación sobre las instalaciones eléctricas pertinentes a estos establecimientos, es por ello por lo que, hemos realizado el siguiente análisis bajo una serie de suposiciones y observaciones visuales que a priori deberían cumplirse para que este tipo de alumbrados exteriores puedan considerarse como aptos:

- Al ser lámparas de descarga, se ha de tener en cuenta la potencia aparente mínima que se consigue multiplicando por un factor de 1,8 la potencia activa.
  - Aparcamiento Física:  $S = 1,8 \cdot P = 270 \text{ VA/lámpara} = 5400 \text{ VA}$
  - Aparcamiento Biología:  $S = 1,8 \cdot P = 270 \text{ VA/lámpara} = 4320 \text{ VA}$
  - Aparcamiento Informática:  $S = P = 51 \text{ W} = 918 \text{ W}$
  - Con esto se consigue estabilizar las corrientes armónicas, de arranque y desequilibrio de fases. Es por esto por lo que el factor de potencia de cada punto de luz debe estar corregido por un valor mayor o igual a 0,9.
- El cableado inicialmente está en trifásica y recorre el siguiente camino:

C. Transformación → CGP → Contadores de energía → Cuadros de Control

- Después de los Cuadros de Medida, Protección y Control pasarán a un esquema de conexiones en monofásica, en donde cada circuito tendrá un cable de fase y otro de neutro que no podrán ser compartidos con los demás puntos de luz.

Cuadros de Control → Fusibles → Punto de luz

- La máxima caída de tensión que puede haber entre el origen y el punto más alejado de las instalaciones es del 3 %.
- Al estar alimentados por redes subterráneas, están equipados de arquetas registrables que garantizan el aislamiento de los conductores y facilitan su manipulación.
  - Las tres instalaciones disponen de estas arquetas situadas junto a los puntos de luz.



Ilustración 14. Arqueta y base de luminaria de Física.

- La sección será la adecuada a las intensidades y caídas de tensión previstas, normalmente para este caso de instalaciones de alumbrado las secciones son de 6 mm<sup>2</sup> partiendo desde los Cuadros de Medidas y Protección, y de 2,5 mm<sup>2</sup> tras el paso por la caja de fusibles en la luminaria. Suponiendo que las canalizaciones soterradas estén provistas de cables unipolares de protección PVC (peor de los casos), según la tabla 5 de la ITC-07, la intensidad máxima admisible que podrán soportar estos conductores será de 63 A.
- La profundidad de las canalizaciones no será inferior a los 0,6 m desde la acera.
- En cuanto a los equipos eléctricos y soportes que se encuentran en el exterior, tienen que tener una protección mínima de IP54 e IK08 estando a una altura mínima de 2,5 metros del suelo.
  - Física: Protecciones IP65 e IK 08, altura 6 metros.
  - Biología: Suponemos IP55 e IK08, altura 10 metros.
  - Informática: Protecciones IP66 e IK09, altura 10 metros.
- Con relación a los cuadros de protección, medida y control deberán estar protegidos contra sobretensiones y sobreintensidades.
  - Dadas las condiciones climáticas que se presentan en la zona del Campus Anchieta, tales como constantes lluvias y altas humedades, pueden afectar a la resistividad del terreno. Por esto, como no hemos podido verificar esto, hemos supuesto unos interruptores diferenciales de valor máximo 300 mA, considerando de este modo una máxima para la resistencia del terreno de 30 Ohmios.

- Según nos verifica la Oficina Técnica de la ULL, los sistemas de accionamiento se realizan mediante interruptores horarios, que serán accionados de manera automatizada o mediante un interruptor manual, pudiendo regular sus encendidos/apagados en las distintas épocas del año.
  
- Los soportes de luminarias, al ser metálicos deberán tener una puesta a tierra de sección mínima  $2,5 \text{ mm}^2$  de cobre y cable de color verde/amarillo.
  - Las puestas a tierra de los soportes están realizadas por conexión a red común para todas las líneas de luz, habiendo un mínimo de 1 electrodo por cada 5 soportes de luminarias, y siempre en el primer y último de cada línea.
  
  - Se debe garantizar la máxima resistencia de puesta a tierra, que será tal que a lo largo de la vida de la instalación y en cualquier época del año, no se puedan producir tensiones de contacto mayores de 24 V.
  
- Por otro lado, el REBT al igual que el Reglamento de Eficiencia Energética y la guía técnica recomendada por el IAC para instalaciones de alumbrado exterior, recomiendan que a partir de medianoche (23:55) se reduzcan los niveles de iluminación en un 50 %, o al menos a la clase inferior de alumbrado que le sigue a este tipo de instalación, sin perder las uniformidades mínimas.
  - Instalaciones de Física: No cumple, las instalaciones o están apagadas o encendidas, pero no se ha visto reflejado una reducción del flujo lumínico.
  
  - Instalaciones de Biología: No cumple. Misma circunstancia que para las instalaciones de Física.
  
  - Instalaciones de Informática: Si cumple. Las instalaciones incorporan controladores lumínicos que reducen el flujo de lúmenes a ciertas horas de la noche.

## 7.5. Comparativa con respecto a la guía técnica IAC

En este punto nos centraremos en la comparación de los datos lumínicos conseguidos con respecto a las recomendaciones que nos sugiere el Instituto Astrofísico de Canarias con objeto de reducir las emisiones de luz directas hacia el cielo. Con relación a los niveles de iluminación y uniformidades, esta guía técnica refleja los mismos valores indicados por el Reglamento de Eficiencia Energética, y por ello nos saltaremos ese análisis en este apartado. Previamente al estudio de las comparativas, vamos a definir una serie de ecuaciones que incumben a esta guía técnica:

- El IAC recomienda utilizar radiaciones por encima de los 500 nm e indica que el resplandor luminoso es inversamente proporcional a la cuarta potencia de la longitud de onda. Esto nos indica que las instalaciones de Física y Biología, alimentadas por la luz amarilla VSAP, implican una menor contaminación lumínica que las lámparas LED instaladas en Informática, esto variará del tipo de lámpara LED que se vaya a utilizar, pues sus longitudes de onda varían de 500 – 700 nm.
- El IAC recomienda un factor de mantenimiento mínimo de 0,8. Este valor debe ser alcanzado maximizando los periodos de reposición de luminarias y disminuyendo las horas de funcionamiento, así como del flujo lumínico.
  - Suponiendo un funcionamiento de 8 horas diarias y un periodo de limpieza y mantenimiento cada 1,5 años para lámparas VSAP:

$$Fm = FDFL \cdot FSL \cdot FDLU$$

$$Fm = 0,94 \cdot 0,94 \cdot 0,91 = 0,8$$

- Este sería el caso para las instalaciones de Física y Biología. Para las instalaciones LED de informática al no ser recogido sus factores en el Reglamento de Eficiencia Energética hemos supuesto que es equivalente a 0,8.

- Altura de la luminaria. Debe estar comprendida entre:

$$W \leq h \leq \frac{3}{2}W \quad (\text{Unilateral})$$

- **W**: Ancho de la calzada.                      - **h**: Altura de la luminaria.

- Utilancia. Se define como la relación del flujo luminoso de la superficie iluminada y el flujo emitido por la luminaria.

$$U = \frac{S \cdot E_m}{\Phi}$$

- Para facilitar los cálculos de la utilancia hemos utilizado la calculadora Excel del IAC que nos ha simplificado el cálculo a partir de ciertos parámetros geométricos y lumínicos de la instalación. Véase en la siguiente ilustración.

CALCULO DE UTILANCIA EN CALLES REGULARES					
DISTRIBUCIÓN	ANCHO DE LA CALZADA	ANCHO TOTAL DE ACERAS	ANCHO TOTAL APARCAMIENTOS	ANCHO TOTAL ENTORNOS (1)	OTROS ANCHOS
<input checked="" type="radio"/> UNILATERAL	5,50	1,50	2,50	2,50	
<input type="radio"/> TRESBOLILLO	ANCHO TOTAL CON ENTORNO			12,00 METROS	
<input type="radio"/> PAREADO	ANCHO TOTAL CON ENTORNO			12,00 METROS	
<input type="radio"/> CENTRAL DOBLE	INTERDISTANCIA (MISMO LADO)	ILUMINANCIA MEDIA GLOBAL (2)	FLUJO UNITARIO (LÚMENES)	FACTOR DE MANTENIMIENTO	RENDIMIENTO LUMINARIA(%)
<b>DATOS</b>	20,00	9,87	7118	0,80	83%
UTILANCIA EN TENERIFE > 50%				50,1%	
UTILANCIA EN LA PALMA > 50% (DESCARGA y ÁMBAR PURO) > 75% (LED ÁMBAR Y SUPER CÁLIDO IAC)					
(1) EL ENTORNO ES LA MITAD DE LA CALZADA A CADA LADO HASTA 5 METROS SI NO HAY EDIFICACIONES.					
(2) COMO SE OBTIENE LA LUMINANCIA GLOBAL DE TODA LA CALLE (ENLACE DE VIDEO)					

Ilustración 15. Calculadora de Utilancia.

- La iluminancia máxima que se puede alcanzar debe cumplir la siguiente condición.

$$E_{m\acute{a}x} \leq 10 \cdot E_m$$

En la siguiente tabla mostramos los resultados obtenidos y con una cruz aquellos que no han cumplido con las recomendaciones que estipula el IAC para alumbrados exteriores en la isla de Tenerife:

Comparativa instalaciones respecto guía IAC			
Características	Instalaciones		
	Informática	Física	Biología
Fabricante	SOCELEC SCHRÉDER	INDALUX	Desconocido
Modelo	AMPERA MIDI	Quebec IQV	-
Certificado IAC luminaria	NO X	Sí	-
Lámpara	LED	VSAP	VSAP
Tipo de cierre	Vidrio	Vidrio	Vidrio
Inclinación	0°	0°	0°
Altura luminaria	10 m	6 m	10 m
Iluminancia máxima	21 lux	97 lux	34 lux
Tipo de radiaciones y temperatura	Blanco cálido 3000 K	Amarilla 2200 K	Amarilla 2200 K
FHS <sub>inst</sub>	0	0	0
Utilancia	50,1 %	54,1 %	41 % X

Tabla 34. Resultados lumínicos en comparativa con el IAC.

Una vez conocido esto, cabe destacar que las lámparas de VSAP están todas certificadas por el IAC, pero por el contrario las lámparas LED están aprobadas únicamente aquellas emiten una luz cálida de temperatura inferior a 3000 K. Por esto, las luminarias de Ampere Midi aunque no estén aprobadas por este organismo, en este caso cumplen con los umbrales de contaminación lumínica al medio ambiente. De este modo, nuestras instalaciones LED resultan ser de menor gasto energético y mejores uniformidades para el alumbrado de los aparcamientos, pero más perjudiciales para la salud y para la contaminación lumínica hacia la atmósfera en comparación con las lámparas VSAP.

Este organismo ha descatalogado de sus recomendaciones los modelos de Schröder: Ampera Maxi, Midi y Mini. Por ello, concluimos que las instalaciones de Física y Biología cumplen estrictamente con esta certificación, a diferencia de las luminarias de Informática. Por último, hay que especificar que la utilancia de la instalación de Biología no cumple con el valor mínimo recomendado ( $>50\%$ ). Esto podría solucionarse variando las alturas de las luminarias o sus fotometrías, intentando lograr así una superficie más iluminada respecto a un mismo flujo emitido por la luminaria.

## Capítulo 8

---

### 8. Propuesta de medidas para mejora

El objetivo de este apartado es, teniendo la misma distribución de puntos de luz, determinar las luminarias y lámparas alternativas a las actuales que permitan cumplir con las recomendaciones establecidas por el IAC y las uniformidades indicadas por el REEAE y la norma UNE-EN 12464-2. Por ello, se buscará conseguir una iluminación más segura, uniforme y eficiente para los establecimientos anteriormente estudiados y el entorno que las rodea.

Por un lado, hemos decidido que la instalación de la Facultad de Informática no necesita remodelación, pues posee unas características bastante eficientes que difícilmente se podrían mejorar. Por otra parte, se ha realizado una propuesta alternativa para la iluminación de los aparcamientos de las Facultades de Física y Biología, apostando por luminarias de la marca Schröder Socelec y lámparas LED.

En un inicio, se estudió la posibilidad de modificar únicamente las lámparas manteniendo las luminarias actuales. Sin embargo, por dificultades para alcanzar la uniformidad lumínica, este proceso quedó descartado para la Facultad de Física, debido a la baja altura de las luminarias y su mala distribución de luz. En cambio, para la Facultad de Biología, ciertamente es un proceso viable que supondría un ahorro económico importante.

La metodología aplicada para alcanzar los valores exigidos se ha basado en modificar los siguientes parámetros teniendo en cuenta las recomendaciones elaboradas por el IAC [\[13\]](#):

- Tipo de lámparas y luminarias.
- Altura de las luminarias.
- Inclinación vertical de las luminarias para mejorar la distribución lumínica.

Por otra parte, entre las características de las luminarias que ofrece la empresa Schröder se incluye un sistema de control inteligente de la iluminación, que se basa en la telegestión eficiente de los niveles de iluminación del alumbrado. Este controlador, denominado Owlet IoT, es dirigido o automatizado a través de una interfaz web que permite la programación de las luminarias para pasar de unos niveles de iluminación inferiores o de bajo consumo, “en reposo”, a unos estados superiores de iluminación, “de evento”. De esta manera, durante las horas puntas del flujo de vehículos y usuarios universitarios podremos tener unos niveles de iluminación seguros y de confort, mientras que los intervalos nocturnos de vigilancia en donde no hay flujo de personas, se podría bajar este consumo energético.

A continuación, se describen las características de las nuevas luminarias:

Instalación / Características	Física y Matemáticas	Biología
Luminaria	CITEA NG MIDI	TECEO 2
	LED	LED
Potencia	63 W	78 W
Flujo luminoso luminaria	6996 lm	9906 lm
Eficacia luminosa	111 lm/W	127 lm/W
Rendimiento luminaria	78 % ✓	83 % ✓
Temperatura de color	3000 °K	3000 °K
Tonalidad de la luz	Blanco cálido	Blanco cálido
Inclinación de la luminaria	5°	0°
Contaminación lumínica de la lámpara	0 %	0%
Tiempo de encendido	0 s	0 s
Vida útil	> 80.000 h	> 80.000 h
Grado de protección	IP 66	IP 66
Resistencia a impactos	IK 10	IK 09
Clase de protección eléctrica	II	II

Tabla 35. Características del alumbrado propuesto.

## **8.1. Ficha técnica de resultados y comparación con la normativa**

En las siguientes tablas se refleja la comparativa entre los resultados lumínicos obtenidos a partir de DIALUX con respecto a los valores a seguir que dictan las normativas de eficiencia energética.

IDENTIFICACIÓN DE LA VÍA						
Nombre: Avenida Astrofísico Francisco Sánchez, Facultad de Física y Matemáticas						
Población: San Cristóbal de La Laguna, Tenerife						
DIMENSIONES						
Acera mín. – máx.	Calzada mín. – máx.	Aparcamiento vehículo Ancho x largo		Tipo tráfico		
1,5 – 1,8 m	3,8 – 4,6 m	2,6 x 4,4 m		Vehículos y peatones		
CARACTERÍSTICAS DE LA INSTALACIÓN						
Disposición luminarias	Altura luminaria	Interdistancia de las luminarias	Modelo luminaria	Lámpara	Potencia máx. (W)	
Unilateral	10 m	17 m	SCHRÉDER CITEA NG MIDI	LED	63	
CLASIFICACIÓN DE LA VÍA						
Velocidad (km/h)	Situación proyecto	Tipo de vía	Tipo alumbrado	Intensidad tráfico	Clase alumbrado	
5 – 30	D1-D2	Baja velocidad	Vial ambiental	Medio	C4	
REQUISITOS SEGÚN REGLAMENTO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA						
Iluminancia media mínima	Uniformidad media mínima	UGR <sub>L</sub> máxima	IRC mínima	VEEI límite		
10 lux	0,25	50	20	4,0		
VALORES LUMÍNICOS OBTENIDOS						
Iluminancia media	Uniformidad media (U <sub>m</sub> )		UGR <sub>L</sub>	IRC		
11 lux ✓	0,25 ✓		36 ✓	> 80 ✓		
CÁLCULO ENERGÉTICO						
Superficie total (m <sup>2</sup> )	Iluminancia media (lux)	Potencia total (W)	Eficiencia energética	Índice eficiencia	Índice consumo energético	VEEI Calculado
			$\varepsilon = \frac{S \cdot E_m}{P}$	$I_\varepsilon = \frac{\varepsilon}{\varepsilon_r}$	$ICE = \frac{1}{I_\varepsilon}$	$VEEI = \frac{P \cdot 100}{S \cdot E_m}$
4760	11	1260	41,55	4,42	0,23	2,4 ✓
CALIFICACIÓN ENERGÉTICA						
					A ✓	

Tabla 36. Comprobación de los resultados luminotécnicos de Física.

➤ Estos valores pueden verse afectados por la luz difusa de las luminarias exteriores del alumbrado público.

IDENTIFICACIÓN DE LA VÍA						
<u>Nombre:</u> Avenida Astrofísico Francisco Sánchez, Facultad de Biología						
<u>Población:</u> San Cristóbal de La Laguna, Tenerife						
DIMENSIONES						
Acera min. – máx.	Calzada mín. – máx.	Aparcamiento vehículo Ancho x largo		Tipo tráfico		
No tiene	3,4 – 15 m	2,5 x 4,5 m		Vehículos y peatones		
CARACTERÍSTICAS DE LA INSTALACIÓN						
Disposición luminarias	Altura luminaria	Interdistancia	Modelo luminaria	Lámpara	Potencia máx. (W)	
Unilateral	10 m	25 m Variable	SCHRÉDER TECEO 2	LED	78 W	
CLASIFICACIÓN DE LA VÍA						
Velocidad (km/h)	Situación proyecto	Tipo de vía	Tipo alumbrado	Intensidad tráfico	Clase alumbrado	
5 – 30	D1-D2	Baja velocidad	Vial ambiental	Medio	C4	
REQUISITOS SEGÚN REGLAMENTO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA						
Iluminancia media mínima	Uniformidad media mínima	UGR <sub>L</sub> máxima	IRC mínima	VEEI límite		
10 lux	0,25	50	20	4,0		
VALORES LUMÍNICOS OBTENIDOS						
Iluminancia media	Uniformidad media (U <sub>m</sub> )		UGR <sub>L</sub>	IRC		
9,89 lux ✓	0,36 ✓		38 ✓	> 80 ✓		
CÁLCULO ENERGÉTICO						
Superficie total (m <sup>2</sup> )	Iluminancia media (lux)	Potencia total (W)	Eficiencia energética	Índice eficiencia	Índice consumo energético	VEEI calculado
			$\varepsilon = \frac{S \cdot E_m}{P}$	$I_\varepsilon = \frac{\varepsilon}{\varepsilon_r}$	$ICE = \frac{1}{I_\varepsilon}$	$VEEI = \frac{P \cdot 100}{S \cdot E_m}$
5932	9,89	1248	47	5,2	0,19	2,1 ✓
CALIFICACIÓN ENERGÉTICA						
A ✓						

Tabla 37. Comprobación de los resultados luminotécnicos de Biología.

## 8.2. Comparativa con respecto al REBT

Al analizar estas nuevas instalaciones propuestas con respecto a las indicaciones que nos muestran en el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, tendremos en cuenta que las instalaciones serán las mismas que las anteriormente descritas, pero con las siguientes modificaciones:

- En este caso no se tendrán en cuenta las potencias aparentes debido a que son luminarias LED, por lo tanto, esto puede suponer una reducción en las secciones de los conductores. Sin embargo, las secciones de los conductores supuestos son las mínimas que permite la ITC-07 y por ello seguirán siendo los mismos para esta propuesta.
- Los soportes de las luminarias cumplen con los requisitos mínimos establecidos al tener las tres instalaciones el mismo tipo de protección, IP 66 e IK09, a excepción de Biología que tendrá protección contra impactos de IK08.
- Contamos con tres tipos luminarias que incorporan reductores de flujo lumínico, por lo tanto, se puede cumplir el requisito de niveles lumínicos establecido en la ITC-09 para la disminución del flujo lumínico a partir de las 23:45 de la noche.
- Al conocer la clase de protección eléctrica (II) de las luminarias podemos suprimir las tomas a tierra de estas, pues las clases II están compuestas de materiales aislantes.

Las conexiones, secciones y canalizaciones seguirán siendo las mismas debido a que el controlador de estas luminarias LED puede estar acoplado a la misma tensión de red.

### 8.3. Comparativa con respecto a IAC

En este caso hemos utilizado dos luminarias nuevas, la CITEA NG MIDI, que no está certificada por el IAC, pero cumple con los requerimientos solicitados por esta guía técnica, y la luminaria TECEO 2, la cual si está registrada como luminaria recomendada bajo el organismo del IAC. Además, la reducción del flujo lumínico en comparación con la anterior luminaria VSAP, ha supuesto para la instalación de Biología que el valor de la utilancia pueda sobrepasar el límite mínimo del 50 %.

Comparativa instalaciones respecto guía IAC			
Características	Instalaciones		
	Informática	Física	Biología
Fabricante	SOCELEC SCHRÉDER	SOCELEC SCHRÉDER	SOCELEC SCHRÉDER
Modelo	AMPERA MIDI	CITEA NG MIDI	TECEO 2
Certificado IAC luminaria	No	No	Sí
Lámpara	LED	LED	LED
Tipo de cierre	Vidrio	Vidrio	Vidrio
Inclinación	0°	5°	0°
Altura luminaria	10 m	6 m	10 m
Iluminancia máxima	21 lux	23 lux	20 lux
Apariencia de color y temperatura	Blanco cálido 3000 K	Blanco cálido 3000 K	Blanco cálido 3000 K
FHS <sub>inst</sub>	0	0	0
Utilancia	50,1 %	59,6 %	56,4 %

Tabla 38. Resultados luminotécnicos en comparativa con IAC.

La inclinación de 5° realizada en las luminarias de Física para alcanzar una mejor uniformidad en el terreno, el IAC propone que el valor máximo de inclinación de una luminaria sea de 5°, por lo tanto, se puede decir que se encuentra dentro del rango de funcionamiento. No obstante, esta inclinación puede tener repercusión en el Flujo

Hemisférico Superior instalado ( $FHS_{inst}$ ) y por ende, conllevar a una contaminación al ambiente del orden de 5 veces más que una instalación con ángulo cero.

Así pues, el objetivo de esta propuesta se ha focalizado en alcanzar los niveles de iluminación que indica la normativa, así como la reducción del gasto energético, sin olvidar la contaminación que puede suponer este cambio para el medio ambiente. Al escoger las luminarias LED, esta elección se ha centrado en las recomendaciones elaboradas por el IAC, tal que, las temperaturas de los LED sean inferiores a 3000 K, la utilancia superior al 50%, el  $FHS_{inst}$  nulo y las alturas entre las que se debe encontrar una luminaria según su espacio a iluminar.

### 8.4. Comparativa entre la instalación actual y propuesta

Una vez obtenidos todos los resultados procedemos a elaborar una comparativa entre la instalación actual de alumbrado respecto a la propuesta, analizando aspectos claves como el ahorro energético y económico que podría suponer para la Universidad de La Laguna.

Instalación		Informática	Física		Biología	
		ACTUAL	ACTUAL	PROPUESTA	ACTUAL	PROPUESTA
Características						
Lámpara		LED	VSAP	LED	VSAP	LED
Cantidad de luminarias		18	20		16	
Potencia por lámpara		51 W	169 W	63 W	169 W	78 W
Potencia instalada		918 W	3380 W	1260 W	2704 W	1248 W
Eficacia luminosa (lm/W)		115,8	77	111	77	127
Iluminancia media (lux)		9,87	26	11	13	9,89
Energía consumida por año (kWh)	Verano (21-7)	1.652,4	5.400	2.268	4.320	2.246,4
	Invierno (19-7)	2.037,96	6.660	2.797,2	5.328	2.770,56
Energía total en un año (kWh)		2.952,3	12.060	4.052,1	9.648	4.013,6
Coste anual de energía consumida	Precio 0,127 €/kWh	374,9 €	1.531,6 €	514,6 €	1.225,3 €	509,72 €
Ahorro energético anual de instalación propuesta		-	+8.007,9 kWh		+5.634,4 kWh	
Ahorro económico		-	+ 1.017 €		+715,6 €	

Tabla 39. Comparativa energética y económica de la instalación actual y propuesta.

Para ver si la instalación es rentable, vamos a realizar el coste estimado de lo que llevaría su instalación sin tener en cuenta el coste de electricistas, peones de obra, camión grúa y mantenimiento, que serían comunes para los tres:

	Costes estimados de las instalaciones				
	Informática	Física		Biología	
	Actual	Actual	Propuesta	Actual	Propuesta
Luminaria	Ampera Midi LED	Indalux VSAP	Citea Midi LED	- VSAP	TECEO 2 LED
Coste unitario columna	884,4 €	-	884,4 €	-	0 €
Coste total columnas	15.919,2 €	-	17.688 €	-	0 €
Coste unitario luminaria	568,8 €	600 €	965,4 €	600 €	568,8 €
Coste total luminarias	10.238,4 €	12.000 €	19.308 €	9.600 €	9.100,8 €
Coste de material (luminarias y columnas)	26.157,6 €	12.000 €	36.996 €	9.600 €	9.100,8 €
Vida útil lámparas	80.000	28.000	80.000	28.000	80.000
Periodo de reposición(8h/día)	20 años	3 años	20 años	3 años	20 años
Coste reposición de lámpara	150 €	49,42 €	150 €	49,42 €	150 €
Costes de mantenimiento	40 €	112,7 €	40 €	112,7 €	40 €
Coste de reposición y mantenimiento	47,5 €/año	129,17 €/año	47,5 €/año	129,17 €/año	47,5 €/año
Coste total de la mantenimiento y reposición de la instalación	855 €/año	2583,4 €/año	950 €/año	2066,7 €/año	760 €/año
Coste energético anual	374,9 €	1.531,6 €	514,6 €	1.225,3 €	509,72 €
Ganancias anuales respecto al gasto energético	-	+ 1.017 €		+ 715,6 €	
Beneficios netos por año	-	+ 2.640,4 €		+ 2.022,3 €	

Tabla 40. Comparativa del gasto económico que supone cada instalación. [15]

Con estos datos vamos a averiguar qué instalación es más rentable entre la actual y la propuesta, tal que tendremos en cuenta los siguientes cálculos:

- Si establecemos una referencia para dentro de 10 años, la reposición de lámparas y su mantenimiento nos costaría:

---

Física VSAP:	25.834 €	Física LED:	9.500 €
--------------	----------	-------------	---------

Biología VSAP:	20.667 €	Biología LED:	7.600 €
----------------	----------	---------------	---------

---

Por lo tanto, la diferencia entre la reposición de las actuales lámparas VSAP respecto a las propuestas lámparas LED nos derivaría al siguiente valor:

---

– Instalación de Física: + 16.334 €

– Instalación de Biología: + 13.077 €

---

- Si a estos beneficios por reposición y mantenimiento de luminarias le añadimos la ganancia económica debida al ahorro energético durante 10 años, obtenemos el baremo del coste de la reposición de lámparas respecto a la ganancia energética:

---

– Instalación de Física: +10.170 € + 16.334 € = + 26.504 €

– Instalación Biología: +7.156 € + 13.077 € = + 20.233 €

---

Ganancia total en 10 años: + 46.737

- Coste de materiales:

---

– Instalación de Física (luminarias + columnas): - 36.996 €

– Instalación de Biología (luminarias + columnas): - 9.100,8 €

---

Costes de material: - 46096,8

➤ Periodo de amortización:

$$- \text{ Instalación de Física: } \frac{46.096,8}{2.022,3+2640,4} = 9,88 \text{ años}$$

En estos resultados no se ha tenido en cuenta los costes por obras, de personal, alquiler de camiones grúa y garantía propuesta por 5 años. No obstante, a partir de estos datos podemos entender que las instalaciones LED requieren de una alta inversión inicial, que mediante su bajo índice de mantenimiento, así como su alta eficiencia energética dan lugar a un menor desembolso anual por parte de la universidad en comparación con las actuales instalaciones VSAP.

## Capítulo 9

---

### 9. Conclusiones

Actualmente, las lámparas de descarga son la fuente de luz más empleada en las instalaciones de alumbrado exterior a pesar de tener unas malas reproducciones cromáticas debido al estrecho espectro de longitud de onda que alcanzan a irradiar. Por otro lado, cabe destacar que estas lámparas poseen una eficiencia de consumo energético óptima, lo cual les ha permitido asentarse durante varias décadas en el mercado de las instalaciones de alumbrado público.

No obstante, con la aparición y el auge de las tecnologías LED en este siglo, se está presenciando un cambio de tendencia de las lámparas de descarga por los eficaces diodos emisores de luz. De igual forma, hay que destacar que si no tenemos en cuenta aspectos claves como la temperatura de color, el CRI, la luminosidad, el ángulo de apertura y la ventilación de la luminaria, entre otros, esto supondría realizar una mala instalación que acabaría derivando en un menor rendimiento, vida útil y una mayor contaminación lumínica hacia el medio ambiente. Como consecuencia de los resultados expuestos en el presente proyecto, se ha demostrado que gracias al cambio de lámparas de VSAP por LED, sumado a ciertas variaciones como las alturas e inclinaciones, pueden dar lugar a unos establecimientos con unas características energéticas y lumínicas más eficientes que las actuales.

Como punto negativo a destacar, la inversión inicial del cambio de instalación es alta, por lo que esto equivale a un periodo de amortización elevado en el que también habría que incluir las facturas de mantenimiento y gestión de la instalación. En el siguiente capítulo de presupuestos de instalación se puede analizar este aspecto más al detalle.

Por otra parte, el lado positivo de esta modificación sería la modernización del emplazamiento, así como también el ahorro energético que se corresponde a una menor contaminación de CO<sub>2</sub> al medioambiente y una mejor iluminación para los ciudadanos que vayan a utilizar estos aparcamientos en un futuro. Además, implicaría una menor necesidad de mantenimiento debida a la larga utilidad de las lámparas LED.

Frente a la evidencia recaudada, deducimos que esta renovación de las instalaciones supondría una renovación mejorada en el alumbrado del Campus Anchieta, no obstante,

la parte negativa es que supone una inversión muy alta que sería amortizada con el paso de los años.

## Capítulo 10

---

### 10. Presupuesto

Descripción	Unidades	Tiempo estimado (h)	Coste unitario	Coste total
Luminaria TECEO 2	16	16	850 €	13.600 €
Luminaria CITEA NG MIDI.	20	20	965,4 €	19.308 €
Columna Schröder Socelec 10 metros	20	20	491,2 €	9.824 €
Camión para luminarias desmontadas	1	30	40 €	1.200 €
Camión grúa para instalar luminarias	1	80	41,5 €	3.320 €
Oficial electricista	1	80	18,5 €	1.480 €
Ayudante electricista	1	80	16,5 €	1.320 €
Peón especialista de obra	1	80	14 €	1.120 €
<b>Total</b>				<b>51.172 €</b>
Costes indirectos 3 % IVA				1.535,16 €
<b>COSTE ESTIMADO TOTAL</b>				<b>52.707,16 €</b>

Tabla 41. Presupuesto de las instalaciones alternativas.

## Capítulo 11

---

### 11. Bibliografía

- [1] <http://www.siluj.com/blog/curso-iluminacion-conceptos-luminotecnicos/>
- [2] [file:///C:/Users/4bbud/Downloads/documentos\\_GT\\_EE\\_iluminacion\\_Alumbrado\\_Publico\\_9a40dc27.pdf](file:///C:/Users/4bbud/Downloads/documentos_GT_EE_iluminacion_Alumbrado_Publico_9a40dc27.pdf)
- [3] <https://recursos.citcea.upc.edu/llum/lamparas/lincan.html>
- [4] <https://recursos.citcea.upc.edu/llum/lamparas/graficos/1-2graf1.gif>
- [5] <https://recursos.citcea.upc.edu/llum/lamparas/graficos/1-3graf1.gif>
- [6] <https://recursos.citcea.upc.edu/llum/lamparas/graficos/esquema.gif>
- [7] <https://blog.ledbox.es/informacion-led/luminarias-led-de-alta-calidad-elementos-fundamentales>
- [8] <http://4.bp.blogspot.com/-Du9sjW4zaz4/TOLY4TzRjII/AAAAAAAAAJE/ApP2Tg4r6do/s1600/led+caracteristicas.png>
- [9] [http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos\\_Requerimientos\\_LED\\_REV-4-120815\\_81a949fd.pdf](http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_Requerimientos_LED_REV-4-120815_81a949fd.pdf)
- [10] <http://www.airfal.com/fichas/es/classification.pdf>
- [11] [http://www.afeisa.es/files/down/COITIM\\_AFEISA\\_2012.PDF](http://www.afeisa.es/files/down/COITIM_AFEISA_2012.PDF)
- [12] [http://img.directindustry.es/images\\_di/photo-mg/20935-2595997.jpg](http://img.directindustry.es/images_di/photo-mg/20935-2595997.jpg)
- [13] [http://www.iac.es/adjuntos/otpc/RESUMEN\\_DE\\_8888888888888888RECOMENDACIONES\\_2014.pdf](http://www.iac.es/adjuntos/otpc/RESUMEN_DE_8888888888888888RECOMENDACIONES_2014.pdf)

[14] <https://www.fomento.es/areas-de-actividad/carreteras/normativa-tecnica/13-iluminacion/reglamento-de-eficiencia-energetica-en-instalaciones-de-alumbrado-exterior-rd-18902008>

[15]

[http://www.granada.es/Contrata.nsf/a5471e52e4524afbc125736b002b464e/fbc978396471b8e6c12580560036ad15/\\$FILE/CUADROS%20PRECIOS%20PLIEGO%202016\\_Cuadro%20de%20precios%201%20y%202%20por%20cap%C3%ADtulos.pdf](http://www.granada.es/Contrata.nsf/a5471e52e4524afbc125736b002b464e/fbc978396471b8e6c12580560036ad15/$FILE/CUADROS%20PRECIOS%20PLIEGO%202016_Cuadro%20de%20precios%201%20y%202%20por%20cap%C3%ADtulos.pdf)

[ ] [https://www.catebre.cat/wp-content/uploads/2017/12/UNE-EN\\_12464-2\\_20081.pdf](https://www.catebre.cat/wp-content/uploads/2017/12/UNE-EN_12464-2_20081.pdf)

[ ] [http://www.f2i2.net/legislacionseguridadindustrial/rebt\\_guia.aspx](http://www.f2i2.net/legislacionseguridadindustrial/rebt_guia.aspx)

## Capítulo 12

---

# 12. ANEXOS

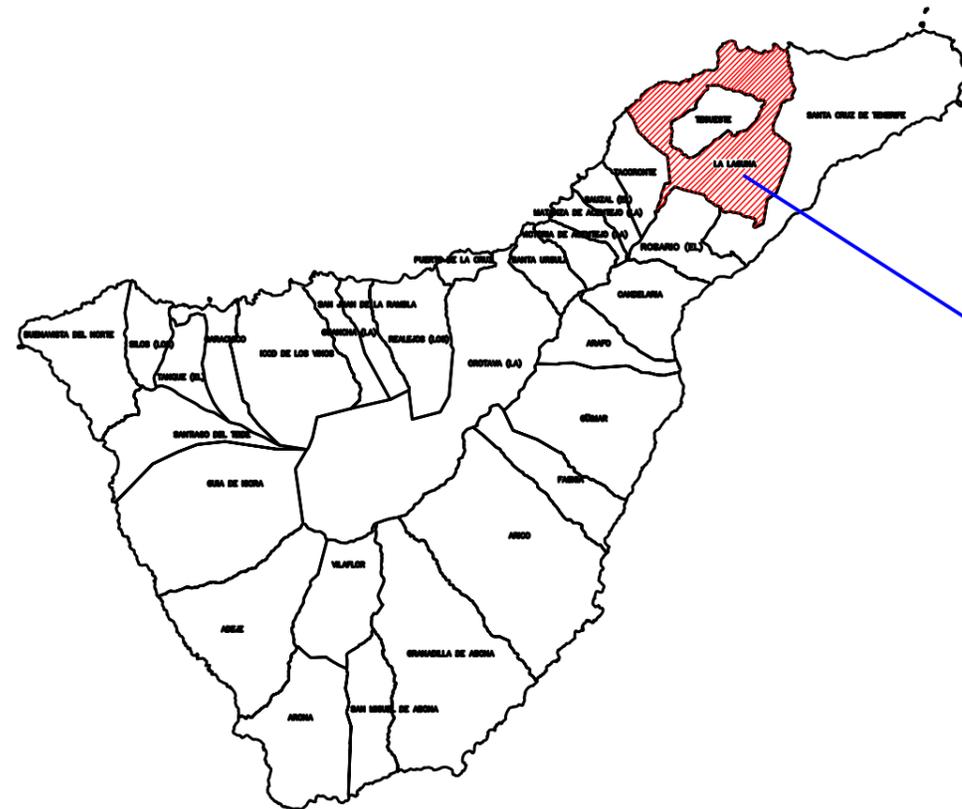
## 12.1 REPORTAJE FOTOGRÁFICO





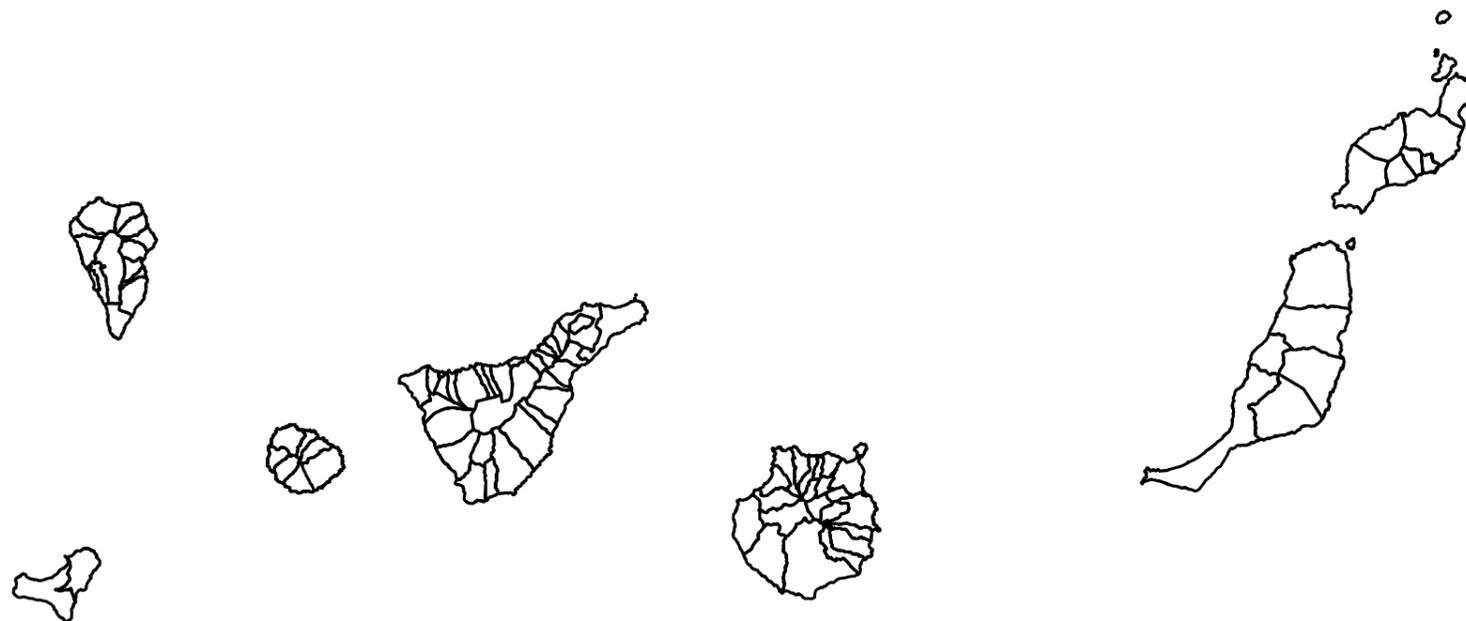
Esta luminaria pierde iluminación en la superficie del aparcamiento debido ubicación de la palmera.

## **12.2. PLANOS AUTOCAD**



# TENERIFE

Municipio de San Cristóbal de la Laguna.  
Avenida Astrofísico Francisco Sánchez,  
Campus de Anchieta.



# ISLAS CANARIAS

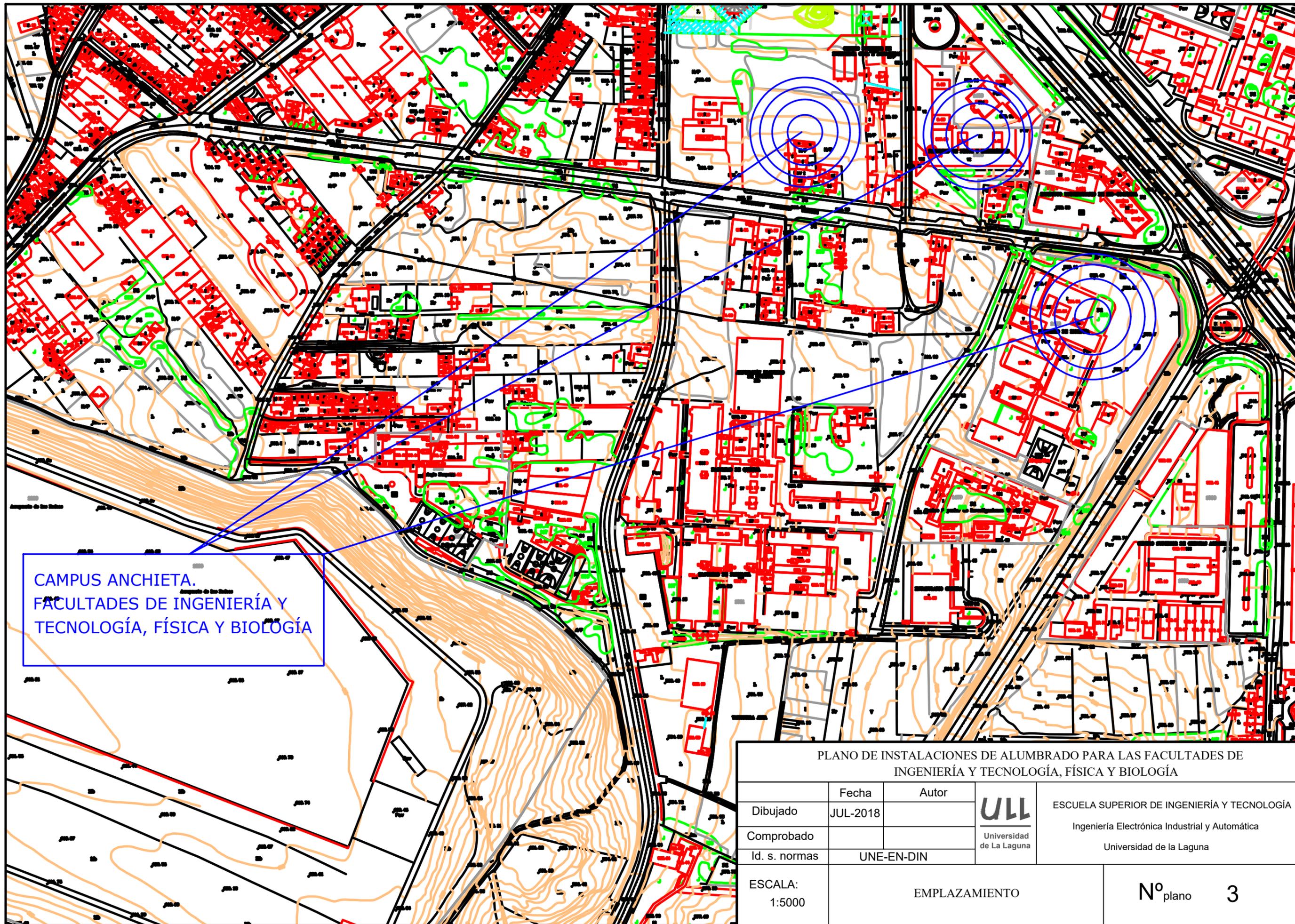
PLANO DE INSTALACIONES DE ALUMBRADO PARA LAS FACULTADES DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA, FÍSICA Y BIOLOGÍA			
	Fecha	Autor	 ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA Ingeniería Electrónica Industrial y Automática Universidad de la Laguna
Dibujado	JUL-2018	B. Labeidi Mulai	
Comprobado			
Id. s. normas	UNE-EN-DIN		
ESCALA:	SITUACIÓN		Nº plano 1
SIN ESCALA			



# PLANO DE SITUACIÓN

PLANO DE INSTALACIONES DE ALUMBRADO PARA LAS FACULTADES DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA, FÍSICA Y BIOLOGÍA

	Fecha	Autor		ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA Ingeniería Electrónica Industrial y Automática Universidad de la Laguna
Dibujado	JUL-2018	B. Labeidi Mulai		
Comprobado	JUL-2018			
Id. s. normas	UNE-EN-DIN			
ESCALA:	PLANO DE SITUACIÓN			Nºplano 2



CAMPUS ANCHIETA.  
 FACULTADES DE INGENIERÍA Y  
 TECNOLOGÍA, FÍSICA Y BIOLOGÍA

PLANO DE INSTALACIONES DE ALUMBRADO PARA LAS FACULTADES DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA, FÍSICA Y BIOLOGÍA			
Dibujado	Fecha	Autor	 Universidad de La Laguna
Comprobado	JUL-2018		
Id. s. normas	UNE-EN-DIN		
ESCALA: 1:5000	EMPLAZAMIENTO		ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA Ingeniería Electrónica Industrial y Automática Universidad de la Laguna
			Nº plano    3



# PLANO DE EMPLAZAMIENTO

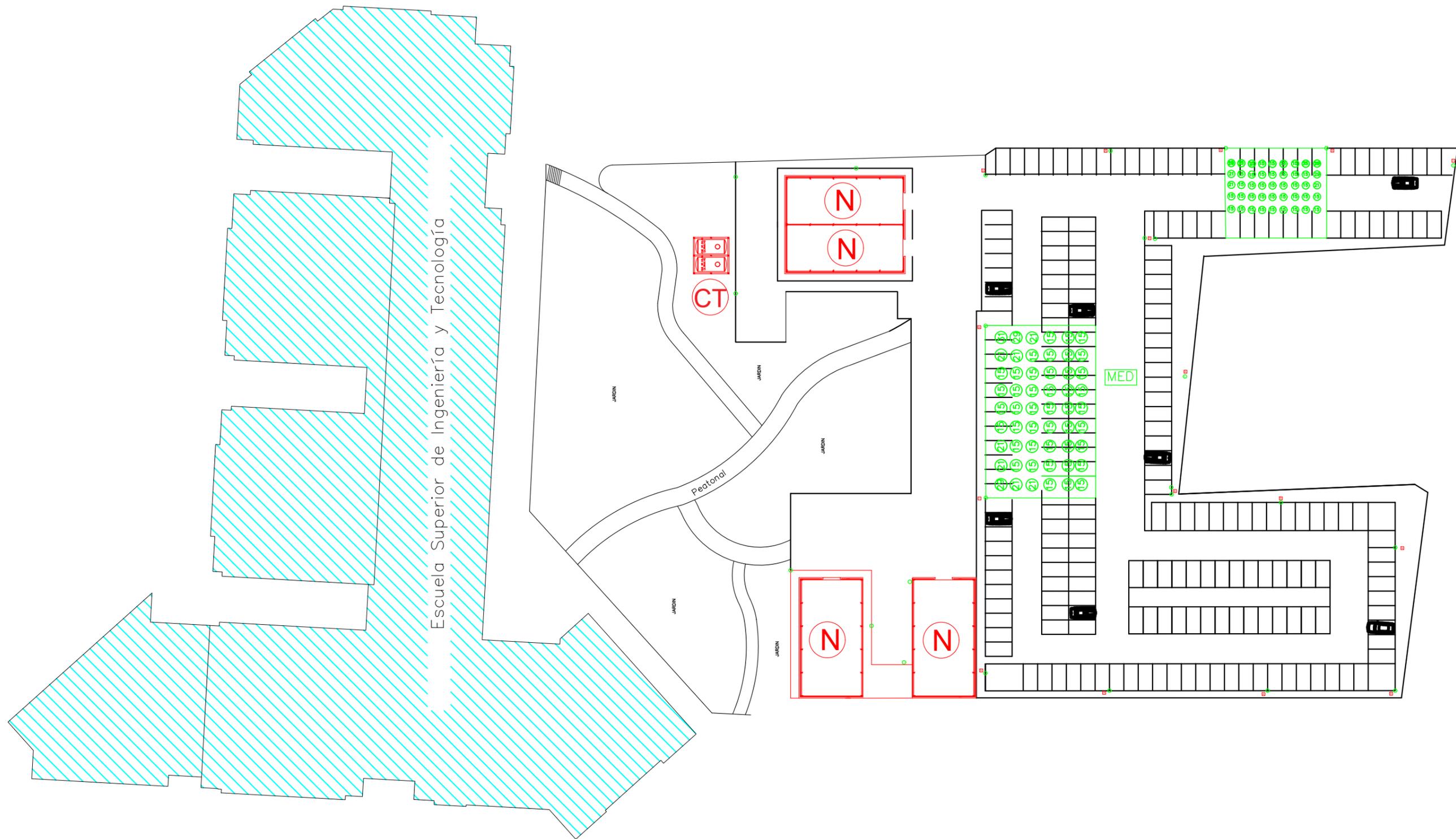
PLANO DE INSTALACIONES DE ALUMBRADO PARA LAS FACULTADES DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA, FÍSICA Y BIOLOGÍA

	Fecha	Autor		ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA Ingeniería Electrónica Industrial y Automática Universidad de la Laguna
Dibujado	JUL-2018	B. Labeidi Mulai		
Comprobado	JUL-2018			
Id. s. normas	UNE-EN-DIN			

ESCALA:  
1:4000

PLANO DE EMPLAZAMIENTO

Nºplano 4

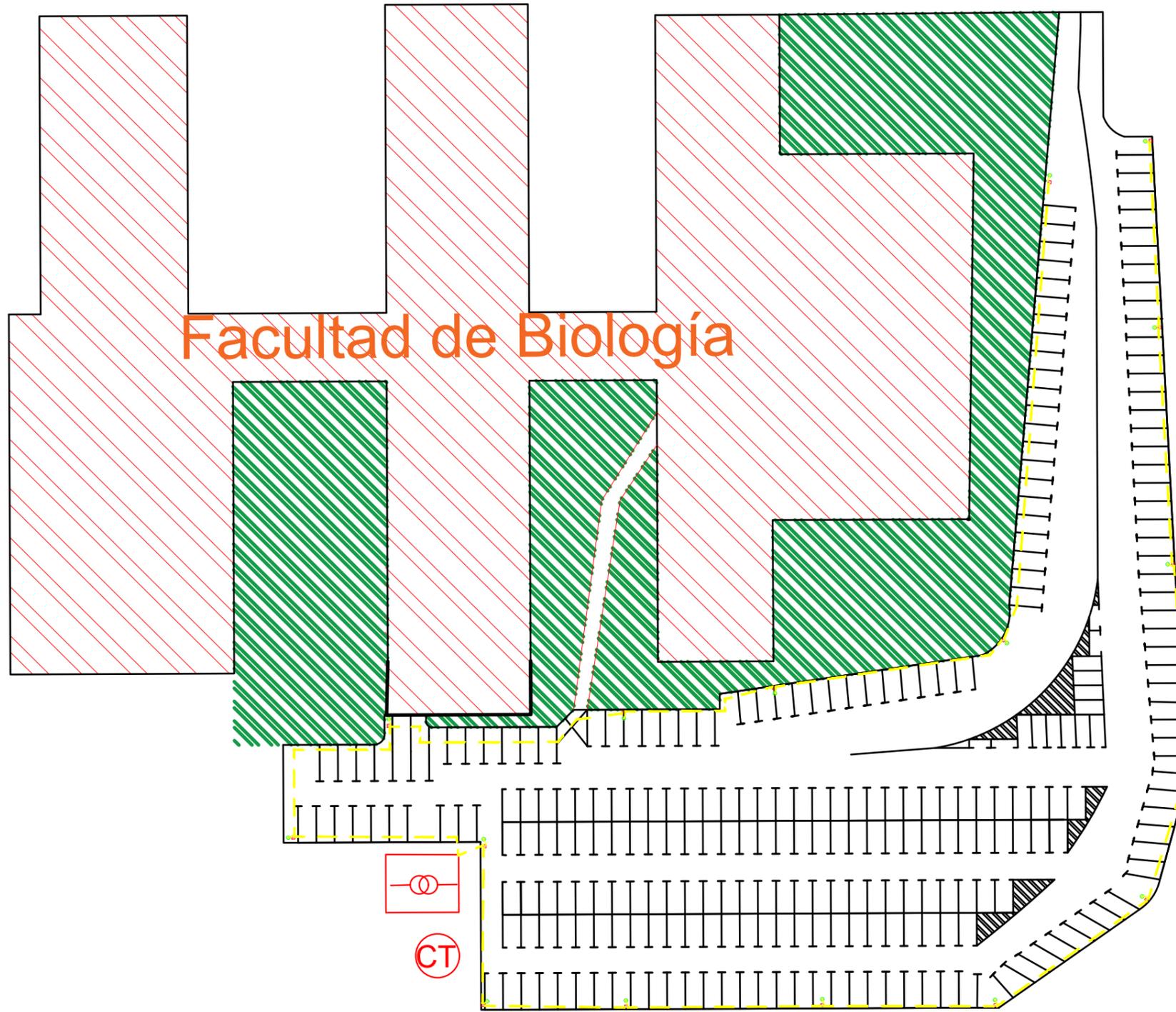


# LEYENDA

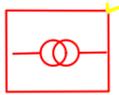
<b>CT</b>	CENTRO DE TRANSFORMACIÓN Y ZONA DE CUADROS DE CONTROL
<b>MED</b>	ZONAS DE MEDIDA Y SUS CORRESPONDIENTES RESULTADOS
<b>A</b>	ARQUETAS REGISTRADAS A 0,6 m DEL SUELO
<b>L</b>	UN TOTAL DE 18 LUMINARIAS CON Ø 0,6m
<b>N</b>	NAVE INDUSTRIAL

## PLANO DE INSTALACIONES DE ALUMBRADO PARA LAS FACULTADES DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA, FÍSICA Y BIOLOGÍA

	Fecha	Autor	 ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA Ingeniería Electrónica Industrial y Automática Universidad de la Laguna
Dibujado	JUL-2018	B. Labeidi Mulai	
Comprobado	JUL-2018		
Id. s. normas	UNE-EN-DIN		
ESCALA: 1:1500	FACULTAD DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA		Nº plano 5



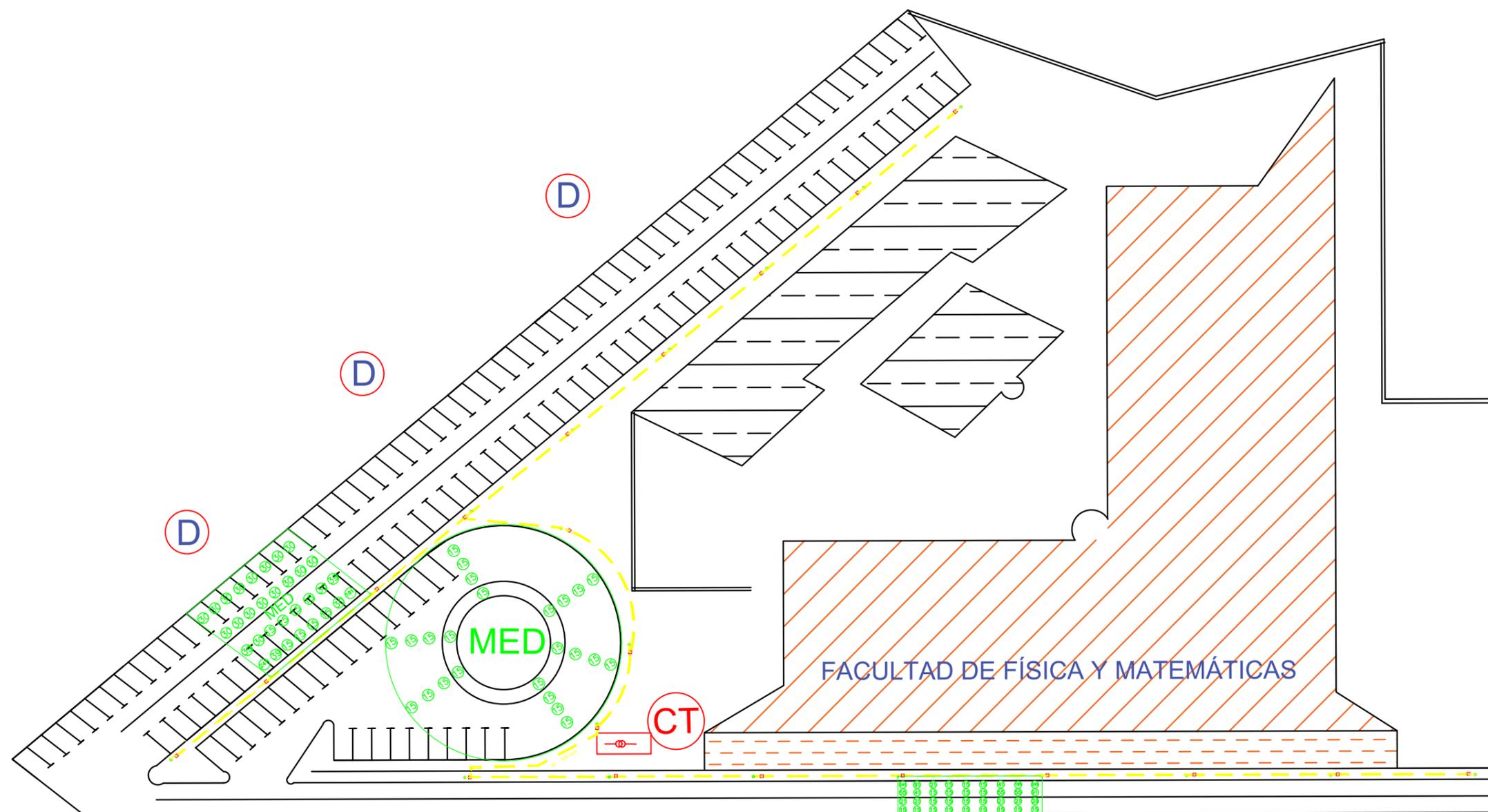
Facultad de Biología



CT

LEYENDA	
CT	UBICACIÓN DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN DE LA INSTALACIÓN
L	LUMINARIAS DEL RECINTO CON Ø 0.5 metros
A	ARQUETAS REGISTRABLES

PLANO DE INSTALACIONES DE ALUMBRADO PARA LAS FACULTADES DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA, FÍSICA Y BIOLOGÍA			
	Fecha	Autor	 ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA Ingeniería Electrónica Industrial y Automática Universidad de la Laguna
Dibujado	JUL-2018	B. Labeidi Mulai	
Comprobado	JUL-2018		
Id. s. normas	UNE-EN-DIN		
ESCALA:	FACULTAD DE BIOLOGÍA		N° plano 6
1:1500			



## LEYENDA

L	LUMINARIAS DE Ø 0,4 METROS
CT	CENTRO DE TRANSFORMACIÓN DE LA INSTALACIÓN DE ALUMBRADO
MED	ZONA DE MEDIDAS REALIZADAS CON LA APLICACIÓN DEL LUXÓMETRO
A	ARQUETAS REGISTRABLES SITUADAS AL LADO DE LA LUMINARIA
D	LUMINARIAS EXTERIORES QUE AFECTAN AL ALUMBRADO DE LA INSTALACIÓN

## PLANO DE INSTALACIONES DE ALUMBRADO PARA LAS FACULTADES DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA, FÍSICA Y BIOLOGÍA

	Fecha	Autor		ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA Ingeniería Electrónica Industrial y Automática Universidad de La Laguna
Dibujado	JUL-2018	B. Labeidi Mulai		
Comprobado	JUL-2018			
Id. s. normas	UNE-EN-DIN			
ESCALA: 1:1500	FACULTAD DE FÍSICA Y MATEMÁTICAS			Nº 7

## **12.2. ANEXOS DE DIALUX PARA ALUMBRADO ACTUAL DE INFORMÁTICA.**



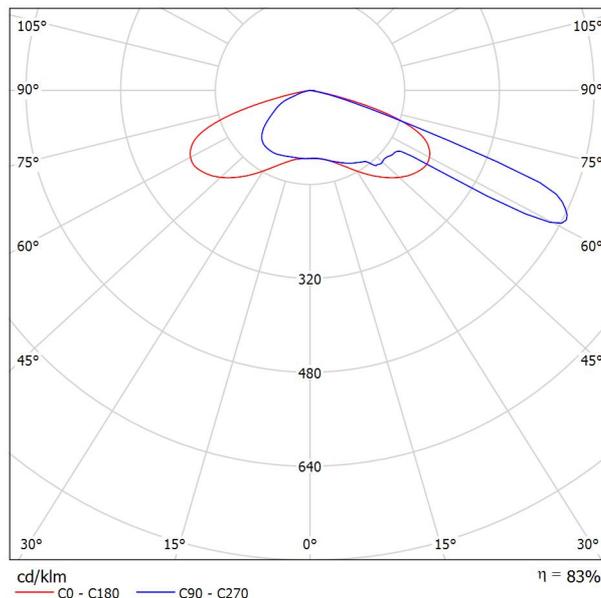
Universidad de La Laguna

Proyecto elaborado por Budbada Labeidi Mulai Zein  
 Teléfono  
 Fax  
 e-Mail alu0100763997@ull.edu.es

## SCHREDER AMPERA MIDI / 5119 / 32 LEDS 500mA CW / 351452 / Hoja de datos de luminarias



Emisión de luz 1:



Clasificación luminarias según DIN: A20  
 Código CIE Flux: 27 59 96 100 83

Para esta luminaria no puede presentarse ninguna tabla UGR porque carece de atributos de simetría.

**CONCEPTO**

Familia de 3 luminarias LED para calles: Mini, Midi, Maxi  
 Aplicación: Urban roads and streets, Squares and pedestrian areas, Roundabouts, Roads and highways, Residential streets, Parks, Large areas, Car parks, Bridges, Bike paths  
 Dimensiones (mm):  
 • Ancho: 436  
 • Alto: 132  
 • Largo: 674  
 Peso (kg): 11,5  
 Altura recomendada de instalación: entre 3,5m y 5mm  
 Para una óptima disipación termina, el driver y el motor fotométrico LED están en compartimentos separados y yuxtapuestos en sección horizontal. Compartimiento óptico independiente del spigot asegura una fácil instalación.

**CUBIERTA & ACABADO**

- CUBIERTA en inyección de alta presión de aluminio, cubierto por pintura en polvo poliéster.
- Acceso directo y libre de herramientas al compartimiento eléctrico y óptico, soltando los anclajes laterales y pivoteando el bloque óptico hacia abajo. Desconectores eléctricos (tipo cuchilla) permiten una fácil remoción libre de riesgos.
- Color: AKZO grey 900 arenado
- Superficie proyectada de luminaria Cd.S (viento): 0.078m<sup>2</sup>; Cs.S (lateral): 0.036m<sup>2</sup>; Cl.S (alzamiento): 0.115m<sup>2</sup>
- Estanqueidad - driver & compartimiento Óptico: IP 66
- Resistencia a impactos: IK 09

**INSTALACION**

- Fijación reversible realizada en inyección de aluminio de alta presión.
- Diámetro 32-48, 48-60mm o 76mm, sujetado con dos tornillos de acero inoxidable.
- Permite la inclinación (poste para entrada vertical) desde 0 a +15°; y de 0 a -15° en pasos de 5°, para postes de entrada horizontal.
- Acceso sin herramientas para mantenimiento.

**UNIDAD OPTICA**

- "FutureProof", reemplazable en el sitio retirándolo de la cubierta con una junta removible - Shore50.
- Protege los lentes de la degradación con un vidrio de 5mm de espesor, temperado y extra claro.
- PCB plana, con lentes acrílicos superpuestos.
- Varias distribuciones fotométricas: estrecha, calles, autopistas, medias y grandes áreas.
- CRI > 70

- ULR: 0%
- DEPRECIACION LUMINOSA DEL LED
- Flujo residual luminoso @ Tq=25°C @ 100.000 hrs: 350mA & 500mA: 90%; 700mA: 80%

#### ELECTRICO

- Clase I o Clase II
- Voltaje de entrada: 120-277V - 50-60Hz
- Factor de potencia > 90% a máxima carga
- 10kV, 10kA Protección contra sobretensiones
- Automáticamente desconecta la energía al ser abierta, para más seguridad

- Protección térmica en los LEDs de la PCB

#### ESTANDARDS Y CERTIFICACIONES

- CE
- ENEC
- LM79-80
- ETL
- ROHS
- Todas las mediciones son certificadas en laboratorios acreditados con ISO17025

#### OPCIONES

- Otros colores RAL o AKZO
- Otras distribuciones fotométricas
- Control de retroiluminación
- LEDs blanco cálido o frío
- OWLET, Control remoto o Telemangement
- Perfiles customizados de dimerización; Constant Lumen Output (CLO); Doble nivel
- Fococelda
- Sensores de movimiento

#### AMPERA MIDI – CONFIGURACION DE SU UNIDAD OPTICA:

- ÓPTICA: 5119 - Matriz: 351452
- Protector: [Glass Extra Clear, Flat, Smooth]
- Fuente: 32 LEDs 500mA CW
- Potencia (W): 51
- Estanqueidad de bloque óptico: IP 66
- Las especificaciones pueden cambiar de acuerdo al país y pueden variar sin aviso previo debido al constante desarrollo e innovación en nuestros productos. (\*) Tolerancia de 7% en datos de flujo luminoso.

DIALux 4.13 by DIAL GmbH

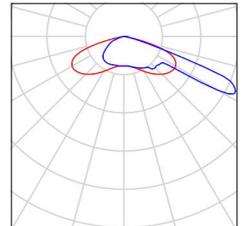


Universidad de La Laguna

Proyecto elaborado por Buddeda Labeidi Mulai Zein  
Teléfono  
Fax  
e-Mail alu0100763997@ull.edu.es

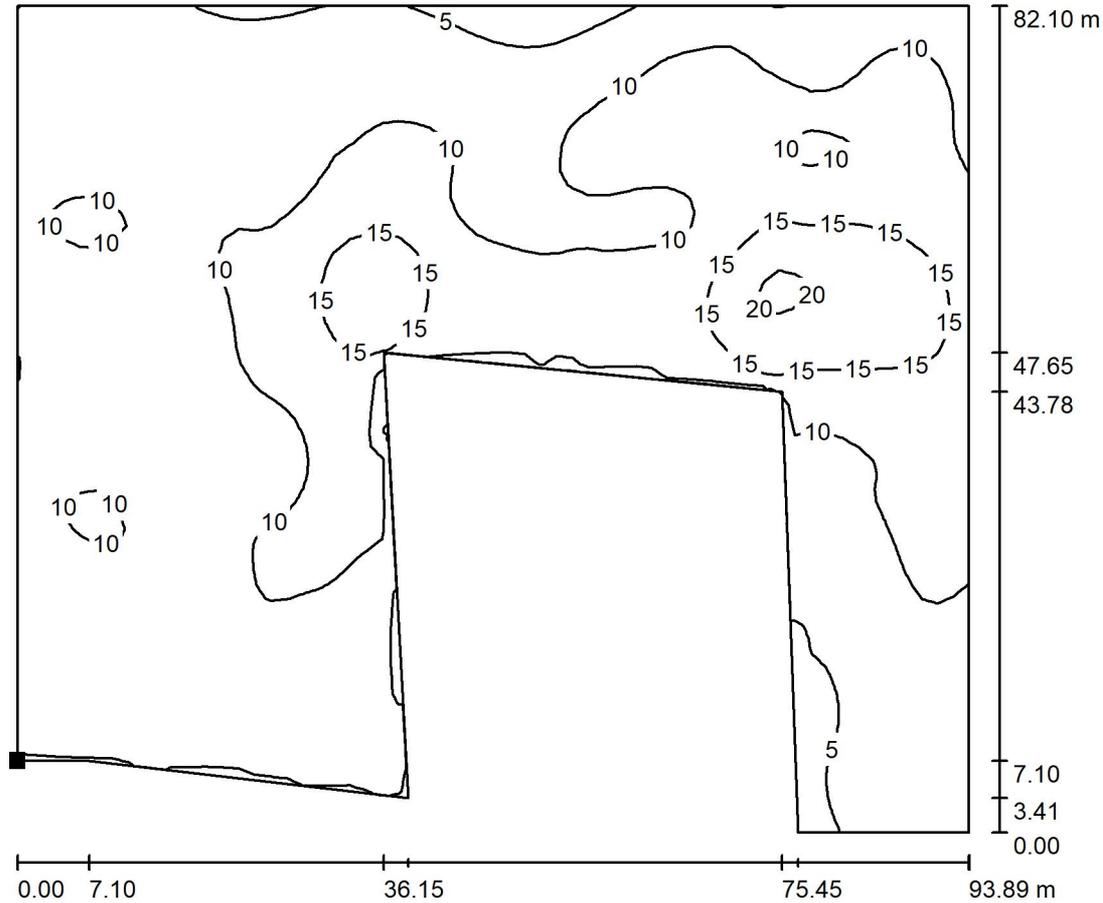
## Alumbrado aparcamientos Informática / Lista de luminarias

18 Pieza SCHREDER AMPERA MIDI / 5119 / 32 LEDS  
500mA CW / 351452  
N° de artículo:  
Flujo luminoso (Luminaria): 5905 lm  
Flujo luminoso (Lámparas): 7118 lm  
Potencia de las luminarias: 51.0 W  
Clasificación luminarias según CIE: 100  
Código CIE Flux: 27 59 96 100 83  
Lámpara: 1 x 32 LEDS 500mA CW (Factor de corrección 1.000).



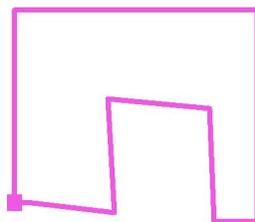


**Aparcamiento Informatica / Elemento del suelo 1 / Superficie 1 / Isolíneas (E)**



Valores en Lux, Escala 1 : 750

Situación de la superficie en la escena exterior:  
 Punto marcado:  
 (55.100 m, 14.200 m, 0.000 m)

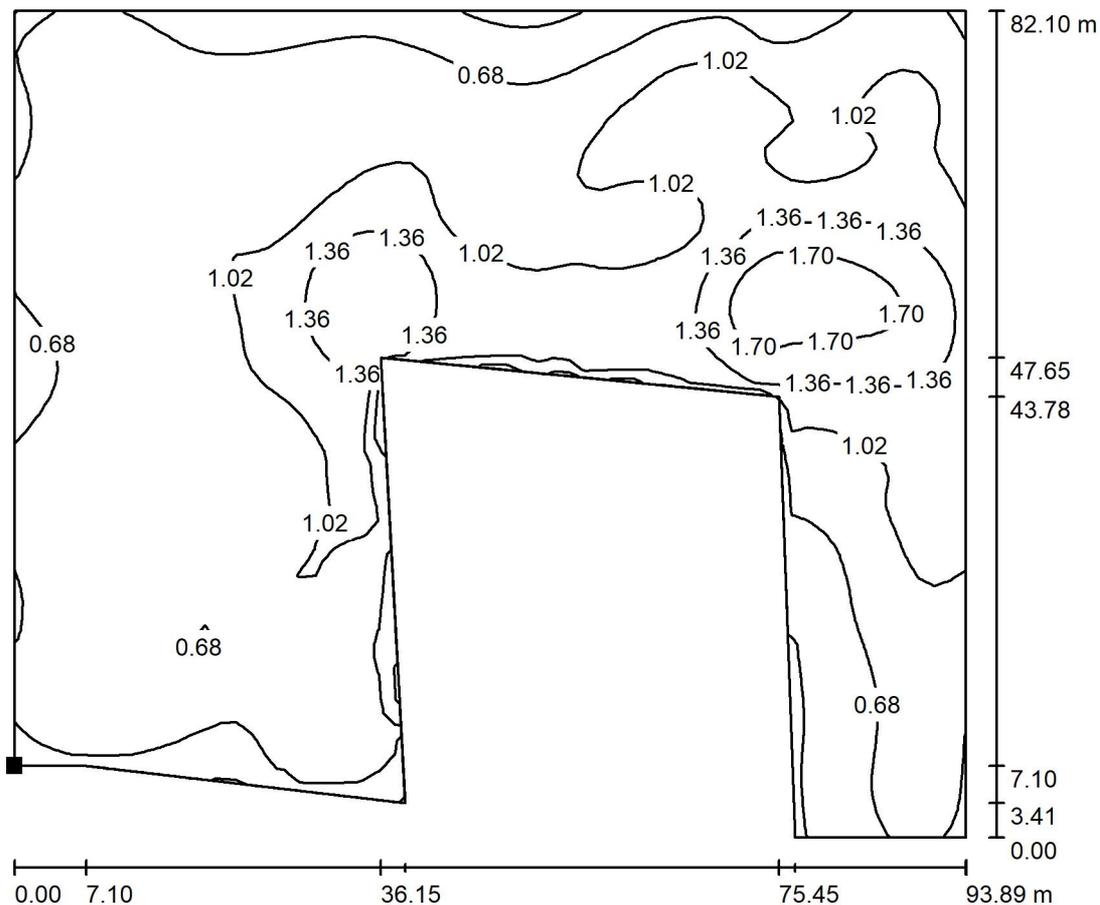


Trama: 60 x 60 Puntos

$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$	$E_{min} / E_{max}$
9.87	3.18	21	0.322	0.153

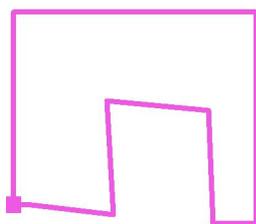


**Aparcamiento Informatica / Elemento del suelo 1 / Superficie 1 / Isolíneas (L)**



Valores en Candela/m², Escala 1 : 750

Situación de la superficie en la escena exterior:  
 Punto marcado:  
 (55.100 m, 14.200 m, 0.000 m)



Trama: 60 x 60 Puntos

$L_m$  [cd/m²]  
 0.94

$L_{min}$  [cd/m²]  
 0.30

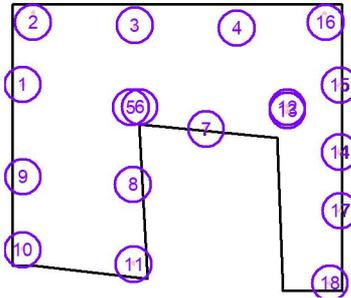
$L_{max}$  [cd/m²]  
 1.98



**Aparcamiento Informatica / Luminarias (lista de coordenadas)**

**SCHREDER AMPERA MIDI / 5119 / 32 LEDS 500mA CW / 351452**

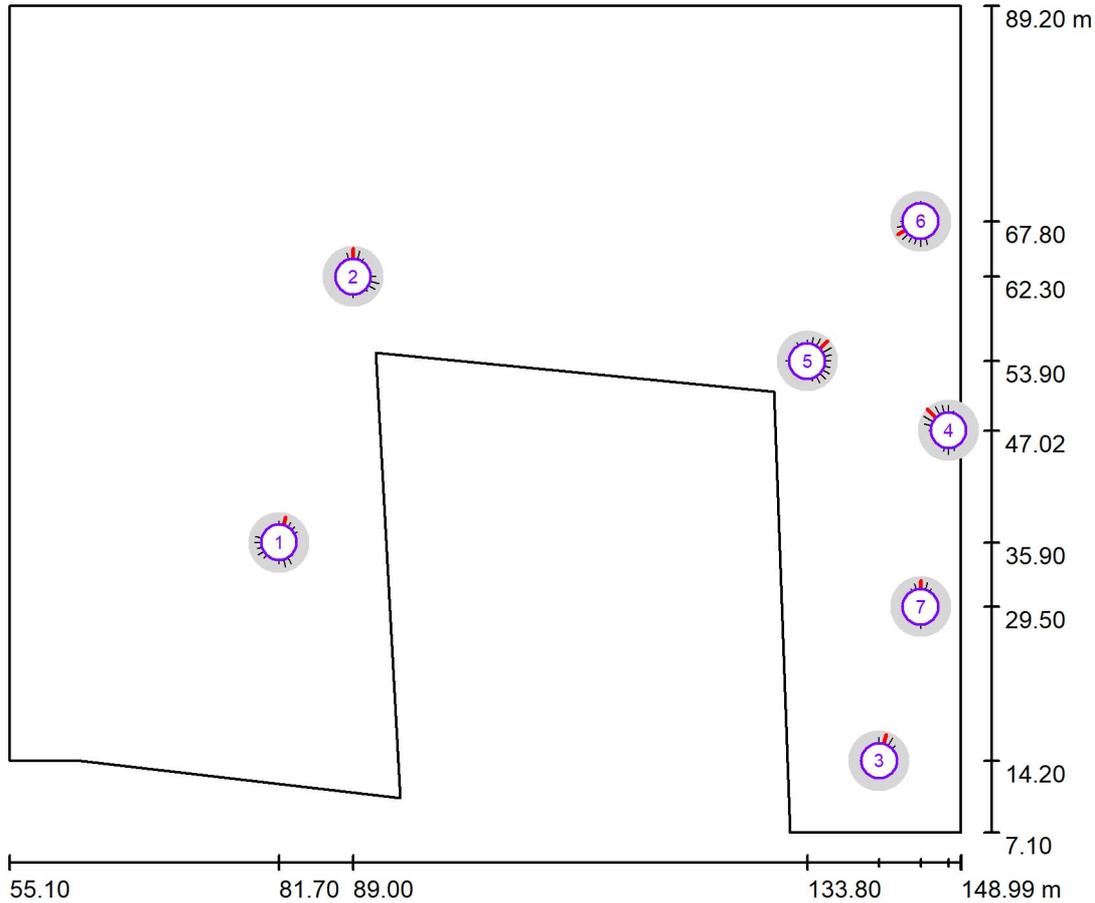
5905 lm, 51.0 W, 1 x 1 x 32 LEDS 500mA CW (Factor de corrección 1.000).



N°	Posición [m]			Rotación [°]		
	X	Y	Z	X	Y	Z
1	57.849	66.173	10.000	0.0	0.0	-90.0
2	61.012	87.204	10.000	0.0	0.0	180.0
3	90.015	83.225	10.000	0.0	0.0	180.0
4	119.033	82.355	10.000	0.0	0.0	180.0
5	88.900	59.700	10.000	0.0	0.0	90.0
6	91.400	59.800	10.000	0.0	0.0	-90.0
7	110.337	53.417	10.000	0.0	0.0	0.0
8	89.507	37.520	10.000	0.0	0.0	90.0
9	58.125	39.713	10.000	0.0	0.0	-90.0
10	57.988	18.776	10.000	0.0	0.0	-20.0
11	89.700	14.700	10.000	0.0	0.0	25.0
12	133.436	59.706	10.000	0.0	0.0	0.0
13	133.468	58.741	10.000	0.0	0.0	-175.0
14	148.388	46.802	10.000	0.0	0.0	90.0
15	148.388	65.998	10.000	0.0	0.0	90.0
16	144.336	86.640	10.000	0.0	0.0	90.0
17	148.537	29.992	10.000	0.0	0.0	90.0
18	145.589	9.252	10.000	0.0	0.0	90.0



**Aparcamiento Informatica / Observador GR (sumario de resultados)**



Escala 1 : 750

**Lista de puntos de cálculo GR**

Nº	Designación	Posición [m]			Área del ángulo visual [°]				Max
		X	Y	Z	Inicio	Fin	Amplitud de paso	Inclination	
1	Observador GR 2	81.700	35.900	1.500	0.0	360.0	15.0	-2.0	30 <sup>2)</sup>
2	Observador GR 2	89.000	62.300	1.500	0.0	360.0	15.0	-2.0	33 <sup>2)</sup>
3	Observador GR 2	140.900	14.200	1.500	0.0	360.0	15.0	-2.0	31 <sup>2)</sup>
4	Observador GR 2	147.752	47.020	1.500	0.0	360.0	15.0	-2.0	35 <sup>2)</sup>



Universidad de La Laguna

Proyecto elaborado por Budbeda Labeidi Mulai Zein  
 Teléfono  
 Fax  
 e-Mail alu0100763997@ull.edu.es

## Aparcamiento Informática / Observador GR (sumario de resultados)

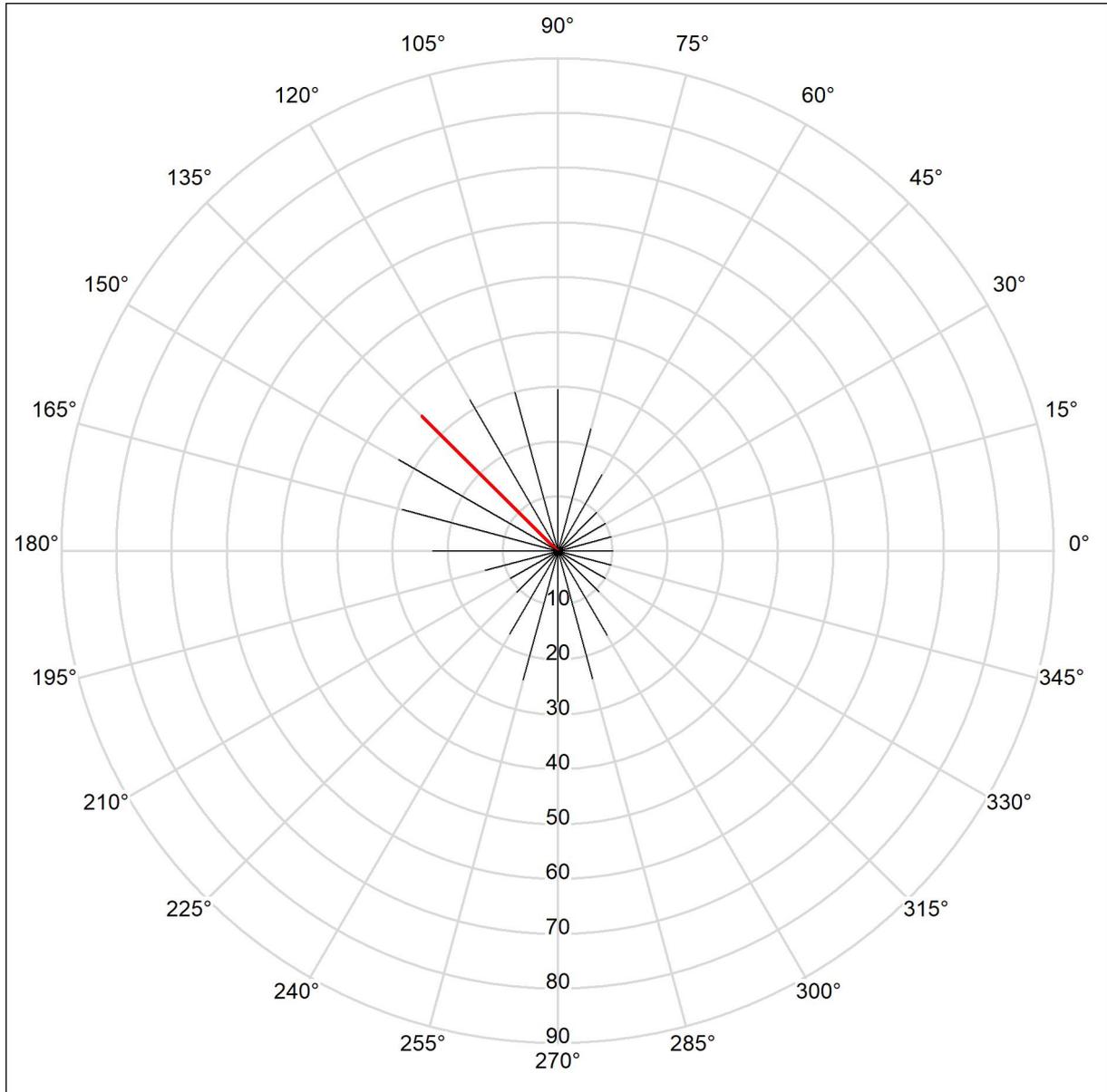
### Lista de puntos de cálculo GR

N°	Designación	Posición [m]			Área del ángulo visual [°]				Max
		X	Y	Z	Inicio	Fin	Amplitud de paso	Inclination	
5	Observador GR 2	133.800	53.900	1.500	0.0	360.0	15.0	-2.0	33 <sup>2)</sup>
6	Observador GR 2	145.000	67.800	1.500	0.0	360.0	15.0	-2.0	30 <sup>2)</sup>
7	Observador GR 2	145.000	29.500	1.500	0.0	360.0	15.0	-2.0	30 <sup>2)</sup>

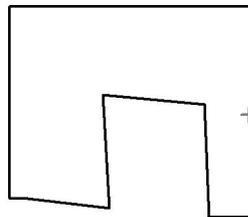
2) La luminancia difusa equivalente del entorno que ha sido calculada presupone que el entorno presenta una reflexión completamente difusa (conforme a la norma EN 12464-2).



**Aparcamiento Informatica / Observador GR 2 / Resumen**



Situación del observador en la escena exterior:



Posición: (147.752 m, 47.020 m, 1.500 m)

Área del ángulo visual: 0.0 ° - 360.0 °, Amplitud de paso: 15.0 °, Ángulo de inclinación: -2.0 °

Deslumbramiento: Min: <10, Max: 35

La luminancia difusa equivalente del entorno que ha sido calculada presupone que el entorno presenta una reflexión completamente difusa (conforme a la norma EN 12464-2).

### **12.3. ANEXOS DE DIALUX PARA ALUMBRADO ACTUAL DE FÍSICA Y MATEMÁTICAS.**

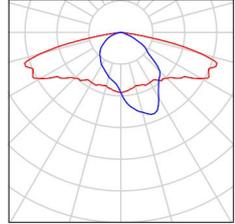


Universidad de La Laguna

Proyecto elaborado por Budbeda Labeidi Mulai Zein  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

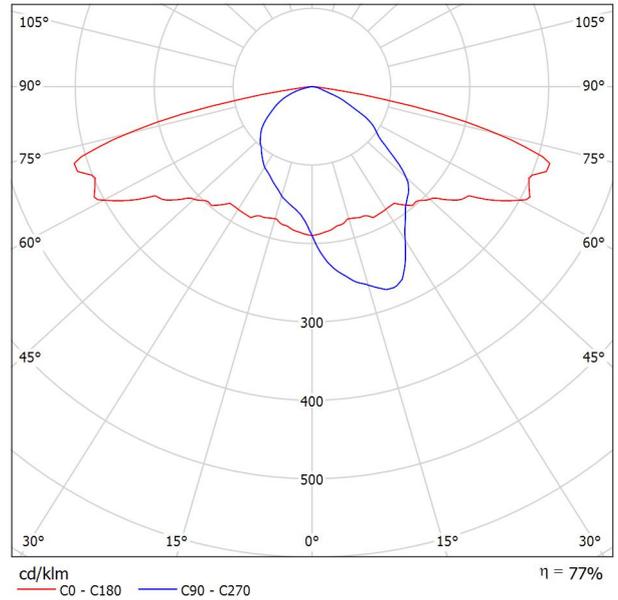
## Alumbrado Facultad de Matemáticas y Física / Lista de luminarias

20 Pieza PHILIPS SGP268 GB 1xSON-T150W  
Nº de artículo:  
Flujo luminoso (Luminaria): 11550 lm  
Flujo luminoso (Lámparas): 15000 lm  
Potencia de las luminarias: 169.0 W  
Clasificación luminarias según CIE: 100  
Código CIE Flux: 38 71 96 100 77  
Lámpara: 1 x SON-T150W/220 (Factor de corrección 1.000).



## PHILIPS SGP268 GB 1xSON-T150W / Hoja de datos de luminarias

Emisión de luz 1:



Clasificación luminarias según CIE: 100  
 Código CIE Flux: 38 71 96 100 77  
 Categoría de limitación de deslumbramiento (DIN 5044):  
 KB 2

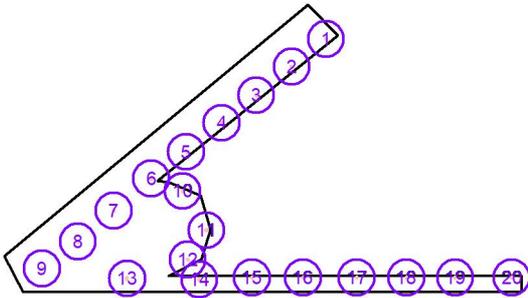
SGP268 Broadway. A road lighting luminaire which embodies functionality and aesthetics, reflecting the aspirations of today modern cities. A step dimming option is available for SON-T 400W and SON 250W lamp versions.

Para esta luminaria no puede presentarse ninguna tabla UGR porque carece de atributos de simetría.

**Plano del aparcamiento / Luminarias (lista de coordenadas)**

**PHILIPS SGP268 GB 1xSON-T150W**

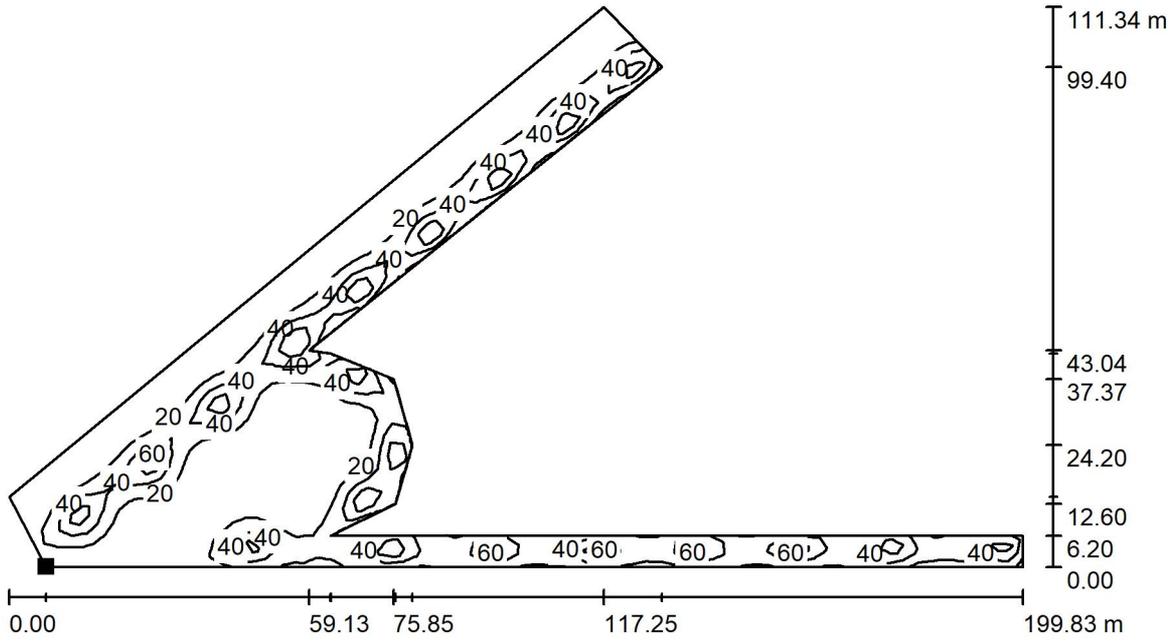
11550 lm, 169.0 W, 1 x 1 x SON-T150W/220 (Factor de corrección 1.000).



N°	Posición [m]			Rotación [°]		
	X	Y	Z	X	Y	Z
1	131.385	97.878	6.000	0.0	0.0	40.0
2	118.171	87.027	6.000	0.0	0.0	40.0
3	104.471	76.027	6.000	0.0	0.0	40.0
4	91.185	65.275	6.000	0.0	0.0	40.0
5	77.371	54.027	6.000	0.0	0.0	40.0
6	64.071	43.727	6.000	0.0	0.0	40.0
7	49.471	31.227	6.000	0.0	0.0	35.0
8	35.707	19.291	6.000	0.0	1.1	40.0
9	21.810	8.901	6.000	0.0	1.6	39.7
10	76.095	38.875	6.000	0.0	0.0	160.0
11	85.322	23.684	6.000	0.0	0.0	90.0
12	78.123	12.359	6.000	0.0	3.3	44.5
13	54.700	5.000	6.000	0.0	-1.3	180.0
14	82.507	4.636	6.000	0.0	0.0	180.0
15	102.800	5.300	6.000	0.0	0.0	180.0
16	122.500	5.300	6.000	0.0	0.0	180.0
17	143.300	5.300	6.000	0.0	0.0	180.0
18	162.400	5.300	6.000	0.0	0.0	180.0
19	181.200	5.300	6.000	0.0	0.0	180.0
20	203.100	5.300	6.000	0.0	0.0	180.0

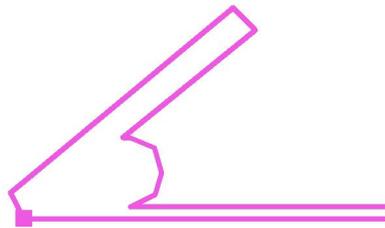


**Plano del aparcamiento / Elemento del suelo 1 / Superficie 1 / Isolíneas (E)**



Valores en Lux, Escala 1 : 1500

Situación de la superficie en la escena exterior:  
Punto marcado:  
(14.519 m, -0.157 m, 0.000 m)



Trama: 60 x 60 Puntos

$E_m$  [lx]  
26

$E_{min}$  [lx]  
1.01

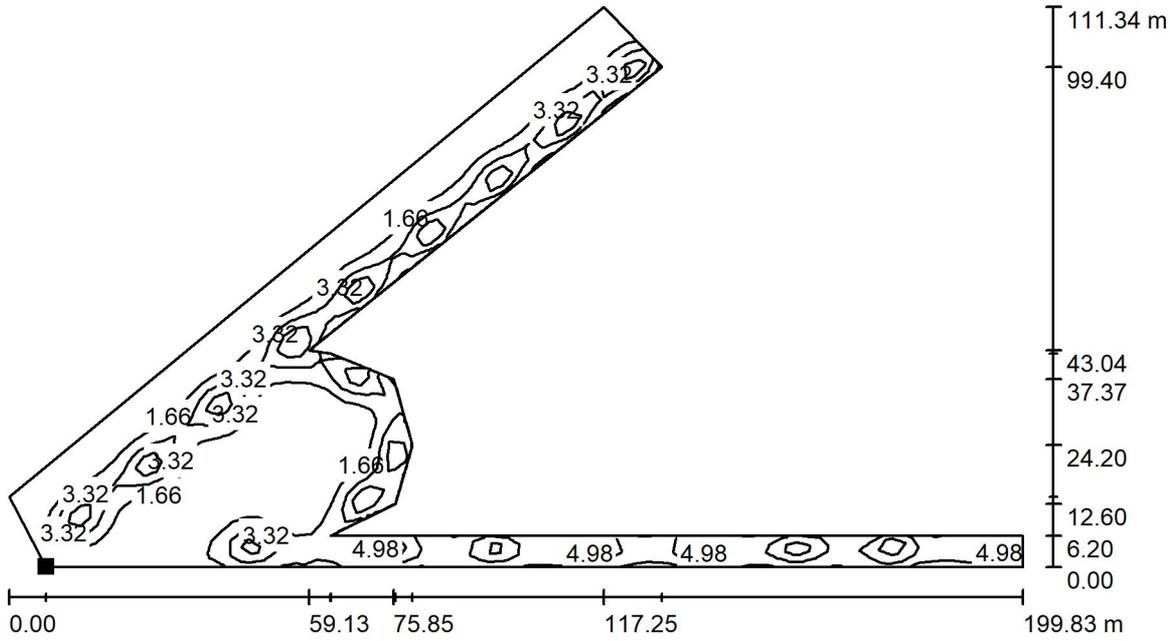
$E_{max}$  [lx]  
97

$E_{min} / E_m$   
0.040

$E_{min} / E_{max}$   
0.010

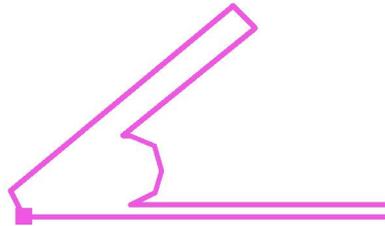


**Plano del aparcamiento / Elemento del suelo 1 / Superficie 1 / Isolíneas (L)**



Valores en Candela/m<sup>2</sup>, Escala 1 : 1500

Situación de la superficie en la escena exterior:  
Punto marcado:  
(14.519 m, -0.157 m, 0.000 m)



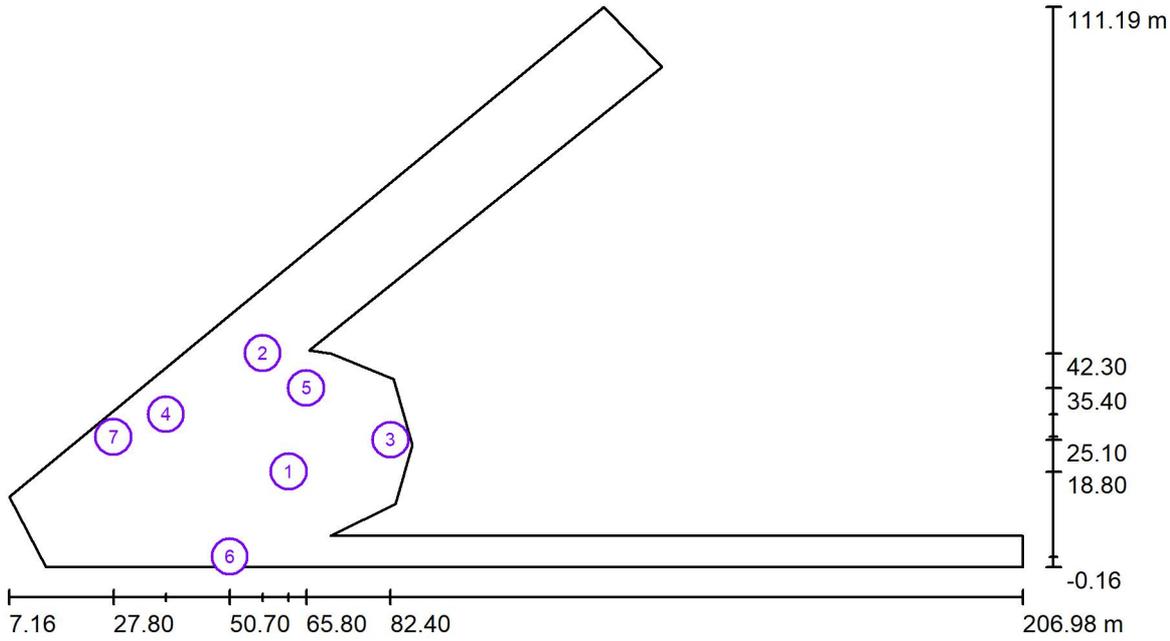
Trama: 60 x 60 Puntos

$L_m$  [cd/m<sup>2</sup>]  
2.20

$L_{min}$  [cd/m<sup>2</sup>]  
0.09

$L_{max}$  [cd/m<sup>2</sup>]  
8.37

**Plano del aparcamiento / Observador GR (sumario de resultados)**



Escala 1 : 1500

**Lista de puntos de cálculo GR**

Nº	Designación	Posición [m]			Inicio	Fin	Área del ángulo visual [°]		Inclination	Max
		X	Y	Z			Amplitud de paso			
1	Observador GR 1	62.300	18.800	1.500	0.0	360.0	15.0	-2.0	22 2)	
2	Observador GR 1	57.200	42.300	1.500	0.0	360.0	15.0	-2.0	45 2)	
3	Observador GR 1	82.400	25.100	1.500	0.0	360.0	15.0	-2.0	33 2)	
4	Observador GR 1	38.100	30.200	1.500	0.0	360.0	15.0	-2.0	37 2)	

Universidad de La Laguna

Proyecto elaborado por Budbeda Labeidi Mulai Zein  
 Teléfono  
 Fax  
 e-Mail

## Plano del aparcamiento / Observador GR (sumario de resultados)

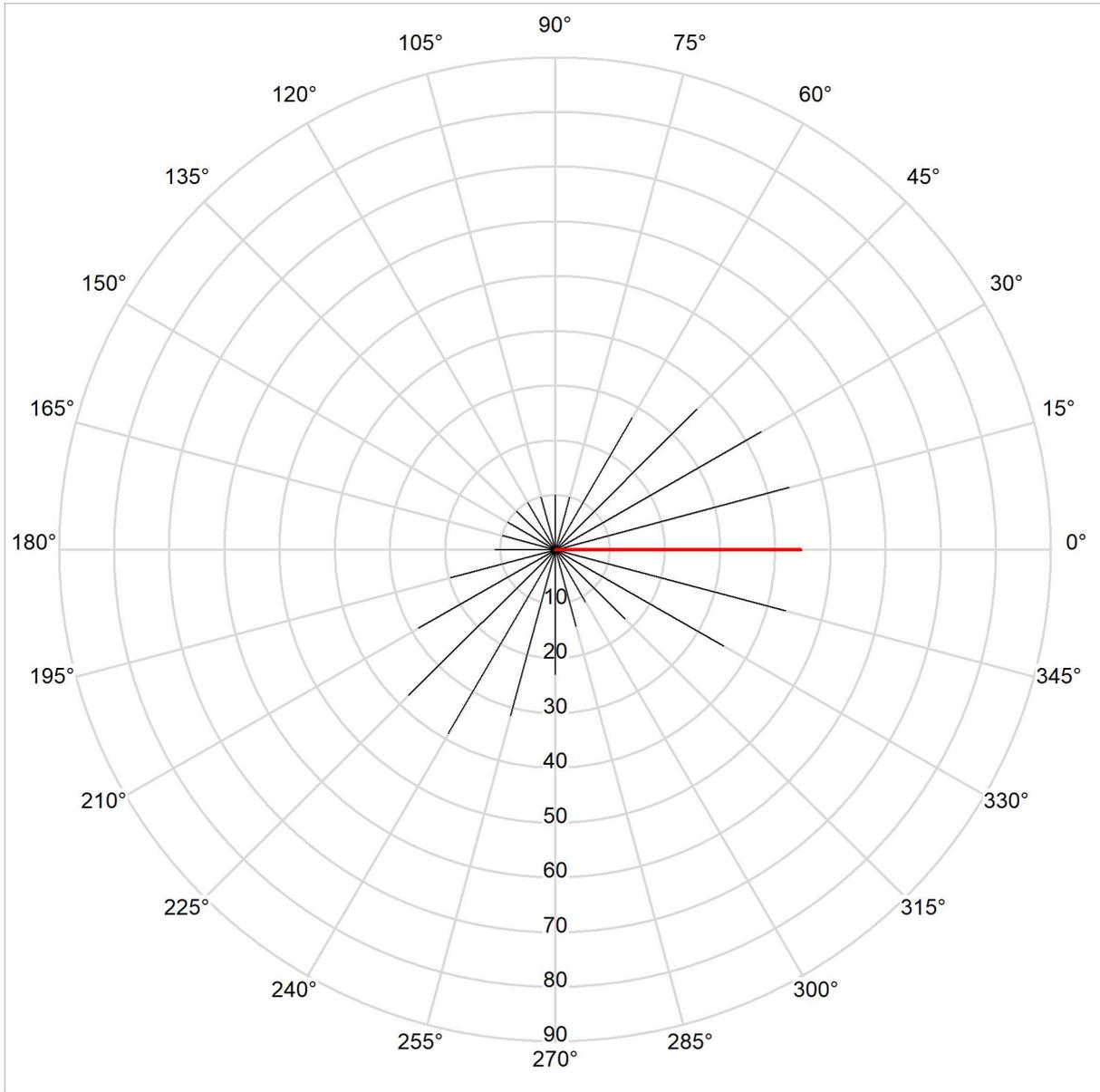
### Lista de puntos de cálculo GR

N°	Designación	Posición [m]			Inicio	Área del ángulo visual [°]		Inclination	Max
		X	Y	Z		Fin	Amplitud de paso		
5	Observador GR 1	65.800	35.400	1.500	0.0	360.0	15.0	-2.0	32 2)
6	Observador GR 1	50.700	1.900	1.500	0.0	360.0	15.0	-2.0	37 2)
7	Observador GR 1	27.800	25.700	1.500	0.0	360.0	15.0	-2.0	24 2)

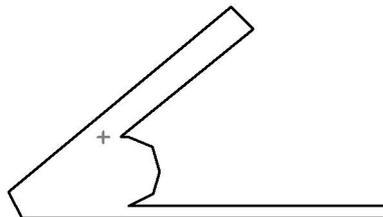
2) La luminancia difusa equivalente del entorno que ha sido calculada presupone que el entorno presenta una reflexión completamente difusa (conforme a la norma EN 12464-2).



Plano del aparcamiento / Observador GR 1 / Resumen



Situación del observador en la escena exterior:



Posición: (57.200 m, 42.300 m, 1.500 m)

Área del ángulo visual: 0.0 ° - 360.0 °, Amplitud de paso: 15.0 °, Ángulo de inclinación: -2.0 °

Deslumbramiento: Min: 11, Max: 45

La luminancia difusa equivalente del entorno que ha sido calculada presupone que el entorno presenta una reflexión completamente difusa (conforme a la norma EN 12464-2).

## **12.4. ANEXOS DE DIALUX PARA ALUMBRADO ACTUAL DE BIOLOGÍA.**



Proyecto elaborado por Buddeda Labeidi  
Teléfono  
Fax  
e-Mail alu0100763997@ull.edu.es

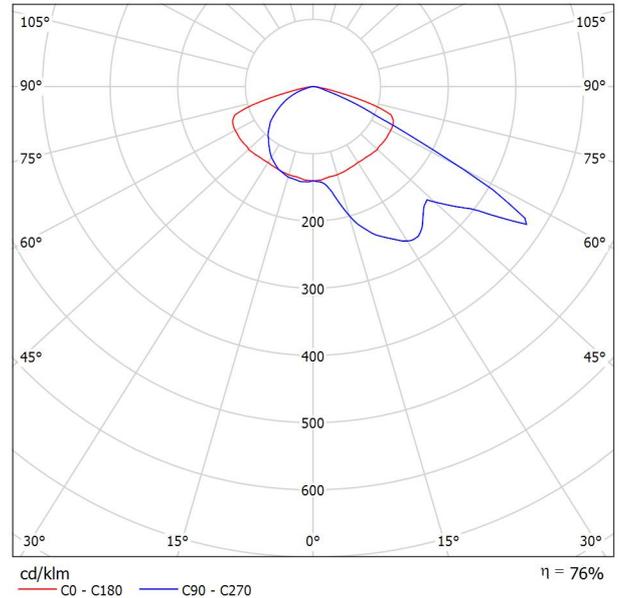
## PHILIPS SGP338 GB 1xSON-T150W SGR CP P-A30 / Hoja de datos de luminarias



Clasificación luminarias según CIE: 100  
Código CIE Flux: 34 70 96 100 76

SGP338 Velocity. Road lighting luminaire for tubular high-pressure sodium lamps up to 400W. Step dimming option available up to SON-T 250W lamp version.

Emisión de luz 1:

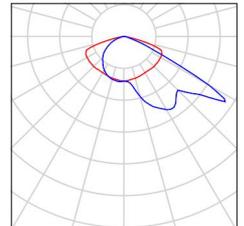


Para esta luminaria no puede presentarse ninguna tabla UGR porque carece de atributos de simetría.



## Alumbrado Biología / Lista de luminarias

16 Pieza PHILIPS SGP338 GB 1xSON-T150W SGR CP  
P-A30  
N° de artículo:  
Flujo luminoso (Luminaria): 11400 lm  
Flujo luminoso (Lámparas): 15000 lm  
Potencia de las luminarias: 169.0 W  
Clasificación luminarias según CIE: 100  
Código CIE Flux: 34 70 96 100 76  
Lámpara: 1 x SON-T150W/220 (Factor de  
corrección 1.000).

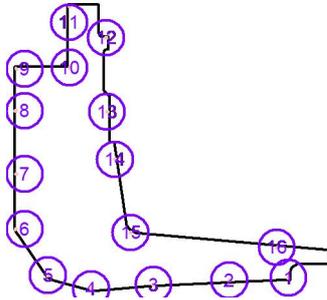




**Parámetros del parking / Luminarias (lista de coordenadas)**

**PHILIPS SGP338 GB 1xSON-T150W SGR CP P-A30**

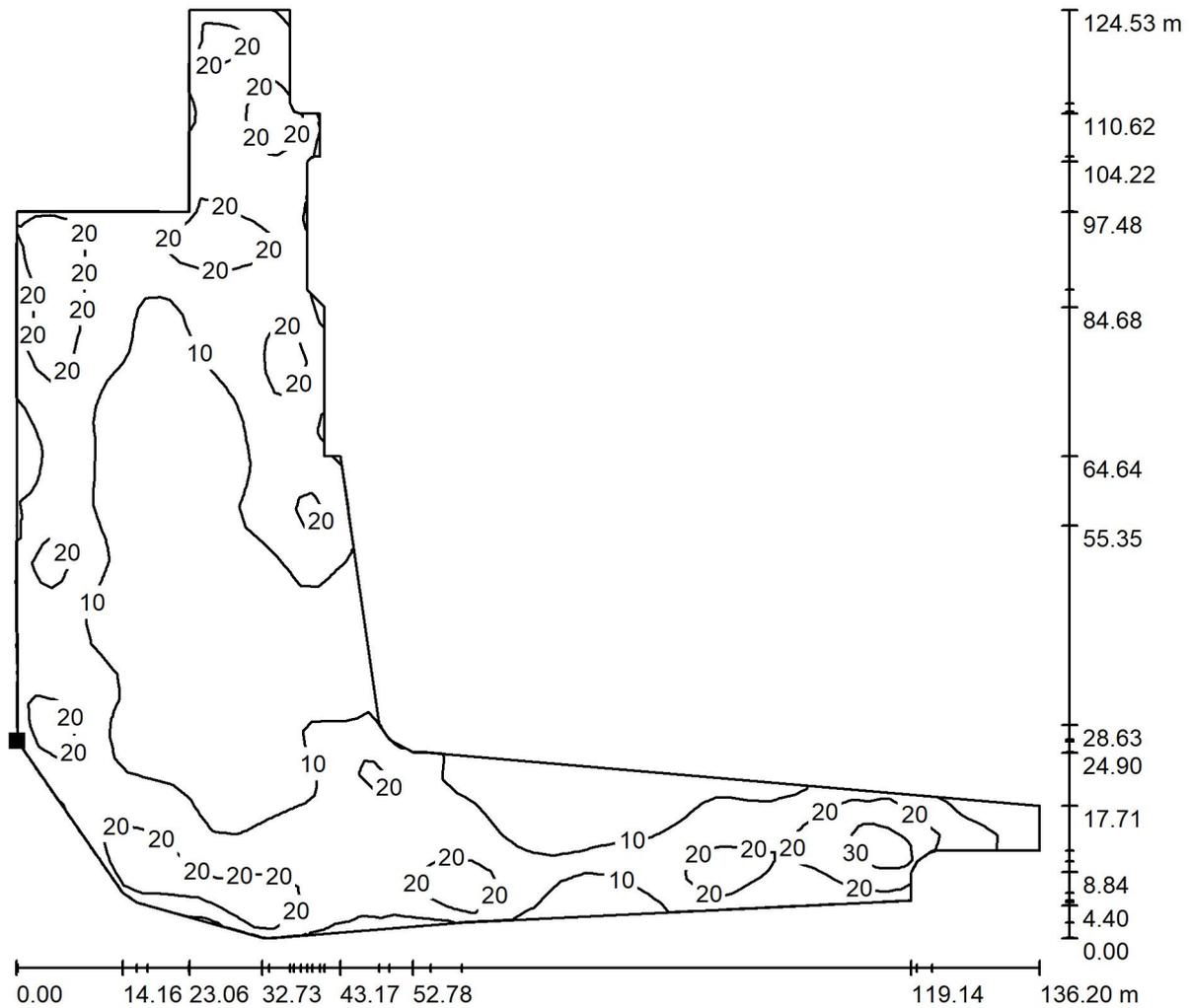
11400 lm, 169.0 W, 1 x 1 x SON-T150W/220 (Factor de corrección 1.000).



N°	Posición [m]			Rotación [°]		
	X	Y	Z	X	Y	Z
1	118.500	5.500	10.000	0.0	0.0	5.0
2	93.000	4.400	10.000	0.0	0.0	0.0
3	60.290	2.525	10.000	0.0	0.0	0.0
4	33.300	0.700	10.000	0.0	0.0	-5.0
5	14.700	6.600	10.000	0.0	0.0	-30.0
6	0.700	26.700	10.000	0.0	0.0	-60.0
7	0.900	50.700	10.000	0.0	0.0	-90.0
8	0.700	78.100	10.000	0.0	0.0	-90.0
9	0.947	96.453	10.000	0.0	0.0	-145.0
10	23.979	96.887	10.000	0.0	0.0	-170.0
11	23.800	123.700	10.000	0.0	0.0	-160.0
12	39.800	109.900	10.000	0.0	0.0	90.0
13	40.200	77.700	10.000	0.0	0.0	90.0
14	43.600	57.000	10.000	0.0	0.0	95.0
15	50.400	25.200	10.000	0.0	0.0	140.0
16	113.490	18.725	10.000	0.0	0.0	175.0

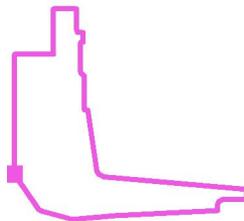


**Parámetros del parking / Elemento del suelo 1 / Superficie 1 / Isolíneas (E)**



Valores en Lux, Escala 1 : 1000

Situación de la superficie en la escena exterior:  
 Punto marcado:  
 (0.310 m, 26.313 m, 0.000 m)

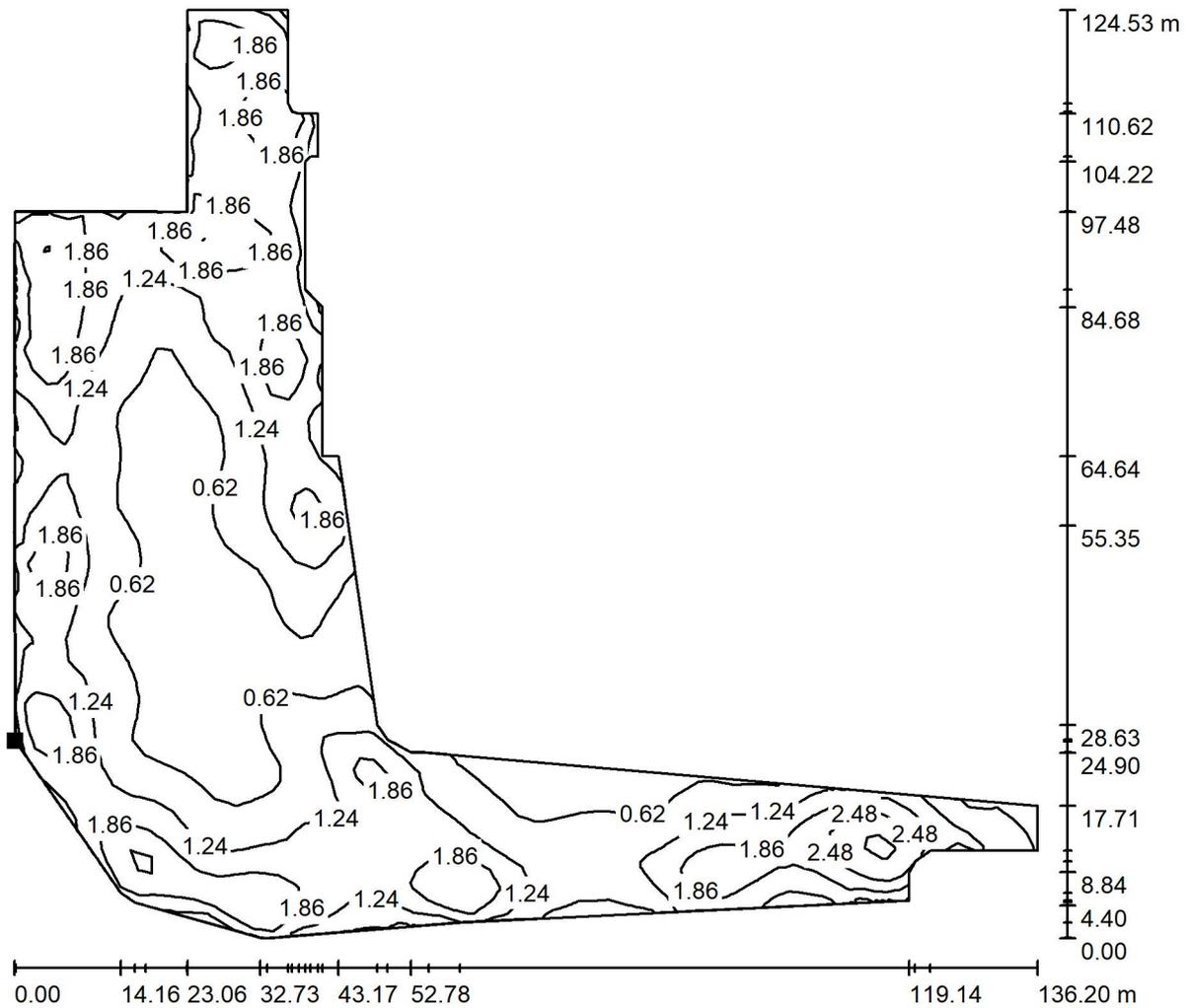


Trama: 60 x 60 Puntos

$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$	$E_{min} / E_{max}$
13	2.00	34	0.153	0.058

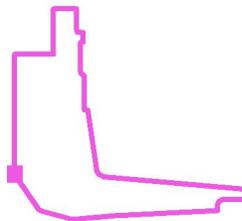


**Parámetros del parking / Elemento del suelo 1 / Superficie 1 / Isolíneas (L)**



Valores en Candela/m², Escala 1 : 1000

Situación de la superficie en la escena exterior:  
 Punto marcado:  
 (0.310 m, 26.313 m, 0.000 m)



Trama: 60 x 60 Puntos

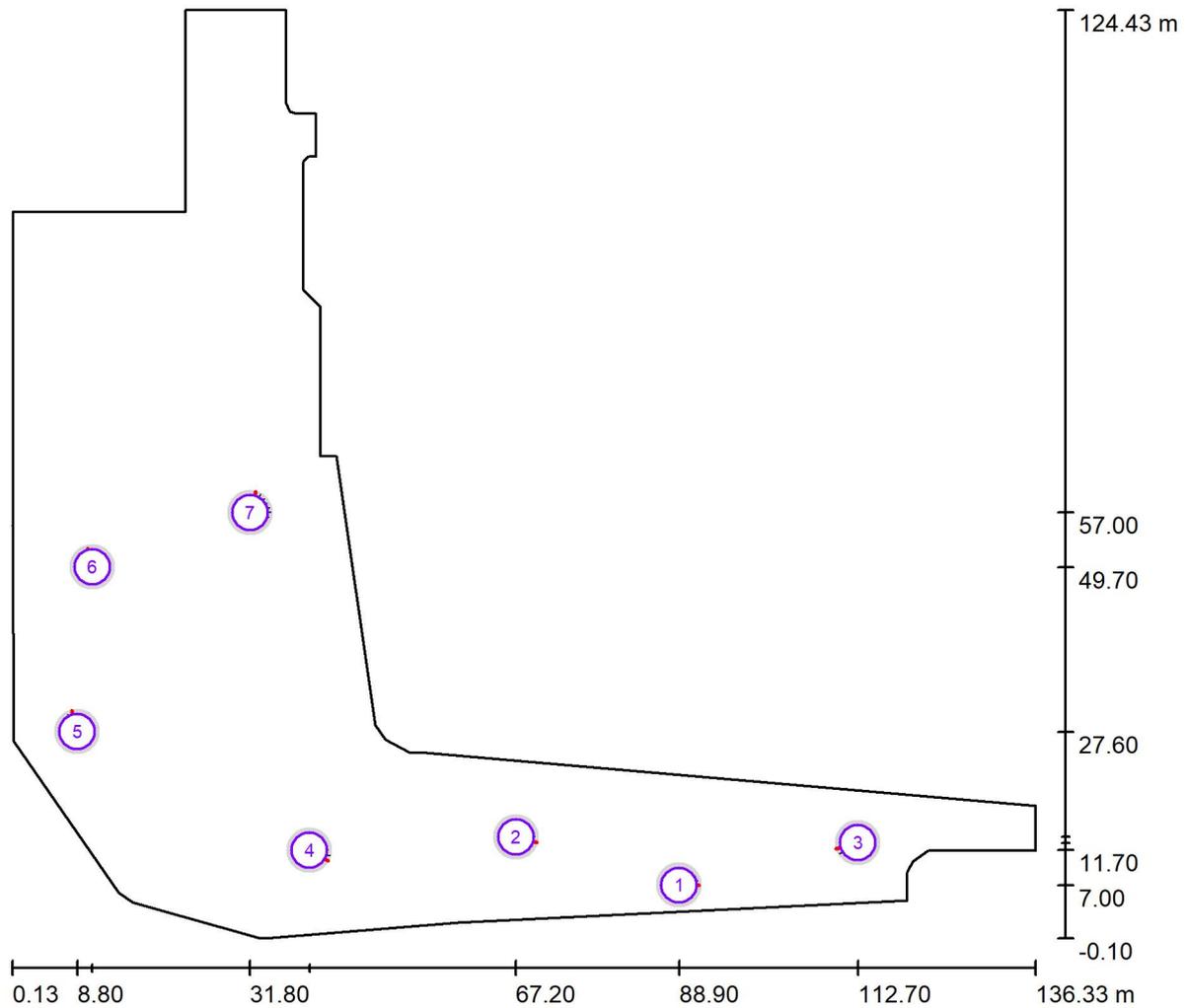
$L_m$  [cd/m²]  
 1.25

$L_{min}$  [cd/m²]  
 0.19

$L_{max}$  [cd/m²]  
 3.29



**Parámetros del parking / Observador GR (sumario de resultados)**



Escala 1 : 1000

**Lista de puntos de cálculo GR**

Nº	Designación	Posición [m]			Área del ángulo visual [°]				Max
		X	Y	Z	Inicio	Fin	Amplitud de paso	Inclination	
1	Observador GR 2	88.900	7.000	1.500	0.0	360.0	15.0	-2.0	32 <sup>2)</sup>
2	Observador GR 2	67.200	13.500	1.500	0.0	360.0	15.0	-2.0	34 <sup>2)</sup>
3	Observador GR 2	112.700	12.700	1.500	0.0	360.0	15.0	-2.0	36 <sup>2)</sup>
4	Observador GR 2	39.700	11.700	1.500	0.0	360.0	15.0	-2.0	35 <sup>2)</sup>



Universidad de La Laguna

Proyecto elaborado por Budbeda Labeidi  
 Teléfono  
 Fax  
 e-Mail alu0100763997@ull.edu.es

## Parámetros del parking / Observador GR (sumario de resultados)

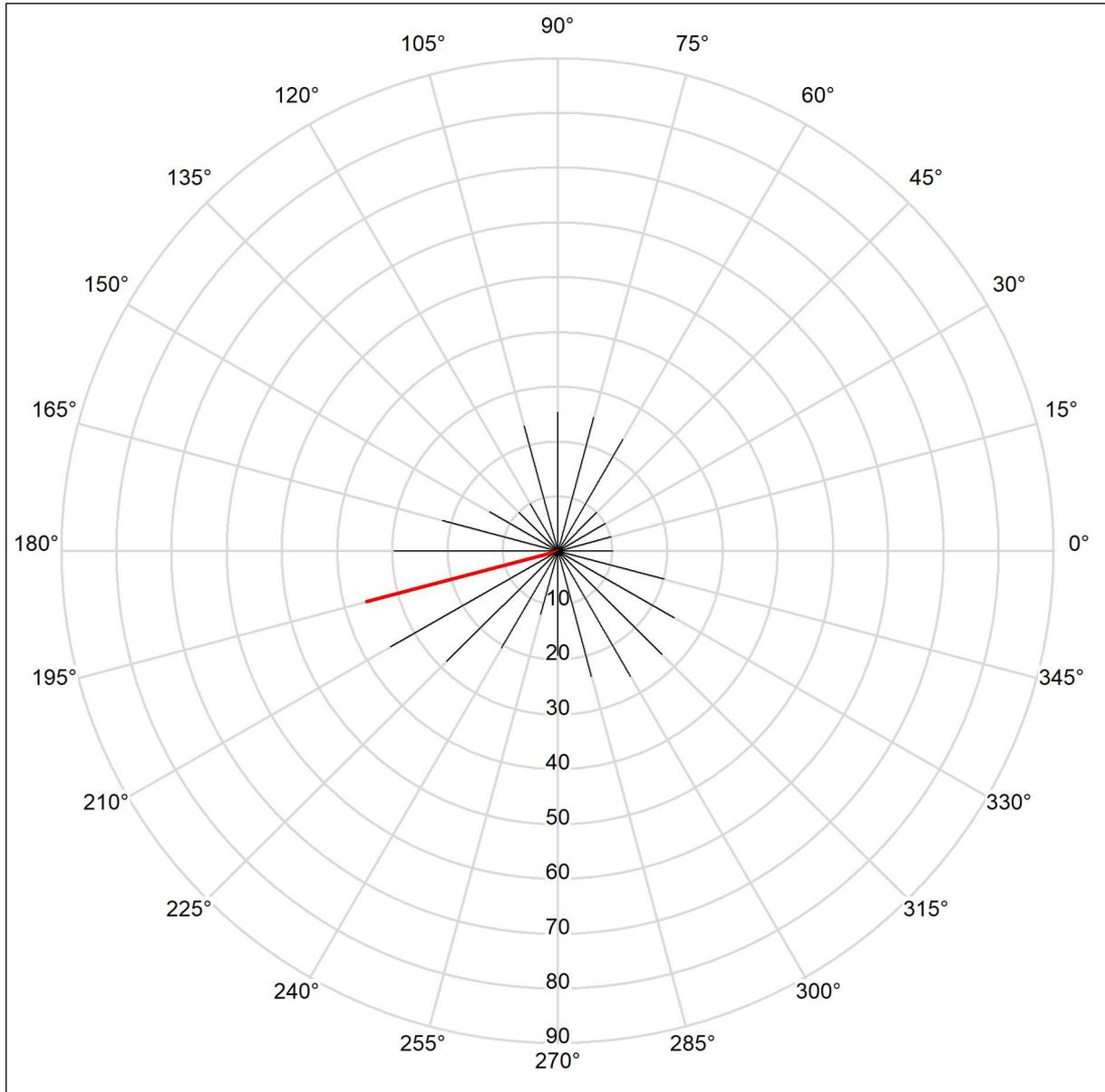
### Lista de puntos de cálculo GR

N°	Designación	Posición [m]			Área del ángulo visual [°]				Max
		X	Y	Z	Inicio	Fin	Amplitud de paso	Inclination	
5	Observador GR 2	8.800	27.600	1.500	0.0	360.0	15.0	-2.0	35 <sup>2)</sup>
6	Observador GR 2	10.800	49.700	1.500	0.0	360.0	15.0	-2.0	31 <sup>2)</sup>
7	Observador GR 2	31.800	57.000	1.500	0.0	360.0	15.0	-2.0	35 <sup>2)</sup>

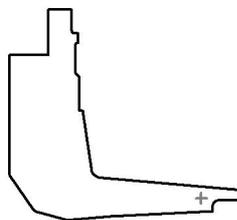
2) La luminancia difusa equivalente del entorno que ha sido calculada presupone que el entorno presenta una reflexión completamente difusa (conforme a la norma EN 12464-2).



**Parámetros del parking / Observador GR 2 / Resumen**



Situación del observador en la escena exterior:



Posición: (112.700 m, 12.700 m, 1.500 m)

Área del ángulo visual: 0.0 ° - 360.0 °, Amplitud de paso: 15.0 °, Ángulo de inclinación: -2.0 °

Deslumbramiento: Min: 12, Max: 36

La luminancia difusa equivalente del entorno que ha sido calculada presupone que el entorno presenta una reflexión completamente difusa (conforme a la norma EN 12464-2).

**12.5. ANEXOS DE DIALUX PARA ALUMBRADO  
PROPUESTO DE FÍSICA Y MATEMÁTICAS.**

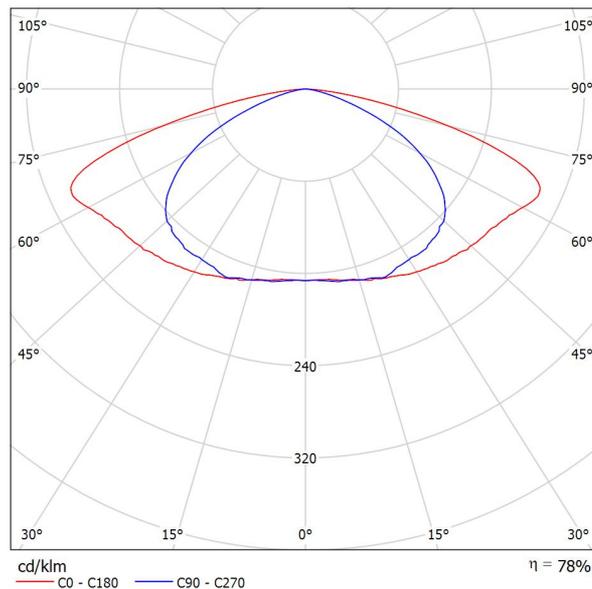
Universidad de La Laguna

Proyecto elaborado por Budbada Labeidi Mulai Zein  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

## SCHREDER CITEA NG MIDI / 5068 / 40 LEDS 500mA NW / 37709S / Hoja de datos de luminarias



Emisión de luz 1:



Clasificación luminarias según CIE: 100

Código CIE Flux: 35 71 95 100 78

Para esta luminaria no puede presentarse ninguna tabla UGR porque carece de atributos de simetría.

**CONCEPT**

Family of 2 road LED luminaires: Midi &amp; Mini

Recommended installation height: between 4 and 12m

**HOUSING & FINISH**

- Housing in high-pressure, die-cast aluminium, polyester powder coated
- Colour: AKZO grey 900 sanded

**INSTALLATION**

- Fixation: various types of lateral, suspended and axial suspension for catenary mounting
- Specific columns & brackets are available in different configurations for various installation heights
- Direct access to the driver compartment with 2 hexagonal screws
- An integrated hinge keeps the protector wide open for easy maintenance on-site

**OPTICAL UNIT**

- "FutureProof" optical unit, replaceable on-site, protected against lens degradation by flat extra-clear hardened glass
- Flatbed PCB with acrylic lens overlay principle
- Various photometric distributions: from narrow road to motorway, medium and large area
- Diffuse glass for low height installation to reduce glare
- CRI > 70
- ULOR: 0%

**LED lumen depreciation**

- Lifetime residual flux @  $T_q=25^\circ\text{C}$  @ 100.000 hrs: 350mA & 500mA: 90%; 700mA: 80%

**ELECTRICAL**

- Class I or Class II
- Input voltage: 230V - 50Hz
- Power factor > 90% at full load
- 10kV, 10kA surge protection

**STANDARDS & CERTIFICATIONS**

- CE
- ENEC
- LM79-80
- ROHS
- All measurements in ISO17025 accredited laboratory

**OPTIONS**

- Other RAL or AKZO colours
- Back Light control system
- OWLET remote management
- Custom dimming profile; Constant Light Output (CLO); Bi-Power
- Photocell
- Presence detection
- Delivered with pre-fitted electrical supply cable



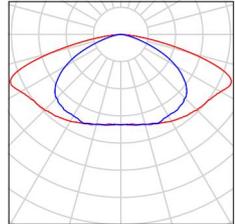


Universidad de La Laguna

Proyecto elaborado por Budbeda Labeidi Mulai Zein  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

## Alumbrado Facultad de Matemáticas y Física / Lista de luminarias

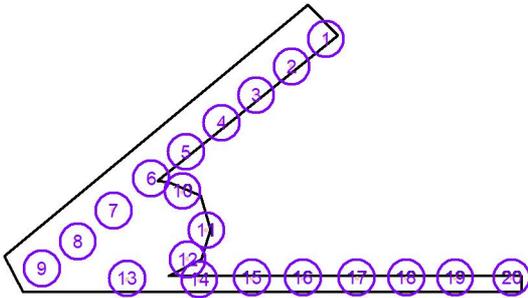
20 Pieza SCHREDER CITEA NG MIDI / 5068 / 40 LEDES 500mA  
NW / 37709S  
Nº de artículo:  
Flujo luminoso (Luminaria): 6996 lm  
Flujo luminoso (Lámparas): 8964 lm  
Potencia de las luminarias: 63.0 W  
Clasificación luminarias según CIE: 100  
Código CIE Flux: 35 71 95 100 78  
Lámpara: 1 x 40 LEDES 500mA NW (Factor de  
corrección 1.000).



**Plano del aparcamiento / Luminarias (lista de coordenadas)**

**SCHREDER CITEA NG MIDI / 5068 / 40 LEDS 500mA NW / 37709S**

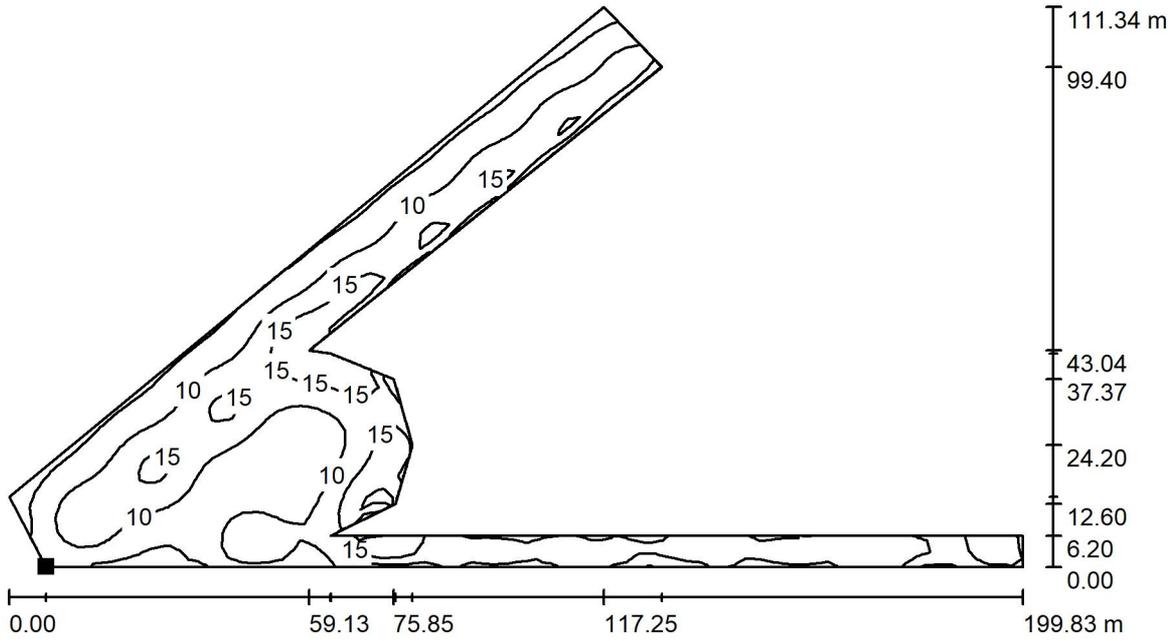
6996 lm, 63.0 W, 1 x 1 x 40 LEDS 500mA NW (Factor de corrección 1.000).



Nº	Posición [m]			Rotación [°]		
	X	Y	Z	X	Y	Z
1	131.385	97.878	10.000	5.0	0.0	40.0
2	118.171	87.027	10.000	5.0	0.0	40.0
3	104.471	76.027	10.000	5.0	0.0	40.0
4	91.185	65.275	10.000	5.0	0.0	40.0
5	77.371	54.027	10.000	5.0	0.0	40.0
6	64.071	43.727	10.000	5.0	0.0	40.0
7	49.471	31.227	10.000	5.0	0.0	35.0
8	35.707	19.291	10.000	5.0	1.1	40.0
9	21.810	8.901	10.000	5.0	1.6	39.7
10	76.095	38.875	10.000	5.0	0.0	160.0
11	85.322	23.684	10.000	5.0	0.0	90.0
12	78.123	12.359	10.000	5.0	3.3	44.5
13	54.700	5.000	10.000	5.0	-1.3	180.0
14	82.507	4.636	10.000	5.0	0.0	180.0
15	102.800	5.300	10.000	5.0	0.0	180.0
16	122.500	5.300	10.000	5.0	0.0	180.0
17	143.300	5.300	10.000	5.0	0.0	180.0
18	162.400	5.300	10.000	5.0	0.0	180.0
19	181.200	5.300	10.000	5.0	0.0	180.0
20	203.100	5.300	10.000	5.0	0.0	180.0

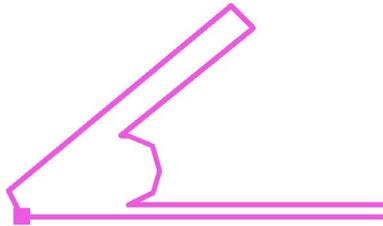


**Plano del aparcamiento / Elemento del suelo 1 / Superficie 1 / Isolíneas (E)**



Valores en Lux, Escala 1 : 1500

Situación de la superficie en la escena exterior:  
Punto marcado:  
(14.519 m, -0.157 m, 0.000 m)



Trama: 60 x 60 Puntos

$E_m$  [lx]  
11

$E_{min}$  [lx]  
2.73

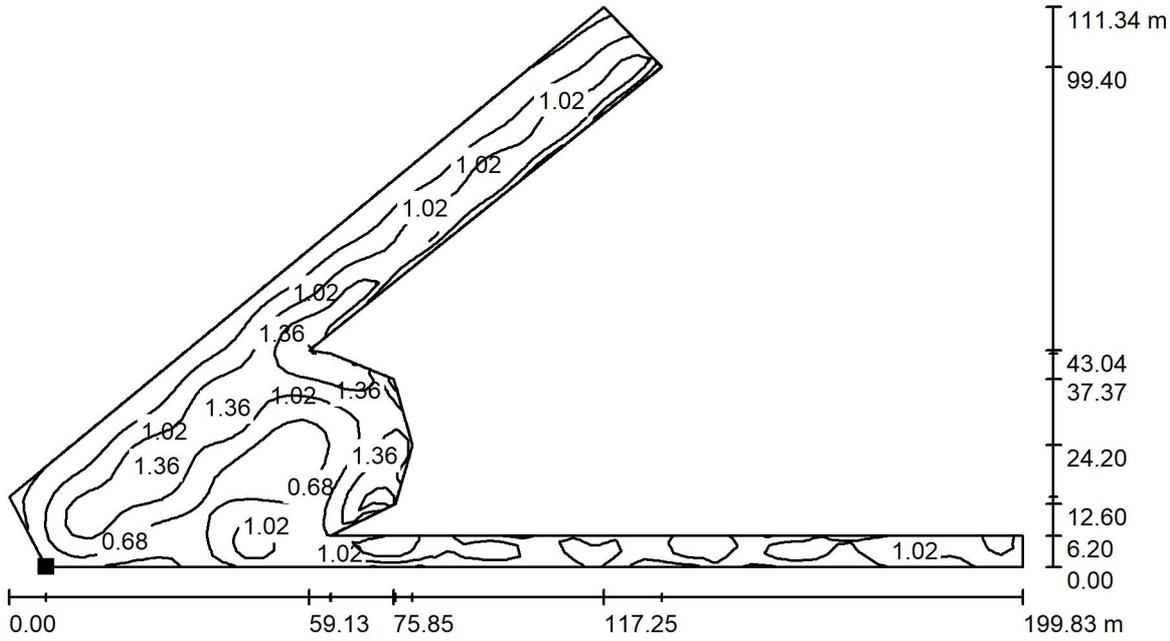
$E_{max}$  [lx]  
23

$E_{min} / E_m$   
0.248

$E_{min} / E_{max}$   
0.120

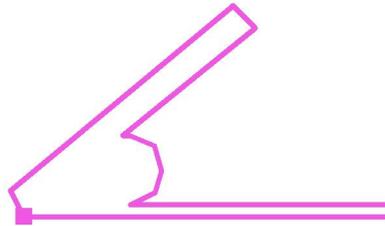


**Plano del aparcamiento / Elemento del suelo 1 / Superficie 1 / Isolíneas (L)**



Valores en Candela/m<sup>2</sup>, Escala 1 : 1500

Situación de la superficie en la escena exterior:  
Punto marcado:  
(14.519 m, -0.157 m, 0.000 m)



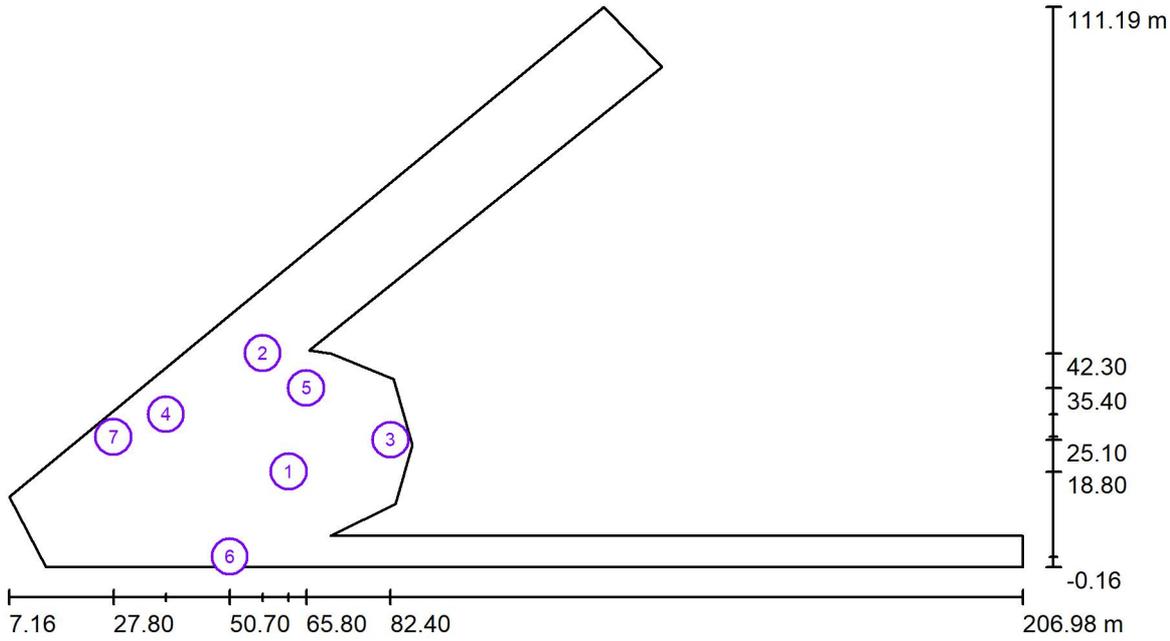
Trama: 60 x 60 Puntos

$L_m$  [cd/m<sup>2</sup>]  
0.95

$L_{min}$  [cd/m<sup>2</sup>]  
0.23

$L_{max}$  [cd/m<sup>2</sup>]  
1.95

**Plano del aparcamiento / Observador GR (sumario de resultados)**



Escala 1 : 1500

**Lista de puntos de cálculo GR**

Nº	Designación	Posición [m]			Inicio	Fin	Área del ángulo visual [°]		Inclination	Max
		X	Y	Z			Amplitud de paso			
1	Observador GR 1	62.300	18.800	1.500	0.0	360.0	15.0	-2.0	30 2)	
2	Observador GR 1	57.200	42.300	1.500	0.0	360.0	15.0	-2.0	36 2)	
3	Observador GR 1	82.400	25.100	1.500	0.0	360.0	15.0	-2.0	27 2)	
4	Observador GR 1	38.100	30.200	1.500	0.0	360.0	15.0	-2.0	35 2)	

Universidad de La Laguna

Proyecto elaborado por Budbeda Labeidi Mulai Zein  
 Teléfono  
 Fax  
 e-Mail

## Plano del aparcamiento / Observador GR (sumario de resultados)

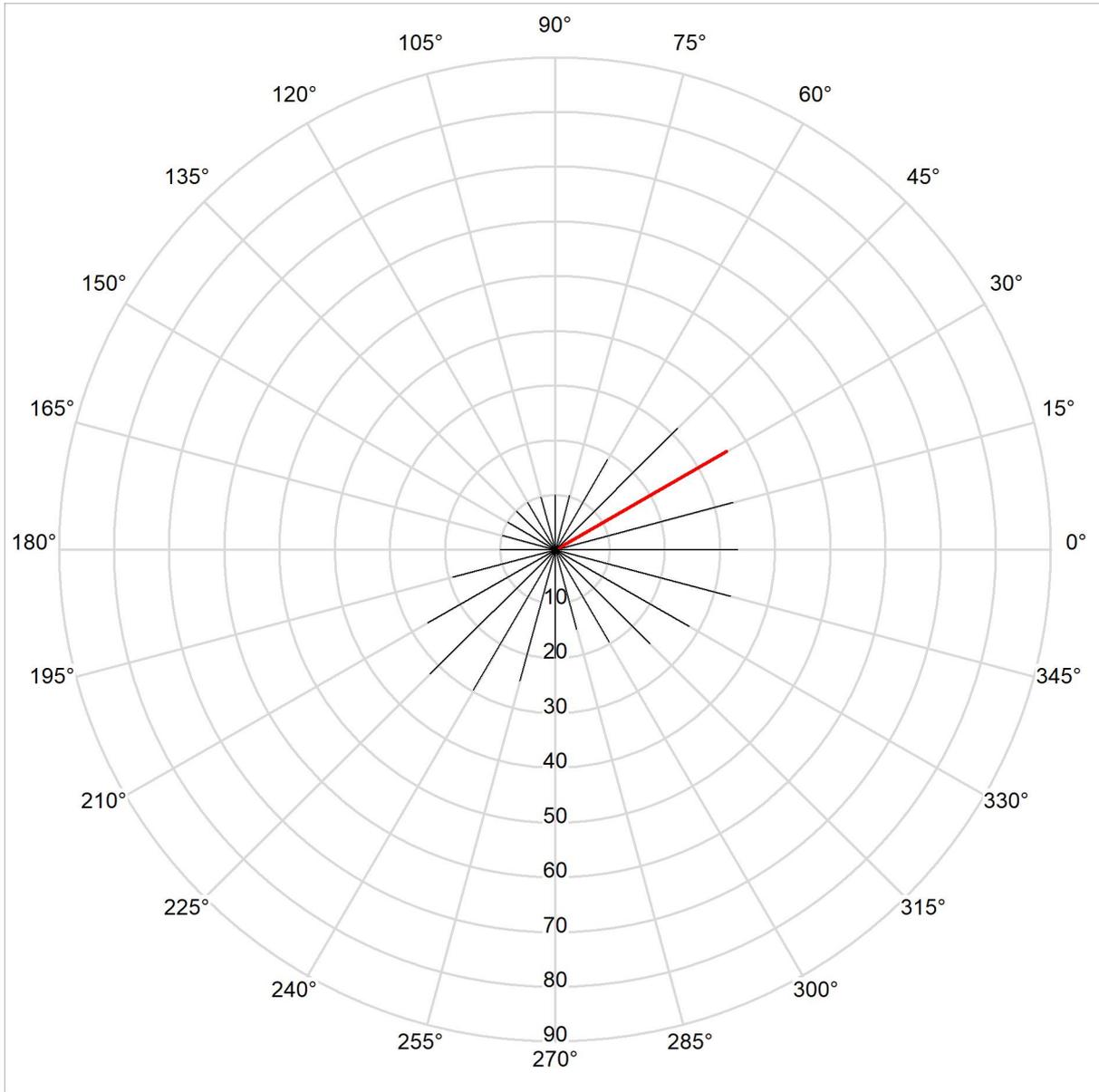
### Lista de puntos de cálculo GR

N°	Designación	Posición [m]			Inicio	Área del ángulo visual [°]		Inclination	Max
		X	Y	Z		Fin	Amplitud de paso		
5	Observador GR 1	65.800	35.400	1.500	0.0	360.0	15.0	-2.0	32 2)
6	Observador GR 1	50.700	1.900	1.500	0.0	360.0	15.0	-2.0	31 2)
7	Observador GR 1	27.800	25.700	1.500	0.0	360.0	15.0	-2.0	32 2)

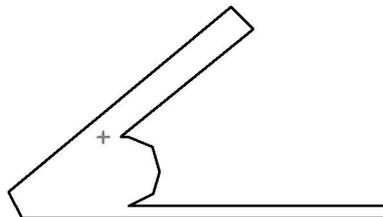
2) La luminancia difusa equivalente del entorno que ha sido calculada presupone que el entorno presenta una reflexión completamente difusa (conforme a la norma EN 12464-2).



Plano del aparcamiento / Observador GR 1 / Resumen



Situación del observador en la escena exterior:



Posición: (57.200 m, 42.300 m, 1.500 m)

Área del ángulo visual: 0.0 ° - 360.0 °, Amplitud de paso: 15.0 °, Ángulo de inclinación: -2.0 °

Deslumbramiento: Min: 10, Max: 36

La luminancia difusa equivalente del entorno que ha sido calculada presupone que el entorno presenta una reflexión completamente difusa (conforme a la norma EN 12464-2).

## **12.6. ANEXOS DE DIALUX PARA ALUMBRADO PROPUESTO DE BIOLOGÍA.**



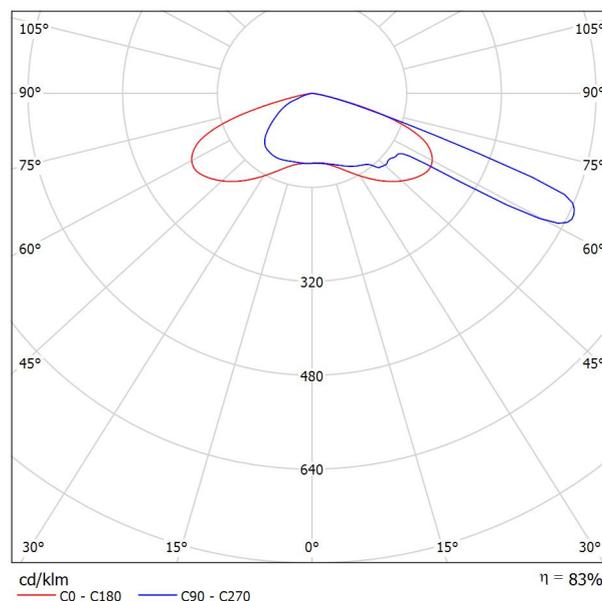
Universidad de La Laguna

Proyecto elaborado por Budbeda Labeidi  
 Teléfono  
 Fax  
 e-Mail alu0100763997@ull.edu.es

## SCHREDER TECEO 2 / 5119 / 72 LEDS 350mA CW / 355432 / Hoja de datos de luminarias



### Emisión de luz 1:



Clasificación luminarias según CIE: 100  
 Código CIE Flux: 27 59 96 100 83

Luminaria LED hermética disponible en dos tamaños, TECEO, compuesta por un protector de vidrio extra-claro y un cuerpo de aluminio donde se ubica el bloque óptico (IP66) compuesto por 16-24-32-40 o 48LED en la versión pequeña, y 56-64-72-80-88-96-104-112-120-128-136 o 144 LEDs de alto flujo luminoso blanco neutro y el compartimento de auxiliares (IP66), ambos independientes y accesibles in situ, lo cual permite el sistema Futureproof de actualización a lo largo del tiempo. Diseño compacto gracias a la tecnología LED con alturas de montaje de 4 a 10m (según versión y corriente de funcionamiento), tanto en posición vertical como horizontal (ajustable in situ). Diferentes ópticas disponibles para ofrecer la solución óptima a cada aplicación (funcional o urbana). Dispone de un sistema de protección contra sobretensiones de hasta 10kV.

Aplicación: Urban roads and streets, Squares and pedestrian areas, Roundabouts, Parks, Car parks, Bridges, Bike paths

Altura de instalación recomendada: entre 4m y 12m

Pintura: Poliéster electrodepositado en polvo

Color: AKZO o RAL

TECEO 2 - Tu configuración:

Reflector: 5119

Protector: [Glass Extra Clear, Flat, Smooth]

Fuente de luz: 72 LEDS 350mA CW

Reglaje: - - 355432

Dimensiones: Ancho: 439 Alto: 119 Longitud: 788 Peso: 17,5

Características mecánicas y eléctricas: IP: IP 66 IK: IK 08 Clase eléctrica: Class II EU, Class I EU

Para esta luminaria no puede presentarse ninguna tabla UGR porque carece de atributos de simetría.

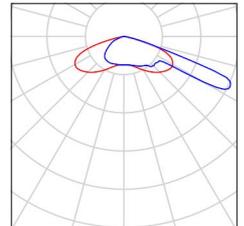


Universidad de La Laguna

Proyecto elaborado por Buddeda Labeidi  
Teléfono  
Fax  
e-Mail alu0100763997@ull.edu.es

## Alumbrado Biología / Lista de luminarias

16 Pieza SCHREDER TECEO 2 / 5119 / 72 LEDS 350mA  
CW / 355432  
N° de artículo:  
Flujo luminoso (Luminaria): 9906 lm  
Flujo luminoso (Lámparas): 11952 lm  
Potencia de las luminarias: 78.0 W  
Clasificación luminarias según CIE: 100  
Código CIE Flux: 27 59 96 100 83  
Lámpara: 1 x 72 LEDS 350mA CW (Factor de  
corrección 1.000).

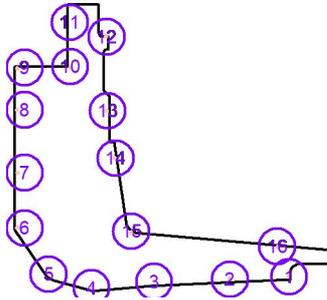




**Parámetros del parking / Luminarias (lista de coordenadas)**

**SCHREDER TECEO 2 / 5119 / 72 LEDS 350mA CW / 355432**

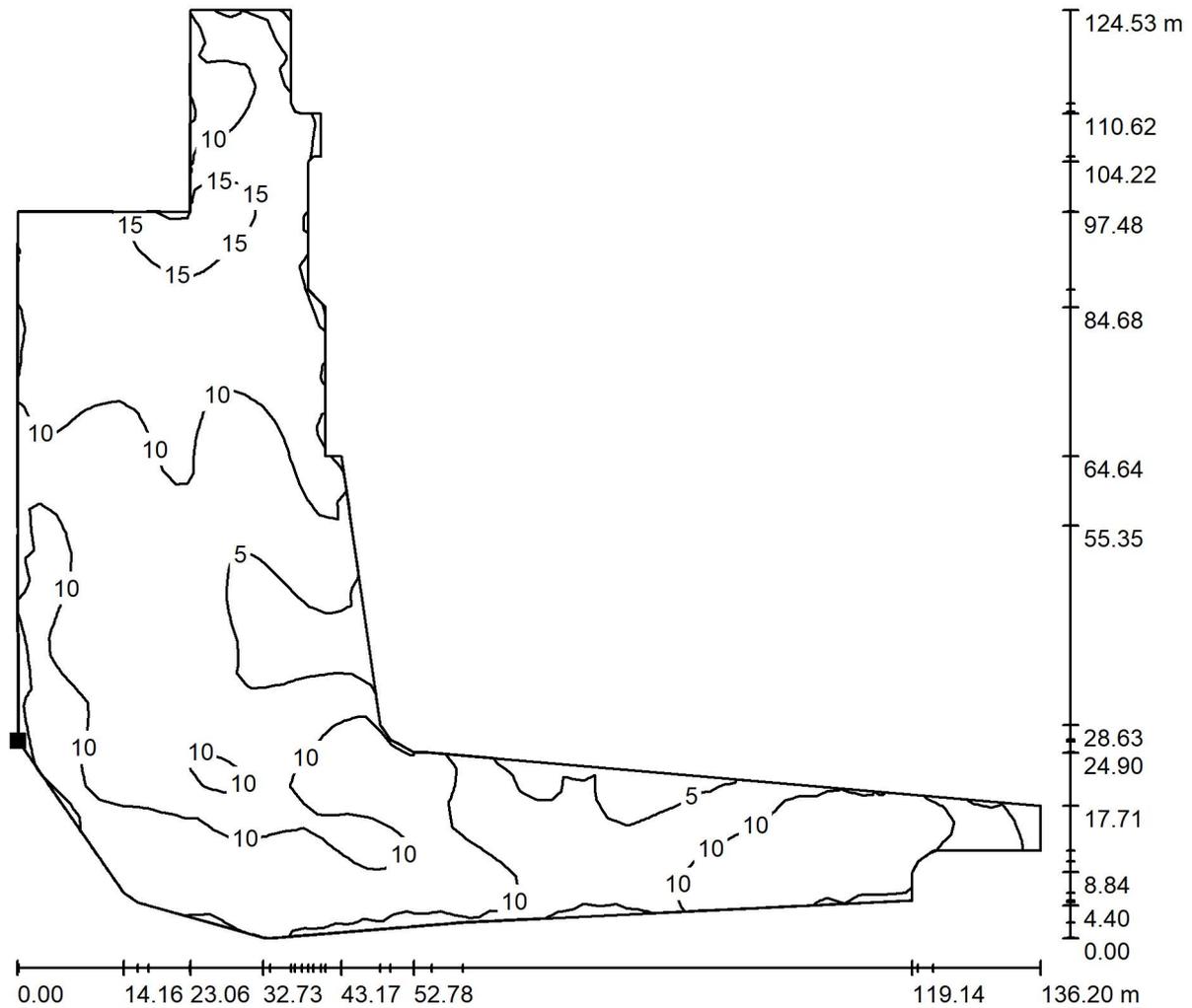
9906 lm, 78.0 W, 1 x 1 x 72 LEDS 350mA CW (Factor de corrección 1.000).



Nº	Posición [m]			Rotación [°]		
	X	Y	Z	X	Y	Z
1	118.747	5.971	10.000	0.0	0.0	10.0
2	93.247	4.871	10.000	0.0	0.0	5.0
3	60.534	3.842	10.000	0.0	0.0	10.0
4	33.547	1.171	10.000	0.0	0.0	0.0
5	14.947	7.071	10.000	0.0	0.0	-30.0
6	0.947	27.171	10.000	0.0	0.0	-75.0
7	1.147	51.171	10.000	0.0	0.0	-90.0
8	0.947	78.571	10.000	0.0	0.0	-90.0
9	1.194	96.924	10.000	0.0	0.0	-150.0
10	24.226	97.359	10.000	0.0	0.0	-165.0
11	24.047	124.171	10.000	0.0	0.0	-150.0
12	40.047	110.371	10.000	0.0	0.0	90.0
13	40.447	78.171	10.000	0.0	0.0	90.0
14	43.847	57.471	10.000	0.0	0.0	95.0
15	50.647	25.671	10.000	0.0	0.0	150.0
16	113.737	19.196	10.000	0.0	0.0	175.0

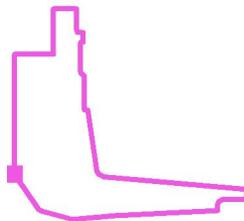


**Parámetros del parking / Elemento del suelo 1 / Superficie 1 / Isolíneas (E)**



Valores en Lux, Escala 1 : 1000

Situación de la superficie en la escena exterior:  
 Punto marcado:  
 (0.310 m, 26.313 m, 0.000 m)

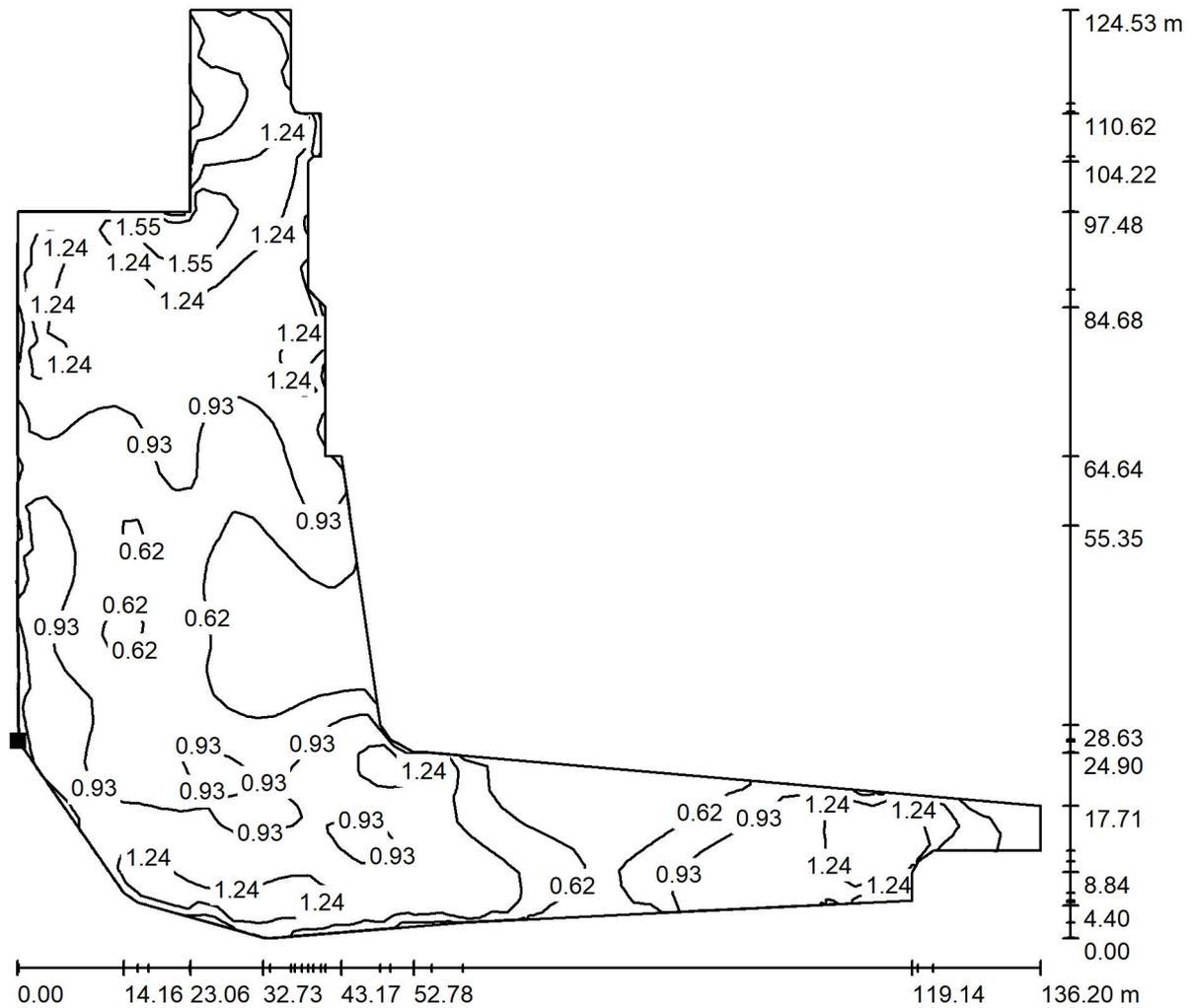


Trama: 60 x 60 Puntos

$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$	$E_{min} / E_{max}$
9.89	3.52	20	0.356	0.176

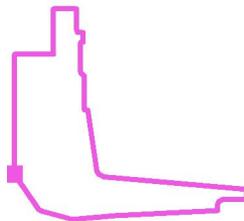


**Parámetros del parking / Elemento del suelo 1 / Superficie 1 / Isolíneas (L)**



Valores en Candela/m², Escala 1 : 1000

Situación de la superficie en la escena exterior:  
 Punto marcado:  
 (0.310 m, 26.313 m, 0.000 m)



Trama: 60 x 60 Puntos

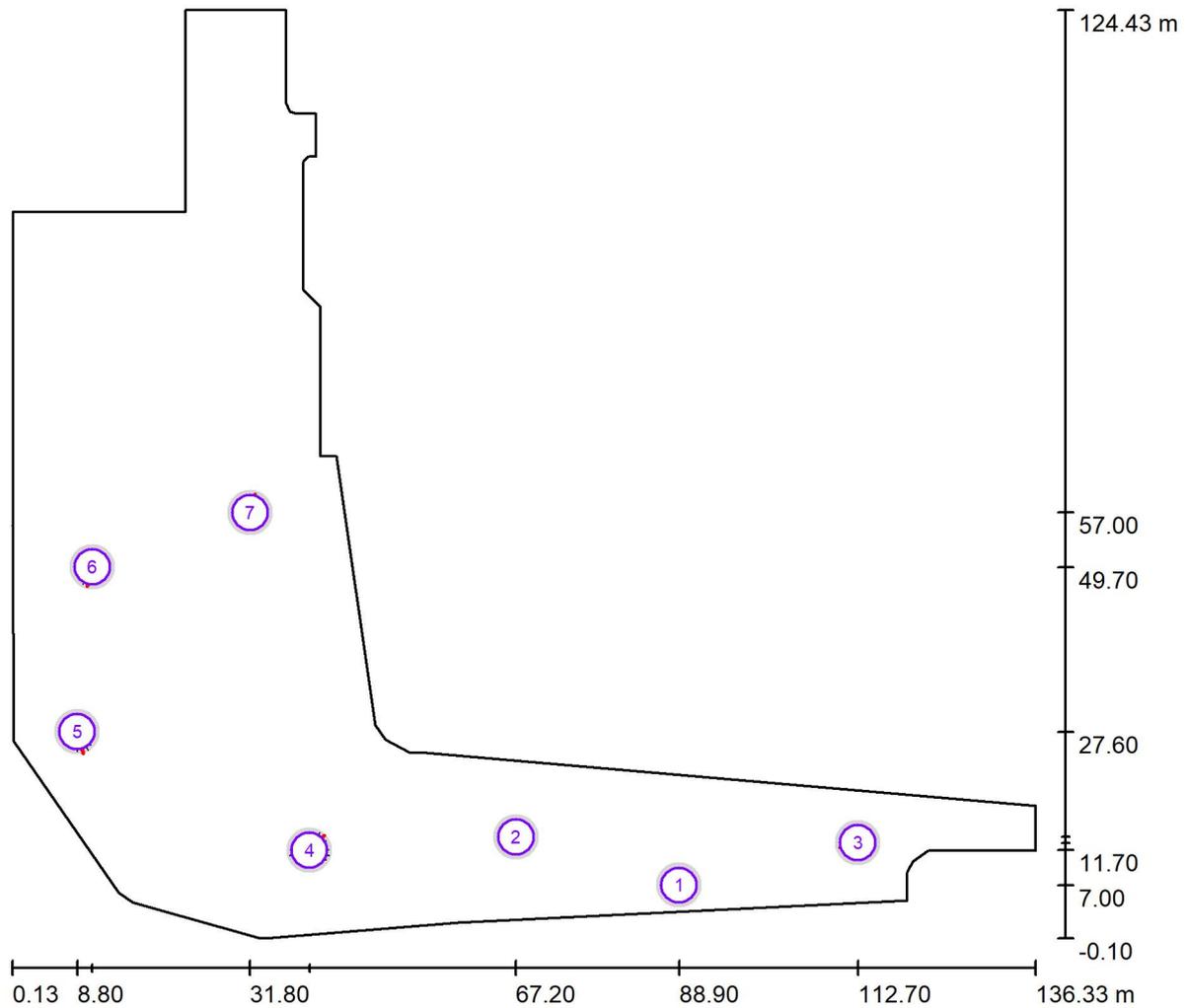
$L_m$  [cd/m²]  
 0.94

$L_{min}$  [cd/m²]  
 0.34

$L_{max}$  [cd/m²]  
 1.91



**Parámetros del parking / Observador GR (sumario de resultados)**



Escala 1 : 1000

**Lista de puntos de cálculo GR**

Nº	Designación	Posición [m]			Área del ángulo visual [°]				Max
		X	Y	Z	Inicio	Fin	Amplitud de paso	Inclination	
1	Observador GR 2	88.900	7.000	1.500	0.0	360.0	15.0	-2.0	29 <sup>2)</sup>
2	Observador GR 2	67.200	13.500	1.500	0.0	360.0	15.0	-2.0	30 <sup>2)</sup>
3	Observador GR 2	112.700	12.700	1.500	0.0	360.0	15.0	-2.0	32 <sup>2)</sup>
4	Observador GR 2	39.700	11.700	1.500	0.0	360.0	15.0	-2.0	36 <sup>2)</sup>



Universidad de La Laguna

Proyecto elaborado por Budbeda Labeidi  
 Teléfono  
 Fax  
 e-Mail alu0100763997@ull.edu.es

## Parámetros del parking / Observador GR (sumario de resultados)

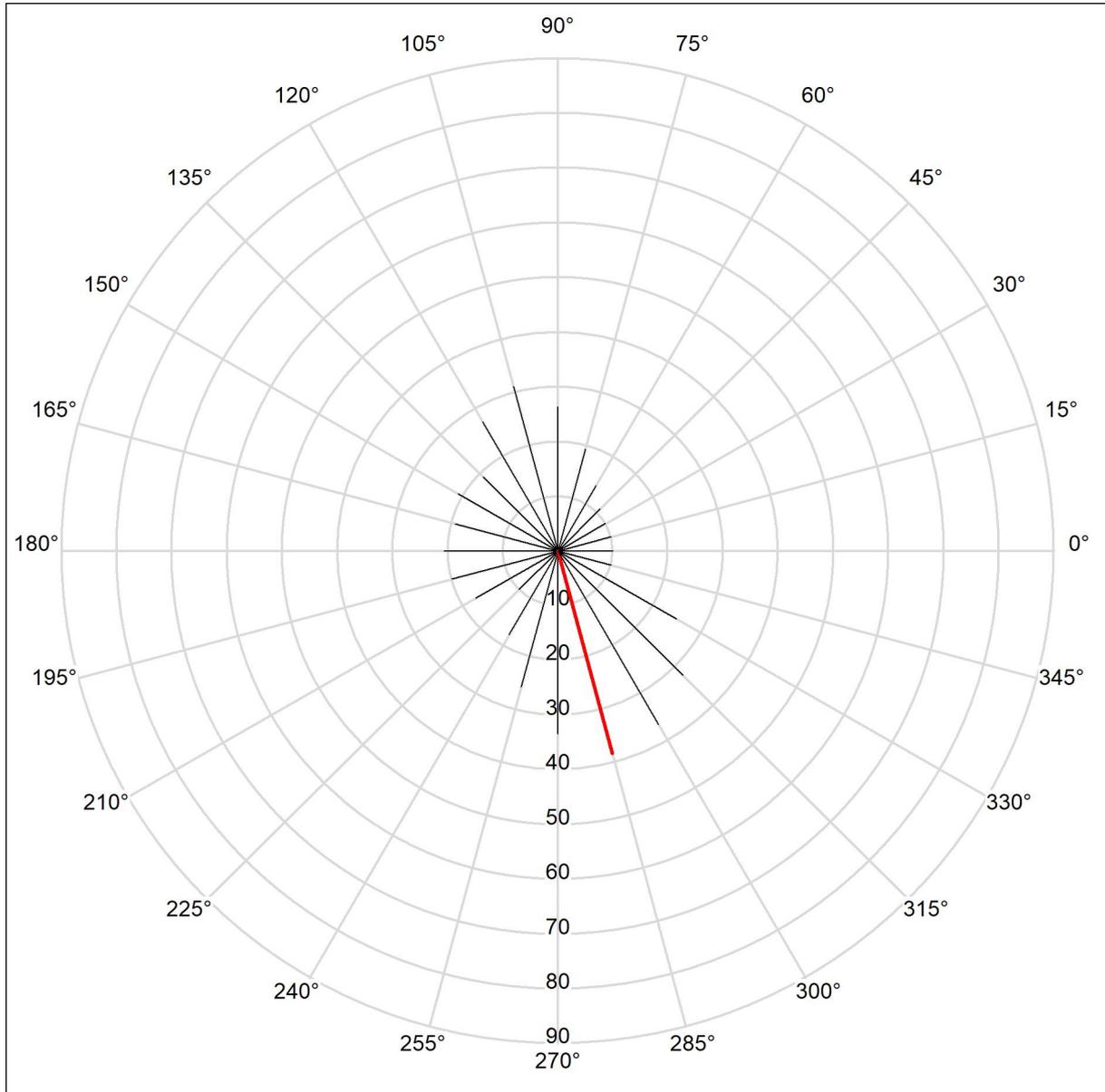
### Lista de puntos de cálculo GR

N°	Designación	Posición [m]			Área del ángulo visual [°]				Max
		X	Y	Z	Inicio	Fin	Amplitud de paso	Inclination	
5	Observador GR 2	8.800	27.600	1.500	0.0	360.0	15.0	-2.0	38 <sup>2)</sup>
6	Observador GR 2	10.800	49.700	1.500	0.0	360.0	15.0	-2.0	34 <sup>2)</sup>
7	Observador GR 2	31.800	57.000	1.500	0.0	360.0	15.0	-2.0	33 <sup>2)</sup>

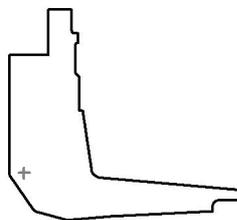
2) La luminancia difusa equivalente del entorno que ha sido calculada presupone que el entorno presenta una reflexión completamente difusa (conforme a la norma EN 12464-2).



**Parámetros del parking / Observador GR 2 / Resumen**



Situación del observador en la escena exterior:



Posición: (8.800 m, 27.600 m, 1.500 m)

Área del ángulo visual: 0.0 ° - 360.0 °, Amplitud de paso: 15.0 °, Ángulo de inclinación: -2.0 °

Deslumbramiento: Min: <10, Max: 38

La luminancia difusa equivalente del entorno que ha sido calculada presupone que el entorno presenta una reflexión completamente difusa (conforme a la norma EN 12464-2).

## **12.7. ANEXOS DE COLUMNA CASTILLA PROPUESTA PARA INSTALACIÓN.**



Cítea



Hestia



Image



Ipso



Maya



Onyx



Scala



Zafiro 1,2 y 3



Axia



Teceo 1 y 2



Piano 1 y 2



Senso 1 y 2



Claro



Furyo 1 y 3



Evolo

## LUMINARIAS RECOMENDADAS

Estas son las luminarias recomendadas por Schröder, aunque dispone de la máxima libertad de elección, gracias a nuestro amplio catálogo de productos con las mejores prestaciones fotométricas del mercado.

Conozca nuestra amplia variedad LED  
una alternativa real  
a las fuentes tradicionales



## FLEXIBILIDAD

Flexibilidad-Funcionalidad y durabilidad.

Posibilidad de acabados a elegir que permiten innovar en los espacios más funcionales. Es una columna ideal para grandes vías, aunque encaja en calles pequeñas y plazas, ya que permite varias composiciones y alturas y se adapta a gran variedad de luminarias.

Permite conseguir las prestaciones fotométricas deseadas jugando con sus distintas configuraciones de altura y complementado con las luminarias recomendadas. Es una eficaz solución que abre multitud de posibilidades para alumbrado funcional.



4-10m

CASTILLA



Fuste:	Tronco-cónico, Acero S 235 JR S/ UNE 10025 segunda parte.
Brazo:	Perfiles normalizados, fijación teja o consola. Acero S 235 JR S/ UNE 10025 segunda parte.
Placa y pernos de anclaje:	Placa cuadrada con 4 pernos. Los pernos y su tornillería cincados y pasivados.
Tornillería diversa:	Toda la tornillería es de acero inoxidable.
Acabado:	Fustes y brazos galvanizados en caliente. Acabados con pintura en polvo basada en resina poliéster y secado mediante horno de convección forzada para polimerización de pintura. Disponibilidad de RAL a elegir.
Dimensionamiento:	El dimensionamiento y cálculo estructural se ha realizado según la norma EN-40 y el R.E.B.T.

FUSTE+BRAZOS

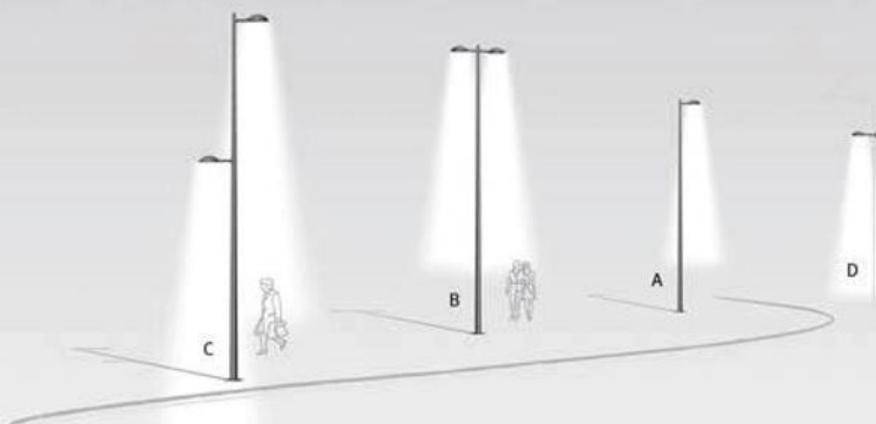
Configuración	Altura	Código	Brazos	Fuste	Fijación por pernos						
			Brazos/Altura (Nº/mm)	Vuelo/Fijación (mm)	Db (mm)	Dp (mm)	tp (mm)	w (kg)	BxC	tf (mm)	DxJ
A	4	CTCCAS.09_/ESS	1/3890	300/Ø60	124	76	3	39/46	300x215	8	M16x500
A	5	CTCCAS.10_/ESS	1/4890	300/Ø60	136	76	3	43/52	300x215	8	M16x500
B		CTCCAS.25_/ESS	2/4890	300/Ø60	136	76	3	43/52	300x215	8	M16x500
A	6	CTCCAS.20_/ESS	1/5890	300/Ø60	148	76	3	54/67	300x215	8	M16x500
B		CTCCAS.26_/ESS	2/5890	300/Ø60	148	76	3	54/67	300x215	8	M16x500
A	7	CTCCAS.03_/ESS	1/6890	300/Ø60	160	76	3	76/80	400x285	8	M22x700
B		CTCCAS.27_/ESS	2/6890	300/Ø60	160	76	3	76/80	400x285	8	M22x700
A	8	CTCCAS.07_/ESS	1/7000	300/Ø60	172	76	3	113/125	400x285	10	M22x700
B		CTCCAS.28_/ESS	2/7000	300/Ø60	172	76	3	113/125	400x285	10	M22x700
C		CTCCAS.08_/ESS	2/7000/5000	300/Ø60	172	76	3	113/125	400x285	10	M22x700
A	9	CTCCAS.16_/ESS	1/8890	100/Ø34	184	76	4	130/148	400x285	10	M22x700
B		CTCCAS.17_/ESS	2/8890	100/Ø34	184	76	4	130/148	400x285	10	M22x700
C		CTCCAS.18_/ESS	2/8890/4500	100/Ø34	184	76	4	130/148	400x285	10	M22x700
A	10	CTCCAS.01_/ESS	1/9890	300/Ø60	196	76	4	149/169	400x285	10	M22x700
B		CTCCAS.11_/ESS	2/9890	500/Ø60	196	76	4	149/169	400x285	10	M22x700
C		CTCCAS.29_/ESS	2/9890/6000	300/Ø60	196	76	4	149/169	400x285	10	M22x700
A	11	CTCCAS.16_/ESS	1/8890	100/Ø34	184	76	4	130/148	400x285	10	M22x700
B		CTCCAS.17_/ESS	2/8890	100/Ø34	184	76	4	130/148	400x285	10	M22x700
C		CTCCAS.18_/ESS	2/8890/4500	100/Ø34	184	76	4	130/148	400x285	10	M22x700

ACCESORIOS

Tipo	Código	Ø (Bola) (mm)
BOLA	ACC050.01A/DESS	Ø90
BOLA	ACC049.01A/DESS	Ø120

BRAZO MURAL

	Código	Brazos Vuelo/Fijación (mm)
D	BMUCAT.07_/DESS	300/Ø60
D	BMUCAT.01_/DESS	300/Ø48



## **12.8. ANEXOS DE CONTROLADOR OWLET IoT PARA CONTROL DE NIVELES DE ALUMBRADO.**

## 1. Descripción General

El sistema urbano de gestión de alumbrado inteligente, debe estar basado en estándares abiertos, pudiendo interactuar con plataformas superiores de gestión global para ciudades inteligentes. El sistema no sólo proporciona una herramienta de gestión remota del alumbrado del más alto nivel, sino que también puede intercambiar datos o interoperar con sistemas vecinos tales como sensores de gestión de tráfico, sistemas de monitorización ambiental o dispositivos de seguridad.

Uno de los fundamentos de IoT (Internet de Cosas) es que los dispositivos destinados a ser conectados a una plataforma de comunicación de red más grande tienen que ser 'direccionables' de una manera similar. La estructura de la dirección que se atribuye a esta generación de controladores de luminarias IoT se denomina IPv6. Este método de direccionamiento de dispositivos puede generar un número casi ilimitado de combinaciones únicas para conectar componentes no tradicionales a Internet o a una red informática. El sistema de gestión de una Smart city no debe ser un sistema de tipo independiente, sino que debe ser orientado al futuro y abierto a la integración de terceros, Owlet IoT lo permite.

## 2. Set-Up

Este sistema de gestión de la Smart city, simplifica en gran medida el proceso de puesta en marcha del sistema. Gracias a la combinación de una antena GPS incorporada y un proceso inteligente de puesta en marcha automática, es una solución Plug and Play real que no requiere ninguna intervención del instalador o contratista, ni de controladores de segmentos o pasarelas. No hay necesidad de grabación de datos en campo, escaneado o mapeo manual. También detecta cambios de ubicación, p. e. Mantenimiento.

Los controladores de luminaria (LuCo), se montan en un conector estándar ANSI - NEMA universal de 7 pines y disponen de todo el hardware y el software para un montaje independiente y externo, sin tener que operar sobre la luminaria y perdiendo así la garantía. No es necesario que el ingeniero encargado de la puesta en marcha registre manualmente la posición de cada luminaria.

## 3. Arquitectura Híbrida

El corazón del Sistema de Gestión de alumbrado de una Smart City es el concepto híbrido completo. Consiste en una fuerte red RF local mallada entre las luminarias y los sensores, y una comunicación backhaul celular (3G) robusta con los servidores del sistema.

La red de comunicación de RF entre los actores locales permite una reacción instantánea de desencadenadores de eventos como detección de movimiento o presencia. Este es un elemento clave en la creación de un esquema de iluminación adaptativa real.

## 4. Compatibilidad con sensores

Diferentes tipos de sensores como PIR y radares pueden conectarse directamente al controlador de la luminaria (LuCo). Como consecuencia, no se requiere alimentación adicional. Los sensores pueden integrarse en las luminarias, fijarse a la columna o instalarse remotamente, se integrarán en el sistema de todas maneras. Gracias a un concepto de matriz, un sensor puede conectarse a múltiples luminarias y viceversa, cada luminaria puede conectarse a múltiples entradas de sensor. Cambiar los niveles de luz desde el estado "inactivo" inferior al estado "evento" más alto durante la noche, aumenta el rendimiento visual, así como el nivel de confort, manteniendo o incluso aumentando la reducción de energía potencial. La señal de control para realizar atenuaciones desde el controlador de la luminaria al controlador puede ser 1-10V o DALI.

## 5. Gestión de Activos

El controlador de luminaria (LuCo) incorpora un componente para recoger las características de la luminaria almacenadas en una etiqueta RFID, a la que está conectada. Estos datos de la luminaria y su posición exacta proporcionada por la función GPS, se almacenan en el inventario de gestión, y determinan el perfil luminoso de la luminaria para la ubicación dada. Además, sirve de base para un sistema activo de gestión de activos de luminarias.

## 6. Consumo Energético

Los controladores de nodos o luminarias (LuCo) incorporan un medidor de energía incorporado que ofrece la máxima precisión de medición (<1% para el rango de atenuación completo).

## 7. Escenarios de seguridad y de recuperación segura

Como la seguridad es un objetivo primordial, se incorporan al sistema múltiples tecnologías con ese fin (por ejemplo, encriptación AES) que garantizan que el Sistema de Gestión de la Ciudad se encienda y se apague con total seguridad. Hay comandos de conmutación y atenuación proporcionados por el perfil en el sistema, así como un reloj astronómico y una fotocélula incorporada en cada controlador para evitar un apagón completo por la noche.

## 8. Aplicación Web

El Sistema de Gestión de la Ciudad está basado en un servicio web. Esto significa que el software no tiene que ser descargado en una o varias computadoras, ni instalado en local. A la aplicación se puede acceder mediante un nombre de usuario y una contraseña a través de un ordenador, tableta o dispositivo móvil conectado a Internet. A cada usuario se le asigna un acceso específico para ver o modificar los parámetros. Se han tomado todas las medidas de seguridad posibles, para proteger el sistema de cualquier tipo de intrusión.

En casos excepcionales, se puede considerar una instalación in situ del software del sistema.

## 9. Interfaz de usuario intuitivo

La interfaz gráfica de usuario (GUI) se ha desarrollado con las últimas herramientas de aplicación basadas en web. Cada usuario puede organizar su panel de forma que los temas o parámetros más relevantes aparezcan primero. La GUI integra OpenStreetMaps y en combinación con un buen diseño de iconos (forma y color), proporciona una gran vista general de un primer vistazo de la instalación. Además, los informes tradicionales sobre el estado de la instalación, así como la supervisión se pueden organizar para satisfacer las necesidades de los clientes de manera individualizada y pormenorizada.

El City Management System aplica el principio 'pull' para recuperar datos. Este método reduce considerablemente el tiempo de reacción del sistema en caso de que el estado de que cualquier controlador de la luminaria haya podido cambiar.

## 10. Beneficios Operacionales

El sistema de gestión de alumbrado de la Smart city tiene la capacidad de implementar, adaptar y reproducir perfiles de iluminación y configuración del controlador, que son típicos de las redes de iluminación pública.

## 11. Especificaciones

- Tensión de red 110-277VAC ± 10%
- Frecuencia de red 50/60 Hz ± 5%
- Corriente de carga máxima 5A
- Potencia máxima a 5A
  - 600VA @ 120 V,
  - 1.2kVA @ 240V,
  - 1.38kVA@277V
- Fusible externo requerido ≤ 10A
- Potencia en espera <1.0W
- Potencia de funcionamiento <2.7W (en caso de transmisión de datos celular)
- Precisión del medidor de potencia integrada 1% (entre 0% y 100% de atenuación)
- Potencia en espera <1.0W
- Potencia de funcionamiento <2.7W
- Precisión del medidor de potencia integrada <1% (entre 0% y 100% de atenuación)
- Material de la carcasa PC, estabilizado contra rayos UV
- Color RAL 7042 translúcido gris claro
- Clase de protección IP 66
- Clase de protección eléctrica II
- Conformidad con FCC y EMC
- Homologación UL y CE
- Alimentación del sensor 12 Vdc ± 0,5 V, 2 mA máx.
- Soporte de sistema del GPS; Precisión de posición de hasta 2,5 m / 8 pies (con > 6 satélites)

12. Diagrama de conexiones

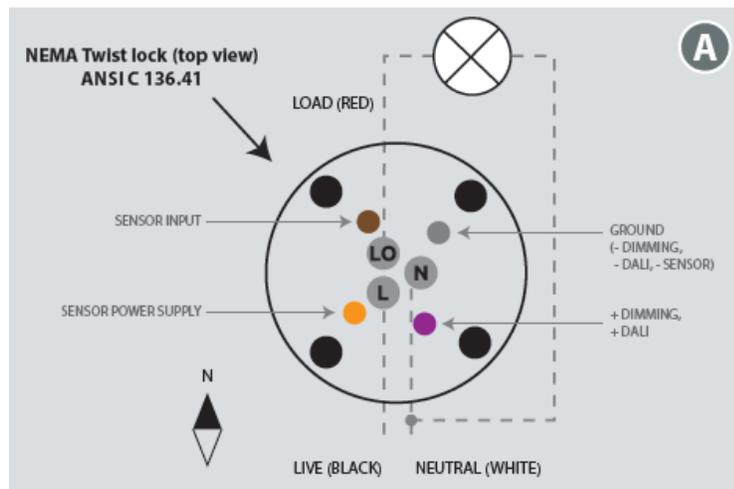
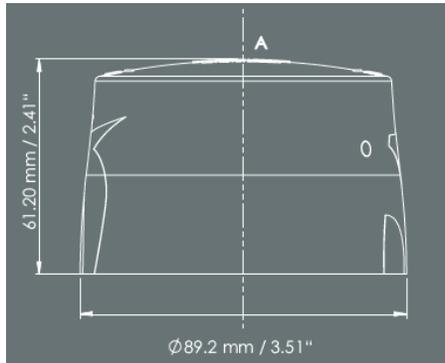
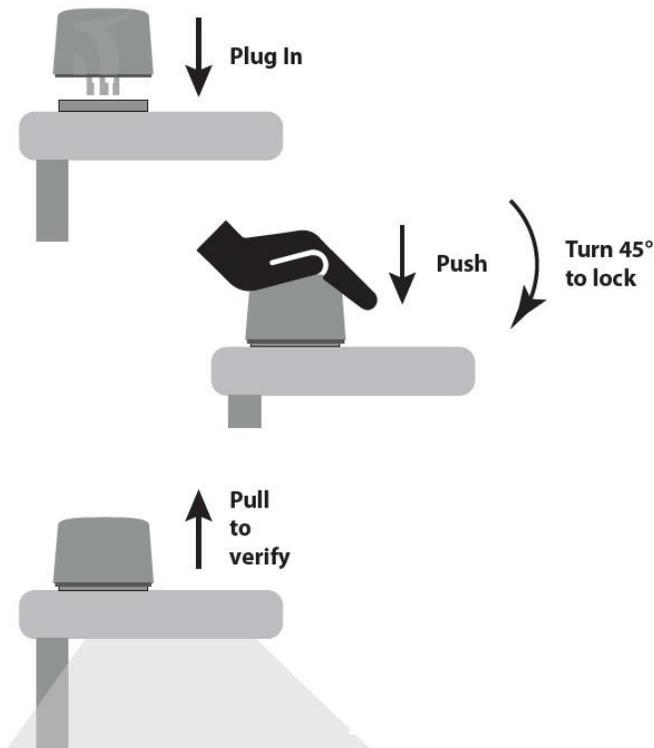


Diagrama de conexión de un controlador de luminaria habilitado para IoT

13. Dimensiones



14. Montaje de LuCo IoT montado en una luminaria



**Secuencia de inicio**

Después de la primera instalación, una vez que la red está encendida y sólo durante el día el controlador ejecutará un procedimiento de prueba de nivel de luz automáticamente:

- > 5 min 100%
- > 1 min 50%
- > 1 min 25%
- > off

**12.9. ANEXOS DE PRESUPUESTOS CEDIDOS POR LA  
EMPRESA SCHRÉDER SOCELEC EN CANARIAS.**

Recuento	Unidad de Medida	Descripción	Precio proyecto unitario
16	Uds.-	<p>LUMINARIA TIPO VIAL AMPERA MIDI 64LEDs 98W 5117AS de SCHRÉDER SOCELEC o similar compuesta de cuerpo y fijación en fundición de aluminio inyectado a alta presión y protector del bloque óptico con vidrio templado plano extraclaro. La instalación de la luminaria se podrá hacer, de forma que el operario no deba cargar con el peso total de la luminaria sobre el proceso, separando la pieza de fijación y el cuerpo. Con fijación de la luminaria, mediante una pieza de fijación universal (Horizontal/vertical), de diámetros 42-76mm. Apertura sin herramientas y compartimentos independientes tanto para bloque óptico como para el bloque de auxiliares, en el que se incluye seccionador eléctrico para favorecer la seguridad en su manipulación, siendo los auxiliares de tipo Driver electrónicos regulables temporizados con posibilidad de hasta 5 escalones horarios, 0/1-10V o Dali, con opción de CLO, salida de luz constante. Con estanqueidad tanto en el cuerpo como en el bloque óptico de IP66 y con índice de resistencia a impactos en todo su conjunto de IK09. Con acabado de pintura en polvo mediante electrodeposición con al menos 60 micras de espesor (RAL a elegir por la DF). Con bloque óptico compuesto de 128LEDs de alta emisión alimentados a 500mA, dispuestos sobre PCBA plana con sensor de temperatura, con consumo total de 98W y flujo inicial de 15.519lm, temperatura de color 4000K, CRI≥ 70, (opcional por el mismo importe: 3000K CRI≥80), con óptica 5117 asimétrica de PMMA ubicada individualmente sobre cada LED conformando una fotometría global mediante el proceso de adición fotométrica. La eficacia mínima certificada de este tipo de luminarias equipadas con LED blanco neutro (NW), considerando el flujo real emitido por la luminaria y el consumo total de la misma con una alimentación a 350mA será de: &gt; 130lm/W (flujo real emitido / potencia total consumida, acreditados con ensayo acreditado ENAC o equivalente internacional UNE EN 13032). Vida útil L90_B10_100.000h y una probabilidad a fallos de B10 Tq: 25°C con ensayo LM80-TM21 en laboratorio acreditado ENAC o equivalente internacional. Con protector de sobretensiones hasta 10kV. Para optimizar la eficiencia energética y que haya una menor contaminación lumínica el flujo hemisférico superior de la luminaria será del 0%. Rango mínimo de temperatura ambiental en funcionamiento: -15 a +55°C. La luminaria será telegestionada punto a punto mediante un controlador inteligente, que monitoriza y controla el Driver o Balasto de la luminaria. Se suministrará con una instalación que permita la puesta en marcha plug &amp; play mediante conexión twist &amp; lock sobre conector internacional y estándar del tipo NEMA de 7 pines. Este conector incorporará una pegatina que permitirá la lectura e identificación por radio frecuencia de las características técnicas de la luminaria. La instalación de telegestión dispondrá de un módulo de GPS que geoposicionará en su ubicación real de manera automática la luminaria en el interfaz web de usuario. El controlador, permitirá una puesta en marcha con conectividad instantánea a internet en la infraestructura móvil existente mediante comunicación 3G, sin necesidad de una estructura IT de Gateway adicional (concentradores). Cada controlador podrá comunicarse de dos formas independientes, mediante una comunicación híbrida Móvil 3G y/o mediante Radiofrecuencia mallada, proporcionando una conectividad instantánea, estable, fiable y flexible, además de compatible con sensorización. La red de comunicación mallada radiofrecuencia entre dispositivos, debe permitir reacciones instantáneas ante eventos tales como detección de presencia o de movimiento, que pueden ser dados por el uso de sensores, esto será necesario para crear una red viva y adaptativa en función del uso de la instalación. El software interfaz de usuario, deberá mostrar por tanto una visibilidad completa y dinámica al sistema con el objeto de poder configurar el funcionamiento de la sensorización dada. Tanto su módulo de comunicaciones como su módulo de gestión, deberán estar encapsulados bajo la misma envolvente, en ningún caso se encontrarán de manera separada, y con el fin de no tener que manipular el interior de las luminarias, dicho controlador se ubicará siempre en el exterior de los puntos de luz, nunca en su interior. Un lector de radio frecuencia incluido en el controlador, leerá la información de inventario almacenada en la etiqueta de la luminaria, para utilizarla a continuación en la aplicación de recursos del sistema de telegestión punto a punto central.</p> <p>El servicio de telegestión incluye:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Operaciones de puesta en marcha, training clientes online, soporte técnico remoto.</li> <li>- Comunicación celular (durante 10 años).</li> <li>- Hosting datos (durante 10 años).</li> <li>- Software: acceso a la interface + updates de software.</li> </ul> <p>La luminaria dispondrá de la siguiente certificación en cuanto a normativa aplicable en la construcción de la luminaria:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Certificado homologación Instituto Astrofísico de Canarias.</li> <li>• Certificado ENEC de la luminaria, o certificación equivalente acreditada por entidad ENAC o internacional equivalente.</li> <li>• UNE-EN 60598-1: Luminarias. Requisitos generales y ensayos.</li> <li>• UNE-EN 60598-2-3: Luminarias. Requisitos particulares. Luminarias de alumbrado público.</li> <li>• UNE-EN 60598-2-5: Luminarias. Requisitos particulares. Projectores.</li> <li>• UNE-EN 62031: Módulos LED para alumbrado general. Requisitos de seguridad.</li> <li>• UNE-EN 55015: Límites y métodos de medida de las características relativas a la perturbación radioeléctrica de los equipos de iluminación y similares.</li> <li>• UNE-EN 61547: Equipos para alumbrado de uso general. Requisitos de inmunidad CEM.</li> <li>• UNE-61347-2-13: Dispositivos de control electrónico.</li> <li>• UNE-EN 61000-3-2: Compatibilidad electromagnética (CEM). Parte 3-2: Límites. Límites para las emisiones de corriente armónica (equipos de corriente de entrada &lt;=16A por fase).</li> <li>• UNE-EN 61000-3-3: Compatibilidad electromagnética (CEM). Parte 3: Límites. Sección 3: Limitación de las variaciones de tensión, fluctuaciones de tensión y flicker en las redes públicas de suministro de baja tensión para equipos con corriente de entrada &lt;= 16A por fase y no sujetos a una conexión condicional.</li> <li>• UNE-EN 62471 de Seguridad Foto-biológica.</li> <li>• Marcado CE.</li> <li>• Certificado acreditado por ENAC o equivalente internacional, que incluye el ensayo y estudio fotométrico de las luminarias conforme a lo establecido en la Norma UNE-EN 13032, emitido igualmente por laboratorio acreditado ENAC o equivalente internacional, (dicho estudio deberá proporcionar datos completos de las curvas fotométricas de la luminaria, la eficiencia lumínica y el rendimiento de la misma, la temperatura de color y el rendimiento de color de la fuente de luz, y el porcentaje de flujo emitido al hemisferio superior, la medida de potencia y factor de potencia a las diferentes corrientes de alimentación disponibles, entre otros datos).</li> <li>• Certificado de reciclabilidad, en el que se justifique el cumplimiento de las directivas RoHS y WEEE.</li> <li>• Certificado del Fabricante de cumplimiento ISO 9001, ISO 14001, ISO 50001 y OHSAS 18001 e inscrito a un SIG de residuos.</li> </ul>	568,80 €
20	Uds.-	<p>LUMINARIA TIPO VIAL CITEA MINI NG 48LED 75W 5068AS de SCHRÉDER SOCELEC o similar, de formato circular, fabricación de fundición de aluminio inyectado a alta presión y que en su interior aloje tanto el bloque óptico como los auxiliares siendo dos bloques independientes, ambos accesibles. El diseño mecánico dotará a la totalidad de la luminaria de un grado de hermeticidad mínimo IP66, para garantizar la mejor calidad de las instalaciones de alumbrado exterior. El grado de resistencia a impactos global de la luminaria será mínimo IK10. La luminaria deberá de disponer de todo tipo de fijaciones, una fijación lateral para todo tipo de posibilidades, de una pieza de adaptación para fijación vertical y de fijación suspendida igualmente con todas las posibilidades de instalación disponibles. En todos los casos se podrá disponer de pieza de fijación a rótula para regular su inclinación. La luminaria deberá ir pintada en el color de RAL definido por la dirección de obra, con pintura al polvo en poliéster mediante electrodeposición con al menos 60 micras de espesor. El bloque óptico estará equipado por un protector de vidrio plano extra-claro, que garantice la durabilidad y mantenimiento de las características fotométricas del sistema de óptico. Los auxiliares de tipo Driver electrónicos regulables temporizados con posibilidad de hasta 5 escalones horarios, 0/1-10V o Dali, con opción de CLO, salida de luz constante. Con bloque óptico compuesto de 48LED de alta emisión alimentados a 500mA, dispuestos sobre PCBA plana, con consumo total de 75W y flujo inicial de 10757lm, temperatura de color 4000K, CRI≥ 70, (opcional por el mismo importe: 3000K CRI≥80), con óptica 5068 asimétrica de PMMA ubicada individualmente sobre cada LED conformando una fotometría global mediante el proceso de adición fotométrica. Vida útil L90_B10_100.000h y una probabilidad a fallos de B10 Tq: 25°C con ensayo LM80-TM21 en laboratorio acreditado ENAC o equivalente internacional. Con protector de sobretensiones hasta 10kV. Para optimizar la eficiencia energética y que haya una menor contaminación lumínica el flujo hemisférico superior de la luminaria será del 0%. Rango mínimo de temperatura ambiental en funcionamiento: -30 a +40°C. La eficacia mínima certificada de este tipo de luminarias equipadas con LED blanco neutro (NW), considerando el flujo real emitido por la luminaria y el consumo total de la misma con una alimentación a 350mA será de: &gt; 110lm/W (flujo real emitido / potencia total consumida, acreditados con ensayo acreditado ENAC o equivalente internacional UNE EN 13032). La luminaria será telegestionada punto a punto mediante un controlador inteligente, que monitoriza y controla el Driver o Balasto de la luminaria. Se suministrará con una instalación que permita la puesta en marcha plug &amp; play mediante conexión twist &amp; lock sobre conector internacional y estándar del tipo NEMA de 7 pines. Este conector incorporará una pegatina que permitirá la lectura e identificación por radio frecuencia de las características técnicas de la luminaria. La instalación de telegestión dispondrá de un módulo de GPS que geoposicionará en su ubicación real de manera automática la luminaria en el interfaz web de usuario. El controlador, permitirá una puesta en marcha con conectividad instantánea a internet en la infraestructura móvil existente mediante comunicación 3G, sin necesidad de una estructura IT de Gateway adicional (concentradores). Cada controlador podrá comunicarse de dos formas independientes, mediante una comunicación híbrida Móvil 3G y/o mediante Radiofrecuencia mallada, proporcionando una conectividad instantánea, estable, fiable y flexible, además de compatible con sensorización. La red de comunicación mallada radiofrecuencia entre dispositivos, debe permitir reacciones instantáneas ante eventos tales como detección de presencia o de movimiento, que pueden ser dados por el uso de sensores, esto será necesario para crear una red viva y adaptativa en función del uso de la instalación. El software interfaz de usuario, deberá mostrar por tanto una visibilidad completa y dinámica al sistema con el objeto de poder configurar el funcionamiento de la sensorización dada. Tanto su módulo de comunicaciones como su módulo de gestión, deberán estar encapsulados bajo la misma envolvente, en ningún caso se encontrarán de manera separada, y con el fin de no tener que manipular el interior de las luminarias, dicho controlador se ubicará siempre en el exterior de los puntos de luz, nunca en su interior. Un lector de radio frecuencia incluido en el controlador, leerá la información de inventario almacenada en la etiqueta de la luminaria, para utilizarla a continuación en la aplicación de recursos del sistema de telegestión punto a punto central.</p> <p>El servicio de telegestión incluye:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Operaciones de puesta en marcha, training clientes online, soporte técnico remoto.</li> <li>- Comunicación celular (durante 10 años).</li> <li>- Hosting datos (durante 10 años).</li> <li>- Software: acceso a la interface + updates de software.</li> </ul> <p>La luminaria dispondrá de la siguiente certificación en cuanto a normativa aplicable en la construcción de la luminaria:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Certificado ENEC de la luminaria, o certificación equivalente acreditada por entidad ENAC o internacional equivalente.</li> <li>• UNE-EN 60598-1: Luminarias. Requisitos generales y ensayos.</li> </ul>	965,40 €

		<ul style="list-style-type: none"> <li>• UNE-EN 60598-2-3: Luminarias. Requisitos particulares. Luminarias de alumbrado público.</li> <li>• UNE-EN 60598-2-5: Luminarias. Requisitos particulares. Proyectores.</li> <li>• UNE-EN 62031: Módulos LED para alumbrado general. Requisitos de seguridad.</li> <li>• UNE-EN 55015: Límites y métodos de medida de las características relativas a la perturbación radioeléctrica de los equipos de iluminación y similares.</li> <li>• UNE-EN 61547: Equipos para alumbrado de uso general. Requisitos de inmunidad CEM.</li> <li>• UNE-61347-2-13: Dispositivos de control electrónico.</li> <li>• UNE-EN 61000-3-2: Compatibilidad electromagnética (CEM). Parte 3-2: Límites. Límites para las emisiones de corriente armónica (equipos de corriente de entrada &lt;=16A por fase).</li> <li>• UNE-EN 61000-3-3: Compatibilidad electromagnética (CEM). Parte 3: Límites. Sección 3: Limitación de las variaciones de tensión, fluctuaciones de tensión y flicker en las redes públicas de suministro de baja tensión para equipos con corriente de entrada &lt;= 16A por fase y no sujetos a una conexión condicional.</li> <li>• UNE-EN 62471 de Seguridad Foto-biológica.</li> <li>• Marcado CE.</li> <li>• Certificado acreditado por ENAC o equivalente internacional, que incluye el ensayo y estudio fotométrico de las luminarias conforme a lo establecido en la Norma UNE-EN 13032, emitido igualmente por laboratorio acreditado ENAC o equivalente internacional, (dicho estudio deberá proporcionar datos completos de las curvas fotométricas de la luminaria, la eficiencia luminica y el rendimiento de la misma, la temperatura de color y el rendimiento de color de la fuente de luz, y el porcentaje de flujo emitido al hemisferio superior, la medida de potencia y factor de potencia a las diferentes corrientes de alimentación disponibles, entre otros datos).</li> <li>• Certificado de reciclabilidad, en el que se justifique el cumplimiento de las directivas RoHS y WEEE.</li> <li>• Certificado del Fabricante de cumplimiento ISO 9001, ISO 14001, ISO 50001 y OHSAS 18001 e inscrito a un SIG de residuos.</li> <li>• Certificado emitido por el fabricante de la depreciación del flujo luminoso en el transcurso de la vida útil de la luminaria.</li> </ul>	
36	Uds.-	<p>Columna Castilla de Schröder Socelec o similar, troncocónica de altura 10m con diámetro en punta Ø76mm, en su extremo superior un brazo, rectos y de sección cilíndrica de Ø60 con vuelos de 0,5m, dichos brazos se unirán a la columna mediante teja desmontable fijado a la columna mediante tornillos M10, en su extremo se fijará la luminaria lateralmente y el brazo inferior (en caso de llevar) con características similares al superior, será en teja y desmontable fijado a la columna mediante FLUOTALADROS verificados mediante ensayo de tracción y torsión, con 2 tornillos de M10. Columna dimensionada y verificada estructuralmente de acuerdo con la norma EN 40-3-1:2000 y EN 40-3-3:2003. Tanto brazos como columnas se realizarán en Acero S235JR según norma UNE-EN 10025. La tornillería y el tirante será de acero inoxidable AISI 316. Para la protección superficial se utilizará un proceso de galvanización por inmersión en caliente según norma EN ISO 1461. Superficie preparada en las fases mecánica, química, epoxidica y adherente para un recubrimiento final en polvo de poliéster de 80µm verificado por SEM, con polimerización final según ASTM D4752 y adherencia CLASE 0 según ISO2409. Mantenimiento de color según ISO7724 con estabilidad de brillo según ISO2813 y cumplimiento de ISO4628 y UNE-EN-13438 para niebla salina. RAL a definir por dirección facultativa.</p>	884,40 €