



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA  
SUPERIOR INGENIEROS  
INDUSTRIALES VALENCIA

Curso Académico:

## **Agradecimientos**

Con la realización de este trabajo fin de grado, acaba una bonita etapa de estudiante para ser finalmente graduado. Considero ahora, con la entrega de este TFG, una buena oportunidad para agradecer todo lo bueno de esta etapa y demostrar lo aprendido de los momentos difíciles también.

Agradezco al profesorado de la carrera y a la escuela los conocimientos impartidos; en especial a Saturnino, por su ayuda con este trabajo con el que le he causado más molestias de las esperadas, debido a los condicionantes y singularidades del mismo, y sin embargo ha estado pendiente, atento y con dedicación en todo momento.

Gracias a mi familia, especialmente a José Manuel, David y Encarni -mis hermanos antecesores en ingeniería en la UPV- por ser referentes, y a mi padre y mi madre porque con su esfuerzo han hecho posible esta etapa.

Hablando de estos años, no puedo dejar en el tintero a mis compañeros y amigos del Gali, la familia que me ha acompañado en Valencia, y cómo no, los de La Unión. Gracias a los compañeros y compañeras de clase, y en especial a Blázquez y los GITI's supervivientes haciendo ,entre otras cosas, las prácticas y los exámenes menos duros.

Javier Sanes

## **Proyecto del alumbrado público ornamental y vial de las antiguas instalaciones mineras del Cabezo Rajao en el municipio de La Unión**

Alumno: Javier Sanes Linares

Valencia, Junio 2018

Tutor: Saturnino Catalán Izquierdo

Cotutor: César S. Cañas Peñuelas

### **RESUMEN**

Este TFG presenta un estudio sobre la instalación de un sistema de iluminación, tanto vial como ornamental, de los accesos, senderos y arquitectura de las antiguas instalaciones mineras del paraje denominado Cabezo Rajao situado en la sierra minera de Cartagena-La Unión y declarado BIC con categoría de sitio histórico, con el objetivo de contribuir al embellecimiento del entorno y resaltar su valor histórico-cultural.

Basados en las diversas normas e instrucciones vigentes, el uso de tecnología LED y mediante la ayuda de software especializado, se ha proyectado un sistema de alumbrado eficiente con su instalación eléctrica correspondiente, dispuesta en seis líneas diferentes para la iluminación vial y ornamental de este lugar elegido con un consumo anual de 10.673 kWh y un presupuesto de ejecución por contrata con IVA de 506.588,41 € y 58.084,67 € de explotación para la vida de diseño útil de 25 años.

Para el alumbrado vial, diferenciado en varios tramos en los que, tras valorar tanto la accesibilidad como la anchura de éstos y el impacto sobre las edificaciones, se propone la utilización de luminarias en soporte para el primer tramo y balizas para el resto. Para el ornamental, y según criterios del autor, se propone el alumbrado de las distintas edificaciones seleccionadas del complejo minero a base de 54 proyectores y bañadores teniendo en cuenta las limitaciones del FHS y la contaminación lumínica.

**Palabras Clave:** Alumbrado ornamental, Alumbrado vial, LED, BIC, Cabezo Rajao.

### **RESUM**

Aquest TFG presenta un estudi sobre la instal·lació d'un sistema d'il·luminació, tant viària com ornamental, dels accessos, senders i arquitectura de les antigues instal·lacions mineres del paratge denominat Cabezo Rajao situat a la serra minera de Cartagena-La Unión i declarat BIC amb categoria de lloc històric, amb l'objectiu de contribuir a l'embelliment de l'entorn i ressaltar el seu valor historicocultural.

Basats en la diverses normes i instruccions vigents, l'ús de tecnologia LED i mitjançant l'ajuda de programari especialitzat, s'ha projectat un sistema d'enllumenat eficient amb la seva instal·lació elèctrica corresponent, disposada en sis línies diferents per a la il·luminació vial i ornamental d'aquest lloc elegit amb un consum anual de 10.673 kWh i un pressupost d'execució per contracta amb IVA de 506.588,41 € i 58.084,67 € d'explotació per a la vida de disseny útil de 25 anys.

Per a l'enllumenat vial, diferenciat en diversos trams en què, després de valorar tant l'accessibilitat com l'amplada d'aquests i l'impacte sobre les edificacions, es proposa la utilització de lluminàries en suport per al primer tram i balises per a la resta. Per al ornamental, i segons criteris de l'autor, es proposa l'enllumenat de les diferents edificacions seleccionades del complex miner a força de 54 projectors i banyadors tenint en compte les limitacions del FHS i la contaminació lumínica.

**Paraules Clau:** Enllumenat ornamental, Enllumenat vial, LED, BIC, Cabezo Rajao

## **ABSTRACT**

This TFG is a design of installation of a lighting system, both road and ornamental, accesses and architecture of the old mining facilities on Cabezo Rajao located in the mining region of Cartagena-La Union and declared BIC, with the aim of improve the beauty of the environment and highlighting its historical-cultural value.

Based on the normative, the use of LED technology and with the help of specialized software, an efficient lighting system has been designed with its corresponding electrical installation, arranged in six different electric lines for road and ornamental illumination of this place chosen a anual consumption of 10.673 kWh and and a contract execution budget with VAT of € 506,588.41 and € 58,084.67 of exploitation for the useful design life of 25 years.

For street lighting, differentiated into several sections in which, after evaluating both the accessibility and the width of these and the impact on the buildings, the use of luminaires in support for the first section and beacons for the rest is proposed. For the ornamental, and according to the author's criteria, the lighting of the different selected buildings of the mining complex is proposed based on 54 projectors, taking into account the limitations of FHS and light pollution.

**Key words:** Ornamental lighting , Street lighting, LED, BIC, Cabezo Rajao.

## NOMENCLATURAS Y ABREVIATURAS

atms	Atmósferas
BIC	Bien de Interés Cultural
BOE	Boletín Oficial del Estado
BORM	Boletín Oficial de la Región de Murcia
DN	Diámetro Nominal
Em	Iluminancia media
E <sub>min</sub>	Iluminancia mínima
ETSII	Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales
FHS	Flujo Hemisferio Superior
GITI	Grado Ingeniería Tecnologías Industriales
ITC	Instrucción Técnica Complementaria
K	Kelvin. Temperatura de color
kg	Kilogramos
km	Kilómetro
kW	Kilovatios
kWh	Kilovatio hora
LED	Light Emitting Diode. Diodo emisor de luz
Lm	Lumen
Lx	Lux
m	Metro
mA	Miliamperio
mm	Milímetro
núm	Número
OM	Orden Ministerial
R	Reglamento
RD	Real Decreto
REEIAE	Reglamento Eficiencia Energética Instalaciones Alumbrado Exterior
T	Total
T <sup>a</sup>	Temperatura
TFG	Trabajo Fin de Grado
TM	Término municipal
Um	Uniformidad media
UPV	Universidad Politécnica de Valencia
V	Voltios
W	Vatios

## ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. OBJETIVOS .....	3
3. ZONA DE ESTUDIO .....	5
3.1. Apunte histórico.....	6
3.2. Localización. Emplazamiento. Condicionantes .....	8
4. NORMATIVA Y REGLAMENTACIÓN .....	12
5. PROCEDIMIENTO .....	15
5.1. Descripción de las zonas y elementos de interés a iluminar .....	16
5.2. Iluminación vial .....	19
5.2.1. Criterios de parámetros de iluminación .....	20
5.2.2. Elaboración del diseño con parámetros establecidos .....	22
5.3. Iluminación ornamental .....	24
5.3.1. Criterios de parámetros de iluminación .....	25
5.3.2. Elaboración del diseño con parámetros establecidos .....	26
5.4. Regulación y control del flujo lumínico .....	29
5.5. Instalación Eléctrica .....	30
5.6. Obra Civil .....	31
6. MEMORIA DE CÁLCULOS.....	33
6.1. Alumbrado vial.....	34
6.2. Alumbrado ornamental .....	40
6.3. Contaminación lumínica alumbrado ornamental. FHS instalado .....	57
6.4. Proyectores alumbrado ornamental. Eficacia luminosa.....	57
7. PRESUPUESTO .....	58
8. PLANOS.....	68
9. ANEXOS	
10. CONCLUSIONES	
11. BIBLIOGRAFÍA	

## **1. Introducción**

## 1. INTRODUCCIÓN

Inicialmente, como autor de este Trabajo Fin de Grado -TFG-, quisiera resaltar que en éste se ponen de manifiesto las competencias adquiridas como universitario en las diversas disciplinas impartidas en el Grado de Tecnologías Industriales de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales de la Universidad Politécnica de Valencia, y se complementan con la búsqueda de documentación, bibliografía y la redacción en cuanto a metodología y contenido reglado sobre futuros trabajos o proyectos que en un futuro inmediato habrá que abordar en el desarrollo del ejercicio profesional venidero.

Así, este trabajo de carácter académico podría considerarse como el paso entre la universidad y las responsabilidades a asumir en el ejercicio de la profesión en el sector de la Ingeniería.

El TFG que aquí se desarrolla se centrará principalmente en proponer un proyecto de iluminación vial eficiente, así como ornamental, mediante el uso de tecnologías LED, que sirva como modelo y ejemplo de sensibilización, conocimiento y puesta en valor del patrimonio histórico industrial que representa los diversos elementos que conforman el emblemático conjunto minero denominado Cabezo Rajao, como enclave principal dentro de las zonas protegidas como Bien de Interés Cultural, con categoría de sitio histórico, ubicado en la Sierra Minera de Cartagena y La Unión.

En resumen, con este TFG se pretende mediante el diseño de un modelo de iluminación eficiente poner en valor esta destacada zona, Bien de Interés Cultural con categoría de Sitio Histórico, con un singular patrimonio histórico, industrial, paisajístico y social, y poner en práctica los conocimientos y las capacidades tanto genéricas como de especialidad que se plantean en el Grado en Ingeniería en Tecnologías Industriales de la Universidad Politécnica de Valencia.

Se desarrolla a continuación la redacción del TFG denominado “Proyecto del alumbrado público ornamental y vial de las antiguas instalaciones mineras del Cabezo Rajao en el municipio de La Unión” en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales de la Universidad Politécnica de Valencia.

## **2. Objetivos**

## 2. OBJETIVOS

Aunque el objetivo de la redacción del presente Trabajo Fin de Grado es diseñar el sistema de iluminación vial y ornamental, así como las instalaciones eléctricas del complejo minero denominado Cabezo Rajao, también se pretende, de forma complementaria, tener conocimiento de los aspectos más importantes del patrimonio industrial que representa dicho complejo minero y sensibilizar sobre el valor que representan los restos de la actividad minera que aún perduran tras el curso del tiempo, el deterioro y la inexistente intervención de instituciones públicas y privadas.

Así, se propone el diseño del sistema de iluminación que incluirá tanto el alumbrado vial de los accesos al paraje, como el alumbrado ornamental de los elementos mineros más relevantes para una vida útil de diseño de 25 años. Además de la correspondiente obra civil de la instalación.

El proyecto, realizado conforme a las diversas normas, contempla el estudio luminotécnico por proyección para la iluminación de este tipo de instalaciones. Para la realización de este TFG se ha tenido en cuenta factores importantes como las diferentes magnitudes luminosas -*flujo luminoso, flujo hemisférico superior, iluminancia, temperatura de color, etc...*-, tipos de luminarias, lámparas, distribución y proyectores.

Es por ello, que la puesta en valor, tanto del conjunto como los elementos que aún perduran en el Cabezo Rajao, mediante un adecuado proyecto de iluminación tanto vial como ornamental facilitará el acceso y resaltará la belleza paisajística de la imagen nocturna del conjunto, todo ello minimizando y corrigiendo los efectos de la contaminación lumínica en el cielo nocturno. También promoverá la sensibilización de las instituciones competentes para su conservación y fomentará la difusión y conocimiento de este importante patrimonio histórico industrial minero en vías de desaparición.

### **3. Zona de estudio**

### 3. ZONA DE ESTUDIO

Este apartado tiene la finalidad de describir la zona seleccionada en base a unos breves apuntes históricos y la ubicación geográfica la Sierra Minera de Cartagena-La Unión, y con ello el emplazamiento y la descripción del Cabezo Rajao junto con sus singularidades más relevantes a tener en cuenta para la redacción de este TFG.

Así, la elección del “Cabezo Rajao” (Fig. 1) como de sus instalaciones más significativas, susceptibles de ser iluminadas, justifica la realización de un proyecto de alumbrado tanto de las diversas rutas posibles como del conjunto. También es de interés, además de valorar el estado actual de las instalaciones, analizar su declaración como BIC y valorar su integración en el paisaje.

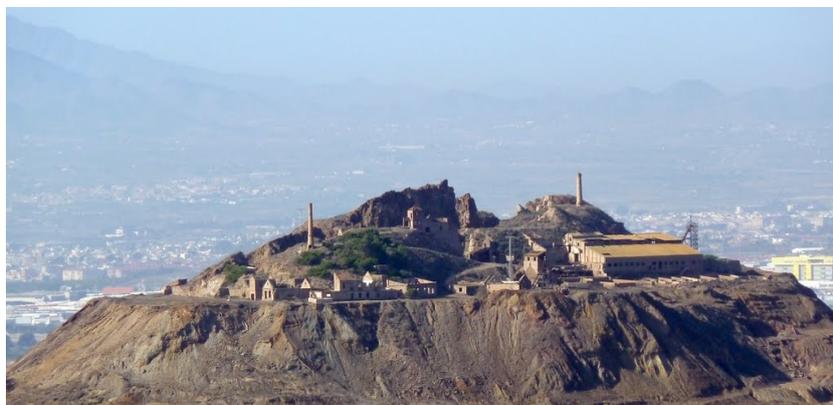


Fig. 1. Vista panorámica del Cabezo Rajao en la actualidad

#### 3.1. Apunte histórico

Como resumida historia cabe destacar que esta Sierra está tejida por el oscilante aprovechamiento de las minas del plomo, de plata, de cinc y de hierro (Arana, 2009) que han sellado la biografía del entorno y que quedan ilustradas en las numerosas concesiones mineras extendidas sobre su territorio en el denominado mapa de *Lanzarote* (Fig. 2).

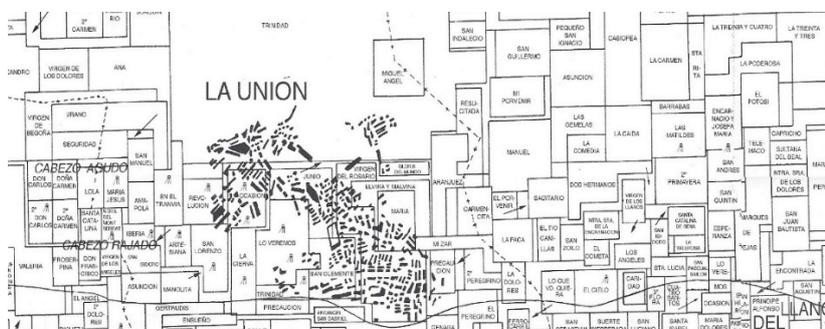


Fig. 2. “Lanzarote”. Muestra de concesiones mineras en La Sierra Cartagena-La Unión

La minería de la zona ha tenido la singularidad de dar épocas de expansión y riqueza, que alternan con otras de agotamiento de los filones. En efecto, hasta principios de la década de 1990, la actividad extractiva ha marcado en sus altibajos la evolución económica, social y cultural de la zona.

Desde tiempos prehistóricos, la actividad minera de la zona ha sido notable, desarrollándose y aumentando en épocas posteriores (cartagineses y romanos). Muestra de ello son los abundantes testimonios arqueológicos y los numerosos asentamientos poblacionales de estos periodos que aparecen en el área, como los asentamientos de Mina Balsa, Atalaya y el poblado ibero romano de Cabezo Agudo (Berrocal, 1999). En tiempos de Roma, cientos de esclavos trabajaron la riqueza metalífera de estos montes. Los restos arqueológicos de la villa romana de Portmán –antiguo Portus Magnus- testimonian el pasado auge. Posteriormente, durante un vacío de siglos, la actividad minera decrece hasta casi desaparecer.

La fiebre minera contemporánea despegó en 1840, y asimismo nace la industria metalúrgica -las "fundiciones"- (Guillén, 2004). Sin embargo, la frágil economía minera, supeditada al vaivén de los precios estipulados por la Bolsa de metales de Londres, conoce continuos períodos de crisis.

El gran momento se enmarca entre los años finales del siglo XIX y los primeros del XX y es a partir de mediados del siglo XX cuando se inicia un nuevo periodo de recuperación de la industria minera (Fig. 3) que, con los nuevos métodos de explotación como la excavación de canteras a cielo abierto y sistemas de lavado por flotación diferencial, se genera un ciclo económico ascendente impulsado por la revalorización de los metales. De este modo la sierra minera de La Unión-Cartagena alcanzó un lugar relevante llegando a aportar casi la mitad del plomo y una importante fracción de la plata producida en España.



Fig. 3. Muestra de la intensa actividad en el Cabezo Rajao

Aquella mejoría, fundamentada en los métodos de explotación de mineral con excavación de canteras a cielo abierto y lavado por flotación diferencial, llegó a su fin en el año 1991 cuando después de más de dos milenios de labores extractivas se clausura la actividad minera.

Como resultado de la intensa labor minera, se han heredado innumerables restos industriales, la mayoría en estado muy ruinoso por el abandono de la actividad minera. Así, el patrimonio industrial minero a destacar consta de *Castilletes* -estructuras verticales que se sitúan sobre un pozo para permitir las maniobras de extracción del mineral-, *Pozos mineros* -de acceso a las minas-, *Chimeneas* -para la evacuación de gases producidos durante la fundición del mineral-, *Lavaderos* de mineral -lugares donde se separaba la mena de la ganga- y *Hornos* de calcinación y fundiciones. Todos esos elementos de interés para nuestro trabajo quedarán reseñados en los siguientes apartados.

### 3.2. Localización. Emplazamiento. Condicionantes

La Sierra Minera es una formación montañosa en dirección E-O que jalona los términos municipales de Cartagena y La Unión (Fig. 4). A modo de estribación sobre una llanura y de una forma algo más aislada, al norte de la misma se localiza el denominado Conjunto minero Cabezo Rajao, objeto de este trabajo, encontrándose ocupando ambos términos municipales, correspondiendo la vertiente este del mismo al término municipal de La Unión y la oeste al TM de Cartagena (Fig. 5).



Fig. 4. Sierra Minera Cartagena-La Unión

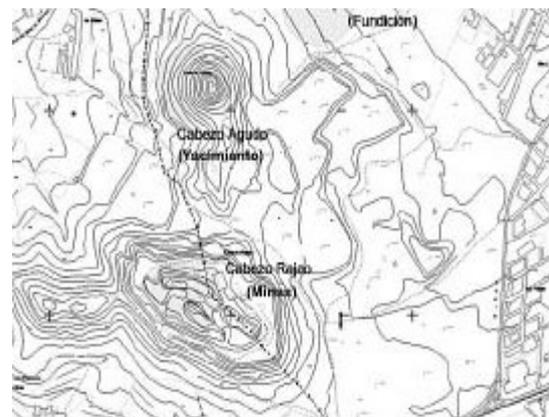


Fig. 5. Ubicación Cabezo Rajao

Su localización es muy estratégica en relación con la cercanía -1km- al oeste de la ciudad de La Unión sobre el que haremos mayor hincapié por mayor proximidad y al conjunto de la Sierra Minera, y su accesibilidad es inmejorable a través del tramo de carretera N332a Cartagena-Alicante.

El denominado Cabezo Rajao es un cerro o promontorio aislado que se levanta al norte de la Sierra Minera destaca sobre una planicie con una cota máxima de 194 m y debe su nombre a una profunda raja o filón explotada por su riqueza mineral y que lo atraviesa en dirección NO-SE.

Así, son las peculiaridades paisajísticas (Fig. 6) que presenta -visible desde diversos núcleos urbanos y con vistas panorámicas de toda la comarca- junto con sus instalaciones mineras los elementos más atractivos a tener en cuenta en esta zona de estudio.



Fig. 6. Vista panorámica del Cabezo Rajao

Las edificaciones del Cabezo Rajao se ajustan al estilo característico de las construcciones mineras, con ese uso tan particular del ladrillo visto, pero presentan, en su conjunto, un lamentable estado de conservación. A los efectos propios del abandono en que se encuentran hay que añadir la aceleración de su destrucción, motivada por el expolio sistemático al que están sometidas.

Los Castilletes (Fig. 7) son, sin lugar a duda, el símbolo de la Sierra Minera. Su silueta recortada en el paisaje es el recurso tradicional de cualquier escenificación. Su característica estructura está concebida como una gran polea que permite el movimiento de personas o cosas en el interior de los pozos.



Fig. 7. Castillete



Fig. 8. Chimenea

Los Pozos son los elementos mineros más numerosos en la Sierra; representan el elemento clave en el desarrollo de la actividad minera. De ellos parten diferentes galerías, en dirección perpendicular a los filones y a diferentes alturas, en las que se extraía el material. Entre los pozos existentes en el interior del Cabezo Rajao debe encontrarse el denominado “Pozo Baebelo” de gran interés histórico, aunque de conflictiva ubicación (Arboledas, 2007), por las referencias que se hacen de él en textos de las guerras púnicas.

Las Chimeneas (Fig. 8) se construían para elevar la salida de los humos generados por la maquinaria de vapor con la que realizaban las operaciones de elevación y descenso por el pozo. También representan un atractivo referente paisajístico.

La única excepción del sistema definido por los conjuntos de elementos asociados al concepto de mina son los Lavaderos, que constituyen una edificación que recibe el material producido por un grupo de minas. En el ámbito del Cabezo Rajao existen dos de estos lavaderos.

Todas estas instalaciones son partes integradoras del concepto "mina", presentándose en la mayoría de las ocasiones una instalación de cada tipo en cada mina y se diferencian por el nombre propio que se les atribuye, encontrándose en el Cabezo Rajao un ejemplo significativo de las mismas y que serán descritas posteriormente.

El último elemento a describir para este TFG es "La Raja". Ésta constituye, entre otras cosas, un elemento geológico de extraordinaria singularidad, en tanto que se corresponde con un filón que se aprecia a simple vista y recorre longitudinalmente el Cabezo en toda su extensión en dirección NO-SE, dibujando en el cerro el aspecto actual.

Para la realización de este proyecto de iluminación se han seleccionado las siguientes referencias individuales:

Elemento	Descripción
• <b>Chimenea 07</b>	- Chimenea de máquina de vapor en Mina Montserrat
• <b>Chimenea 08</b>	- Chimenea de máquina de vapor en Mina La Palmera
• <b>Castillete 1</b>	- Castillete metálico en Mina Montserrat
• <b>Castillete 2</b>	- Castillete de madera en Mina San Isidoro
• <b>Lavadero 1</b>	- Lavadero junto Mina Iberia
• <b>Maquinaria 1</b>	- Maquinaria de tracción del Castillete Mina San Isidoro
• <b>Raja y derivaciones</b>	- Yacimiento geológico
• <b>Edificaciones Sur</b>	- Paramentos en distintas edificaciones de la zona sur
• <b>Edificaciones Este</b>	- Paramentos en edificaciones de la zona este
• <b>Laderas</b>	- Contrastes de depósitos
• <b>Sendero</b>	- Camino de acceso

Este conjunto minero descrito, es un emblemático enclave del patrimonio industrial minero y se encuentra catalogado como Bien de Interés Cultural por Decreto 280/2015, de 7 de octubre, del Consejo de Gobierno de la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia, por el que se declara Bien de Interés Cultural, con categoría de Sitio Histórico la Sierra Minera de Cartagena y La Unión (BORM nº 235, 10 octubre 2015). La zona declarada BIC ha sido delimitada en ocho sectores partiendo incluyendo en el Sector II el Conjunto del Cabezo Rajao que en términos de catalogación incluye, como no podía ser de otra manera, los elementos descritos anteriormente.

En cuanto a los condicionantes a tener en cuenta en la elaboración de este trabajo cabe destacar principalmente la propia singularidad del conjunto elegido. En efecto, esta elección conlleva una serie de limitaciones entre las que destacamos:

- Cerro montañoso aislado que carece de infraestructuras urbanas.
- Conjunto declarado BIC.

- Acceso rodado limitado y con pendiente media del 16%.
- Edificaciones en estado de deterioro progresivo.
- Tendido eléctrico que atraviesa el BIC.
- Inexistencia de normativa específica para la iluminación ornamental de edificios históricos o arquitecturas singulares.

El diseño inicial de este proyecto de Iluminación en el Cabezo Rajao es complejo por cuanto el manejo de la iluminación, tanto para acceso peatonal como para fines ornamentales, en un espacio histórico de estas características supone un riesgo añadido, ya que no existe ninguna funcionalidad en sí atribuible, salvo la puesta en valor de un patrimonio histórico industrial enormemente deteriorado para crear una sensibilización de entidades e instituciones con el fin de estimular su intervención para evitar su desaparición; todo ello supone para este alumno un reto que integra el conjunto de conocimientos adquiridos en diversas disciplinas del Grado estudiado.

## **4. Normativa y reglamentación**

#### 4. NORMATIVA Y REGLAMENTACIÓN

El marco normativo consultado para la elaboración de este trabajo ha sido extenso. La aplicación de esta normativa se traduce en consecuencias prácticas de gran trascendencia para las instalaciones de alumbrado estudiadas:

- Ley 31/1988, de 31 de octubre sobre Protección de la Calidad Astronómica de los Observatorios del Instituto de Astrofísica de Canarias. BOE núm. 264, de 3 de noviembre de 1988.
- Ley 31/1995, del 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales. BOE núm. 269, de 10 de noviembre de 1995.
- Ley 4/2007, de 16 de marzo, de Patrimonio Cultural de la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia. BORM núm. 66, de 12 de abril de 2007 y BOE núm. 176, de 22 de julio de 2008.
- Ley 54/1997, de 27 de noviembre, del Sector eléctrico. BOE núm. 285, de 28 de noviembre de 1997.
- Ley 54/2003, de 12 de diciembre, de reforma del marco normativo de la prevención de riesgos laborales. BOE núm. 298, de 13 de diciembre de 2003.
- Norma EN-60 598. Luminarias.
- Norma Tecnológica NTE-IEE/1978. "Instalaciones de electricidad: Alumbrado exterior".
- Norma UNE 12464: Iluminación en los lugares de trabajo.
- Orden de 12 de junio de 1989. Establece la certificación de conformidad a normas como alternativa a la homologación de los candelabros metálicos (báculos y columnas de alumbrado exterior y señalización de tráfico). Ministerio de Industria y Energía. BOE: 7 de julio de 1989.
- RD 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y de salud en las obras de construcción. BOE núm. 256, de 25 octubre de 1997.
- RD 1890/2008, de 14 de noviembre, por el que se aprueba el Reglamento de eficiencia energética en instalaciones de alumbrado exterior y sus Instrucciones Técnicas Complementarias EA-01 a EA-07. Ministerio de Industria, Turismo y Comercio. BOE núm. 279 de 19 de noviembre de 2008.
- RD 1955/2000 de 1 de diciembre, por el que se regula las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica. Ministerio de Economía. BOE núm. 310 de 27 de diciembre de 2000.
- RD 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación. BOE núm. 74, de 28 de marzo de 2006.
- RD 401/1989 de 14 de abril. Modifica Real Decreto 2642/1985, de 18 de diciembre, sobre sujeción a especificaciones técnicas y homologación de los candelabros metálicos (báculos

y columnas de alumbrado exterior y señalización de tráfico). Ministerio de Industria y Energía. BOE núm. 99 de 26 de abril de 1989.

- RD 485/1997, del 14 de abril de 1997, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo. BOE núm. 97, de 23 de abril de 1997.
- RD 580/2017, de 12 de junio, por el que se modifica el Real Decreto 243/1992, de 13 de marzo, por el que se aprueba el Reglamento de la Ley 31/1988, de 31 de octubre, sobre Protección de la Calidad Astronómica de los Observatorios del Instituto de Astrofísica de Canarias. BOE núm. 156, de 1 de julio de 2017.
- RD 614/2001, de 8 de junio, sobre las disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico, y resto de normativa aplicable en materia de prevención de riesgos. BOE núm. 148, de 21 de junio de 2001.
- RD 773/1997, del 30 de mayo de 1997, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual. BOE núm. 140, de 12 de junio de 1997.
- RD 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, ITC-BT-09 Instalaciones de alumbrado exterior. BOE núm. 224, de 18 de septiembre de 2002.
- RD 2177/2004, de 12 de noviembre, por el que se modifica el RD 1215/1997, de 18 de julio, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo, en materia de trabajos temporales en altura.

Asimismo, se han tenido en cuenta las siguientes Recomendaciones:

- Vocabulario internacional de iluminación. Publicación CIE S 017/E. 2011.
- Medición del flujo luminoso. Publicación CIE 84. 1989.
- Recomendaciones para el alumbrado de carreteras con tráfico motorizado y peatonal. Publicación CIE 115. 1995.
- Fotometría y gonio fotometría de las luminarias. Publicación CIE 121. 1996.
- Guía para minimizar la luminosidad del cielo. Publicación CIE 126. 1997.
- Guía para el alumbrado de áreas de trabajo exteriores. Publicación CIE 129. 1998.
- Guía para la iluminación de áreas urbanas. Publicación CIE 136. 2000.
- Normativa para la Protección del Cielo. Criterios en alumbrados exteriores. (Instituto Astrofísica de Canarias).
- Informe técnico CEI. "Guía para la reducción del resplandor luminoso nocturno". Marzo 1999.
- Guía para la Eficiencia Energética en Alumbrado Público (IDAE-CEI). 2001.
- Normas UNE 20.324 y UNE-EN 50.102 referentes a Cuadros de Protección, Medida y Control.

## **5. Procedimiento**

## 5. PROCEDIMIENTO

Para la realización de un proyecto de alumbrado se deben considerar los aspectos más importantes del conjunto, de las diversas instalaciones que lo conforman, su ubicación, el enclave geográfico y el paisaje; también, como en este caso, se tendrá en cuenta la sensibilidad histórica de la propuesta.

Desde el punto de vista de la ingeniería y del diseño del proyecto se describirá pormenorizadamente la metodología de trabajo desde la aplicación de la normativa y reglamentación vigente sobre iluminación y alumbrado exterior hasta los criterios para el diseño de la actuación que se propone, teniendo en cuenta el estudio lumínico mediante la utilización de software específicos, el sistema de gestión y control, la eficiencia energética, así como las características de la instalación eléctrica.

En ese contexto, se analizarán los diversos accesos al paraje junto con las rutas de senderismo y cicloturismo existentes en la actualidad con el fin valorar si procede el planteamiento de una iluminación funcional complementaria. De la misma manera y de una forma más ocasional se propone la utilización de la proyección del color mediante la aplicación de filtros con el fin de comunicar y conmemorar determinadas fechas señaladas de interés sensible para la sociedad. Todo ello, con el fin de hacer de este trabajo una propuesta más realista de la puesta en valor de este entorno.

### 5.1. Descripción de las zonas y elementos de interés a iluminar

Para comenzar, se procede a una descripción detallada del tipo de instalación que se encuentra en cada una de las zonas objeto del trabajo, con el fin de analizar las posibilidades de iluminación en cada una de ellas y encontrar un diseño adecuado.

Al tratarse de una zona alejada del entorno urbano, es decir, en el extrarradio del municipio de La Unión, se clasificará la zona de protección contra la contaminación luminosa; ésta es un área de luminosidad o brillo bajo y se clasifica como una zona E2 según la instrucción técnica ITC-EA-03. Con el fin de diseñar un alumbrado vial eficiente, útil y seguro se diferencian 6 tramos en la zona de estudio (Fig. 9).

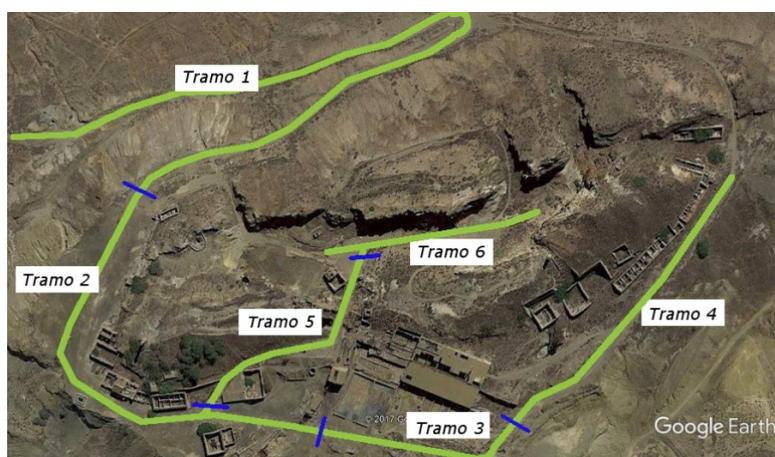


Fig. 9. Descripción de los distintos tramos

### Descripción de los viales:

El primer tramo conecta la carretera N-332a y da acceso al paraje minero. Los siguientes 5 tramos recorren y atraviesan las instalaciones. De estos 5 tramos diferenciaremos dos tipos: los anchos, 2, 4 y 6 y se le conceden 3,50 metros de anchura al camino; y los estrechos, tramos 3 y 5 a los que se le conceden 1,50 metros.

*Tramo 1:* Se trata del camino de acceso al Cabezo Rajao desde la carretera N-332a hasta llegar a lo alto del paraje minero. Es un camino irregular y ascendente con un desnivel medio del 11.5%, tiene una longitud de unos 800 m y una anchura aproximada de 4,50 m. Este tramo se encuentra en la cara suroeste, opuesta a las edificaciones del complejo industrial minero.

*Tramo 2:* Comienza a nivel donde se encuentra la primera edificación, y transcurre entre la mayoría de las edificaciones sin desnivel alguno. Cuenta con una longitud de unos 240 m y se trata de una zona llana y amplia de diferentes anchuras que llega hasta la zona del edificio 8. Para nuestro trabajo se determina un camino para iluminar con una anchura asignada de 3,50 m. Este tramo da continuidad al 3 aunque presenta una bifurcación que da continuidad al tramo 5.

*Tramo 3:* Rodea las instalaciones del lavadero (edificio 9) en dirección a las edificaciones finales del noreste. Se caracteriza por la estrechez del mismo y limita la zona mesetaria con la ladera este del promontorio. Se trata simplemente de un tramo de enlace entre los tramos 2 y 4, contando con una longitud de 100 m.

*Tramo 4:* Cuenta con una longitud de 180 m, llegando hasta las últimas edificaciones del recorrido; al ser de anchura suficiente, para nuestro trabajo se le asigna una anchura de 3,50 m.

*Tramo 5:* Se trata de una derivación del tramo 2 que se dirige directamente a la Raja. Es un camino estrecho, con desnivel positivo entorno al 15% y 125 m de longitud total y 1,5 m de anchura.

*Tramo 6:* Recorre en su longitud de 140 m el filón de la Raja. Al presentar anchura suficiente se determina para éste una de 3,50 m.

### Descripción de los edificios:

Para poder diseñar una iluminación ornamental que cumpla con su función estética y embellecedora, es importante conocer las singularidades de las superficies a iluminar, la geometría, el material con el que está construido y otros factores. Para este fin se describen a continuación las características geométricas de los edificios que se iluminarán, así como el material de superficie con el que están construidos ya que ello determinará el tipo de iluminación.

Todos los edificios seleccionados (Fig. 10) están construidos siguiendo la tipología y los materiales característicos de la industria minera y de la época; se trata principalmente de construcciones a base de ladrillo macizo enlucido, si bien, los castilletes son de madera y metálicos y las chimeneas están construidas de ladrillo macizo refractario.

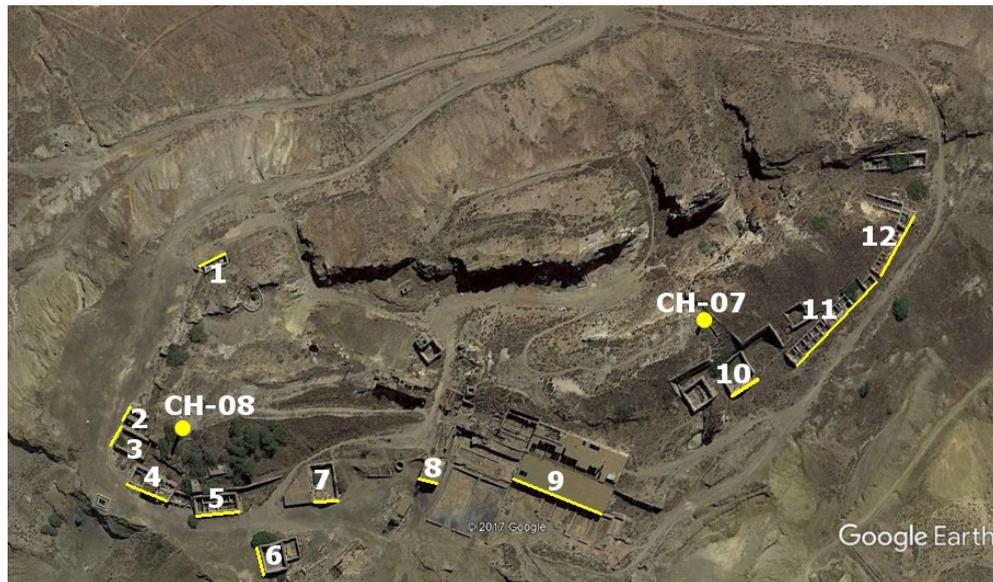


Fig. 10. Relación de los distintos edificios

*Edificio 1:* Se trata de un edificio simple, de 11 de longitud, 4 m de altura y cuenta con una puerta y dos ventanas.

*Edificio 2:* Es un edificio pequeño y alto, con una amplia puerta. La superficie frontal presenta 4 m de longitud y 7 m de alto con un pequeño hastial.

*Edificio 3:* La superficie frontal posee una puerta y una ventana con dimensiones estándar, mide 8,50 metros de longitud y 3 m de alto, de forma rectangular y un hastial superior de otros 3 m, es decir, presenta 6 m de altura total. El hastial cuenta con una ventana circular de 1 m de diámetro.

*Edificio 4:* Este edificio consta de dos plantas de 4 m cada una, siendo la altura total de 8 m. La longitud frontal de la planta baja tiene 18 m y presenta dos puertas y cuatro ventanas de tamaño estándar. La cara frontal de la planta superior tiene una longitud de 12 m y presenta cuatro ventanas de tamaño estándar.

*Edificio 5:* Presenta una superficie frontal rectangular básica, con 18 m x 4 m de alto, con puerta y cinco ventanas de tamaño estándar.

*Edificio 6:* Se trata de la sala de máquinas del castillete de madera de la mina San Isidoro. Su superficie con especial interés es la vista lateral, siendo la más relevante ya que es característica la imagen del edificio con el castillete en su lateral (Fig. 11). La superficie de esta edificación presenta 12 m de longitud y 6 m de alto, contando además con tres amplias ventanas.

*Edificio 7:* De superficie rectangular, posee 10 m de longitud y 3 m de altura, acabando en un hastial de 3 m; es decir, posee una altura total de 6 metros. Presenta 3 puertas grandes con forma de arco y una ventana circular de 1 metro de diámetro en el hastial.

*Edificio 8:* Es un edificio de 12 m de altura. La geometría de la superficie presenta unas medidas de 8,50 m de altura con hastial de 1,50 m y 10,50 m de longitud.



Fig. 11. Edificio 6 y castillete Mina San Isidoro

*Edificio 9:* Es el edificio más grande y amplio de todo el complejo industrial minero, se corresponde con una edificación destinada al lavadero de mineral. La superficie de interés es su cara noreste, rectangular con 42 m de longitud y 5 m de alto. Cuenta con catorce ventanas cuadradas. Cabe destacar que esta edificación se encuentra a 4 m del nivel de la meseta.

*Edificio 10:* Es similar al edificio 7 pero las puertas en forma de arco de los lados son del mismo tamaño que la del centro, es decir, son más grandes que las del edificio 7. Se encuentra junto al castillete de la mina Montserrat.

*Edificio 11:* Se trata de un edificio alargado con 42 m de longitud y 4 m de alto, y presenta numerosas ventanas y puertas de tamaño estándar.

*Edificio 12:* Similar al anterior, pero con 22 m de longitud y 4 m de alto, asimismo cuenta con numerosas ventanas y puertas de tamaño estándar.

*Chimenea 07:* Según nomenclatura de los elementos culturales del Plan Director del Paisaje Industrial de la Sierra Minera. Se encuentra en la cima de la vertiente norte del Cabezo Rajao. Tiene forma cilíndrica con 12 m de altura y 2,4 m de diámetro.

*Chimenea 08:* Según la nomenclatura anterior, es geoméricamente similar a la chimenea descrita anteriormente; ésta se encuentra ubicada en el borde de la terraza principal de la ladera E del Cabezo Rajao.

## **5.2. Iluminación vial**

De una forma general, la elección de la tecnología y el diseño del sistema de iluminación para la instalación de alumbrado han de ser confeccionados teniendo en cuenta la finalidad de conseguir los niveles de iluminancia adecuados en cada uno de los tramos a iluminar, disminuyendo los costos de inversión, energéticos o de mantenimiento tanto como sea posible.

La elección de los materiales a usar en el proyecto es uno de los elementos más importantes y dependerá de criterios tanto económicos como estéticos. Cabe destacar que para este trabajo se ha optado por la elección de la tecnología LED como solución y se debe a las ventajas ofrecidas por ésta en cuanto a aspectos como altas eficiencias energéticas, rendimiento luminaria elevado, alta calidad de color y rendimiento cromático, elevada vida útil de funcionamiento y encendido instantáneo, entre otras.

### 5.2.1. Criterios para diseño de la iluminación

El procedimiento a seguir para diseñar un alumbrado vial eficiente, útil y que cumpla los requisitos legales es el siguiente:

1.- *Clasificación de la vía.* En primer lugar, e independientemente de la solución que se vaya a tomar, lo que se plantea inicialmente a la hora de elaborar el diseño de una instalación de alumbrado público es la clasificación de la vía, según los tramos asignados en el recorrido propuesto, para saber los niveles de iluminancia, uniformidad, eficacia luminosa, etc..., exigidos por el REEIAE.

Se obtiene así una clasificación de la vía según sus características, dónde se encuentra, qué tipo y densidad de tráfico tiene, entre otras.

Según la clasificación de la vía se obtendrán unos requisitos de iluminancia media, mínima y de uniformidad establecidos por la ITC-EA-02. Los niveles medios de iluminancia no deben superar el 20 % de los niveles de referencia.

2.- *Flujo inicial.* A partir de las características de los tramos de la vía se calcula un valor de flujo inicial mediante la siguiente fórmula:

$$\phi = \frac{Em * A * D}{Fm * Fu}$$

$\phi$  = Flujo de la luminaria (Lm)  
Em = Iluminancia media de la vía (Lx)  
A = Ancho de la vía (m)

D = Distancia entre luminarias  
Fm = Factor de mantenimiento  
Fu = factor de utilización

Para la distancia inicial se hace una estimación del valor, estableciendo una distancia que se desee, pero que pueda ser realista. Se tendrá en cuenta la altura de montaje de la luminaria pues la distancia depende de esto también. Finalmente, en la distancia influirán también la fotometría y la óptica de la luminaria seleccionada.

Los factores de mantenimiento y utilización se estimarán en valores frecuentes y más tarde según las luminarias elegidas se corroborarán y se corregirán.

3.- *Elección de la luminaria y el soporte.* Una vez obtenido el flujo preliminar, se escoge una luminaria que mejor cumpla con las necesidades específicas para las diferentes zonas.

Es importante una elección adecuada de la fotometría. La forma y dirección de la distribución de la luz emitida por la lámpara es un factor indispensable para cumplir con los valores requeridos en la ITC-EA-02 y los valores estimados de distancia entre luminarias.

Según la ITC-EA-04, la eficacia luminosa de las lámparas tendrá un valor superior a 65 lum/W para alumbrados vial, específico y ornamental. Con la elección de luminarias LED's esta condición no supone ningún problema ya que cumplen todas suficientemente. Se deberán cumplir también los requisitos de rendimiento y factor de utilización de la tabla 1 de la misma instrucción técnica.

Los soportes para las luminarias dependerán del tipo de montaje requerido para cada zona. En el caso en el que el soporte sea tipo columna serán de tipo troncocónica de acero. Además, éstos deberán ir provistos de una puerta situada a 0,30 m del suelo como mínimo, para colocar el equipo eléctrico. Los apoyos serán instalados en una placa base mediante el uso de pernos roscados y tuercas.

4.- *Factor de mantenimiento.* Como indica la ITC-EA-06, éste es:

$$Fm = FDSL * FSL * FDLU$$

FDSL = factor de depreciación del flujo luminoso de la lámpara

FSL = factor de supervivencia de la lámpara

FDLU = factor de depreciación de la luminaria

Para el cálculo del flujo se hace una estimación de este factor, pero una vez elegida la luminaria se puede calcular mediante los valores que ofrece el fabricante y las tablas de las instrucciones técnicas.

El primero de estos factores se encuentra en la ficha técnica del fabricante. Para el cálculo de depreciación de la luminaria se establece un plan de limpieza en el que se actuará cada tres años y estudiando la zona se obtiene un grado de contaminación bajo ya que son zonas peatonales y el paso de vehículos será puntual y excepcional. Dependiendo del grado de hermeticidad proporcionado por el fabricante, se hará una selección del FDLU mediante la tabla 3 de la ITC-EA-06.

5.- *Cálculo por ordenador.* En los pasos anteriores se ha hecho una estimación de la altura de montaje y la distancia entre luminarias. Partiendo de la geometría de la vía con cada uno de sus tramos correspondientes y con la luminaria seleccionada en base a los términos técnicos expuestos en los apartados anteriores, se procede a la simulación y cálculo de la posición y número de puntos de luz mediante el software que corroborará y corregirá los valores estimados y se podrá analizar si la luminaria elegida cumple los valores requeridos con valores similares de posición a los estimados.

Es necesario comprobar que, con la distribución de los puntos de luz elegida, se cumplen los valores de todos los parámetros fotométricos de referencia según las indicaciones de las instrucciones técnicas.

Todos los datos serán verificados mediante el software especializado de asistencia para alumbrado DIALUX.

6.- *Etiqueta energética.* Mediante la tabla de clasificación energética que se encuentra en el apartado de anexos, se realizará una etiqueta energética para la longitud total del trazado.

Para realizar este cálculo, se necesita disponer de los valores de los índices de eficiencia energética y de consumo energético.

$$I_e = \frac{\varepsilon}{\varepsilon_R} \qquad ICE = \frac{1}{I_e}$$

Se obtiene así el nivel de eficiencia energética de referencia,  $\varepsilon_R$ , correspondiente a la iluminación media según la tabla 3 de la ITC-EA-01. También es necesario dicho valor característico de la vía a etiquetar.

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

S = Superficie total de la zona  
Em = Iluminancia media en servicio  
P = Potencia total instalada

### 5.2.2. Elaboración del diseño con parámetros establecidos

El criterio principal para la clasificación de las vías es la velocidad de circulación como indica en la tabla 1 de la ITC-EA-02. En nuestro caso, se trata de zonas exclusivamente peatonales con velocidades de aproximadamente 5 km/h. Por lo que serán vías clasificadas tipo E. Atendiendo al tránsito de personas, en esta vía es normal-bajo, requiriendo alumbrados tipo S2, S3 o S4; al ser caminos peatonales, ninguna clase de alumbrado requiere uniformidad.

Atendiendo a sus características y calificación de los tramos, el 1 es largo y ancho, encontrándose en la cara opuesta de las edificaciones, lo que supone que su iluminación no interfiera a la de la arquitectura de la zona. Por ello, y contando con el flujo de personas, se requiere para este tramo una clase de alumbrado S3, con unos requerimientos de iluminancia media mínima de 7,5 lux y una iluminancia mínima de 1,5 lux según la tabla 8 de la ITC-EA-02.

Para los tramos 2, 3, 4, 5 y 6, en zonas llanas y amplias, y con condiciones menos peligrosas, no se proyectarán valores altos de iluminancia por el impacto visual que podrían suponer sobre la arquitectura de la zona ya que todos estos tramos atraviesan y recorren las edificaciones del complejo minero. Por ello, se requerirá una clase de alumbrado S4, suficiente para iluminar el camino sin interferir en el fin estético y la importancia de la arquitectura. Los requerimientos de iluminancia de estos valores son de 5 lux de iluminancia media y una iluminancia mínima de 1 lux.

Por la similitud de algunos tramos, diseñaremos 3 tipos diferentes de alumbrado, según sea el camino de acceso (tramo 1), caminos anchos (tramos 2, 4 y 6) y caminos estrechos (tramos 3 y 5). Así, una vez clasificados los alumbrados de cada tramo, se procede ahora a diseñar cada tipo de alumbrado.

Los cálculos para la justificación de la luminaria, soporte y otras elecciones de estas soluciones se encuentran adjuntos en el apartado de Cálculos de este proyecto. Así mismo, los planos de emplazamiento y los gráficos de distribución fotométrica de las luminarias se encuentran adjuntos en el apartado de Planos de este proyecto.

A continuación se describe el diseño definitivo y queda resumido en la tabla 1:

	Longitud	Superficie m <sup>2</sup>	Número Luminarias	Potencia W	Em lux	Emin lux
<b>Tramo 1</b>	760	3420	26	546	7,9	2,06
<b>Tramo 2</b>	290	1015	29	783	5,81	1,18
<b>Tramo 3</b>	100	150	12	180	5,86	1,31
<b>Tramo 4</b>	170	595	17	459	5,81	1,18
<b>Tramo 5</b>	104	156	13	195	5,86	1,31
<b>Tramo 6</b>	150	525	16	405	5,81	1,18

**Tabla 1. Resumen diseño iluminación vial**

*a) Tipo de Alumbrado 1 (Tramo 1):* Para la elección de la luminaria es necesario, como se ha descrito en el apartado anterior, una vez clasificada la vía, el cálculo de un flujo inicial y la elección de una distribución fotométrica que se adecue a la vía.

Debido a las particularidades de la vía, siendo un sendero de montaña, se tiene como objetivo poner el mínimo número de puntos de luz, principalmente para que no suponga un impacto visual importante para el paraje y de forma secundaria debido a la longitud de los tramos, entre otros factores, disminuir el precio del proyecto. Se considera oportuno, por tanto, una distribución de los puntos de luz unilateral.

Para la elección de la altura de montaje de la luminaria, se elegirá que no sobrepase los 4 m en este tipo de tramo para que no suponga un fuerte impacto en la zona montañosa, ya que además de conservar el ambiente de naturaleza, el paraje está considerado un BIC como ya se ha comentado anteriormente. Se eligen valores de altura de aproximadamente 3,5 m ligeramente inferior al ancho de la vía (4,5 m).

La distancia entre luminarias se establecerá de 30 m, ya que se busca minimizar el número de luminarias; al ser zona peatonal no requiere valores muy altos de iluminancia por lo que, con una buena óptica y fotometría, se pueden obtener hasta casi 10 veces la altura. Para obtener estas distancias entre luminarias tan grandes se opta por una fotometría que proyecte la luz más hacia los lados.

Tras comparar entre varios fabricantes, varios modelos de luminarias e incluso varias ópticas distintas se hace una preselección entre algunas que cumplen los parámetros, y se opta finalmente por la luminaria denominada tipo 1, al presentar ésta unos mejores resultados y adaptándose suficientemente a nuestros requerimientos.

Después de varios ajustes y con la ayuda del software de diseño a ordenador se optimiza el diseño de la instalación, de manera que tenemos una altura de montaje de las luminarias de 3,7 m, con una distancia entre ellas de 30 m, disponiendo así un total de 26 puntos de luz.

Como soporte para las luminarias se elegirán columnas de acero galvanizado troncocónicas. En la memoria de cálculos se especificarán detalles del diseño y las dimensiones de la columna troncocónica.

*b) Tipo de Alumbrado 2 (Tramos 2, 4 y 6):* Es necesario tener en cuenta para la elección de la luminaria adecuada la limitación que supone estos tramos debido a la cercanía con la arquitectura, ya que uno de los objetivos de este trabajo es resaltar el valor, la importancia y la belleza de la arquitectura de los edificios y elementos mineros de la zona. Por lo tanto, se buscarán alturas muy bajas para iluminar estos caminos. Se establecerán alturas de alrededor de 1 m, y por lo tanto se utilizarán balizas, ya que además éstas podrán cumplir los valores de iluminancia debido a que son los mínimos requeridos por la ITC-EA-02 (clase de alumbrado S4).

Analizando la variedad de balizas se escogen las llamadas balizas 1 del cuadro resumen de iluminación vial; éstas pueden alcanzar distancias de separación de hasta 10 m y pueden iluminar caminos más anchos debido al haz radial. Se distribuirán en el centro del camino de 3,5 m, y dejando por tanto a cada lado de la baliza 1,75 m.

Después de varios ajustes y con la ayuda del software se optimiza el diseño de la instalación, de manera que obtenemos una altura del punto de luz de 1,05 m, con una distancia entre balizas de 10 m, y disponiendo así un total de 29, 17 y 16 puntos de luz para los tramos 2, 4 y 6 respectivamente.

*c) Tipo de Alumbrado 3 (Tramos 3 y 5):* Estos tramos, al igual que los anteriores, se encuentran muy próximos a la arquitectura. Por lo tanto, al igual que anteriormente, se establecerán alturas en el punto de luz alrededor de 1 m para las balizas.

Analizando la variedad de balizas, se seleccionan las denominadas balizas 2 que pueden alcanzar distancias de separación de hasta 8 m, y el haz, al no ser radial, no se desaprovecha en este camino más estrecho.

Después de varios ajustes y con ayuda del programa software se optimiza el diseño de la instalación, de manera que se obtiene una altura del punto de luz de 1,05 m, con una distancia entre balizas de 8 m y un flujo del 78% del flujo nominal que oferta el fabricante para esta baliza; el número de puntos de luz será de 12 para el tramo 3 y 13 para el tramo 5.

### **5.3. Iluminación ornamental**

Cabe destacar que, desde el punto de vista del patrimonio histórico, se parte de la base que no existe un marco normativo específico regulador para la iluminación ornamental de edificios históricos o arquitecturas singulares. Por lo que el diseño del alumbrado ornamental es mucho menos restrictivo y otorga más libertad a la creatividad y la estética.

Ahora bien, dado que la iluminación de monumentos afecta a otras esferas vitales de la sociedad, es necesario tener presentes todas aquellas regulaciones relacionadas con la conservación del patrimonio, la conservación energética y la conservación del paisaje nocturno.

### 5.3.1. Criterios para el diseño de la iluminación

Como ya se ha comentado previamente, el diseño ornamental da lugar a una gran libertad siempre y cuando se respete la legislación de contaminación lumínica y se cumplan los objetivos que se pretenden.

Para la elaboración de este proyecto se tienen en cuenta recomendaciones tales como el estudio de las direcciones y la distancia de observación, el análisis de luminancia ambiental teniendo en cuenta que mientras mayor sea esta, mayor será la luminancia necesaria para que el edificio destaque, los obstáculos presentes en la dirección de observación y el aumento de la luminancia de la parte alta del edificio para aumentar su altura aparente.

Además de las recomendaciones anteriores, como condicionante principal cabe destacar que el flujo hemisférico superior instalado de los proyectores, FHSinst, en cada zona clasificada en base a su protección contra la contaminación luminosa, no superará los valores límites de la tabla 2 de la ITC-EA-03. Debido a que, al enfocar el proyector a la superficie del edificio, una parte del haz puede que no incida sobre la fachada y proyecte parte del flujo hacia el cielo, se debe tener especial consideración con ello para no superar los valores requeridos de contaminación lumínica.

Otros criterios para tener en cuenta son:

a. Líneas de visión principales. Contribuirá a determinar cuál es el lugar óptimo para colocar los proyectores. En el caso de la iluminación objeto de este TFG se trata de las fachadas principales de los edificios más característicos del complejo minero y su línea de visión es perpendicular a la fachada.

b. Flujo lumínico preliminar. Con el valor de iluminancia media elegido y las dimensiones de la superficie se determina el flujo lumínico necesario a priori.

c. Dimensiones de la superficie a iluminar y forma.

d. Luminancia de los materiales. No existen unos valores de iluminancia requeridos legalmente, pero según la ITC-EA-02 se pueden obtener unos valores recomendados en su Tabla 11 en función de la luminosidad del entorno y el material de la superficie a iluminar. Para no obtener zonas muy oscuras contrastadas en la superficie iluminada, se busca que la iluminancia mínima no se aleje mucho del 10% de la iluminancia media.

e. Distancia entre la superficie a iluminar y el proyector. Condicionará la apertura del haz de luz y el número de proyectores a colocar por cada superficie que se quiere iluminar. Para una distancia próxima se utilizarán proyectores dispersivos, es decir, un haz de luz amplio y para distancias lejanas se utilizarán concentrantes, con un haz de luz estrecho para evitar contaminar el cielo nocturno.

f. Posición de los proyectores en relación con la superficie a iluminar.

g. Selección del proyector a partir de los parámetros anteriores y mediante el cálculo a ordenador.

### 5.3.2. Elaboración del diseño con parámetros establecidos

Se elabora un proyecto que propone por una parte una iluminación monumental intentando lograr una buena reproducción de color y una iluminación equilibrada del conjunto de instalaciones y, por otro lado, y con vocación promocional y ocasional, se considerará una proyección exclusiva de color en ciertas fechas conmemorativas, como así queda correspondientemente reflejado en la memoria presupuestaria.

Se describe de forma resumida para cada edificio el diseño propuesto de iluminación ornamental y será en el apartado de cálculos donde se estime el proceso de forma pormenorizada y con sus valores correspondientes.

Con el objetivo de tener una iluminancia similar en todos los edificios y que no resalten unos sobre otros, se elegirá un nivel de iluminancia basándose en la tabla 11 de la ITC-EA-02. Es necesario tener en cuenta el material del que están construidos los edificios y su entorno. Se trata de ladrillo no muy oscuro y un entorno sin iluminación, por lo tanto, según dicha tabla se buscará una Em de 35-40 luxes. Al tratarse tan solo de un valor recomendado, los resultados no serán analizados estrictamente.

Además, con el fin de transmitir la sensación de ser una zona de valor histórico y con una fuerte relación con la naturaleza, se instalarán proyectores con una temperatura de color de 3000K, es decir, blanco cálido.

*Edificio 1:* Al tratarse de una superficie homogénea, no muy alta, y además con una forma regular, no supone gran dificultad el diseñar un alumbrado para este edificio. Se elige un bañador de una potencia media que se colocará a una distancia próxima.

Dividiendo el valor del flujo luminoso preliminar que se obtiene en los cálculos con el valor individual del bañador se obtiene el número de equipos que se usarán. Se colocan finalmente dos bañadores tipo 1 de forma simétrica.

*Edificio 2:* Se trata de una superficie que presenta más altura que longitud y, por lo tanto, se usarán dos proyectores diferentes colocados a una distancia media. Ambos proyectores se colocarán en mitad de la superficie, es decir a 2 metros de ambos lados.

El proyector tipo 2 que tendrá menos flujo, ya que parte de este se pierde por la puerta, estará enfocado a la zona baja, es decir, para iluminar la zona alrededor de la puerta. Por otra parte, el proyector tipo 1 arrojará la luz a la zona superior, estará situado algo más distante que el otro proyector, reduciendo su potencia al 70% para cumplir con los valores recomendados sin excederlos.

*Edificio 3:* El diseño de la iluminación de este edificio es algo más complejo, ya que hay que iluminar la zona superior, pero el hastial en forma de triángulo provoca que se pierda parte de la luz arrojada y el valor del FHS se vea elevado por encima del máximo permitido. Por lo tanto, se instalarán dos proyectores tipo 3 de forma simétrica, iluminando cada uno media superficie. Ambos proyectores se orientan hacia dentro para evitar arrojar luz por encima del hastial.

*Edificio 4:* Al tratarse de un edificio de dos plantas la superficie frontal que se quiere iluminar se puede dividir en dos partes. La superficie de la planta baja y la de la planta superior.

Para iluminar la zona superior se instalan dos proyectores tipo 1 más alejados con una fotometría concentradora para poder alejarlos sin desperdiciar luz y así poder iluminar la superficie superior. Estos proyectores serán limitados al 75% de su potencia para el cumplimiento de los valores recomendados. Finalmente, para la superficie inferior se disponen tres bañadores tipo 1 situados a una distancia más cercana.

*Edificio 5:* La superficie a iluminar de éste es similar a la parte inferior del edificio 4, posee la misma geometría, pero difiere en la configuración de puertas y ventanas, y por tanto, se iluminará de forma similar a la superficie inferior del anterior edificio.

Se disponen así tres bañadores tipo 1 separados una distancia resultante de dividir la longitud del edificio entre el número de bañadores instalados.

*Edificio 6:* Se pretende alumbrar la superficie lateral por la importancia ya comentada con anterioridad. Tras los cálculos para el diseño previo se estima una instalación de alumbrado con tres proyectores tipo 3 para toda la superficie.

Estos proyectores se colocarán a una distancia media-cercana y se dispondrán de forma equidistante.

*Edificio 7:* Para iluminar la superficie de este edificio se colocarán de forma simétrica dos bañadores tipo 2 perpendiculares a la zona entre el arco de la puerta principal y los otros dos. Sin embargo, de esta forma, queda el hastial sin iluminar y para ello se instala un proyector un poco más alejado, reduciendo su flujo luminoso al 80% para cumplir así los valores recomendados.

*Edificio 8:* Esta superficie presenta la dificultad de su mayor altura respecto a su longitud, lo que limita el diseño del alumbrado a proyectores, ya que los bañadores desperdician demasiada luz incumpliendo así el valor del FHS. Por lo tanto, se coloca a una distancia considerablemente alejada dos proyectores tipo 3 para iluminar la zona media-baja de la superficie. Algo más alejados se colocarán otros dos proyectores 1 para alumbrar la zona media-alta de la superficie.

En esta configuración se obtienen más zonas oscuras que en otros edificios debido a la limitación a iluminar tan sólo con proyectores y no con bañadores.

*Edificio 9:* La superficie que se pretende iluminar se encuentra elevada unos 4 m respecto del nivel llano mesetario, es decir, hay que diseñar un alumbrado que permita que la luz incida sobre la superficie objetivo sin iluminar la parte de abajo. Por esta misma razón se deberán utilizar proyectores con haz concentrador y colocarlos a mayor distancia para que la iluminación proyectada consiga iluminar la zona alta.

Al igual que anteriormente, se obtendrá el número de proyectores con el valor del flujo luminoso preliminar. Al tratarse de una edificación muy larga, se obtiene una solución de diez proyectores tipo 1, y algunos elevados a 1,5 m debido a la irregularidad del terreno que se encuentra delante de la superficie.

*Edificio 10:* Al tratarse de un edificio similar al 7, exceptuando los arcos de los lados que en este caso son iguales que el del centro, se utilizará la misma solución de iluminación.

**Edificio 11:** Al igual que el edificio 1, se trata de un edificio simple, no muy alto y de una forma muy regular debido a la disposición de ventanas y puertas. Pero en este caso el edificio presenta una longitud bastante mayor. Por lo tanto, se seguirá el mismo método para iluminarlo, siendo su solución similar, pero con más unidades. Dividiendo el flujo preliminar obtenido en los cálculos entre el flujo del bañador de potencia media elegido se obtiene una solución de siete bañadores tipo 1 que serán colocados de manera equidistante.

**Edificio 12:** Se trata de un edificio similar al 11 pero de menor longitud. Siguiendo el mismo método de diseño se obtiene una solución de cuatro bañadores tipo 1 separados de manera equidistante.

**Chimenea 7:** La complejidad para iluminar este tipo de superficie es evidente; se trata de construcción bastante alta, de poca anchura, y con una forma cilíndrica. Se diseña una iluminación de sólo medio cilindro, desde la parte más visible. Se disponen dos bañadores tipo 3 en ángulos de 45° respecto del eje de revolución del cilindro, y más alejado un proyector tipo 2 para iluminar la parte superior. El principal problema de la iluminación de esta superficie es el alto valor de FHS obtenido.

**Chimenea 8:** Debido a las similitudes geométricas con la anterior construcción, se iluminará de la misma forma.

A modo de resumen, en la tabla 2 siguiente quedan reflejados los parámetros más significativos de los cálculos citados anteriormente para el alumbrado ornamental:

	$\phi$ lum	Potencia W	FHS	Em lux	Emin lux
<b>Edificio 1</b>	2958	44	4.50%	38	2.34
<b>Edificio 2</b>	1627	27	5.00%	36.4	1.39
<b>Edificio 3</b>	3472	66	4.50%	38.85	1.86
<b>Edificio 4</b>	6562	96	4.00%	40	1.01
<b>Edificio 5</b>	4437	66	4.50%	34	1.72
<b>Edificio 6</b>	5208	96	5.00%	36	1.73
<b>Edificio 7</b>	2502	39	4.50%	39	1.05
<b>Edificio 8</b>	5121.8	90	4.50%	37	1.44
<b>Edificio 9</b>	14170	220	4.50%	38	2.30
<b>Edificio 10</b>	2502	39	4.50%	36	1.19
<b>Edificio 11</b>	10353	154	4.00%	36	2.67
<b>Edificio 12</b>	5916	88	4.00%	39	2.03
<b>Chimenea-07</b>	2535	43	12,00%	40	-
<b>Chimenea-08</b>	2535	43	12,00%	40	-

**Tabla 2. Resumen cálculo alumbrado ornamental**

#### **5.4. Regulación y control del flujo lumínico**

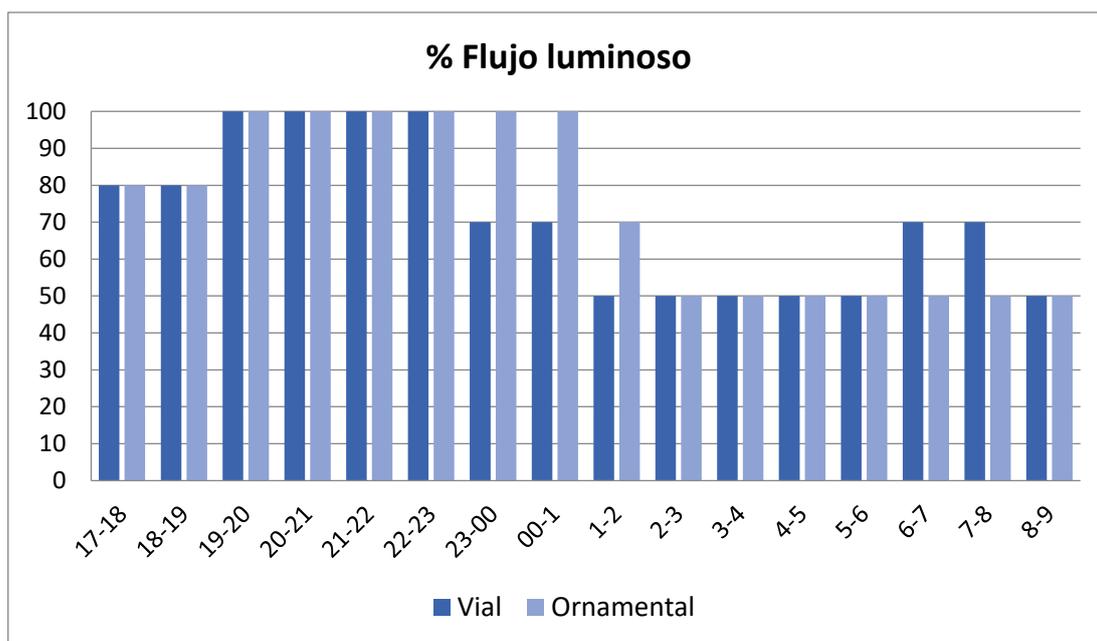
En cualquier vía es recomendable reducir el valor de flujo lumínico durante las horas nocturnas debido a la menor actividad con la finalidad de conseguir un ahorro económico, energético y medioambiental, siempre que se mantenga el mínimo de los valores de iluminación establecidos por el reglamento.

En nuestro caso se programará una curva de regulación del flujo lumínico y se instalará un reloj astronómico para regular las horas de encendido y apagado en relación con las horas del ocaso y el orto de cada día.

El centro de mando llevará integrado un reloj astronómico para la regulación del gasto energético. Este reloj calculará de forma automática la hora de salida y puesta de sol según la ubicación geográfica de cada día ya que el reloj es programado mediante la introducción de coordenadas GPS en las unidades de control, evitando así el encendido en horas innecesarias ya que cualquier desfase implica un exceso de consumo o un servicio ineficaz. De esta manera, el alumbrado se enciende y se apaga según las horas del ocaso y el orto de cada día funcionando de forma eficiente.

El reloj astronómico a instalar se trata de un reloj electrónico con calendario astronómico diseñado para el encendido y apagado del alumbrado según el ocaso y el orto. Todas las configuraciones de funcionamiento pueden ser modificadas por el usuario cuando se necesite tanto en modo manual, a través de los pulsadores externos, como en modo automático, a través del canal de comunicaciones serie conectado a un terminal tipo PC.

Para reducir el flujo lumínico (Gráfico 1) con el fin de ahorrar energía, costes y alargar la vida útil de la instalación se programa un porcentaje luminoso en los drivers según las horas del día, atendiendo al movimiento y vida de la gente en la calle según la cultura española.



**Gráfico 1. Programación de la regulación del flujo luminoso**

## **5.5. Instalación eléctrica**

La instalación de los cuadros de mando se hará conforme al Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, principalmente las instrucciones complementarias ITC-BT-09 y ITC-BC-44. Su envolvente tendrá un grado de protección IP55 y una protección contra impactos IK10.

En el interior del edificio 6, se instalará todos los componentes relativos al cuadro de mandos. Se colocará un cuadro de mando de alumbrado del que saldrán siete líneas eléctricas.

La ubicación del cuadro de mando se encuentra indicada en el plano 9 “Distribución de las líneas eléctricas y cuadro de mando” del apartado PLANOS.

Se dispondrá del aparellaje necesario tanto para la protección tanto de la acometida como de cada línea saliente. Se instalará un interruptor automático, para proteger la instalación, y un protector diferencial para protección de personas.

La puesta a tierra se hará mediante picas verticales de 2 m de longitud, disponiendo una pica por cada 5 puntos de luz existentes.

Los cables serán de cobre, unipolares subterráneos, RZ1 0,6/1 KV y clase 5 según UNE 60.228 y con aislamiento de polietileno reticulado. Para la instalación subterránea se utilizan conductores de cobre unipolar enterrados bajo tubo en una zanja de 0,5 m de profundidad y 0,5 m de ancho.

Para describir las diferentes líneas eléctricas salientes, éstas se clasifican en dos grupos según el tipo de iluminación diseñada en este trabajo:

*a) Iluminación ornamental:* Para la alimentación del alumbrado ornamental se dispondrán 2 líneas. Al tratarse de líneas no muy largas y sin mucha carga serán monofásicas. Los cables serán de 6 mm<sup>2</sup> de sección. La instalación eléctrica será enterrada con tubo de un diámetro exterior de DN 50 mm.

- Línea 1: alimenta el alumbrado diseñado para los edificios 1, 2, 3, 4, 5, 6 y chimenea 08, tiene una longitud de 250 m y un consumo de 0.445 kW de potencia. Presenta una caída de tensión máxima de 1.82 %.

- Línea 2: alimenta el alumbrado diseñado para el resto de los edificios (7, 8, 9, 10, 11, 12 y chimenea 07). Tiene un consumo de 0.680 kW de potencia y una longitud de 430 m. Presentan una caída de tensión máxima de 2.34%.

Ambas líneas cumplen con el máximo permitido del 3% para alumbrado según la ITC-BT-09.

*b) Iluminación vial:* Se diseñan 5 líneas encargadas de la alimentación de la instalación de alumbrado.

- Línea 3: alimenta el alumbrado vial del tramo 1 y la mayor parte del 2. Debido a su larga longitud se diseñará trifásica y tendrá una sección de 10 mm<sup>2</sup>, incluidos el cable de puesta a tierra y del neutro. Por el mayor tamaño de sección, el diámetro nominal del tubo enterrado será mayor al resto -63 mm-. Cada uno de los cables abastecerá a uno de cada tres puntos del alumbrado de estos tramos. Tendrá una longitud de 950 m, 1.113 kW de consumo y una caída de tensión máxima de 0.95 %.

- Línea 4: alimenta el alumbrado vial diseñado para los tramos 5 y 6. Se trata de una línea monofásica. Abastecerá a todos los puntos de luz de estos tramos y tendrá 300 m y su consumo será de 0.6 kW. La sección de todos los cables será de 6 mm<sup>2</sup> y la instalación será enterrada en tubo con un diámetro exterior de DN 50 mm. Presentan una caída de tensión máxima de 1.51 %.

- Línea 5.1: alimenta la parte restante de tramo 2, y los tramos 3 y 4. Alimenta uno de cada dos puntos de luz. Se trata de una línea monofásica con una sección de todos los cables de 6 mm<sup>2</sup> y la instalación será enterrada en tubo con un diámetro exterior de DN 50 mm. Tiene una longitud de 370 metros y un consumo de 0.414 kW. Presentan una caída de tensión máxima de 1.31 %.

- Línea 5.2: se trata de una línea igual a la línea 5.1, que abastecerá los otros puntos de luz restantes y por lo tanto posee un consumo similar -0,441 kW- y misma longitud -370 m- y una sección de cable de 6 mm<sup>2</sup>, presentando una caída de 1,38 % de tensión máxima.

Todas las líneas descritas cumplen con el máximo permitido de caída de tensión del 3% para alumbrado según la ITC-BT-09.

	Longitud (m)	Suministra	Potencia total (kW)	Tipo	Sección
Línea 1	250	Edificaciones SUR	0.445	Monofásica	6
Línea 2	430	Edificaciones NORTE	0.680	Monofásica	6
Línea 3	950	Iluminación tramos 1 y 2	1.113	Trifásica	10
Línea 4	300	Iluminación tramos 5 y 6	0.600	Monofásica	6
Línea 5.1	370	Iluminación tramos 2, 3 y 4	0.414	Monofásica	6
Línea 5.2	370	Iluminación tramos 2, 3 y 4	0.441	Monofásica	6

**Tabla 3. Resumen características líneas eléctricas**

## **5.6. Obra civil**

Para llevar a cabo la instalación eléctrica e instalación luminotécnica diseñada es necesaria la realización de las obras que se describen a continuación:

*Zanjas:* A lo largo de todo el paraje se realizarán zanjas por dónde se ha diseñado la instalación eléctrica. Las zanjas contarán con una profundidad mínima de 55cm, en la que se colocarán los tubos sobre lecho de hormigón H-150 de 5cm de espesor y posterior relleno de hormigón hasta 10cm por encima de los tubos, el resto se rellenará con el propio material extraído en la excavación. En toda la zanja se colocará cinta de atención de cables.

*Hormigón:* El hormigón a utilizar será de tipo H-150, con una resistencia característica de 150 Kg/cm<sup>2</sup>. Se utilizará cemento de fraguado lento tipo P-350.

*Cimentación del soporte luminarias:* La cimentación donde se instalarán las columnas de las luminarias estarán formadas por un cubo de hormigón en masa de 500 por 500 por 650 mm, según indicaciones del fabricante de las columnas, incluyendo tubo de PVC de 90 mm de diámetro, 1,8 mm de espesor y 4 atms de resistencia a la compresión, pernos de anclaje de 16 por 350.

*Cimentación de balizas y proyectores:* La cimentación donde se instalarán las balizas y los proyectores estarán formados por un cubo de hormigón en masa de 300 por 300 por 400 mm según indicaciones del fabricante de los mismos, incluyendo tubo de PVC de 90 mm de diámetro, 1,8 mm de espesor y 4 atms de resistencia a la compresión, pernos de anclaje 3 por 175.

*Tubos:* Los tubos serán de plástico, tendrán la sección circular, lisos y con un mínimo de 90 mm de diámetro y 1,8 mm de grosor, de tal forma que ofrezcan la debida resistencia para soportar la presión exterior (PR mín. de 4 atm).

*Cuadros de mando y protección:* El cuadro de mando se encontrará ubicado en el interior del edificio 6 según queda reflejado en la planimetría. Con el fin de proteger la instalación cada línea estará dotada con interruptor diferencial e interruptor automático.

*Cables:* Los conductores empleados son cilíndricos, monopolares, fabricados por conductor de cobre aislado con cubierta de polietileno reticulado para 1.000V de tensión de servicio, según normas UNE, VV 0,6/1 KV. Sobre los mismos se conectarán las luminarias, realizándose las conexiones en el interior de las columnas o en las arquetas de registro. La sección de los cables dependerá de cada línea, explicado anteriormente en la instalación eléctrica.

*Arquetas de registro:* Se colocará una arqueta por luminaria y algunas complementarias para facilitar la instalación eléctrica cumpliendo el número de arquetas requeridas por distancia según la normativa vigente, teniendo así un total de 183. Éstas serán construidas con pared de hormigón de 50 x 50 x 60 cm, con fondo de ladrillo perforado. Presentarán marco y tapa de poliéster reforzado con fibra de vidrio.

*Tomas de tierra:* Los cuadros de mando, las columnas, proyectores y otros elementos metálicos accesibles de la instalación estarán conectados a tierra mediante conductor unipolar aislado de tensión asignada de 450/750V, con recubrimiento color verde-amarillo y una sección mínima de 16 mm<sup>2</sup> de cobre, según ITC-BT-09.

Las tomas de tierra previstas para nuestra instalación están constituidas por picas verticales de 2 metros de longitud y una sección de cobre de 14 mm de diámetro conforme a ITC-BT-09-18-19.

*Cajas de acometida:* Éstas serán de poliéster reforzado con fibra de vidrio para exterior, estancas y con sujeción de la tapa mediante tornillos.

## **6. Memoria de Cálculos**

## 6. MEMORIA DE CÁLCULOS

Para el diseño de la instalación de alumbrado tanto ornamental y vial se ha llevado a cabo una serie de cálculos necesarios que se detallan en este apartado del documento.

### 6.1. Alumbrado vial

Se procede a la realización de los cálculos necesarios teniendo en cuenta el flujo lumínico preliminar, la elección del tipo de luminaria, el soporte para las mismas y el factor de mantenimiento. Asimismo, este apartado de cálculos finaliza con la correspondiente calificación energética de la instalación propuesta para dichos tramos.

#### 6.1.1. Tipo de Alumbrado 1 (Tramo 1)

A continuación se exponen los cálculos realizados secuencialmente para el diseño del nuevo alumbrado para este tramo.

##### a. *Flujo lumínico preliminar*

Teniendo en cuenta los valores de los diferentes parámetros justificados previamente en la memoria descriptiva se calcula el flujo lumínico preliminar.

$$\begin{array}{ll} E_m = 7,5 \text{ lux} & F_m = 0,8 \\ A = 4,5 \text{ metros} & F_u = 0,5 \\ D = 30 \text{ metros} & \end{array}$$

$$\Phi = \frac{E_m * A * D}{F_m * F_u} = \frac{7,5 * 4,5 * 30}{0,8 * 0,5} = 2531 \text{ Lúmenes}$$

##### b. *Luminaria y soporte*

Una vez calculado el flujo preliminar se procede a la elección de la luminaria adecuada y su correspondiente soporte; ésta cumplirá con los valores de flujo mínimo y proporcionará la luz detallada anteriormente proyectando el haz de luz hacia delante. Para la elección de luminarias, son seleccionadas previamente aquellas que cumplan con los requisitos descritos anteriormente.

Posteriormente, mediante el uso de software de diseño de alumbrado se realiza el estudio correspondiente para seleccionar aquella que mejor se adapta a las condiciones del diseño preliminar de la instalación -altura de montaje 3,7 m y distancia entre luminarias de 30 m-.

El modelo ClearWayGEN2 / BGP307 con una Óptica DM50, del fabricante *Philips*, es la luminaria que ofrece mejores resultados para los valores requeridos y las distancias y alturas de montaje determinadas, cumpliendo asimismo nuestros requisitos económicos.

El soporte elegido se trata de una columna troncocónica galvanizada, modelo Ce-3560/3 del fabricante COYBA. Se trata de una columna de 3,5 m de altura con un diámetro en punta de 60 mm, fabricada en chapa de acero al carbono S-235-JR con una conicidad del 12‰.

### c. Factor de mantenimiento

Para obtener el factor de mantenimiento es necesario consultar la hoja de documentación del fabricante para conocer la vida del LED. En este caso, el fabricante indica que la vida del LED es de 100.000 horas -25 años-, y transcurrido ese tiempo el flujo de la lámpara habrá disminuido un 12 %, y por lo tanto el factor de depreciación del flujo de la lámpara es 0,88.

Como bien se ha reflejado anteriormente, el plan de limpieza establecido para conservar en buen estado y flujo de las luminarias será cada 3 años. Con el grado de contaminación bajo, y el grado de hermeticidad de la luminaria escogida, IP66, se observa en la tabla 3 de la ITC-EA-06 un valor de FDLU de 0,9.

Por lo tanto el factor de mantenimiento de la luminaria es de 0,792.

### d. Cálculo por ordenador

Mediante el software se introduce la luminaria elegida y el factor de mantenimiento calculado para la luminaria. Se comprueba así que la distribución buscada cumple, y ajustando distancias, ángulos y probando alternativas se obtiene la solución óptima.

Se verifica así el cumplimiento de los valores de  $E_m$  y  $E_{min}$  del reglamento. Tras los ajustes oportunos se obtiene la siguiente disposición de la luminaria: altura de montaje de 3,7 metros, una separación entre luminarias de 30 m y con un ángulo de inclinación de la luminaria de 5º.

### e. Factor de utilización

También se obtiene el factor de utilización ya que antes se había estimado su valor. Con los valores obtenidos mediante el cálculo a ordenador:

$$Fu = \frac{Em * A * D}{Fm * \Phi} = \frac{7,9 * 4,5 * 30}{0,792 * 3000} = 0,448$$

### f. Resultados

#### - Niveles de iluminancia y uniformidad

Tramo 1 S3	$E_m$ lux	$E_{min}$ lux
- Requerida	$7,5 < E_m < 9$	1,50
- Instalada	7,90	2,06
- Cumple	SÍ	SÍ

#### - FHS instalado

Clasificación de la zona E2	Flujo hemisférico superior FHS
- Requerido	$\leq 5\%$
- Instalado	0.00 %
- Cumple	SÍ

### 6.1.2. Tipo de Alumbrado 2 (Tramos 2, 4 y 6)

A continuación se exponen los cálculos realizados secuencialmente para el diseño del nuevo alumbrado para estos tramos.

#### a. Flujo lumínico preliminar

Teniendo en cuenta los valores de los diferentes parámetros justificados previamente en la memoria descriptiva se calcula el flujo lumínico preliminar.

$$\begin{array}{ll} E_m = 5 \text{ lux} & F_m = 0,8 \\ A = 3,5 \text{ metros} & F_u = 0,5 \\ D = 10 \text{ metros} & \end{array}$$

$$\Phi = \frac{E_m * A * D}{F_m * F_u} = \frac{5 * 3,5 * 10}{0,8 * 0,5} = 437 \text{ Lúmenes}$$

#### b. Luminaria y soporte

Al igual que anteriormente se procede a continuación a la selección de la luminaria. Son seleccionadas previamente aquellas que cumplan con los requisitos descritos ya señalados. En este caso, se busca una baliza por la restricción de altura que permita cumplir los valores requeridos, es decir, se busca una buena fotometría con el flujo necesario y que con poca altura cumpla los requisitos de la ITC-EA-02.

Posteriormente, mediante el cálculo a ordenador se realiza el estudio correspondiente para escoger la baliza que mejor se adapta a las condiciones del diseño preliminar de la instalación, optándose finalmente por el modelo Baliza Panorama LED24W, del fabricante *Erco*.

#### c. Factor de mantenimiento

Es necesario la consulta de la hoja de documentación del fabricante para el cálculo del factor de mantenimiento con el fin de conocer la vida del LED. En este caso, el fabricante indica que a las 50.000 horas de funcionamiento el flujo de la lámpara habrá disminuido un 10 %. Continuando la función se obtiene, por lo tanto, que para las 100.000 horas -tiempo estimado de vida de la instalación- el flujo habrá disminuido un 20% así el factor de depreciación del flujo de la lámpara es 0,8.

Con el mismo plan de limpieza, es decir, cada 3 años y con el grado de contaminación bajo, y el grado de hermeticidad de la luminaria escogida -IP65-, se observa en la tabla 3 de la ITC-EA-06 un valor de FDLU de 0,9.

Por lo tanto, el factor de mantenimiento de la luminaria es de 0,72.

#### d. Factor de utilización

$$F_u = \frac{E_m * A * D}{F_m * \Phi} = \frac{5,81 * 3,5 * 10}{0,72 * 2520} = 0,112$$

### e. Cálculo por ordenador

Se verifica ahora mediante el software la solución que se ha obtenido mediante los parámetros obtenidos tanto en el prediseño y en la hoja del fabricante de la luminaria. En la hoja del fabricante se nos da un máximo de separación de 10 metros, se prueba a variar esta distancia pero se contempla que no se cumplirían los valores de iluminancia mínima debido a la limitación de la altura y la fotometría.

Por lo tanto finalmente tras los ajustes se verifica una distancia de separación entre balizas de 10 metros y una altura del punto de luz de 1,05 metros.

### f. Resultados

#### - Niveles de iluminancia y uniformidad

Tramos 2, 4, 6 S4	$E_m$ lux	$E_{min}$ lux
- Requerida	$5 < E_m < 6$	1
- Instalada	5,81	1,18
- Cumple	SÍ	SÍ

#### - FHS instalado

Clasificación de la zona E2	Flujo hemisférico superior FHS
- Requerido	$\leq 5\%$
- Instalado	0.00 %
- Cumple	SÍ

### 6.1.3. Tipo de Alumbrado 3 (Tramos 3 y 5)

Al igual que en los apartados anteriores se procede a los cálculos oportunos de cada uno de los parámetros para estos tramos.

#### a. Flujo lumínico preliminar

Según los diferentes valores justificados en la memoria descriptiva se calcula el flujo lumínico preliminar.

$$\begin{aligned}
 E_m &= 5 \text{ lux} & F_m &= 0,8 \\
 A &= 1,5 \text{ metros} & F_u &= 0,5 \\
 D &= 8 \text{ metros}
 \end{aligned}$$

$$\Phi = \frac{E_m * A * D}{F_m * F_u} = \frac{5 * 1,5 * 8}{0,8 * 0,5} = 150 \text{ Lúmenes}$$

#### b. Luminaria y soporte

Se seleccionan previamente aquellas que cumplan con los requisitos descritos anteriormente. Al igual que en el caso del alumbrado tipo 2, en este caso, se busca también una baliza por la restricción de altura que permita cumplir los valores requeridos, es decir, se busca una buena fotometría con el flujo necesario y que con poca altura cumpla los requisitos de la ITC-EA-02.

Posteriormente, mediante el cálculo a ordenador se realiza el estudio correspondiente para escoger la baliza que mejor se adapta a las condiciones del diseño preliminar de la instalación.

Se opta finalmente por el modelo Baliza Castor LED12W, del fabricante *Erco*.

**c. Factor de mantenimiento**

Al igual que en el caso anterior, tenemos un factor de depreciación de 0,8 y un FDLU obtenido mediante las tablas de 0,9. Por lo tanto el factor de mantenimiento es 0,72.

**d. Factor de utilización**

$$Fu = \frac{Em * A * D}{Fm * \Phi} = \frac{5,86 * 1,5 * 8}{0,72 * 1260} = 0,0775$$

**e. Cálculo por ordenador**

En este caso se prueba a variar en el software la distancia máxima ofrecida por el fabricante pero se obtienen valores que no cumplen con los requisitos.

Por lo tanto, finalmente, tras los ajustes se verifica una distancia de separación entre balizas de 8 metros y una altura del punto de luz de 1,1 m.

Al instalar la Baliza tipo 2 se obtienen valores elevados que superan el 20% de los requeridos por la ITC-EA-02. Al no poder elegir una luminaria con un flujo inferior, debido a que este modelo es el que menos flujo posee con las características de esta luminaria, se elige regularla al 78% para cumplir los valores requeridos.

**f. Resultados**

**- Niveles de iluminancia y uniformidad**

Tramos 3, 5 S4	$E_m$ lux	$E_{min}$ lux
- Requerida	$5 < E_m < 6$	1
- Instalada	7,52	1,31
- Cumple	NO	SI

Tras realizar la regulación al 78%:

Tramos 3, 5 S4	$E_m$ lux	$E_{min}$ lux
- Requerida	$5 < E_m < 6$	1
- Instalada	5,86	1,02
- Cumple	SÍ	SI

**- FHS instalado**

Clasificación de la zona E2	Flujo hemisférico superior FHS
- Requerido	$\leq 5\%$
- Instalado	0.00 %
- Cumple	SÍ

#### 6.1.4. Eficacia luminosa

A continuación se comprueba que todas las luminarias utilizadas en el diseño del alumbrado vial cumplen con la normativa de guía de la REEAE que especifica que todas las lámparas de las luminarias deben cumplir con una eficiencia luminosa superior a 65 lm/W. A pesar de que todas las lámparas LED cumplen con esta condición se comprueba a continuación con el fin de validar los resultados:

$$\frac{\phi_{\text{lámpara}}}{P_{\text{lámpara}}} = \frac{\text{Lúmenes}}{\text{Wattios}}$$

Eficacia luminosa	Requerida	Instalada	
Luminaria 1	65 lm/W	$\frac{3000}{21} = 142,85 \text{ lm/W}$	✓
Baliza 1	65 lm/W	$\frac{2520}{24} = 105 \text{ lm/W}$	✓
Baliza 2	65 lm/W	$\frac{1260}{12} = 105 \text{ lm/W}$	✓

#### 6.1.5. Calificación Energética

Para el cálculo de la calificación energética se necesita conocer la superficie de la vía. Calcularemos la superficie obtenida de todos los tramos:

$$S = 5,861 \text{ m}^2$$

En primer lugar se obtiene el nivel de eficiencia energética correspondiente al alumbrado según indicaciones de la tabla 3 de la ITC-EA-01, obteniéndose el valor de eficiencia energética de referencia.

Se trata de un alumbrado vial ambiental con una iluminancia media en servicio de 7,02 por lo tanto sacando la ecuación de la recta de la tabla se obtiene el valor:

$$\epsilon_r = 6,62 \frac{\text{m}^2 * \text{lux}}{\text{W}}$$

Para poder calcular el índice de eficiencia energética y el índice de consumo energético es necesario conocer el valor de eficiencia energética.

$$\epsilon = 16,035 \frac{\text{m}^2 * \text{lux}}{\text{W}}$$

Así, aplicando las fórmulas se obtienen los índices correspondientes:

<b>Índice de Eficiencia Energética I<math>\epsilon</math></b>	<b>2,42</b>
<b>Índice de Consumo Energético ICE</b>	<b>0,412</b>

Por lo tanto, con los valores obtenidos y según la tabla 4 de la ITC-EA-01, el alumbrado vial diseñado presenta una **Clasificación Energética A**, obteniendo unos valores excelentes debido a que superan holgadamente los requisitos para calificarlo como A (ICE < 0,91 I $\epsilon$  > 1,1).

## 6.2. Alumbrado Ornamental

Se procede a la realización de los cálculos necesarios para cada uno de los edificios seleccionados para la iluminación ornamental descrita en este TFG.

### 6.2.1. Edificio 1

A continuación se exponen los cálculos realizados secuencialmente para el diseño del alumbrado ornamental para este edificio.

#### a. Área de superficie

Se trata de una superficie de 8,5 m de ancho por 3 m de alto, con un hastial de las mismas dimensiones y cuenta con una ventana circular en el hastial y una puerta y ventana, siendo la superficie total:

$$At = A - Av - Ap = 35,25 \text{ m}^2$$

At = Área total

Av = Área ventanas

A = Área superficie bruta

Ap = Área puertas

#### b. Flujo lumínico preliminar

Teniendo en cuenta los valores de los diferentes parámetros estimados, el área de la superficie a iluminar y el valor recomendado de iluminancia, tenemos el flujo preliminar:

$$Em = 35$$

$$Fm = 0,8$$

$$Fu = 0,5$$

$$\Phi = \frac{Em * At}{Fm * Fu} = \frac{35 * 35,25}{0,8 * 0,5} = 3084 \text{ Lúmenes}$$

#### c. Elección de proyectores

Se elige como proyector para iluminar el modelo Gecko Bañador LED18W.

$$\frac{\Phi_{total}}{\Phi_{individual}} = \frac{3084,375}{1479} \cong 2 \text{ proyectores}$$

#### d. Localización de los proyectores

Los proyectores se dispondrán de forma simétrica, alejados 3,5 m de cada lateral de la superficie y con una orientación de 5,5º hacia el interior de la superficie para cumplir los valores de FHS. Se colocan a una distancia de 5 m del edificio con un ángulo de 17,5º.

#### e. Factor de mantenimiento

Todos los proyectores escogidos en este trabajo poseen las mismas características. Según instrucciones del fabricante, en 50.000 horas el flujo luminoso ha disminuido un 10%, por lo tanto para la vida de diseño estimada de la instalación -100.000 horas- se obtiene un factor de depreciación del flujo de la lámpara de 0,8.

Por otra parte cómo se ha explicado anteriormente, el método de limpieza establecido para conservar en buen estado y mantener el flujo de los proyectores es cada 3 años con un nivel de contaminación bajo. Se trata de una protección IP65 y según la tabla 3 de la ITC-EA-06 se obtiene un valor de FDLU de 0,9.

Por lo tanto el factor de mantenimiento de la luminaria es de 0,72.

#### **f. Cálculo a ordenador**

Se hace una recreación de la zona, con la superficie y la solución de la configuración de proyectores con la distancia a la superficie y la separación entre proyectores. Se comprueba mediante el cálculo a ordenador que se obtienen todos los valores buscados y cumple con los valores recomendados y requeridos por las instrucciones técnicas.

#### **g. Factor de utilización**

Una vez estimado su valor, se obtiene el factor de utilización definitivamente mediante los datos obtenidos en el cálculo a ordenador.

$$Fu = \frac{Em * A}{Fm * \Phi} = \frac{38 * 35,25}{0,72 * 2958} = 0,629$$

Además, según la ITC-EA-04 se exige para alumbrado ornamental factores de utilización lo más altos posible, superando el valor límite 0,25. Se puede observar la validez del resultado.

#### **h. Resultados obtenidos**

##### **- Niveles de iluminancia y uniformidad**

<b>Edificio 1</b>	<b>Iluminancia media Em (lux)</b>	<b>Iluminancia mínima E<sub>min</sub> (lux)</b>
<b>Recomendada</b>	35-40	3
<b>Instalada</b>	38	2,34

#### **6.2.2. Edificio 2**

Los cálculos realizados para éste son:

##### **a. Área de superficie**

$$At = A - Av - Ap = 17,75 \text{ m}^2$$

At = Área total

Av = Área ventanas

A = Área superficie bruta

Ap = Área puertas

##### **b. Flujo lumínico preliminar**

Teniendo en cuenta los valores de los diferentes parámetros estimados, el área de la superficie a iluminar y el valor recomendado de iluminancia, tenemos el flujo preliminar:

$$Em = 35$$

$$Fm = 0,8$$

$$Fu = 0,5$$

$$\Phi = \frac{Em * At}{Fm * Fu} = \frac{35 * 17,75}{0,8 * 0,5} = 1533 \text{ Lúmenes}$$

### c. Elección de proyectores

Se elige como proyector para iluminar el proyector modelo Gecko LED8W y un proyector Kona LED18W.

### d. Localización de los proyectores

Ambos proyectores se colocarán perpendiculares en mitad de la superficie, es decir, a 2 m de ambos lados.

El proyector tipo 2 estará enfocado a la zona baja, es decir, para iluminar la zona alrededor de la puerta y para ello se colocará a 9 m con un ángulo de 10°. Por otra parte, el proyector tipo 1 arrojará la luz a la zona superior, estará situado a 10 m de la superficie con un ángulo de 22°.

### e. Factor de mantenimiento

Se obtiene un factor de mantenimiento de 0,72. El FDLU obtenido de la ITC-EA-06 al ser IP65 con grado de contaminación bajo es 0,9 y el factor de depreciación del flujo luminoso es de 0,8 obtenido según las indicaciones del fabricante.

### f. Cálculo a ordenador

Tras hacer la recreación del edificio y la zona. Se comprueba mediante el software de iluminación que se obtienen todos los valores buscados y cumple con los valores recomendados y requeridos por las instrucciones técnicas. Mediante este cálculo en el software se ajustan las distancias del proyector a la superficie a iluminar y se obtiene la localización explicada anteriormente.

### g. Factor de utilización

Una vez estimado su valor, se obtiene el factor de utilización definitivamente mediante los datos obtenidos en el cálculo a ordenador.

$$Fu = \frac{Em * A}{Fm * \Phi} = \frac{36,4 * 17,75}{0,72 * 1627} = 0,551$$

Además, según la ITC-EA-04 se exige para alumbrado ornamental factores de utilización lo más altos posible, superando el valor límite 0,25. Se puede observar la validez del resultado.

### h. Resultados obtenidos

#### - Niveles de iluminancia y uniformidad

Edificio 2	Iluminancia media $E_m$ (lux)	Iluminancia mínima $E_{min}$ (lux)
Recomendada	35-40	3
Instalada	36,4	1,39

### 6.2.3. Edificio 3

#### a. Área de superficie

$$At = A - Av - Ap = 31,21 \text{ m}^2$$

At = Área total

Av = Área ventanas

A = Área superficie bruta

Ap = Área puertas

#### b. Flujo lumínico preliminar

Teniendo en cuenta los valores de los diferentes parámetros estimados, el área de la superficie a iluminar y el valor recomendado de iluminancia, tenemos el flujo preliminar:

$$Em = 35$$

$$Fm = 0,8$$

$$Fu = 0,5$$

$$\Phi = \frac{Em * At}{Fm * Fu} = \frac{35 * 31,21}{0,8 * 0,5} = 2730,875 \text{ Lúmenes}$$

#### c. Elección de proyectores

Se elige como proyector para iluminar el modelo Powercast LED24W para iluminar toda la superficie. Se colocarán dos proyectores.

#### d. Localización de los proyectores

Los proyectores se dispondrán a 2,3 m de la arista lateral y tendrán una inclinación de 2,5° y una orientación de 3° hacia el interior de la superficie para limitar el FHS.

La distancia entre la superficie a iluminar y los proyectores será de 4 metros.

#### e. Factor de mantenimiento

Se obtiene un factor de mantenimiento de 0,72. El FDLU obtenido de la ITC-EA-06 al ser IP65 con grado de contaminación bajo es de 0,9, y el factor de depreciación del flujo luminoso es de 0,8 según el fabricante.

#### f. Cálculo a ordenador

Tras hacer la recreación del edificio y la zona, se comprueba mediante el software de iluminación que se obtienen todos los valores buscados y cumple con los valores recomendados y requeridos por las instrucciones técnicas.

Mediante este cálculo en el software se ajustan las distancias del proyector a la superficie a iluminar y se obtiene la localización explicada anteriormente.

#### g. Factor de utilización

Una vez estimado su valor, se obtiene el factor de utilización definitivamente mediante los datos obtenidos en el cálculo a ordenador.

$$Fu = \frac{Em * A}{Fm * \Phi} = \frac{38,85 * 31,21}{0,72 * 3472} = 0,485$$

Además, según la ITC-EA-04 se exige para alumbrado ornamental factores de utilización lo más altos posible, superando el valor límite 0,25. Se puede observar la validez del resultado.

## **h. Resultados obtenidos**

### **- Niveles de iluminancia y uniformidad**

<b>Edificio 3</b>	<b>Iluminancia media E<sub>m</sub> (lux)</b>	<b>Iluminancia mínima E<sub>min</sub> (lux)</b>
<b>Recomendada</b>	35-40	3
<b>Instalada</b>	38,85	1,86

### **6.2.4. Edificio 4**

#### **a. Área de superficie**

El área de la superficie está formada por la superficie de la planta baja y de la primera planta. Con las dimensiones se obtiene un área total efectiva de:

$$A_t = A - A_v - A_p = 92,5 \text{ m}^2$$

A<sub>t</sub> = Área total

A<sub>v</sub> = Área ventanas

A = Área superficie bruta

A<sub>p</sub> = Área puertas

#### **b. Flujo lumínico preliminar**

Teniendo en cuenta los valores de los diferentes parámetros estimados, el área de la superficie a iluminar y el valor recomendado de iluminancia, tenemos el flujo preliminar:

$$E_m = 35$$

$$F_m = 0,8$$

$$F_u = 0,5$$

$$\Phi = \frac{E_m * A_t}{F_m * F_u} = \frac{35 * 92,5}{0,8 * 0,5} = 8093 \text{ Lúmenes}$$

#### **c. Elección de proyectores**

Se seleccionan tres Gecko Bañador LED18W para iluminar la superficie inferior; estos bañadores se colocarán cerca para iluminar la parte inferior. En cambio, para iluminar la parte superior se dispondrán 2 proyectores Kona LED18W con un haz más concentrante.

#### **d. Localización de los proyectores**

Los proyectores tendrán un ángulo de 38° y lateralmente se situarán a 3 m hacia el interior de la superficie superior respecto a las aristas laterales de la superficie de la planta superior. En cambio, los bañadores se ajustarán con un ángulo de 20° y se separarán entre ellos 6 m.

$$D = \frac{\text{Longitud}}{n} = 6 \text{ metros}$$

Los proyectores se colocarán a unos 7 m de la superficie, mientras que los bañadores se pondrán a 5 metros.

#### **e. Factor de mantenimiento**

Se obtiene un factor de mantenimiento de 0,72. El FDLU obtenido de la ITC-EA-06 al ser IP65 con grado de contaminación bajo es 0,9 y el factor de depreciación del flujo luminoso es de 0,8 obtenido del fabricante.

### f. Cálculo a ordenador

Tras hacer la recreación del edificio y la zona. Se comprueba mediante el software de iluminación que se obtienen todos los valores buscados y cumple con los valores recomendados y requeridos por las instrucciones técnicas.

Mediante este cálculo en el software se ajustan las distancias del proyector a la superficie a iluminar y se obtiene la localización explicada anteriormente. Además se reduce al 75% el flujo de los proyectores para que la zona superior no tenga valores más altos de iluminancia.

### g. Factor de utilización

$$Fu = \frac{Em * A}{Fm * \Phi} = \frac{40 * 92,5}{0,72 * 6562,5} = 0,783$$

Además, según la ITC-EA-04 se exige para alumbrado ornamental factores de utilización lo más altos posible, superando el valor límite 0,25. Se puede observar la validez del resultado.

### h. Resultados obtenidos

#### - Niveles de iluminancia y uniformidad

Edificio 4	Iluminancia media $E_m$ (lux)	Iluminancia mínima $E_{min}$ (lux)
Recomendada	35-40	3
Instalada	40	1,01

## 6.2.5. Edificio 5

### a. Área de superficie

$$At = A - Av - Ap = 55,75 \text{ m}^2$$

$At$  = Área total

$Av$  = Área ventanas

$A$  = Área superficie bruta

$Ap$  = Área puertas

### b. Flujo lumínico preliminar

Teniendo en cuenta los valores de los diferentes parámetros estimados, el área de la superficie a iluminar y el valor recomendado de iluminancia, tenemos el flujo preliminar:

$$Em = 35$$

$$Fm = 0,8$$

$$Fu = 0,5$$

$$\Phi = \frac{Em * At}{Fm * Fu} = \frac{35 * 55,75}{0,8 * 0,5} = 4878 \text{ Lúmenes}$$

### c. Elección de proyectores

Se eligen tres Gecko Bañador LED18W para iluminar la superficie, ya que esta es similar a la superficie de la planta baja del edificio anterior.

#### d. Localización de los proyectores

Por tanto, se colocan 3 bañadores separados la misma distancia ya que la superficie es regular y los proyectores iguales.

$$D = \frac{\text{Longitud}}{n} = 6 \text{ metros}$$

Se colocan por tanto los bañadores a 5,5 m de la superficie con un ángulo de 15°.

#### e. Factor de mantenimiento

Se obtiene un factor de mantenimiento de 0,72. El FDLU obtenido de la ITC-EA-06 al ser IP65 con grado de contaminación bajo es 0,9 y el factor de depreciación del flujo luminoso según el fabricante es de 0,8.

#### f. Cálculo a ordenador

Tras hacer la recreación del edificio y la zona. Se comprueba mediante el software de iluminación que se obtienen todos los valores buscados y cumple con los valores recomendados y requeridos por las instrucciones técnicas.

Mediante este cálculo en el software se ajustan las distancias del proyector a la superficie a iluminar y se obtiene la localización explicada anteriormente.

#### g. Factor de utilización

Una vez estimado su valor, se obtiene el factor de utilización definitivamente mediante los datos obtenidos en el cálculo a ordenador.

$$Fu = \frac{Em * A}{Fm * \Phi} = \frac{34 * 55,75}{0,72 * 4437} = 0,593$$

Además, según la ITC-EA-04 se exige para alumbrado ornamental factores de utilización lo más altos posible, superando el valor límite 0,25. Se puede observar la validez del resultado.

#### h. Resultados obtenidos

##### - Niveles de iluminancia y uniformidad

Edificio 5	Iluminancia media $E_m$ (lux)	Iluminancia mínima $E_{min}$ (lux)
Recomendada	35-40	3
Instalada	34	1,72

#### 6.2.6. Edificio 6

##### a. Área de superficie

Se trata de una superficie de 12 m de ancho por 6 m de alto y cuenta con tres ventanas de 4,2 m<sup>2</sup> cada una, siendo la superficie total:

$$At = A - Av - Ap = 12 * 6 - 3 * (4,2) = 59,4 \text{ m}^2$$

At = Área total

Av = Área ventanas

A = Área superficie bruta

Ap = Área puertas

### **b. Flujo lumínico preliminar**

Teniendo en cuenta los valores de los diferentes parámetros estimados, el área de la superficie a iluminar y el valor recomendado de iluminancia, tenemos el flujo preliminar:

$$E_m = 35 \qquad F_m = 0,8 \qquad F_u = 0,5$$

$$\Phi = \frac{E_m * A_t}{F_m * F_u} = \frac{35 * 59,4}{0,8 * 0,5} = 5197 \text{ Lúmenes}$$

### **c. Elección de proyectores**

Se elige del fabricante Erco el proyector Powercast con un flujo luminoso de 1736 lm y una potencia de 30 W.

$$\frac{\Phi_{\text{total}}}{\Phi_{\text{individual}}} = \frac{5197,5}{1736} \cong 3 \text{ proyectores}$$

Se utilizarán 3 proyectores iguales para iluminar toda la superficie.

### **d. Localización de los proyectores**

Con las medidas geométricas de la superficie a iluminar, obtenemos donde colocar los proyectores en base al número de estos colocados. Esto se debe a que todos los proyectores son iguales:

$$D = \frac{\text{Longitud}}{n} = 4 \text{ metros}$$

Se obtiene así una separación de los proyectores de 4 m entre ellos; esta distancia variará tras el cálculo a ordenador para disminuir la luz que se envía al cielo y cumplir los valores medios a pesar de las ventanas.

La distancia de los proyectores a la superficie a iluminar es de unos 4,5 m. Además los proyectores de los extremos estarán inclinados 4º hacia afuera.

### **e. Factor de mantenimiento**

Se obtiene un factor de mantenimiento de 0,72. El FDLU obtenido de la ITC-EA-06 al ser IP65 con grado de contaminación bajo es 0,9 y el factor de depreciación del flujo luminoso es de 0,8 obtenido de la hoja del fabricante.

### **f. Cálculo a ordenador**

Se hace una recreación de la zona, con la superficie y la solución de la configuración de proyectores con la distancia a la superficie y la separación entre ellos. Se comprueba mediante el software de iluminación que se obtienen todos los valores buscados y cumple con los valores recomendados y requeridos por las instrucciones técnicas.

Al verificar esta configuración se obtiene demasiada luz arrojada fuera de la superficie por lo tanto los proyectores de los extremos se separan más de las aristas laterales de la superficie quedando finalmente una separación de proyectores de 3,4 m entre ellos.

**g. Factor de utilización**

$$Fu = \frac{Em * A}{Fm * \Phi} = \frac{36 * 59,4}{0,72 * 5208} = 0,57$$

Además, según la ITC-EA-04 se exige para alumbrado ornamental factores de utilización lo más altos posible, superando el valor límite 0,25. Se puede observar la validez del resultado.

**h. Resultados obtenidos**

- **Niveles de iluminancia y uniformidad**

Edificio 6	Iluminancia media $E_m$ (lux)	Iluminancia mínima $E_{min}$ (lux)
Recomendada	35-40	3
Instalada	36	1,73

**6.2.7. Edificio 7**

**a. Área de superficie**

$$At = A - Av - Ap = 36,45 \text{ m}^2$$

$At$  = Área total

$Ap$  = Área puertas

$A$  = Área superficie bruta

$Av$  = Área ventanas

**b. Flujo lumínico preliminar**

Teniendo en cuenta los valores de los diferentes parámetros estimados, el área de la superficie a iluminar y el valor recomendado de iluminancia, tenemos el flujo preliminar:

$$Em = 35$$

$$Fm = 0,8$$

$$Fu = 0,5$$

$$\Phi = \frac{Em * At}{Fm * Fu} = \frac{35 * 36,45}{0,8 * 0,5} = 3189 \text{ Lúmenes}$$

**c. Elección de proyectores**

Se elige dos Gecko Bañador LED12W para iluminar la superficie y un Gecko Proyector LED8W para iluminar el hastial.

**d. Localización de los proyectores**

Se colocan, por tanto, 2 bañadores a 3,25 m de las aristas laterales de forma simétrica, y justo en el centro el proyector.

Los bañadores se colocarán a 4 m de la superficie con un ángulo de 25º, mientras que el proyector se dispone a 6 m y con un ángulo de 33º.

**e. Factor de mantenimiento**

Se obtiene un factor de mantenimiento de 0,72. El FDLU obtenido de la ITC-EA-06 al ser IP65 con grado de contaminación bajo es 0,9 y el factor de depreciación del flujo luminoso es de 0,8 según fabricante.

### f. Cálculo a ordenador

Tras hacer la recreación del edificio y la zona, se comprueba mediante el software de iluminación que se obtienen todos los valores buscados y cumple con los valores recomendados y requeridos por las instrucciones técnicas. Es en este cálculo donde se ve la necesidad de implementar un proyector para iluminar la parte del hastial.

Mediante este cálculo en el software se ajustan las distancias del proyector a la superficie a iluminar y se obtiene la localización explicada anteriormente.

### g. Factor de utilización

$$Fu = \frac{Em * A}{Fm * \Phi} = \frac{39 * 36,45}{0,72 * 2502} = 0,789$$

Además, según la ITC-EA-04 se exige para alumbrado ornamental factores de utilización lo más altos posible, superando el valor límite 0,25. Se puede observar la validez del resultado.

### h. Resultados obtenidos

#### - Niveles de iluminancia y uniformidad

Edificio 7	Iluminancia media $E_m$ (lux)	Iluminancia mínima $E_{min}$ (lux)
Recomendada	35-40	3
Instalada	39	1,05

### 6.2.8. Edificio 8

#### a. Área de superficie

$$At = A - Av - Ap = 95,265 \text{ m}^2$$

At = Área total

Av = Área ventanas

A = Área superficie bruta

Ap = Área puertas

#### b. Flujo lumínico preliminar

$$Em = 35$$

$$Fm = 0,8$$

$$Fu = 0,5$$

$$\Phi = \frac{Em * At}{Fm * Fu} = \frac{35 * 95,265}{0,8 * 0,5} = 8367 \text{ Lúmenes}$$

#### c. Elección de proyectores

Se elige del fabricante Erco el proyector Powercast LED24W y se colocarán dos proyectores. Asimismo se selecciona el modelo Kona Proyecto LED18W del que se instalarán dos unidades.

#### **d. Localización de los proyectores**

Se colocarán los proyectores tipo 3 separados entre ellos 3,9 m y dispuestos de forma simétrica respecto al centro de la superficie del edificio a iluminar. Estos proyectores se instalarán a 8,5 m de la superficie y con un ángulo negativo de 10°.

Los proyectores tipo 1 se dispondrán a 14,5 m de la superficie. Se separarán de la misma forma que los otros, es decir, tendrán la misma disposición lateral y estarán inclinados con un ángulo de 27°. También se orientarán 1° hacia dentro de la superficie para evitar un exceso de FHS y poder cumplir el reglamento.

#### **e. Factor de mantenimiento**

Se obtiene un factor de mantenimiento de 0,72. El FDLU obtenido de la ITC-EA-06 al ser IP65 con grado de contaminación bajo es 0,9 y el factor de depreciación del flujo luminoso es de 0,8 obtenido de la hoja del fabricante.

#### **f. Cálculo a ordenador**

Se hace una recreación de la zona, con la superficie y la solución de la configuración de proyectores con la distancia a la superficie y la separación entre proyectores. Se comprueba mediante el software de iluminación que se obtienen todos los valores buscados y cumple con los valores recomendados y requeridos por las instrucciones técnicas.

Al verificar esta configuración se hacen unos pequeños ajustes de las separaciones en el ordenador para obtener valores más homogéneos y se ajustan los ángulos para controlar la contaminación lumínica ya que es un valor restrictivo.

#### **g. Factor de utilización**

$$Fu = \frac{Em * A}{Fm * \Phi} = \frac{37 * 95,265}{0,72 * 5121,8} = 0,955$$

Además, según la ITC-EA-04 se exige para alumbrado ornamental factores de utilización lo más altos posible, superando el valor límite 0,25. Se puede observar la validez del resultado.

#### **h. Resultados obtenidos**

##### **- Niveles de iluminancia y uniformidad**

<b>Edificio 8</b>	<b>Iluminancia media E<sub>m</sub> (lux)</b>	<b>Iluminancia mínima E<sub>min</sub> (lux)</b>
<b>Recomendada</b>	35-40	3
<b>Instalada</b>	37	1,44

#### **6.2.9. Edificio 9**

##### **a. Área de superficie**

$$At = A - Av - Ap = 177 \text{ m}^2$$

At = Área total

Av = Área ventanas

A = Área superficie bruta

Ap = Área puertas

### **b. Flujo lumínico preliminar**

$$E_m = 35 \quad F_m = 0,8 \quad F_u = 0,5$$

$$\Phi = \frac{E_m * A_t}{F_m * F_u} = \frac{35 * 177}{0,8 * 0,5} = 15487 \text{ Lúmenes}$$

### **c. Elección de proyectores**

Se elige del fabricante Erco el proyector Powercast con un flujo luminoso de 1736 lm y una potencia de 30 W. El número de proyectores será:

$$\frac{\Phi_{\text{total}}}{\Phi_{\text{individual}}} = \frac{15487,5}{1418} \cong 10 \text{ proyectores}$$

### **d. Localización de los proyectores**

Con las medidas geométricas de la superficie a iluminar, obtenemos donde colocar los proyectores en base al número de éstos colocados. Ello se debe a que todos los proyectores son iguales:

$$D = \frac{\text{Longitud}}{n} = 4,2 \text{ metros}$$

Se obtiene así una separación de los proyectores de 4,2 m entre ellos. Los 3 primeros proyectores se encontrarán a nivel del suelo, es decir, altura cero y estarán alejados 14,5 m de la superficie con un ángulo de 23°. El resto de los proyectores estarán a 1,5 m de altura debido a la irregularidad del terreno que se encuentra delante de la superficie a iluminar. Estarán a 16,5 m de distancia y con un ángulo de 15,5°.

Todos los proyectores distarán entre ellos 4,2 m con alguna ligera variación debido a la irregularidad del terreno y la disposición de las ventanas de la superficie.

### **e. Factor de mantenimiento**

Se obtiene un factor de mantenimiento de 0,72. El FDLU obtenido de la ITC-EA-06 al ser IP65 con grado de contaminación bajo es 0,9 y el factor de depreciación del flujo luminoso es de 0,8 obtenido de la hoja del fabricante.

### **f. Cálculo a ordenador**

Se hace una recreación de la zona, con la superficie y la solución de la configuración de proyectores con la distancia a la superficie y la separación entre proyectores. Se comprueba mediante el software de iluminación que se obtienen todos los valores buscados y cumple con los valores recomendados y requeridos por las instrucciones técnicas.

### **g. Factor de utilización**

$$F_u = \frac{E_m * A}{F_m * \Phi} = \frac{38 * 177}{0,72 * 14170} = 0,659$$

## **h. Resultados obtenidos**

### **- Niveles de iluminancia y uniformidad**

<b>Edificio 9</b>	<b>Iluminancia media <math>E_m</math> (lux)</b>	<b>Iluminancia mínima <math>E_{min}</math> (lux)</b>
<b>Recomendada</b>	35-40	3
<b>Instalada</b>	38	2,30

## **6.2.10. Edificio 10**

### **a. Área de superficie**

$$A_t = A - A_v - A_p = 31,7 \text{ m}^2$$

$A_t$  = Área total

$A_v$  = Área ventanas

$A$  = Área superficie bruta

$A_p$  = Área puertas

### **b. Flujo lumínico preliminar**

Teniendo en cuenta los valores de los diferentes parámetros estimados, el área de la superficie a iluminar y el valor recomendado de iluminancia, tenemos el flujo preliminar:

$$E_m = 35$$

$$F_m = 0,8$$

$$F_u = 0,5$$

$$\Phi = \frac{E_m * A_t}{F_m * F_u} = \frac{35 * 31,7}{0,8 * 0,5} = 2774 \text{ Lúmenes}$$

### **c. Elección de proyectores**

Se eligen dos Gecko Bañador LED12W para iluminar la superficie y un Gecko Proyector LED8W para iluminar el hastial.

### **d. Localización de los proyectores**

Debido a la gran similitud con el edificio 7, se utilizará la misma configuración, colocándose, por tanto, los 2 bañadores a 3,25 m de las aristas laterales de forma simétrica, y justo en el centro el proyector.

Los bañadores se colocarán a 4 m de la superficie con un ángulo de 25º y orientados con 1 grado hacia el interior; el proyector se dispondrá a 6 m y con un ángulo de 33º.

### **e. Factor de mantenimiento**

Se obtiene un factor de mantenimiento de 0,72. El FDLU obtenido de la ITC-EA-06 al ser IP65 con grado de contaminación bajo es 0,9 y el factor de depreciación del flujo luminoso es de 0,8 obtenido de la hoja del fabricante.

### **f. Cálculo a ordenador**

Tras hacer la recreación del edificio y la zona, se comprueba mediante el software de iluminación que se obtienen todos los valores buscados y cumple con los valores recomendados y requeridos por las instrucciones técnicas. Es en este cálculo donde se ve la necesidad de implementar un proyector para iluminar la parte del hastial.

Mediante este cálculo en el software se ajustan las distancias del proyector a la superficie a iluminar y se obtiene la localización explicada anteriormente.

**g. Factor de utilización**

$$Fu = \frac{Em * A}{Fm * \Phi} = \frac{36 * 31,7}{0,72 * 2502} = 0,633$$

Además, según la ITC-EA-04 se exige para alumbrado ornamental factores de utilización lo más altos posible, superando el valor límite 0,25. Se puede observar la validez del resultado.

**h. Resultados obtenidos**

- Niveles de iluminancia y uniformidad

Edificio 10	Iluminancia media $E_m$ (lux)	Iluminancia mínima $E_{min}$ (lux)
Recomendada	35-40	3
Instalada	36	1,19

**6.2.11. Edificio 11**

**a. Área de superficie**

$$At = A - Av - Ap = 131,75 \text{ m}^2$$

At = Área total

Av = Área ventanas

A = Área superficie bruta

Ap = Área puertas

**b. Flujo lumínico preliminar**

$$Em = 35 \quad Fm = 0,8 \quad Fu = 0,5$$

$$\Phi = \frac{Em * At}{Fm * Fu} = \frac{35 * 131,75}{0,8 * 0,5} = 11528 \text{ Lúmenes}$$

**c. Elección de proyectores**

Se elige como proyector para iluminar el modelo Gecko Bañador LED18W.

$$\frac{\Phi_{total}}{\Phi_{individual}} = \frac{11528,125}{1479} \cong 7 \text{ proyectores}$$

**d. Localización de los proyectores**

Se colocan por lo tanto los 7 bañadores en serie, separados por la misma distancia ya que la forma de la superficie y la distribución de puertas y ventanas es bastante regular y los proyectores son iguales.

$$D = \frac{Longitud}{n} = 6 \text{ metros}$$

La distancia de los bañadores a la superficie será de 5 metros.

### e. Factor de mantenimiento

Se obtiene un factor de mantenimiento de 0,72. El FDLU obtenido de la ITC-EA-06 al ser IP65 con grado de contaminación bajo es 0,9 y el factor de depreciación del flujo luminoso según el fabricante es de 0,8.

### f. Cálculo a ordenador

Tras hacer la recreación del edificio y la zona, se comprueba mediante el software de iluminación que se obtienen todos los valores buscados y cumple con los valores recomendados y requeridos por las instrucciones técnicas.

Mediante este cálculo en el software se ajustan las distancias del proyector a la superficie a iluminar y se obtiene la localización explicada anteriormente.

### g. Factor de utilización

$$Fu = \frac{Em * A}{Fm * \Phi} = \frac{36 * 131,75}{0,72 * 10353} = 0,636$$

Además, según la ITC-EA-04 se exige para alumbrado ornamental factores de utilización lo más altos posible, superando el valor límite 0,25. Se puede observar la validez del resultado.

### h. Resultados obtenidos

#### - Niveles de iluminancia y uniformidad

Edificio 11	Iluminancia media $E_m$ (lux)	Iluminancia mínima $E_{min}$ (lux)
Recomendada	35-40	3
Instalada	36	2,67

## 6.2.12. Edificio 12

### a. Área de superficie

$$At = A - Av - Ap = 69,25 \text{ m}^2$$

$At$  = Área total

$Av$  = Área ventanas

$A$  = Área superficie bruta

$Ap$  = Área puertas

### b. Flujo lumínico preliminar

$$Em = 35 \quad Fm = 0,8 \quad Fu = 0,5$$

$$\Phi = \frac{Em * At}{Fm * Fu} = \frac{35 * 69,25}{0,8 * 0,5} = 6059 \text{ Lúmenes}$$

### c. Elección de proyectores

Se elige como proyector para iluminar el modelo Gecko Bañador LED18W.

$$\frac{\Phi_{total}}{\Phi_{individual}} = \frac{6059,375}{1479} \cong 4 \text{ proyectores}$$

#### **d. Localización de los proyectores**

Se colocan los 4 bañadores en serie, separados por la misma distancia ya que la forma de la superficie y la distribución de puertas y ventanas es bastante regular y los proyectores son iguales.

$$D = \frac{\text{Longitud}}{n} = 5,5 \text{ metros}$$

La distancia de los bañadores a la superficie será de 5 m y tendrán un ángulo de 19.8°; los bañadores de los extremos se orientarán 7° hacia la superficie para evitar arrojar excesiva luz fuera de superficie y poder cumplir con los requerimientos de FHS.

#### **e. Factor de mantenimiento**

Se obtiene un factor de mantenimiento de 0,72. El FDLU obtenido de la ITC-EA-06 al ser IP65 con grado de contaminación bajo es 0,9 y el factor de depreciación del flujo luminoso aportado por el fabricante es de 0,8.

#### **f. Cálculo a ordenador**

Tras hacer la recreación del edificio y la zona. Se comprueba mediante el software de iluminación que se obtienen todos los valores buscados y cumple con los valores recomendados y requeridos por las instrucciones técnicas.

Mediante este cálculo en el software se ajustan las distancias del proyector a la superficie a iluminar y se obtiene la localización explicada anteriormente.

#### **g. Factor de utilización**

$$Fu = \frac{Em * A}{Fm * \Phi} = \frac{39 * 69,25}{0,72 * 5916} = 0,634$$

Según la ITC-EA-04 se exige para alumbrado ornamental factores de utilización lo más altos posible, superando el valor límite 0,25. Se puede observar la validez del resultado.

#### **h. Resultados obtenidos**

##### **- Niveles de iluminancia y uniformidad**

<b>Edificio 12</b>	<b>Iluminancia media E<sub>m</sub> (lux)</b>	<b>Iluminancia mínima E<sub>min</sub> (lux)</b>
<b>Recomendada</b>	35-40	3
<b>Instalada</b>	39	2,03

#### **6.2.13. Chimeneas 07 y 08**

##### **a. Área de superficie**

Se trata de una superficie cilíndrica, con un diámetro de 2,4 m y una altura de 12 m, y se pretende la iluminación tan solo de una cara. La superficie total será:

$$At = 45,24 \text{ m}^2$$

### **b. Flujo lumínico preliminar**

Teniendo en cuenta los valores de los diferentes parámetros estimados, el área de la superficie a iluminar y el valor recomendado de iluminancia, tenemos el flujo preliminar:

$$E_m = 35 \quad F_m = 0,8 \quad F_u = 0,5$$

$$\Phi = \frac{E_m * A_t}{F_m * F_u} = \frac{35 * 45,24}{0,8 * 0,5} = 3958 \text{ Lúmenes}$$

### **c. Elección de proyectores**

Se utilizará un proyector Gecko de 8W y 2 bañadores Grasshopper.

### **d. Localización de los proyectores**

Los bañadores se dispondrán a 45º de la mitad del eje y a 90 º entre ellos. Justo entre estos dos bañadores y más alejado se instalará el proyector para iluminar más la parte superior de la chimenea.

### **e. Factor de mantenimiento**

Se obtiene un factor de mantenimiento de 0,72. El FDLU obtenido de la ITC-EA-06 al ser IP65 con grado de contaminación bajo es 0,9 y el factor de depreciación del flujo luminoso es de 0,8 obtenido de la hoja del fabricante.

### **f. Cálculo a ordenador**

Se realiza una recreación de la zona, con la chimenea y la solución de la configuración de proyectores con la distancia a la superficie y la separación entre proyectores. Se comprueba mediante el software de iluminación que se obtienen todos los valores buscados y cumple con los valores recomendados y requeridos por las instrucciones técnicas.

### **g. Factor de utilización**

También se obtiene el factor de utilización ya que anteriormente se había estimado su valor. Con los valores obtenidos mediante el cálculo a ordenador:

$$F_u = \frac{E_m * A}{F_m * \Phi} = \frac{35 * 45,24}{0,72 * 2535} = 0,8675$$

Además, según la ITC-EA-04 se exige para alumbrado ornamental factores de utilización lo más altos posible, superando el valor límite 0,25. Se puede observar la validez del resultado.

### **h. Resultados obtenidos**

#### **- Niveles de iluminancia y uniformidad**

Chimeneas	Iluminancia media $E_m$ (lux)
Recomendada	35-40
Instalada	40

### 6.3. Contaminación lumínica alumbrado ornamental. FHS instalado

El paraje objeto de estudio se trata de una zona clasificada como E2 según la ITC-EA-03. Según esta clasificación a las zonas E2 le corresponde un Flujo hemisférico superior instalado menor o igual al 5,00 %.

A continuación se detalla en una tabla el FHS instalado para cada edificio, aunque no todos lo cumplen, se hace finalmente una media ponderada con el flujo luminoso, media que sí se ajusta a los valores requeridos.

	FHS instalado	Flujo Luminoso total lumens
Edificio 1	4,50%	2958
Edificio 2	4,50%	2052
Edificio 3	5,00%	3472
Edificio 4	4,00%	6562
Edificio 5	4,50%	4437
Edificio 6	5,00%	5208
Edificio 7	4,50%	2502
Edificio 8	4,50%	5121
Edificio 9	4,50%	14170
Edificio 10	4,50%	2502
Edificio 11	4,00%	10353
Edificio 12	4,00%	5916
Chimenea 07	12,00%	2535
Chimenea 08	12,00%	2535
<b>MEDIA TOTAL</b>	<b>4,94%</b>	

### 6.4. Proyector alumbrado ornamental. Eficacia luminosa

Se comprueba ahora que todos los proyectores utilizados cumplen con la normativa de guía de la REEAE que especifica que todas las lámparas de las luminarias deben cumplir con una eficiencia luminosa superior a 65 lm/W. A pesar de que todas las lámparas LED cumplen con esta condición se comprueba a continuación:

$$\frac{\phi_{\text{lámpara}}}{P_{\text{lámpara}}} = \frac{\text{Lúmenes}}{\text{Wattios}}$$

Eficacia luminosa	Requerida	Instalada	
Proyector 1	65 lm/W	$\frac{1890}{18} = 105 \text{ lm/W}$	
Proyector 2	65 lm/W	$\frac{2520}{24} = 105 \text{ lm/W}$	
Proyector 3	65 lm/W	$\frac{840}{8} = 105 \text{ lm/W}$	
Bañador 1	65 lm/W	$\frac{1890}{18} = 105 \text{ lm/W}$	
Bañador 2	65 lm/W	$\frac{1260}{12} = 105 \text{ lm/W}$	
Bañador 3	65 lm/W	$\frac{1357}{18} = 75 \text{ lm/W}$	

## **7. Presupuesto**

---

**Proyecto:** Proyecto del alumbrado público ornamental y vial

**Situación:** Instalaciones del Cabezo Rajao en la Sierra Minera Cartagena-La Unión

#### IV - V Mediciones y Presupuesto

### Capítulo nº 1 Instalación eléctrica y Obra civil

Nº	Ud	Descripción	Medición	Precio	Importe	
1.1	Ud	Cuadro de mando para alumbrado público, para 8 salidas, montado sobre armario de poliéster reforzado con fibra de vidrio, de dimensiones 1.000x800x250 mm., con los elementos de protección y mando necesarios, como 1 interruptor automático general, 2 contactores, 1 interruptor automático para protección de cada circuito de salida, 1 interruptor diferencial por cada circuito de salida y 1 interruptor diferencial para protección del circuito de mando; incluso célula fotoeléctrica y reloj con interruptor horario. Totalmente conexionado y cableado.				
			<b>Total ud :</b>	<b>1,000</b>	<b>2.549,66 €</b>	<b>2.549,66 €</b>
1.2	M.	Línea de alimentación para alumbrado público formada por conductores de cobre 4(1x6) mm <sup>2</sup> . con aislamiento tipo RV-0,6/1 kV, incluso cable para red equipotencial tipo VV-750, canalizados bajo tubo de PVC de D=110 mm. en montaje enterrado en zanja en cualquier tipo de terreno, de dimensiones 0,40 cm. de ancho por 0,60 cm. de profundidad, incluso excavación, relleno con materiales sobrantes, sin reposición de acera o calzada, retirada y transporte a vertedero de los productos sobrantes de la excavación, totalmente instalada, transporte, montaje y conexionado.				
			<b>Total m. :</b>	<b>1.720,000</b>	<b>15,97 €</b>	<b>27.468,40 €</b>
1.3	M.	Línea de alimentación para alumbrado público formada por conductores de cobre 4(1x10) mm <sup>2</sup> . con aislamiento tipo RV-0,6/1 kV, incluso cable para red equipotencial tipo VV-750, canalizados bajo tubo de PVC de D=110 mm. en montaje enterrado en zanja en cualquier tipo de terreno, de dimensiones 0,40 cm. de ancho por 0,60 cm. de profundidad, incluso excavación, relleno con materiales sobrantes, sin reposición de acera o calzada, retirada y transporte a vertedero de los productos sobrantes de la excavación, totalmente instalada, transporte, montaje y conexionado.				
			<b>Total m. :</b>	<b>2.850,000</b>	<b>17,45 €</b>	<b>49.732,50 €</b>
1.4	Ud	Toma de tierra independiente con pica de acero cobrizado de D=14,3 mm. y 2 m. de longitud, cable de cobre de 35 mm <sup>2</sup> , unido mediante soldadura aluminotérmica, incluyendo registro de comprobación y puente de prueba.				
			<b>Total ud :</b>	<b>34,000</b>	<b>182,53 €</b>	<b>6.206,02 €</b>
<b>Parcial nº 1 Instalación eléctrica y Obra civil :</b>					<b>85.956,58 €</b>	

**Proyecto:** Proyecto del alumbrado público ornamental y vial

**Situación:** Instalaciones del Cabezo Rajao en la Sierra Minera Cartagena-La Unión

#### IV - V Mediciones y Presupuesto

### Capítulo nº 2 Instalación luminotécnica y cimentación

Nº	Ud	Descripción	Medición	Precio	Importe
2.1	Ud	Columna troncocónica galvanizada de 3,5 metros. Modelo Ce-3560/3.			
			<b>Total ud :</b>	<b>26,000</b>	<b>205,38 €</b>
					<b>5.339,88 €</b>
2.2	Ud	ClearWayGen2 Philips. Totalmente instalada incluyendo accesorios, mano de obra y conexionado.			
			<b>Total ud :</b>	<b>26,000</b>	<b>271,81 €</b>
					<b>7.067,06 €</b>
2.3	Ud	Panorama Baliza ERCO. Totalmente instalada incluyendo accesorios, mano de obra y conexionado.			
			<b>Total ud :</b>	<b>62,000</b>	<b>2.074,52 €</b>
					<b>128.620,24 €</b>
2.4	Ud	Castor Baliza Erco. Totalmente instalada incluyendo accesorios, mano de obra y conexionado.			
			<b>Total ud :</b>	<b>25,000</b>	<b>1.353,52 €</b>
					<b>33.838,00 €</b>
2.5	Ud	Kona Proyector 18W Erco. Totalmente instalado incluyendo accesorios, mano de obra y conexionado.			
			<b>Total ud :</b>	<b>15,000</b>	<b>1.638,83 €</b>
					<b>24.582,45 €</b>
2.6	Ud	Gecko Proyector 8W Erco. Totalmente instalado incluyendo accesorios, mano de obra y conexionado.			
			<b>Total ud :</b>	<b>5,000</b>	<b>838,52 €</b>
					<b>4.192,60 €</b>
2.7	Ud	Powercast Proyector 24W Erco. Totalmente instalado incluyendo accesorios, mano de obra y conexionado.			
			<b>Total ud :</b>	<b>7,000</b>	<b>1.042,90 €</b>
					<b>7.300,30 €</b>
2.8	Ud	Gecko Bañador 18W Erco. Totalmente instalado incluyendo accesorios, mano de obra y conexionado.			
			<b>Total ud :</b>	<b>19,000</b>	<b>970,80 €</b>
					<b>18.445,20 €</b>
2.9	Ud	Gecko Bañador 12W Erco. Totalmente instalado incluyendo accesorios, mano de obra y conexionado.			
			<b>Total ud :</b>	<b>4,000</b>	<b>867,80 €</b>
					<b>3.471,20 €</b>
2.10	Ud	Grasshopper Bañador 12W Erco. Totalmente instalado incluyendo accesorios, mano de obra y conexionado.			
			<b>Total ud :</b>	<b>4,000</b>	<b>867,80 €</b>
					<b>3.471,20 €</b>

**Proyecto:** Proyecto del alumbrado público ornamental y vial

**Situación:** Instalaciones del Cabezo Rajao en la Sierra Minera Cartagena-La Unión

**IV - V Mediciones y Presupuesto**

Capítulo nº 2 Instalación luminotécnica y cimentación

<b>Nº</b>	<b>Ud</b>	<b>Descripción</b>	<b>Medición</b>	<b>Precio</b>	<b>Importe</b>
2.11	<b>Ud</b>	Filtros de color para los proyectores LED con el fin de conmemorar ciertas fechas importantes como fiestas patronales, fiestas nacionales o días como el día de la lucha contra el cáncer			
			<b>Total ud :</b>	<b>54,000</b>	<b>224,03 €</b>
					<b>12.097,62 €</b>
			<b>Parcial nº 2 Instalación luminotécnica y cimentación :</b>		<b>248.425,75 €</b>

**Proyecto:** Proyecto del alumbrado público ornamental y vial

**Situación:** Instalaciones del Cabezo Rajao en la Sierra Minera Cartagena-La Unión

#### IV - V Mediciones y Presupuesto

### Capítulo nº 3 Control de calidad

Nº	Ud	Descripción	Medición	Precio	Importe
3.1	Ud	Medida de magnitudes luminotécnicas según proyecto.			
			<b>Total ud :</b>	<b>10,000</b>	<b>97,36 €</b>
					<b>973,60 €</b>
3.2	Ud	Ensayo estadístico del hormigón para la determinación de la resistencia estimada de una cimentación de un volumen no superior a 50 m3 para un control a nivel normal; incluso emisión del acta de resultados.			
			<b>Total ud :</b>	<b>2,000</b>	<b>168,76 €</b>
					<b>337,52 €</b>
3.3	Ud	Prueba de funcionamiento de automatismos de Cuadros Generales de Mando y Protección de instalaciones eléctricas.			
			<b>Total ud :</b>	<b>1,000</b>	<b>64,90 €</b>
					<b>64,90 €</b>
3.4	Ud	Prueba de comprobación de la continuidad del circuito de puesta a tierra en instalaciones eléctricas			
			<b>Total ud :</b>	<b>4,000</b>	<b>64,90 €</b>
					<b>259,60 €</b>
3.5	Ud	Prueba de medición de la resistencia en el circuito de puesta a tierra de instalaciones eléctricas.			
			<b>Total ud :</b>	<b>4,000</b>	<b>64,90 €</b>
					<b>259,60 €</b>
3.6	Ud	Prueba de medición del aislamiento de los conductores de instalaciones eléctricas.			
			<b>Total ud :</b>	<b>4,000</b>	<b>32,46 €</b>
					<b>129,84 €</b>
3.7	Ud	Prueba de funcionamiento de mecanismos y puntos de luz de instalaciones eléctricas .			
			<b>Total ud :</b>	<b>4,000</b>	<b>97,36 €</b>
					<b>389,44 €</b>
			<b>Parcial nº 3 Control de calidad :</b>		<b>2.414,50 €</b>

**Proyecto:** Proyecto del alumbrado público ornamental y vial

**Situación:** Instalaciones del Cabezo Rajao en la Sierra Minera Cartagena-La Unión

**IV - V Mediciones y Presupuesto**

Capítulo nº 4 Gestión medioambiental

<b>Nº</b>	<b>Ud</b>	<b>Descripción</b>	<b>Medición</b>	<b>Precio</b>	<b>Importe</b>
<b>4.1</b>	<b>M3</b>	Retirada de residuos mixtos en obra de nueva planta a planta de valorización situada a una distancia máxima de 10 km, formada por: transporte ininterior, carga, transporte a planta, descarga y canon de gestión. Medido el volumen esponjado.			
			<b>Total m3 :</b>	<b>350,000</b>	<b>22,36 €</b>
			<b>Parcial nº 4 Gestión medioambiental :</b>		<b>7.826,00 €</b>

**Proyecto:** Proyecto del alumbrado público ornamental y vial

**Situación:** Instalaciones del Cabezo Rajao en la Sierra Minera Cartagena-La Unión

#### IV - V Mediciones y Presupuesto

### Capítulo nº 5 Seguridad y salud

Nº	Ud	Descripción	Medición	Precio	Importe	
5.1	<b>Ms</b>	Mes de alquiler (min. 12 meses) de caseta prefabricada para aseo en obra de 3,25x1,90x2,30 m. Estructura y cerramiento de chapa galvanizada pintada, aislamiento de poliestireno expandido. Ventana de 0,84x0,80 m. de aluminio anodizado, corredera, con reja y luna de 6 mm., termo eléctrico de 50 l.; placa turca, placa de ducha y lavabo de tres grifos, todo de fibra de vidrio con terminación de gel-coat blanco y pintura antideslizante, suelo contrachapado hidrófugo con capa fenólica antideslizante y resistente al desgaste, puerta madera en turca, cortina en ducha. Tubería de polibutileno aislante y resistente a incrustaciones, hielo y corrosiones, instalación eléctrica monofásica a 220 V. con automático. Con transporte a 50 km.(ida). Entrega y recogida del módulo con camión grúa. Según R.D. 486/97.				
			<b>Total ms :</b>	<b>5,000</b>	<b>236,32 €</b>	<b>1.181,60 €</b>
5.2	<b>Ud</b>	Botiquín de urgencia para obra con contenidos mínimos obligatorios, colocado.				
			<b>Total ud :</b>	<b>5,000</b>	<b>100,88 €</b>	<b>504,40 €</b>
5.3	<b>Ud</b>	Chaleco de obras reflectante. Amortizable en 5 usos. Certificado CE. s/ R.D. 773/97.				
			<b>Total ud :</b>	<b>20,000</b>	<b>4,27 €</b>	<b>85,40 €</b>
5.4	<b>Ud</b>	Panel direccional reflectante de 60x90 cm., con soporte metálico, amortizable en cinco usos, i/p.p. de apertura de pozo, hormigonado H-10/B/40, colocación y montaje. s/ R.D. 485/97.				
			<b>Total ud :</b>	<b>20,000</b>	<b>37,78 €</b>	<b>755,60 €</b>
5.5	<b>Ud</b>	Foco de balizamiento intermitente, (amortizable en cinco usos). s/ R.D. 485/97.				
			<b>Total ud :</b>	<b>10,000</b>	<b>7,02 €</b>	<b>70,20 €</b>
5.6	<b>Ud</b>	Tapa provisional para arquetas de 80x80 cm., huecos de forjado o asimilables, formada mediante tablonos de madera de 20x5 cms. armados mediante clavazón, incluso colocación, (amortizable en dos usos).				
			<b>Total ud :</b>	<b>181,000</b>	<b>23,51 €</b>	<b>4.255,31 €</b>
5.7	<b>Ud</b>	Par de guantes de uso general de lona y serraje. Certificado CE; s/ R.D. 773/97.				
			<b>Total ud :</b>	<b>100,000</b>	<b>1,24 €</b>	<b>124,00 €</b>
5.8	<b>Ud</b>	Par de botas de seguridad con puntera metálica para refuerzo y plantillas de acero flexibles, para riesgos de perforación, (amortizables en 3 usos). Certificado CE; s/ R.D. 773/97.				
			<b>Total ud :</b>	<b>30,000</b>	<b>7,42 €</b>	<b>222,60 €</b>
			<b>Parcial nº 5 Seguridad y salud :</b>			<b>7.199,11 €</b>

**Proyecto:** Proyecto del alumbrado público ornamental y vial

**Situación:** Instalaciones del Cabezo Rajao en la Sierra Minera Cartagena-La Unión

<b>Capítulo</b>	<b>Importe (€)</b>
Capítulo 1 Instalación eléctrica y Obra civil	85.956,58
Capítulo 2 Instalación luminotécnica y cimentación	248.425,75
Capítulo 3 Control de calidad	2.414,50
Capítulo 4 Gestión medioambiental	7.826,00
Capítulo 5 Seguridad y salud	7.199,11
<b>Presupuesto de ejecución material (PEM)</b>	<b>351.821,94</b>
13% de gastos generales	45.736,85
6% de beneficio industrial	21.109,32
<b>Presupuesto de ejecución por contrata (PEC = PEM + GG + BI)</b>	<b>418.668,11</b>
21% IVA	87.920,30
<b>Presupuesto de ejecución por contrata con IVA (PEC = PEM + GG + BI +IVA)</b>	<b>506.588,41</b>

Asciende el presupuesto de ejecución por contrata con IVA a la expresada cantidad de QUINIENTOS SEIS MIL QUINIENTOS OCHENTA Y OCHO EUROS CON CUARENTA Y UN CÉNTIMOS.

**Proyecto:** Proyecto del alumbrado público ornamental y vial

**Situación:** Instalaciones del Cabezo Rajao en la Sierra Minera Cartagena-La Unión

---

## PRESUPUESTO DE EXPLOTACIÓN

Tras la realización del presupuesto de ejecución, se calcula el presupuesto de explotación para obtener el gasto económico que supondrá la instalación tanto anualmente como a lo largo de toda su vida útil de diseño (25 años).

Para la realización de este presupuesto se tendrán en cuenta:

- Costes gastos de energía.
- Operaciones de limpieza.
- Operaciones de reposición de luminarias.

La potencia instalada del alumbrado diseñado es de 3,706 kW, diferenciado en 1,111 kW para el alumbrado ornamental y 2,595 kW para el vial. Para calcular los costes energéticos de la instalación se estiman 4.000 horas de funcionamiento y se pondera respecto la media del porcentaje del flujo luminoso.

	Potencia instalada (kW)	Horas al año	Media % flujo luminoso	kWh/año
<b>Alumbrado Ornamental</b>	1,111	4.000	73,75	3277,45
<b>Alumbrado vial</b>	2,595	4.000	71,25	7395,75

Se obtiene así un consumo anual de 10.673 kWh. Buscando según las diferentes tarifas existentes en el mercado y aplicando la más barata, asciende el gasto a **1.732,55€** al año.

Por otra parte aparecen los gastos referentes a mantenimiento y limpieza de la instalación. Se ha determinado una limpieza cada 3 años, que será realizada por un peón de electricidad con un gasto de 18,13€ a la hora. Se determina un tiempo de 10 minutos por luminaria.

	Nº luminarias	Tiempo por luminaria	Precio por hora	Tiempo total (h)	Precio total
<b>Limpieza</b>	167	10 minutos	18,13€	27,85	505 €

Este precio total corresponde al gasto de limpieza cada 3 años, lo que supone una media de gasto anual de **168,3 €**.

Finalmente para la reposición de luminarias se tomará el valor de tasas de fallo de los LED's y se estimará para cada tipo de luminaria el total a reponer a lo largo de toda la vida útil

**Proyecto:** Proyecto del alumbrado público ornamental y vial

**Situación:** Instalaciones del Cabezo Rajao en la Sierra Minera Cartagena-La Unión

	<b>Nº de luminarias</b>	<b>Tasa de fallo ( %)</b>	<b>Nº a reponer</b>	<b>Precio unitario luminaria €</b>	<b>Precio reposiciones €</b>
<b>Luminaria 1</b>	26	0,5	0,13	248	32,24
<b>Baliza 1</b>	62	0,2	0,124	1998	247,75
<b>Baliza 2</b>	25	0,2	0,05	1298	64,90
<b>Proyector 1</b>	15	0,2	0,03	1575	47,25
<b>Proyector 2</b>	5	0,2	0,01	798	7,98
<b>Proyector 3</b>	7	0,2	0,014	998	13,97
<b>Bañador 1</b>	19	0,2	0,038	928	35,26
<b>Bañador 2</b>	4	0,2	0,008	828	6,63
<b>Bañador 3</b>	4	0,2	0,008	828	6,63
<b>Total</b>	167		0,412		<b>462,61 €</b>

Al añadirle una hora de trabajo de un Oficial 1º electricista para realizar las reposiciones se obtiene un gasto total en toda la vida útil de **482,61 €**.

	<b>Anual</b>	<b>Vida útil (25 años)</b>
Costes energía	1.732,55€	43.313,75€
Limpieza	168,30€	4.207,50€
Reposición	19,30€	482,61 €
<b>Total</b>	<b>1.920,15€</b>	<b>48.003,86€</b>
IVA 21%	403,23€	10.080,81€
<b>Total factura explotación</b>	<b>2.323,39€</b>	<b>58.084,67€</b>

El total del presupuesto de explotación asciende a 2.323,39€ anuales, DOS MIL TRESCIENTOS VEINTITRÉS EUROS CON TREINTA Y NUEVE CÉNTIMOS.

Calculándolo para los 25 años de la vida útil diseñados se obtiene un valor de 58.084,67€. CINCUENTA Y OCHO MIL OCHENTA Y CUATRO EUROS CON SESENTA Y SIETE CÉNTIMOS.

## **8. Planos**

## Índice de Planos

Plano 01. Localización del Cabezo Rajao

Plano 02. Alumbrado vial

Plano 03. Alumbrado Tipo 1

Plano 04. Alumbrado Tipo 2

Plano 05. Alumbrado Tipo 3

Plano 06. Iluminación Edificios Norte

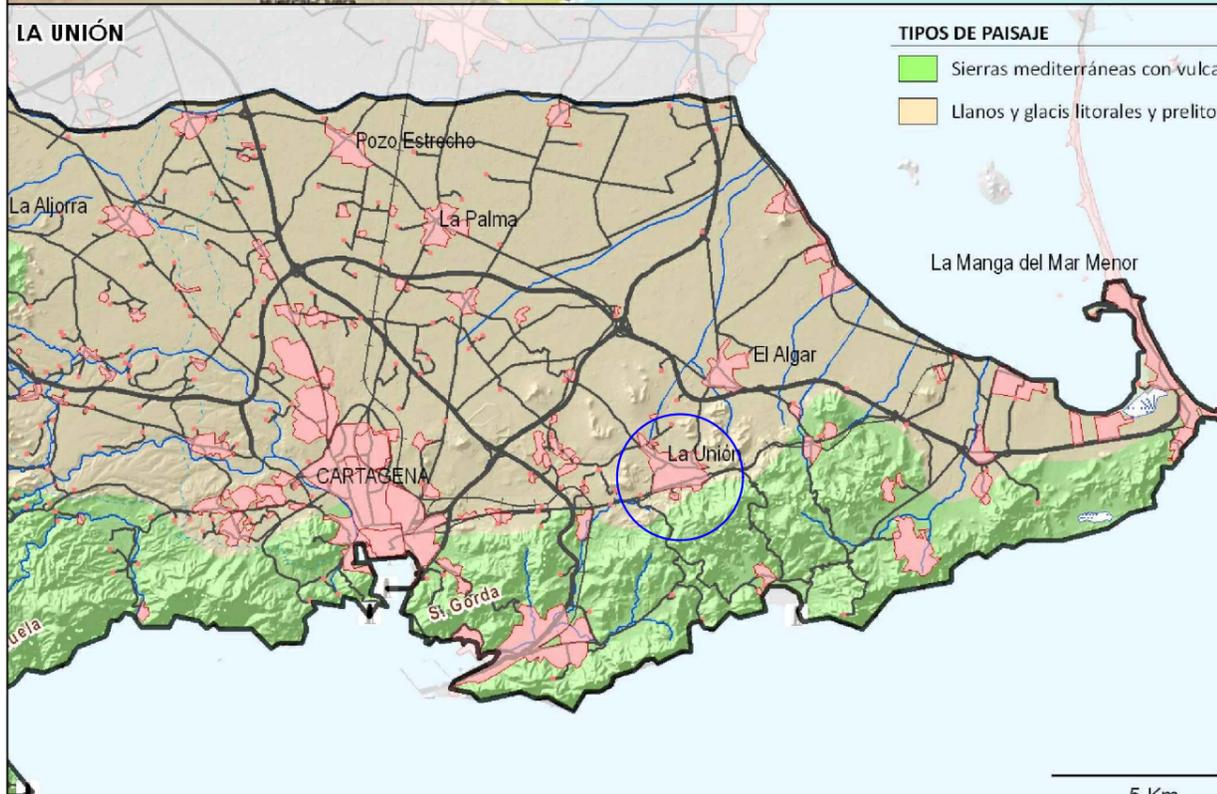
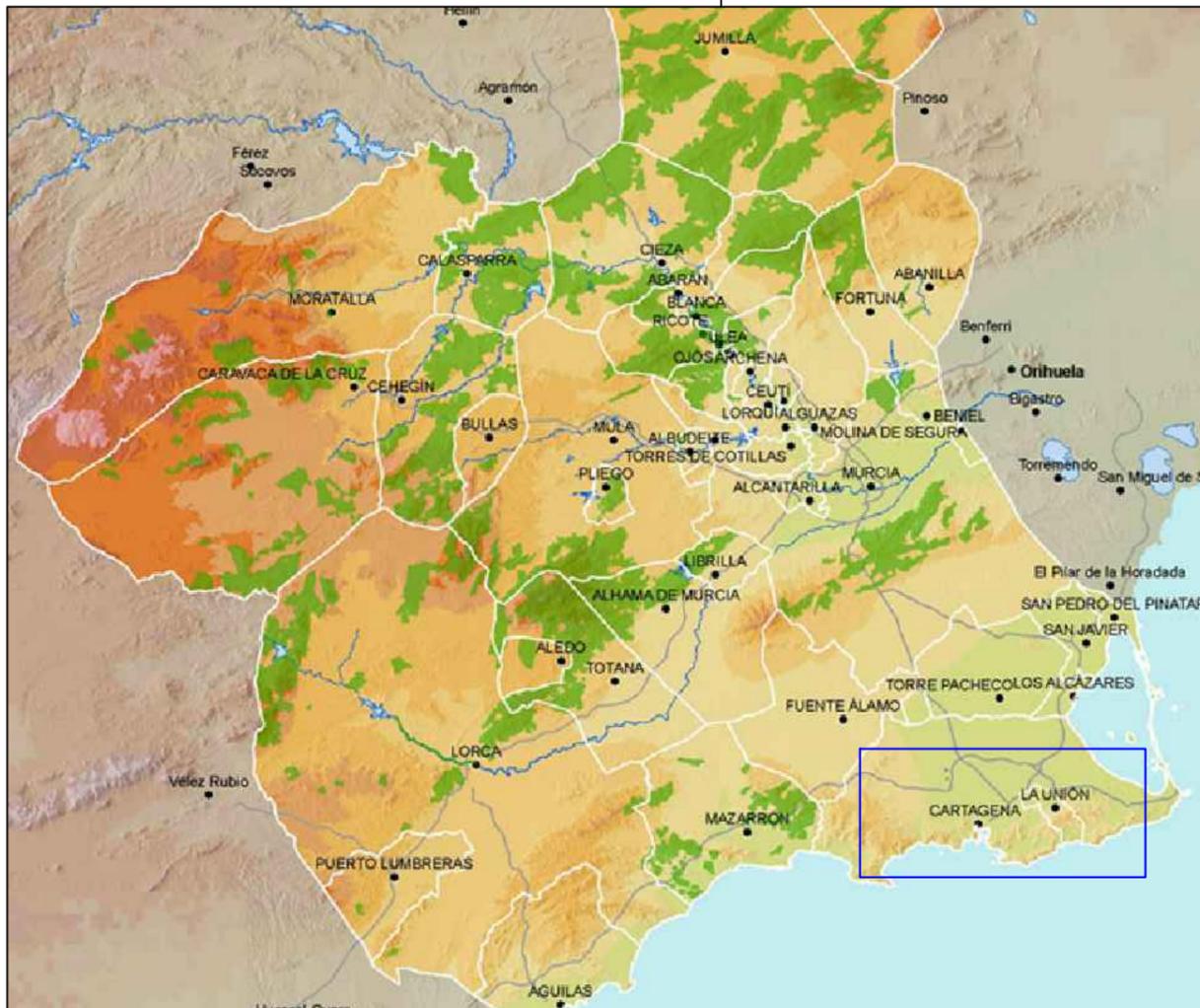
Plano 07. Iluminación Edificios Sur

Plano 08. Detalle chimenea

Plano 09. Distribución líneas eléctricas y cuadro de mando

Plano 10. Esquema eléctrico 1

Plano 11. Esquema eléctrico 2



TRABAJO FINAL DE GRADO EN INGENIERIA EN TECNOLOGIAS INDUSTRIALES



Proyecto: **PROYECTO DEL ALUMBRADO PÚBLICO ORNAMENTAL Y VIAL DE LAS ANTIGUAS INSTALACIONES MINERAS DEL CABEZO RAJAO EN EL MUNICIPIO DE LA UNIÓN.**

Plano: **Localización del Cabezo Rajao**

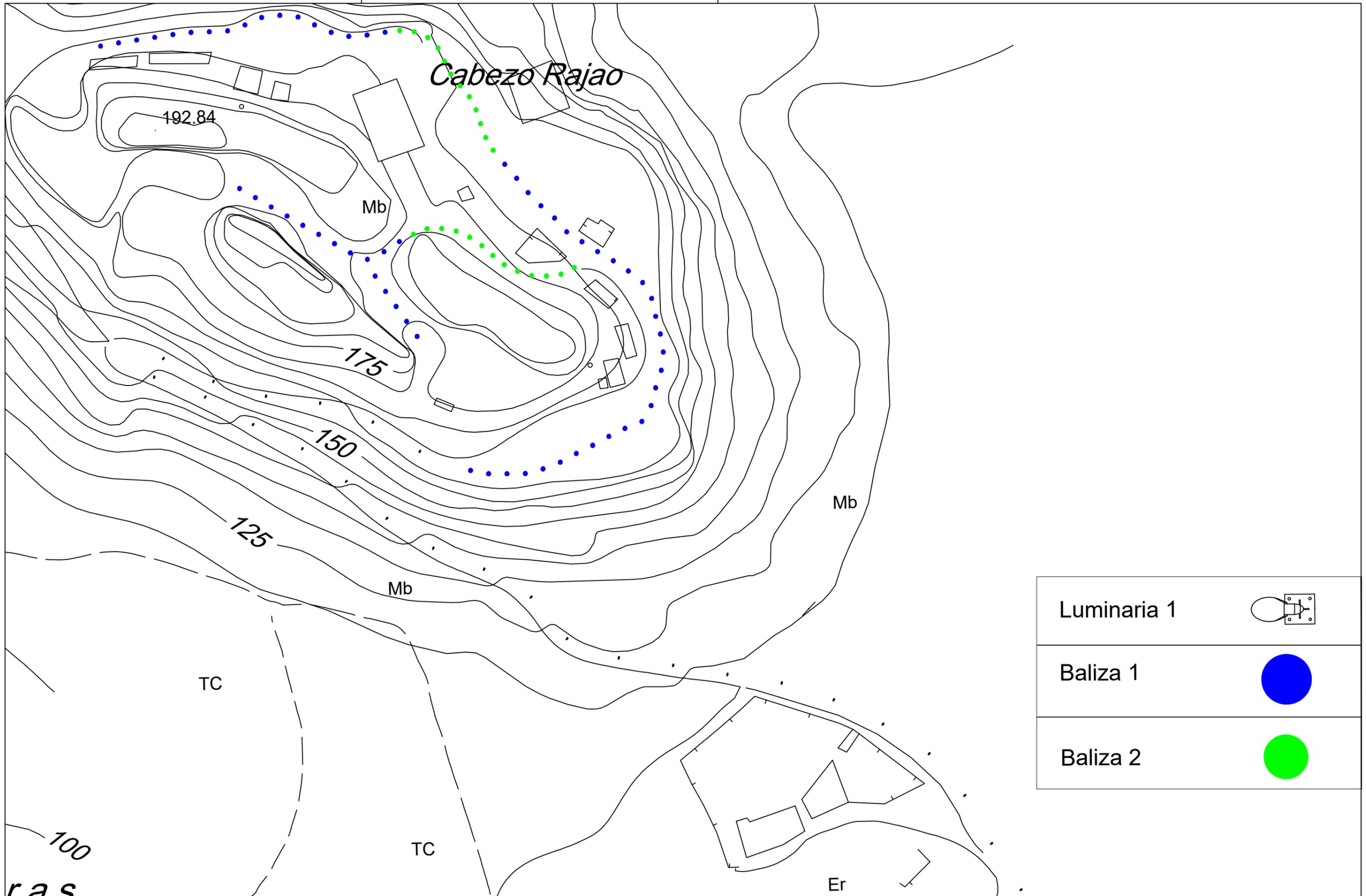
Autor: **Javier Sanes Linares**

Fecha: **Junio 2018**

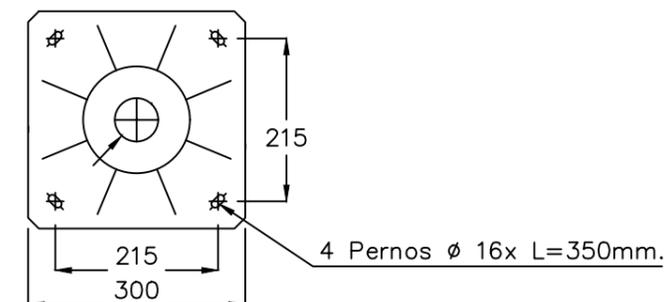
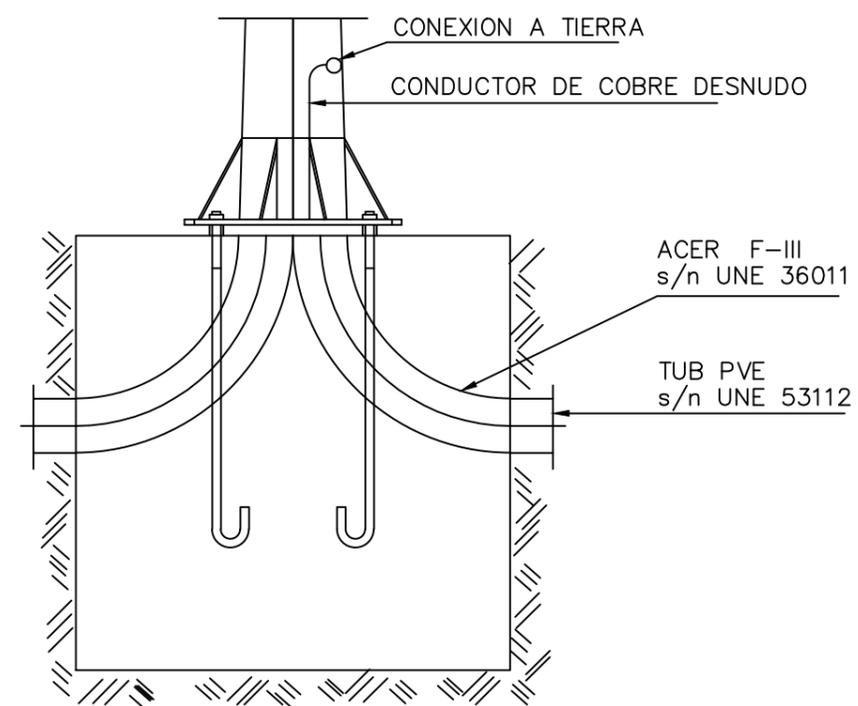
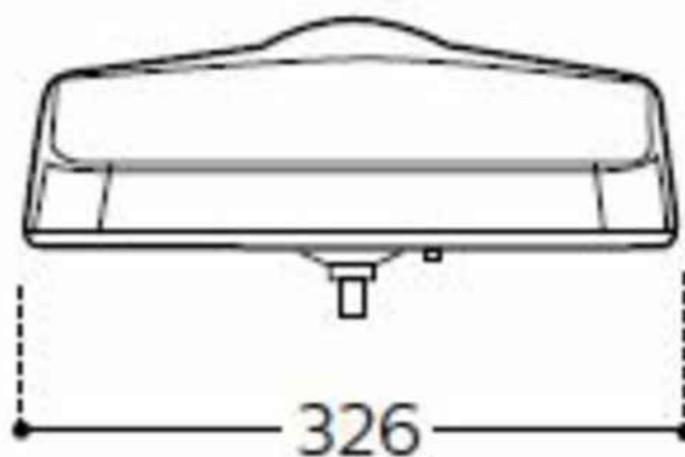
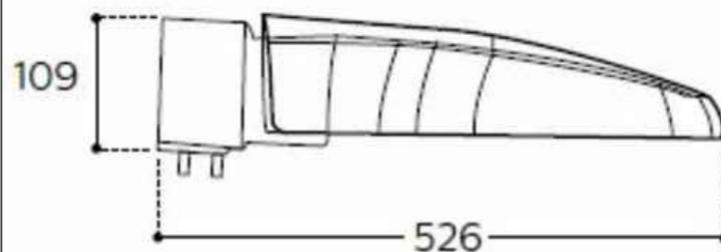
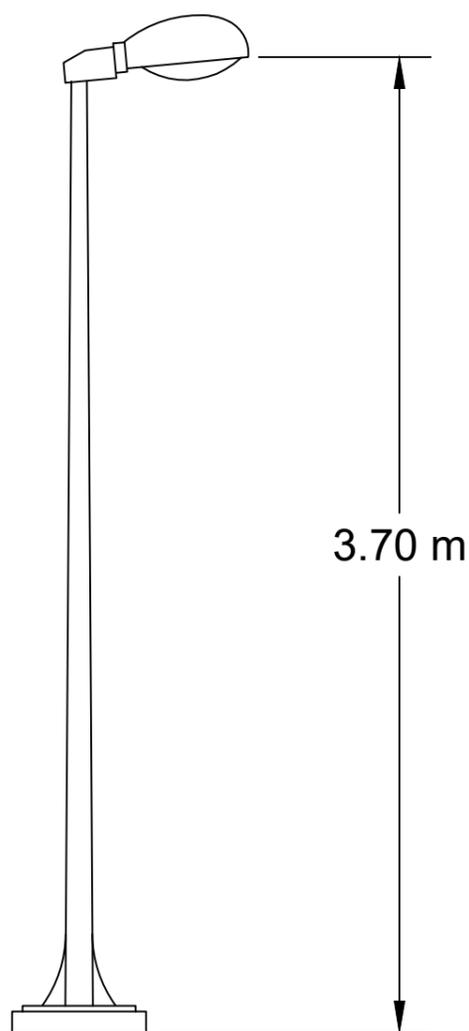
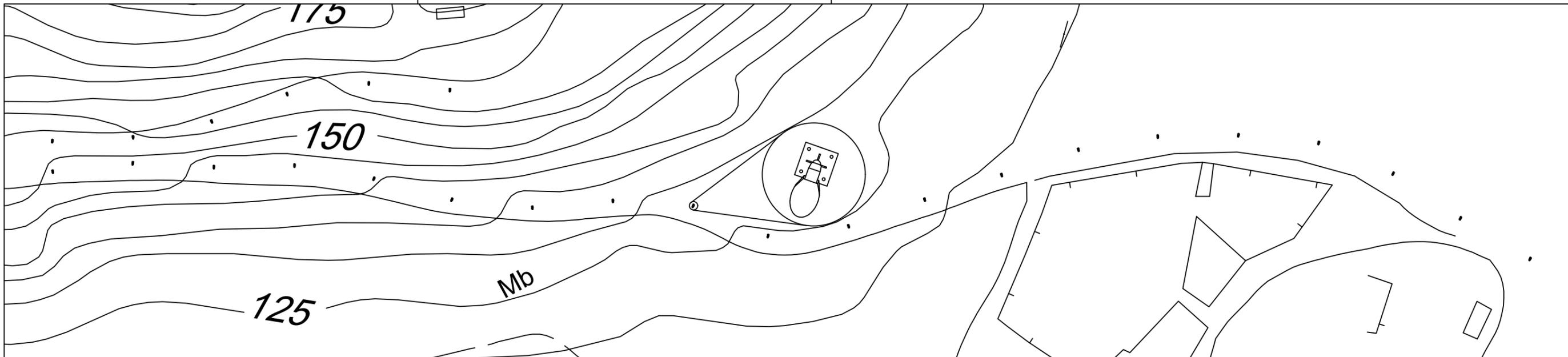
Escala:

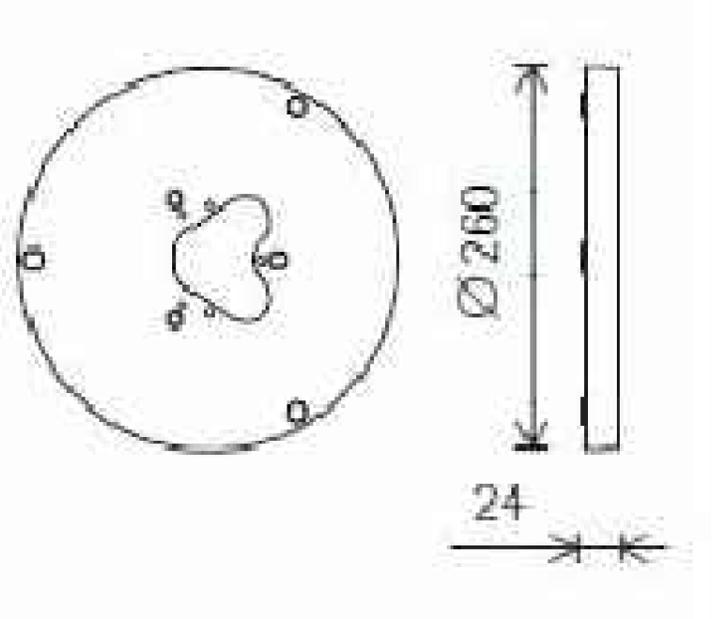
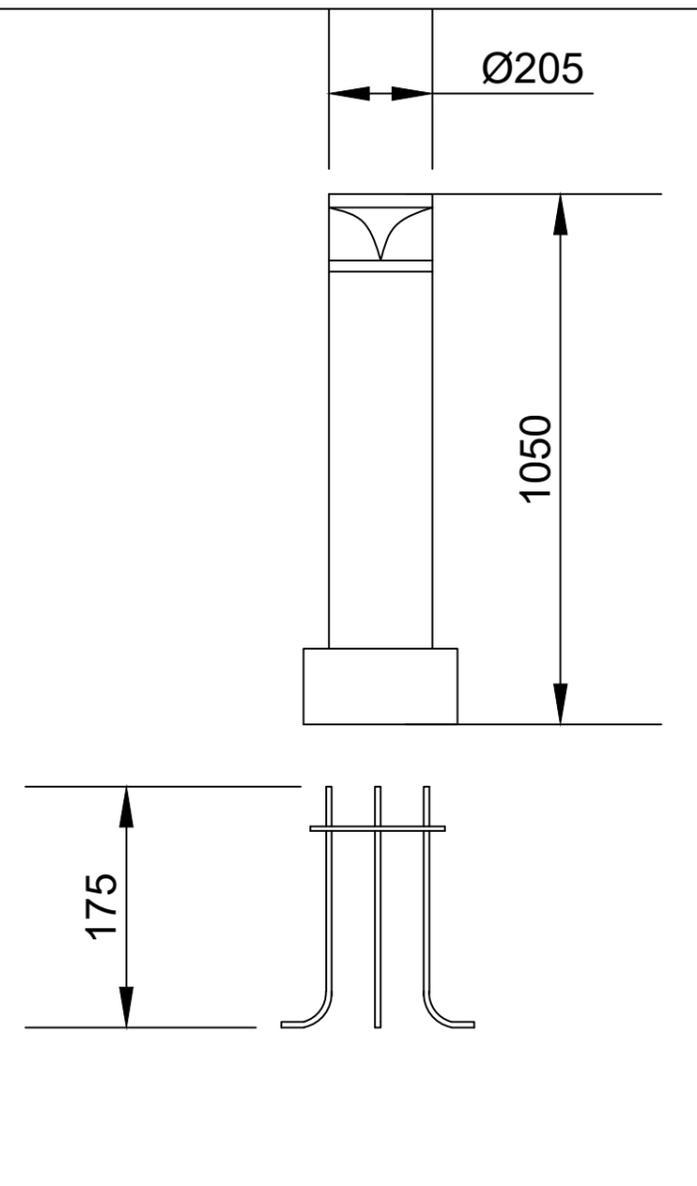
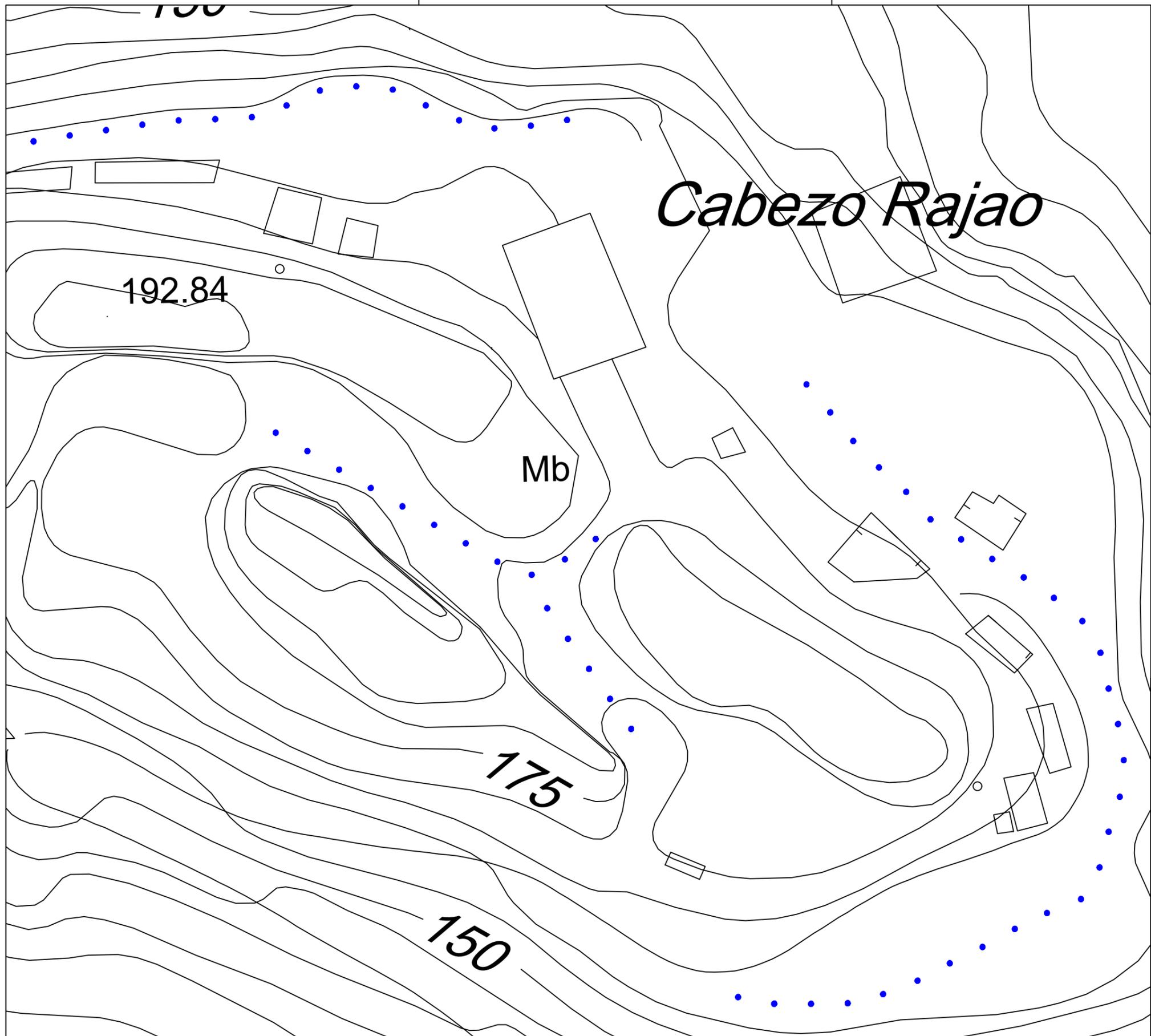
Nº Plano:

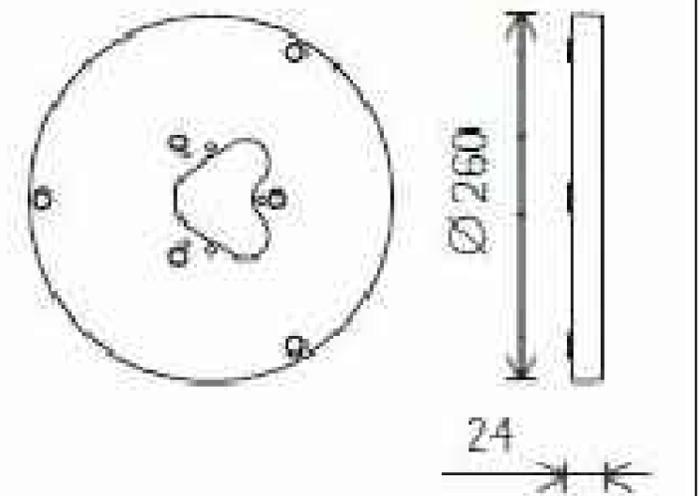
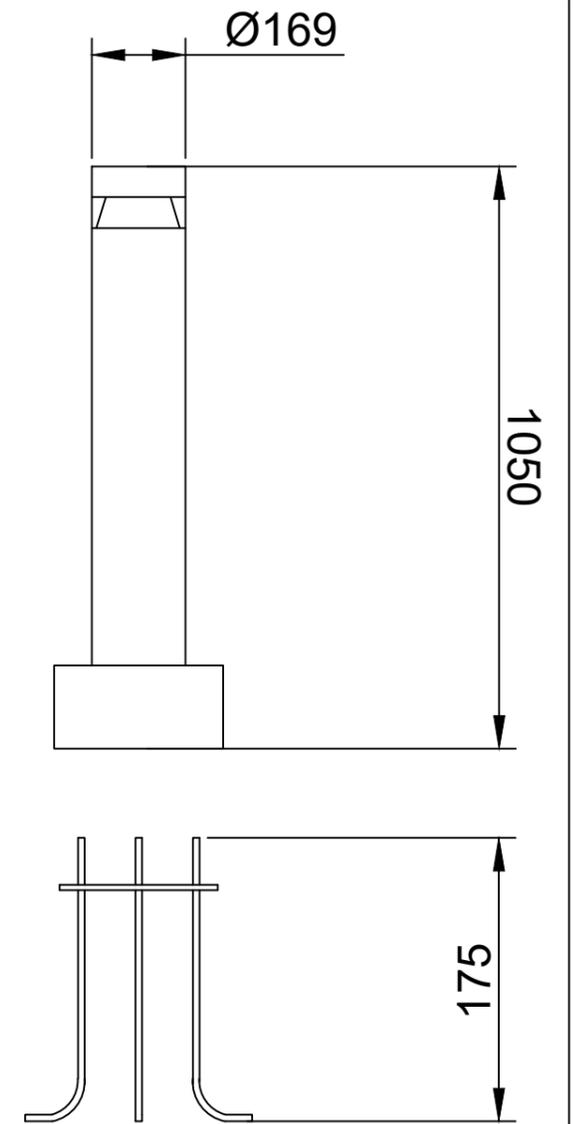
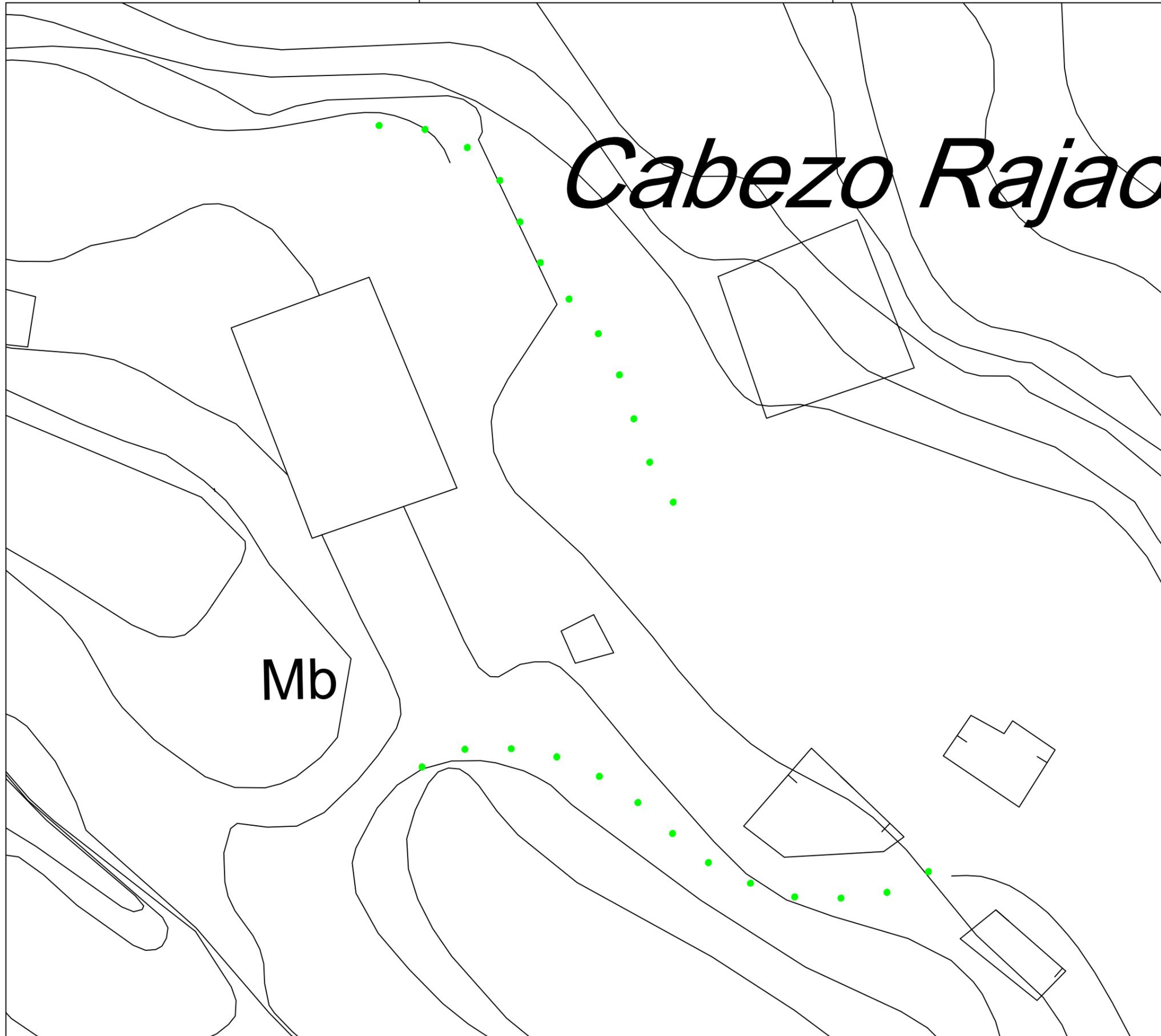
**1**



Luminaria 1	
Baliza 1	
Baliza 2	







TRABAJO FINAL DE GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES



Proyecto: **PROYECTO DEL ALUMBRADO PÚBLICO ORNAMENTAL Y VIAL DE LAS ANTIGUAS INSTALACIONES MINERAS DEL CABEZO RAJAO EN EL MUNICIPIO DE LA UNIÓN.**

Plano: **Alumbrado Tipo 3**

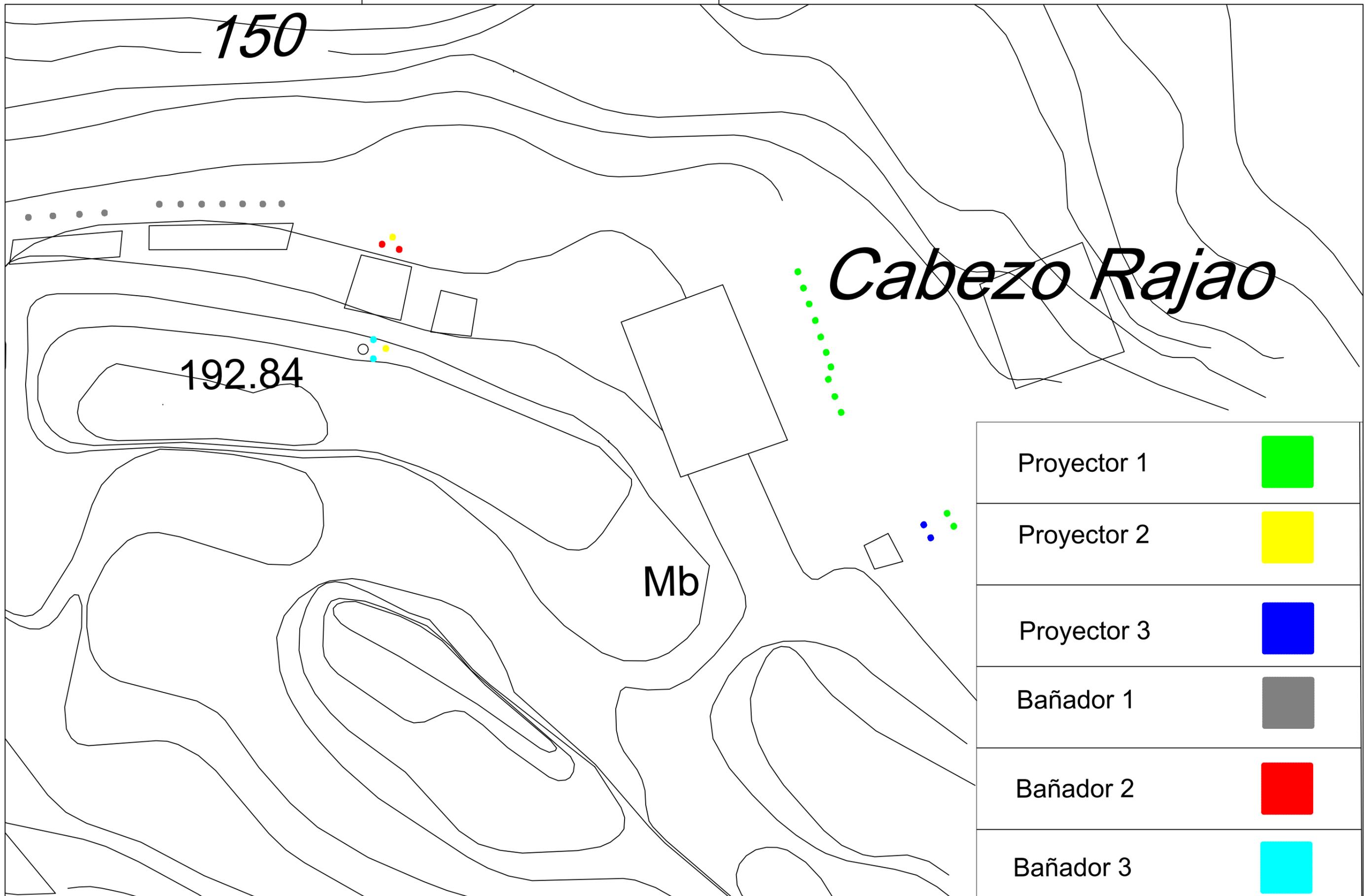
Autor: **Javier Sanes Linares**

Fecha: **Junio 2018**

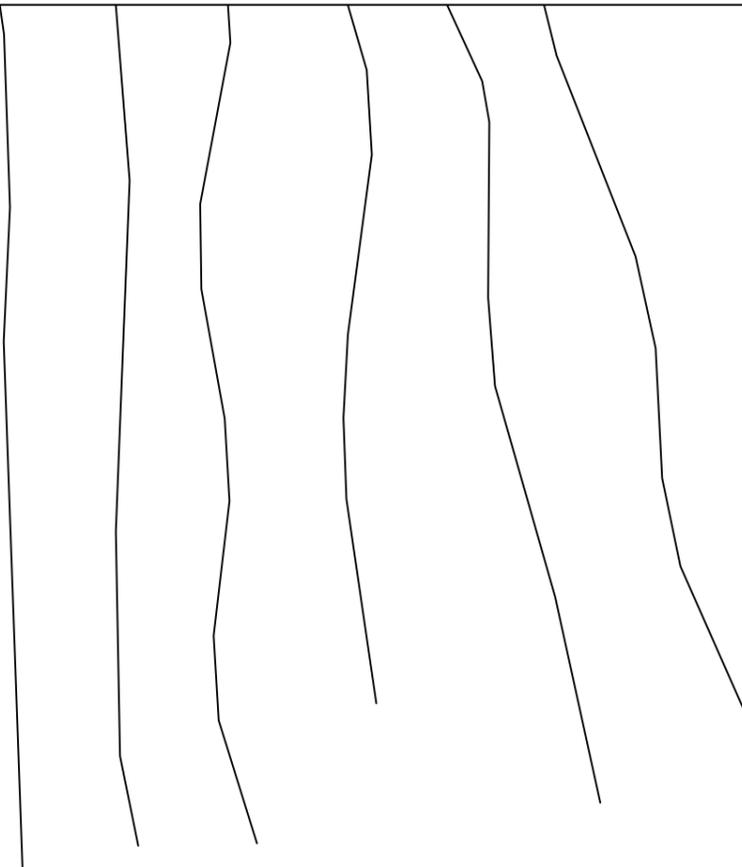
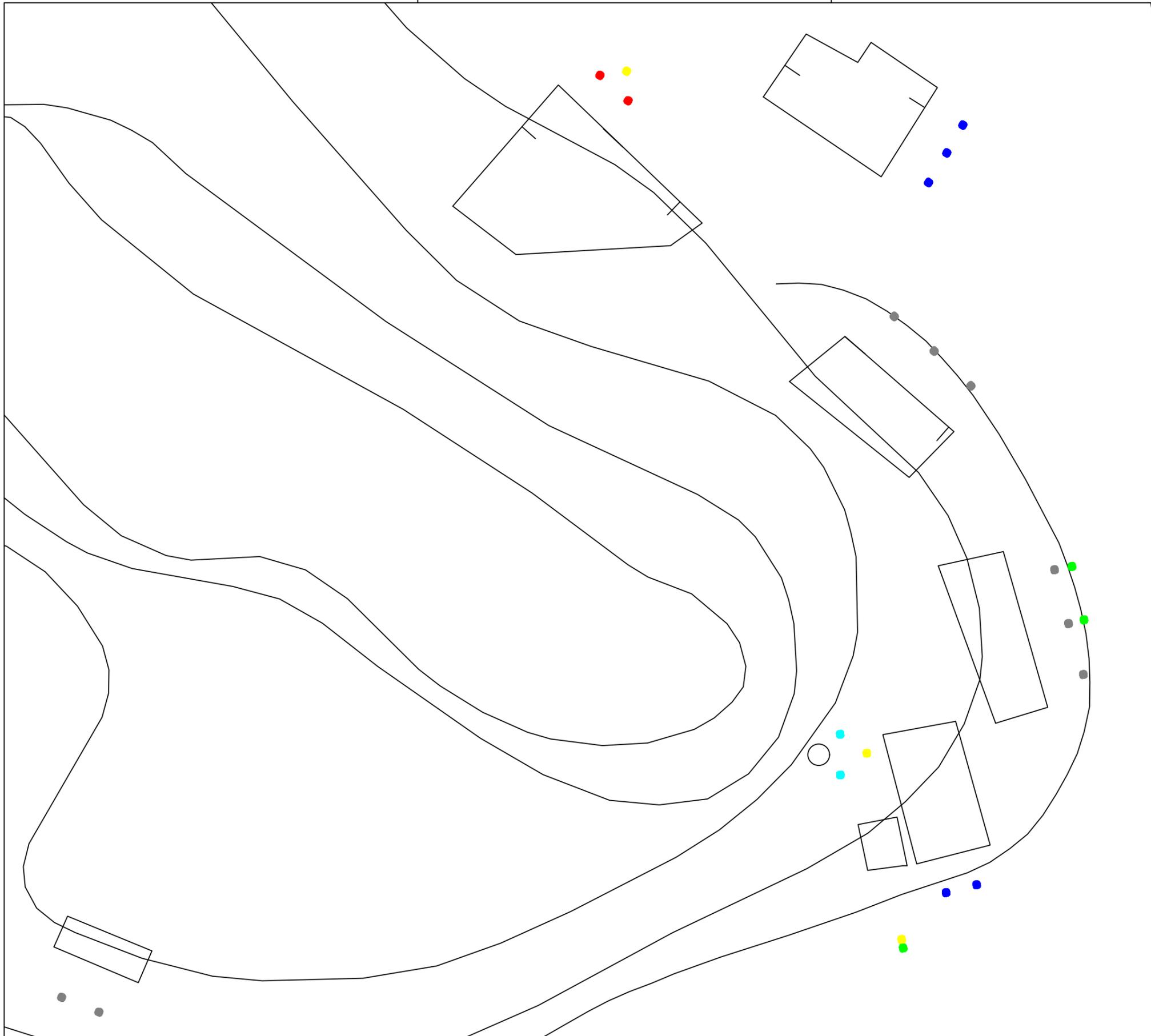
Escala: **1:700**

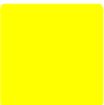
Nº Plano:

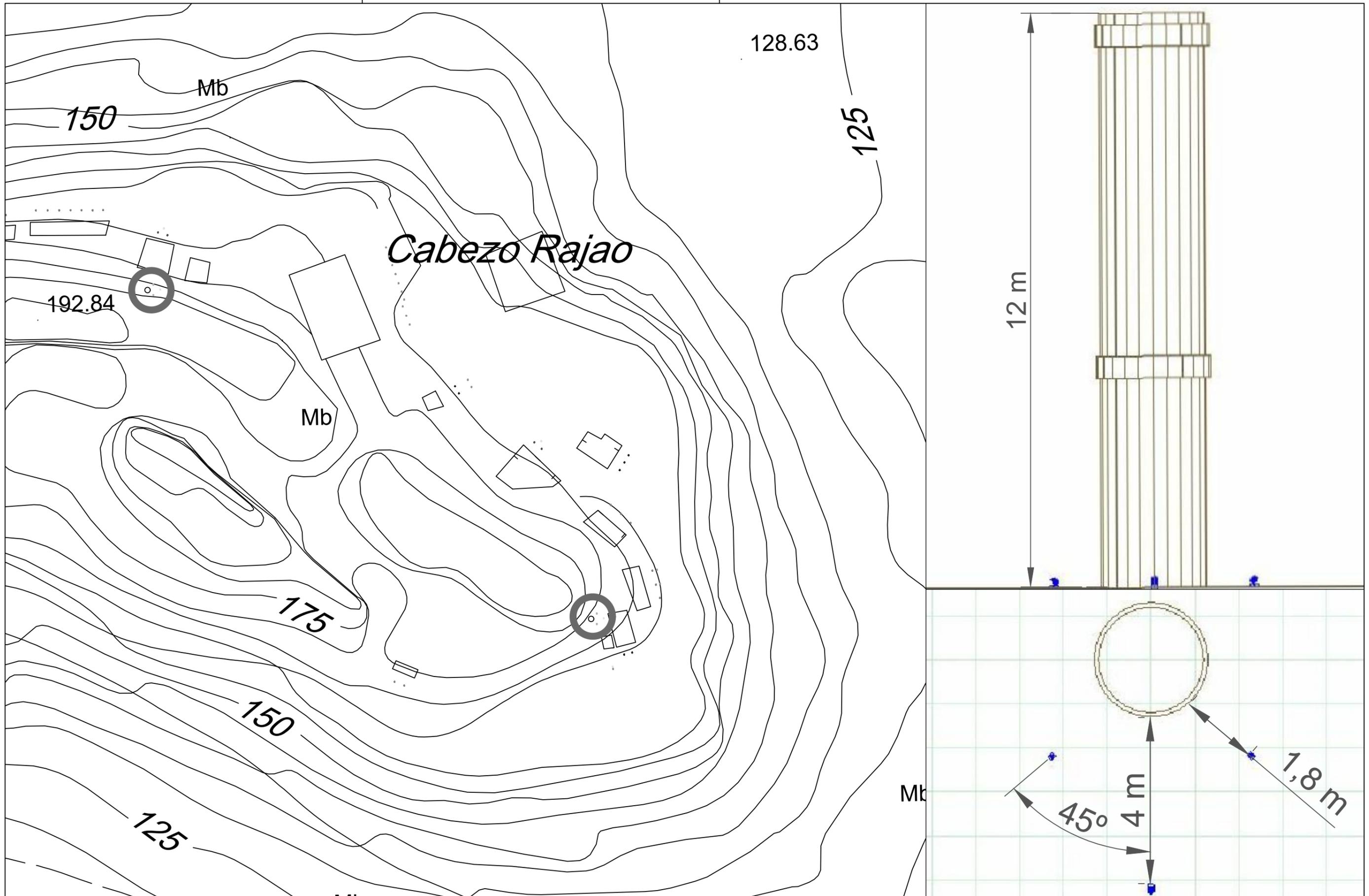
**5**

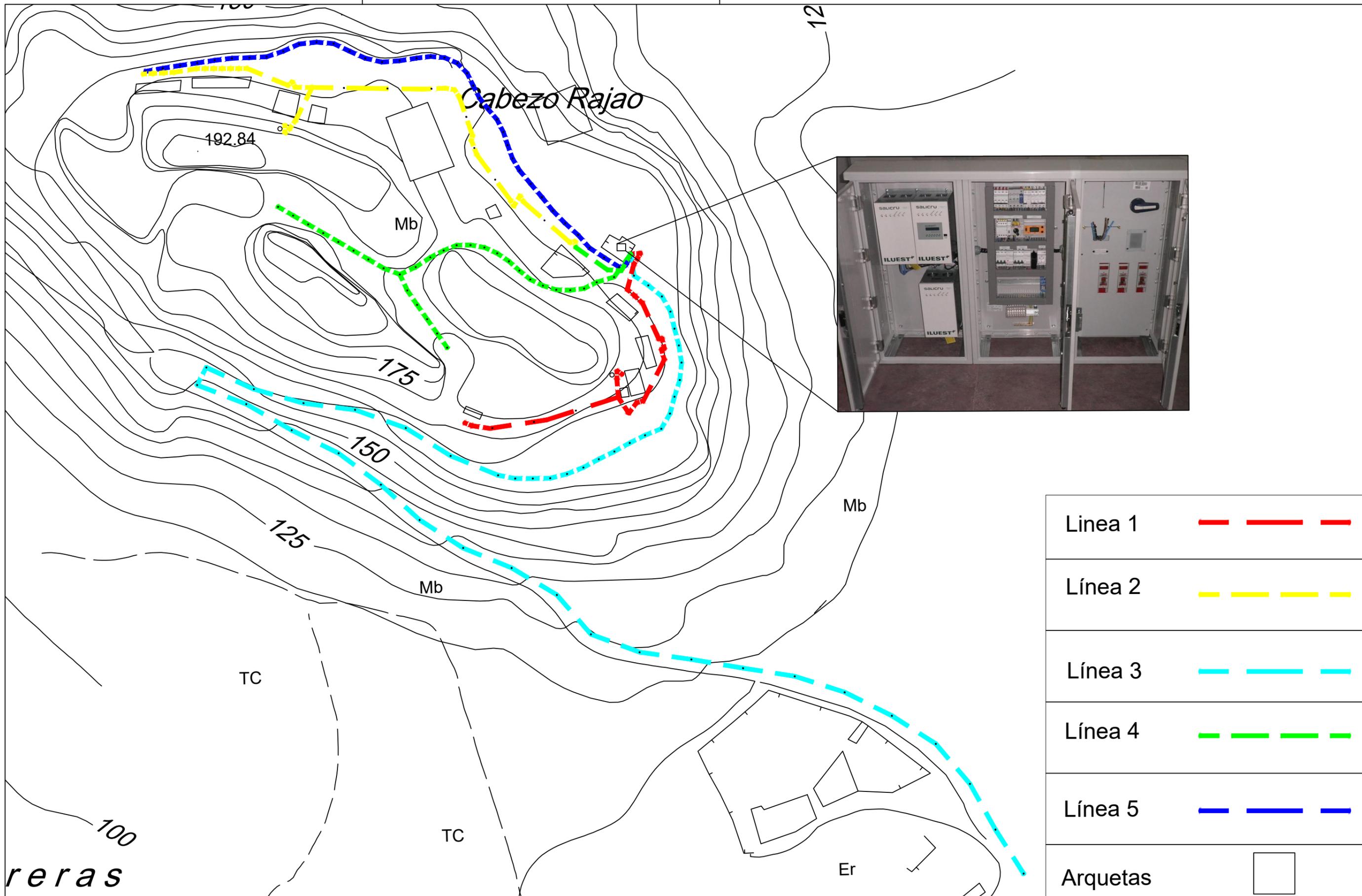


Proyector 1	
Proyector 2	
Proyector 3	
Bañador 1	
Bañador 2	
Bañador 3	



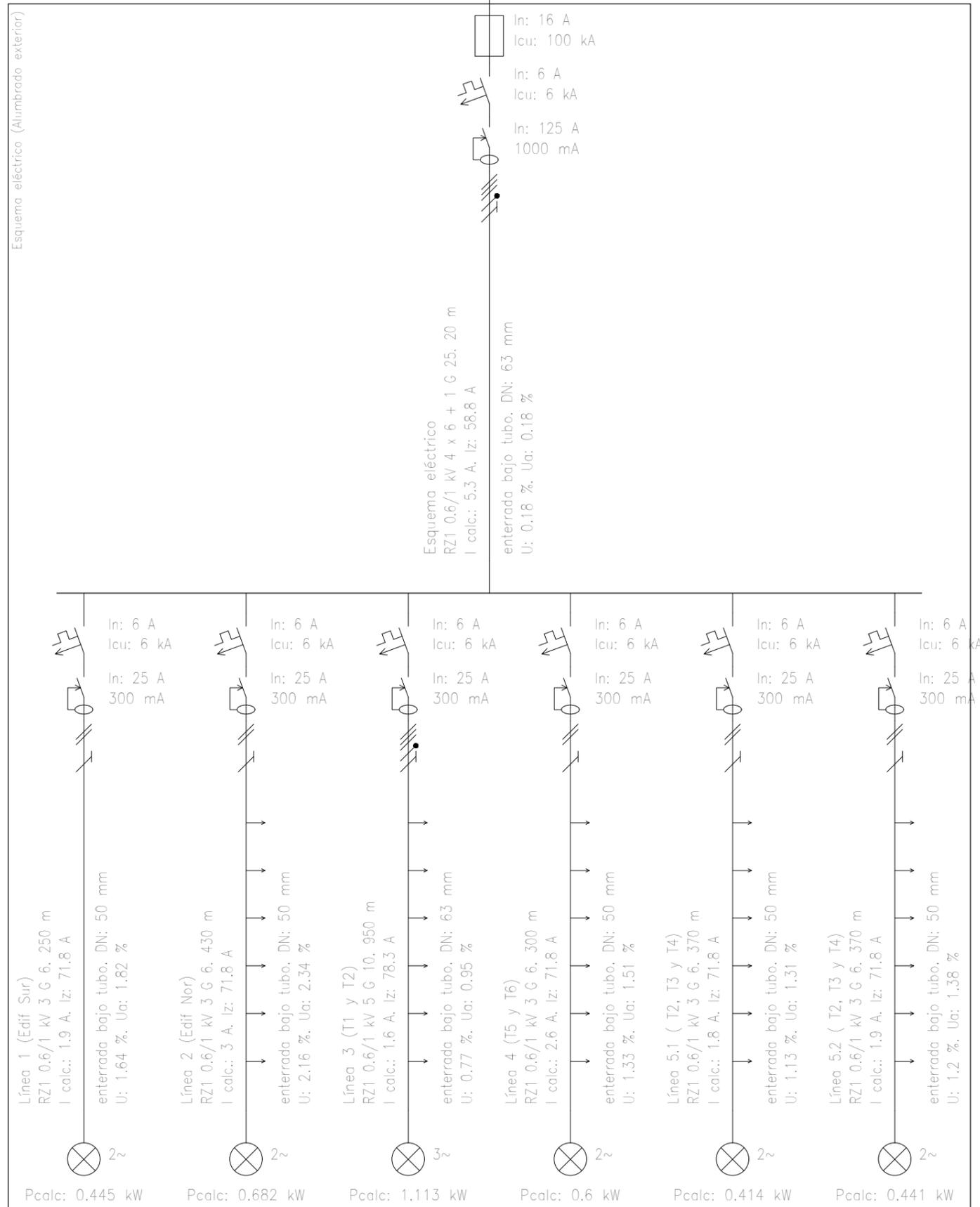
Proyector 1	
Proyector 2	
Proyector 3	
Bañador 1	
Bañador 2	
Bañador 3	

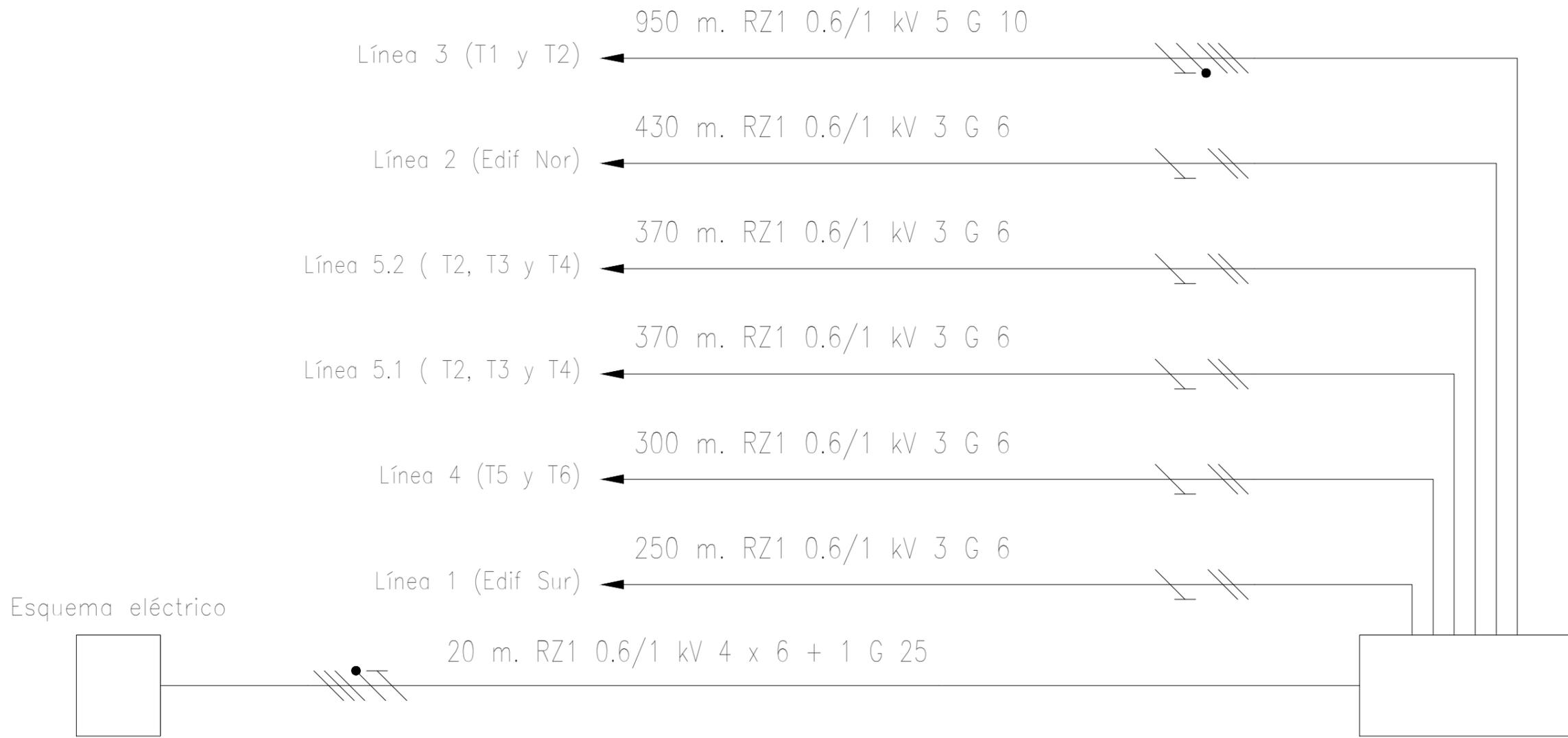




Línea 1	
Línea 2	
Línea 3	
Línea 4	
Línea 5	
Arquetas	

Acometida / Cuadro general





## **9. Anexos**

Clasificación de las vías. Tabla 1. ITC-EA-02

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

Clases de alumbrado para las vías tipo E. Tabla 5. ITC-EA-02

Situaciones de proyecto	Tipos de vías	Clase de Alumbrado
E1	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Espacios peatonales de conexión, calles peatonales y aceras a lo largo de la calzada.</i></li> <li>• <i>Paradas de autobús con zonas de espera.</i></li> <li>• <i>Áreas comerciales peatonales.</i></li> </ul> <p style="margin-left: 40px;">Flujo de tráfico de peatones</p> <p style="margin-left: 80px;">Alto.....</p> <p style="margin-left: 80px;">Normal .....</p>	CE1A/CE2/S1 S2/S3/S4
E2	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Zonas comerciales con acceso restringido y uso prioritario de peatones.</i></li> </ul> <p style="margin-left: 40px;">Flujo de tráfico de peatones</p> <p style="margin-left: 80px;">Alto.....</p> <p style="margin-left: 80px;">Normal.....</p>	CE1A/CE2/S1 S2/S3/S4

Series S de clase de alumbrado para viales tipos C, D y E. Tabla 8. ITC-EA-02.

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

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

Niveles mínimos de iluminancia media en servicio del alumbrado ornamental. Tabla 11. ITC- EA-02

NATURALEZA DE LOS MATERIALES DE LA SUPERFICIE ILUMINADA	NIVELES DE ILUMINANCIA MEDIA (Lux) <sup>(1)</sup>			COEFICIENTES MULTIPLICADORES DE CORRECCIÓN <sup>(2)</sup>			
	Iluminación de los alrededores			Corrección para el tipo de lámpara		Corrección para el estado de la superficie iluminada	
	Baja	Media	Elevada	H.M. V.M.	S.A.P. S.B.P.	Sucia	Muy Sucia
Piedra clara, mármol claro	20	30	60	1,0	0,9	3,0	5,0
Piedra media, cemento, mármol coloreado claro	40	60	120	1,1	1,0	2,5	5,0
Piedra oscura, granito gris, mármol oscuro	100	150	300	1,0	1,1	2,0	3,0
Ladrillo amarillo claro	35	50	100	1,2	0,9	2,5	5,0
Ladrillo marrón claro	40	60	120	1,2	0,9	2,0	4,0
Ladrillo marrón oscuro, granito rosa	55	80	160	1,3	1,0	2,0	4,0
Ladrillo rojo	100	150	300	1,3	1,0	2,0	3,0
Ladrillo oscuro	120	180	360	1,3	1,2	1,5	2,0
Hormigón arquitectónico	60	100	200	1,3	1,2	1,5	2,0
REVESTIMIENTO DE ALUMINIO:							
Terminación natural	200	300	600	1,2	1,1	1,5	2,0
termolacado muy coloreado (10%) rojo, marrón, amarillo	120	180	360	1,3	1,0	1,5	2,0
termolacado muy coloreado (10%) azul – verdoso	120	180	360	1,0	1,3	1,5	2,0
termolacado colores medios (30 – 40%) rojo, marrón, amarillo	40	60	120	1,2	1,0	2,0	4,0
termolacado colores medios (30 – 40%) azul – verdoso	40	60	120	1,0	1,2	2,0	4,0
termolacado colores pastel (60 – 70%) rojo, marrón, amarillo	20	30	60	1,1	1,0	3,0	5,0
termolacado colores pastel (60 – 70%) azul - verdoso	20	30	60	1,0	1,1	3,0	5,0

Valores de eficiencia energética de referencia. Tabla 3. ITC-EA-01

Alumbrado vial funcional		Alumbrado vial ambiental y otras instalaciones de alumbrado	
Iluminancia media en servicio proyectada	Eficiencia energética de referencia	Iluminancia media en servicio proyectada	Eficiencia energética de referencia
$E_m$ (lux)	$\epsilon_R$	$E_m$ (lux)	$\epsilon_R$
$\geq 30$	32	--	--
25	29	--	--
20	26	$\geq 20$	13
15	23	15	11
10	18	10	9
$\leq 7,5$	14	7,5	7
--	--	$\leq 5$	5

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

**Calificación energética de una instalación de alumbrado. Tabla 4. ITC-EA-01**

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

**Clasificación de zonas de protección contra la contaminación luminosa. Tabla 1. ITC-EA-03**

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

Valores límite del flujo hemisférico superior. Tabla 2. ITC-EA-03

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

Características de las luminarias y proyectores. Tabla 1. ITC-EA-04

PARÁMETROS	ALUMBRADO VIAL		RESTO ALUMBRADOS (1)	
	Funcional	Ambiental	Proyectores	Luminarias
Rendimiento	≥ 65 %	≥ 55 %	≥ 55 %	≥ 60 %
Factor de utilización	(2)	(2)	≥ 0,25	≥ 0,30

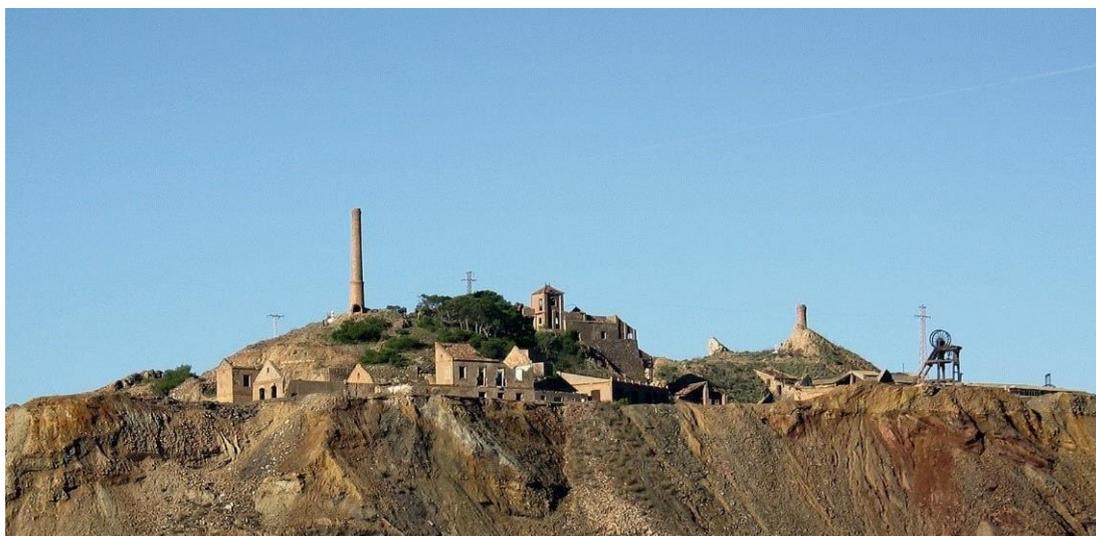
(1) A excepción de alumbrado festivo y navideño.  
(2) Alcanzarán los valores que permitan cumplir los requisitos mínimos de eficiencia energética establecidos en las tablas 1 y 2 de la ITC-EA-01

Factor de depreciación de las luminarias. Tabla 3. ITC-EA-06

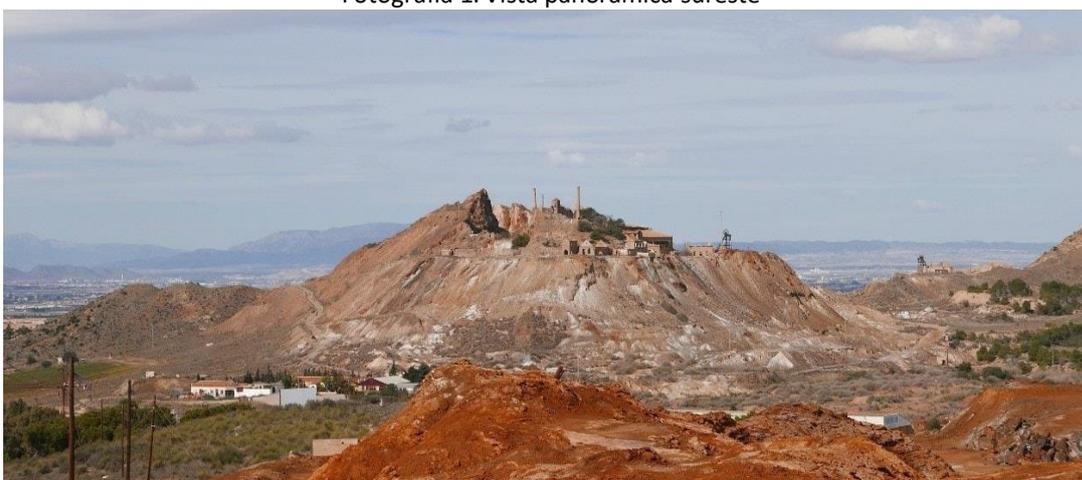
Grado protección sistema óptico	Grado de contaminación	Intervalo de limpieza en años				
		1 año	1,5 años	2 años	2,5 años	3 años
IP 2X	Alto	0,53	0,48	0,45	0,43	0,42
	Medio	0,62	0,58	0,56	0,54	0,53
	Bajo	0,82	0,80	0,79	0,78	0,78
IP 5X	Alto	0,89	0,87	0,84	0,80	0,76
	Medio	0,90	0,88	0,86	0,84	0,82
	Bajo	0,92	0,91	0,90	0,89	0,88
IP 6X	Alto	0,91	0,90	0,88	0,85	0,83
	Medio	0,92	0,91	0,89	0,88	0,87
	Bajo	0,93	0,92	0,91	0,90	0,90

A los efectos del cálculo del factor de mantenimiento, 1 año equivale a 4.000 h de funcionamiento.

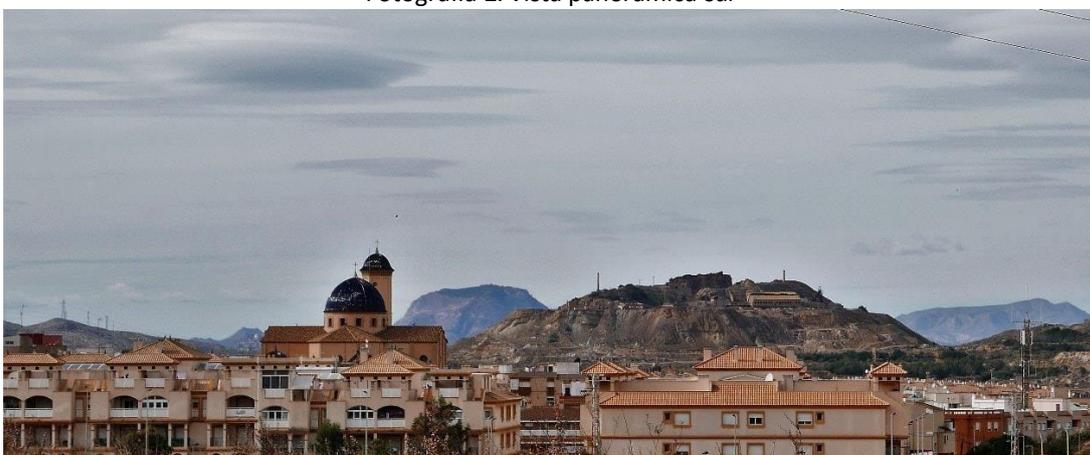
## DOCUMENTACIÓN FOTOGRÁFICA



Fotografía 1. Vista panorámica sureste



Fotografía 2. Vista panorámica sur



Fotografía 3. Vista panorámica este



Fotografía 4. Vista aérea sureste



Fotografía 5. Atardecer Cabezo Rajao



Fotografía 6. Detalle Castillete y casa de máquinas



Fotografía 7. Detalle castillete, casa máquinas y chimenea. Mina Montserrat



Fotografía 8. Detalle instalaciones en estado ruinoso 1



Fotografía 9. Detalle instalaciones en estado ruinoso 2



Fotografía 10. Detalle instalaciones en estado ruinoso 3

## **MODELOS USADOS**

Para conseguir un alumbrado vial estándar de buena calidad y una vida mayor han sido valoradas para su elección las luminarias de varios fabricantes de referencia, como por ejemplo *Philips* o *Thorn*, ya que su prestigio en el mercado de la iluminación avala la calidad de sus productos. Para nuestro trabajo se ha elegido el modelo descrito del fabricante *Philips*. Sin embargo, para tipos de alumbrados más específicos, como los de balizas, proyectores y bañadores se opta por fabricantes con diseños y aplicaciones más específicas. Siendo en este caso para estos tipos de luminarias el fabricante *Erco* el seleccionado.

	<b>Fabricante</b>	<b>Modelo</b>	<b>Tipo</b>	<b>Potencia LED W</b>	<b>Regulación</b>	<b>Tª Color</b>
<b>Proyector 1</b>	Erco	Kona	Proyector	18	DALI	3000
<b>Proyector 2</b>	Erco	Gecko	Proyector	8	DALI	3000
<b>Proyector 3</b>	Erco	Powercast	Proyector	24	DALI	3000
<b>Bañador 1</b>	Erco	Gecko	Bañador	18	DALI	3000
<b>Bañador 2</b>	Erco	Gecko	Bañador	12	DALI	3000
<b>Bañador 3</b>	Erco	Grasshopper	Bañador	18	DALI	3000
<b>Luminaria 1</b>	Philips	ClearWay Gen2	Columna	20	DALI	3000
<b>Baliza 1</b>	Erco	Panorama	Baliza	24	Regulable	3000
<b>Baliza2</b>	Erco	Castor	Baliza	12	Regulable	3000

Han sido seleccionados estos modelos, sin embargo, éstos podrían ser cambiados por otros, incluso de otro fabricante, siempre y cuando sus características en cuanto a distribución fotométrica, potencia, flujo luminoso, protección, resistencia, vida, garantía, ensayos por laboratorios acreditados, marca ENEC, etc..., sean similares.

Los softwares especializados que se han utilizado para la realización de este trabajo son los siguientes:

- Microsoft Excel para la realización de los cálculos.
- DIALUX para el diseño del alumbrado y los cálculos de los resultados luminotécnicos.
- Cypelec para el diseño de la instalación eléctrica.
- Arquímedes para la elaboración del presupuesto de ejecución.
- AutoCAD para el diseño de los planos.

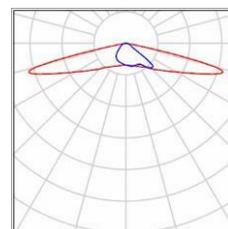
Otros materiales utilizados en el trabajo:

- Reloj astronómico *Interruptor Solar IS-10-NL* de la marca DIMACO.
- Soporte para Luminaria 1: columna troncocónica modelo Ce-3560/3 del fabricante COYBA.

## Alumbrado Tipo 1

### Lista de luminarias

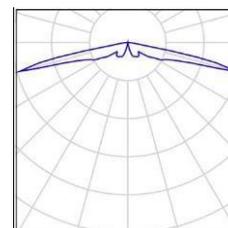
26 Pieza PHILIPS BGP307 T25 1 xLED30-4S/740 DM50  
 N° de artículo:  
 Flujo luminoso (Luminaria):  
 2610 lm Flujo luminoso  
 (Lámparas): 3000 lm Potencia  
 de las luminarias: 20.5 W  
 Clasificación luminarias según  
 CIE: 100 Código CIE Flux: 28  
 63 95 100 87 Lámpara: 1 x  
 LED30-4S/740 (Factor de  
 corrección 1.000).



## Alumbrado Tipo 2

### Lista de luminarias

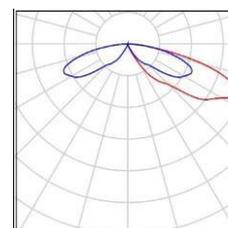
62 Pieza ERCO 33403000 Panorama Baliza  
 1xLED 24W warm white  
 N° de artículo: 33403000 Flujo  
 luminoso (Luminaria): 471 lm Flujo  
 luminoso (Lámparas): 471 lm  
 Potencia de las luminarias:  
 27.0 W Clasificación luminarias  
 según CIE: 100 Código CIE Flux:  
 12 30 82 100 100  
 Lámpara: 1 x LED 24W blanco  
 cálido (Factor de corrección 1.000).



## Alumbrado Tipo 3

### Lista de luminarias

25 Pieza ERCO 33923000 Castor Baliza  
 1xLED 12W warm white N° de artículo:  
 33923000 Flujo luminoso (Luminaria):  
 235 lm Flujo luminoso (Lámparas): 235  
 lm Potencia de las luminarias: 15.0 W  
 Clasificación luminarias según CIE:  
 100 Código CIE Flux: 09 43 88 100  
 100  
 Lámpara: 1 x LED 12W blanco cálido  
 (Factor de corrección 0.780).

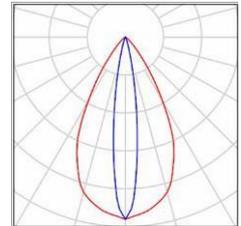




## Edificio 1

### Lista de luminarias

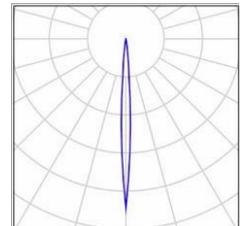
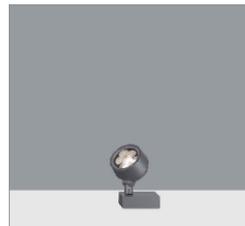
2 Pieza      ERCO 34146000 Gecko Bañador 1xLED 18W  
warm white  
N° de artículo: 34146000  
Flujo luminoso (Luminaria): 1479 lm  
Flujo luminoso (Lámparas): 1479 lm  
Potencia de las luminarias: 22.0 W  
Clasificación luminarias según CIE: 100  
Código CIE Flux: 95 99 100 100 100  
Lámpara: 1 x LED 18W blanco cálido (Factor de  
corrección 1.000).



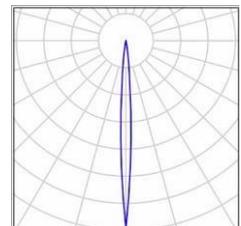
## Edificio 2

### Lista de luminarias

1 Pieza      ERCO 34128000 Gecko Proyector  
1xLED 8W warm white  
N° de artículo: 34128000  
Flujo luminoso (Luminaria): 635  
lm Flujo luminoso (Lámparas):  
635 lm Potencia de las  
luminarias: 11.0 W Clasificación  
luminarias según CIE: 100  
Código CIE Flux: 100 100 100  
100 103  
Lámpara: 1 x LED 8W blanco cálido  
(Factor de corrección 1.000).



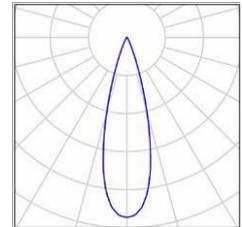
1 Pieza      ERCO 34654000 Kona Proyector  
1xLED 18W warm white  
N° de artículo: 34654000  
Flujo luminoso (Luminaria):  
1417 lm Flujo luminoso  
(Lámparas): 1417 lm Potencia  
de las luminarias: 22.0 W  
Clasificación luminarias según  
CIE: 100 Código CIE Flux: 100  
100 100 100 103  
Lámpara: 1 x LED 18W blanco cálido  
(Factor de corrección 0.750).



## Edificio 3

### Lista de luminarias

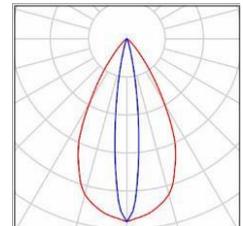
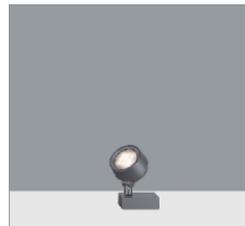
- 2 Pieza    ERCO 34244000 Powercast Proyector  
 1xLED 24W warm white  
 N° de artículo: 34244000  
 Flujo luminoso (Luminaria):  
 1736 lm Flujo luminoso  
 (Lámparas): 1736 lm Potencia  
 de las luminarias: 30.0 W  
 Clasificación luminarias según  
 CIE: 100 Código CIE Flux: 98  
 99 100 100 100  
 Lámpara: 1 x LED 24W blanco cálido  
 (Factor de corrección 1.000).



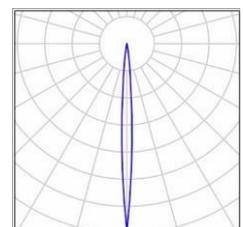
## Edificio 4

### Lista de luminarias

- 3 Pieza    ERCO 34146000 Gecko Bañador  
 1xLED 18W warm white  
 N° de artículo: 34146000  
 Flujo luminoso (Luminaria):  
 1479 lm Flujo luminoso  
 (Lámparas): 1479 lm Potencia  
 de las luminarias: 22.0 W  
 Clasificación luminarias según  
 CIE: 100 Código CIE Flux: 95  
 99 100 100 100  
 Lámpara: 1 x LED 18W blanco cálido  
 (Factor de corrección 1.000).



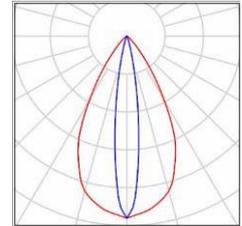
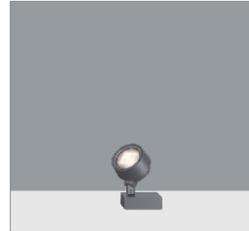
- 2 Pieza    ERCO 34654000 Kona Proyector  
 1xLED 18W warm white  
 N° de artículo: 34654000  
 Flujo luminoso (Luminaria):  
 1417 lm Flujo luminoso  
 (Lámparas): 1417 lm Potencia  
 de las luminarias: 22.0 W  
 Clasificación luminarias según  
 CIE: 100 Código CIE Flux: 100  
 100 100 100 103  
 Lámpara: 1 x LED 18W blanco cálido  
 (Factor de corrección 0.750).



## Edificio 5

### Lista de luminarias

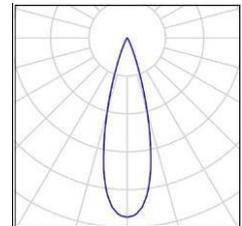
- 3 Pieza    ERCO 34146000 Gecko Bañador  
1xLED 18W warm white  
N° de artículo: 34146000  
Flujo luminoso (Luminaria):  
1479 lm Flujo luminoso  
(Lámparas): 1479 lm Potencia  
de las luminarias: 22.0 W  
Clasificación luminarias según  
CIE: 100 Código CIE Flux: 95  
99 100 100 100  
Lámpara: 1 x LED 18W blanco cálido  
(Factor de corrección 1.000).



## Edificio 6

### Lista de luminarias

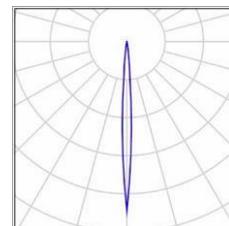
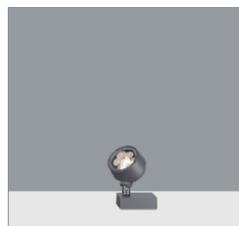
- 3 Pieza    ERCO 34244000 Powercast  
Proyector 1xLED 24W warm white  
N° de artículo: 34244000 Flujo  
luminoso (Luminaria): 1736 lm  
Flujo luminoso (Lámparas): 1736  
lm Potencia de las luminarias:  
30.0 W Clasificación luminarias  
según CIE: 100 Código CIE Flux:  
98 99 100 100 100  
Lámpara: 1 x LED 24W blanco  
cálido (Factor de corrección  
1.000)



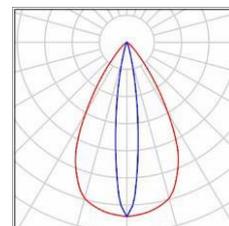
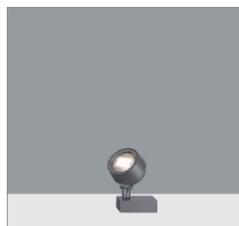
## Edificio 7

### Lista de luminarias

- 1 Pieza      ERCO 34128000 Gecko Proyector  
 1xLED 8W warm white  
 N° de artículo: 34128000  
 Flujo luminoso (Luminaria): 635  
 lm Flujo luminoso (Lámparas):  
 635 lm Potencia de las  
 luminarias: 11.0 W Clasificación  
 luminarias según CIE: 100  
 Código CIE Flux: 100 100 100  
 100 103  
 Lámpara: 1 x LED 8W blanco cálido  
 (Factor de corrección 0.800).



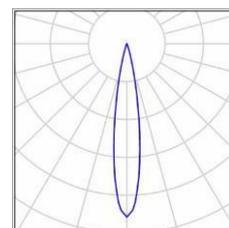
- 2 Pieza      ERCO 34136000 Gecko Bañador  
 1xLED 12W warm white  
 N° de artículo: 34136000  
 Flujo luminoso (Luminaria): 997  
 lm Flujo luminoso (Lámparas):  
 997 lm Potencia de las  
 luminarias: 15.0 W Clasificación  
 luminarias según CIE: 100  
 Código CIE Flux: 95 99 100 100  
 100  
 Lámpara: 1 x LED 12W blanco cálido  
 (Factor de corrección 1.000).



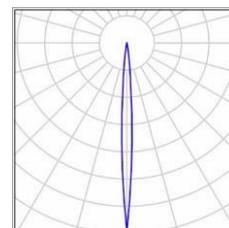
## Edificio 8

### Lista de luminarias

- 2 Pieza      ERCO 34242000 Powercast Proyector  
 1xLED 24W warm white  
 N° de artículo: 34242000  
 Flujo luminoso (Luminaria):  
 1784 lm Flujo luminoso  
 (Lámparas): 1784 lm Potencia  
 de las luminarias: 30.0 W  
 Clasificación luminarias según  
 CIE: 100 Código CIE Flux: 99  
 100 100 100 101  
 Lámpara: 1 x LED 24W blanco cálido  
 (Factor de corrección 1.000).



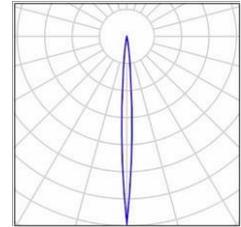
- 2 Pieza      ERCO 34654000 Kona Proyector  
 1xLED 18W warm white  
 N° de artículo: 34654000  
 Flujo luminoso (Luminaria): 1417 lm  
 Flujo luminoso (Lámparas): 1417 lm  
 Potencia de las luminarias: 22.0 W  
 Clasificación luminarias según CIE: 100  
 Código CIE Flux: 100 100 100 100 103  
 Lámpara: 1 x LED 18W blanco cálido  
 (Factor de corrección 1.000).



## Edificio 9

### Lista de luminarias

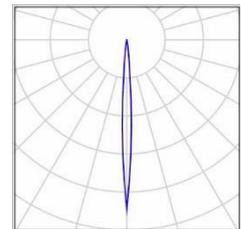
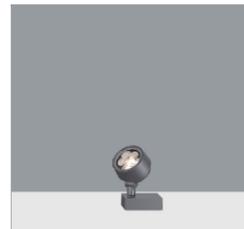
- 10 Pieza    ERCO 34654000 Kona Proyector  
 1xLED 18W warm white  
 N° de artículo: 34654000  
 Flujo luminoso (Luminaria):  
 1417 lm Flujo luminoso  
 (Lámparas): 1417 lm Potencia  
 de las luminarias: 22.0 W  
 Clasificación luminarias según  
 CIE: 100 Código CIE Flux: 100  
 100 100 100 103  
 Lámpara: 1 x LED 18W blanco cálido  
 (Factor de corrección 1.000).



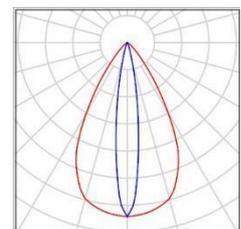
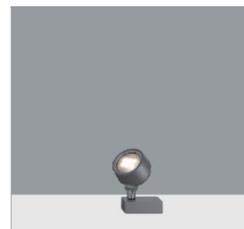
## Edificio 10

### Lista de luminarias

- 1 Pieza    ERCO 34128000 Gecko Proyector  
 1xLED 8W warm white  
 N° de artículo: 34128000  
 Flujo luminoso (Luminaria): 635  
 lm Flujo luminoso (Lámparas):  
 635 lm Potencia de las  
 luminarias: 11.0 W Clasificación  
 luminarias según CIE: 100  
 Código CIE Flux: 100 100 100  
 100 103  
 Lámpara: 1 x LED 8W blanco cálido  
 (Factor de corrección 0.800).



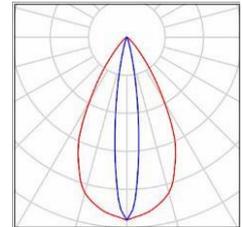
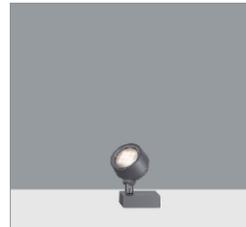
- 2 Pieza    ERCO 34136000 Gecko Bañador  
 1xLED 12W warm white  
 N° de artículo: 34136000  
 Flujo luminoso (Luminaria): 997  
 lm Flujo luminoso (Lámparas):  
 997 lm Potencia de las  
 luminarias: 15.0 W Clasificación  
 luminarias según CIE: 100  
 Código CIE Flux: 95 99 100 100  
 100  
 Lámpara: 1 x LED 12W blanco cálido  
 (Factor de corrección 1.000).



## Edificio 11

### Lista de luminarias

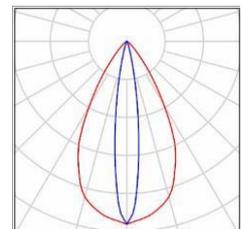
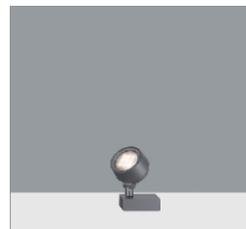
- 7 Pieza    ERCO 34146000 Gecko Bañador  
 1xLED 18W warm white  
 N° de artículo: 34146000  
 Flujo luminoso (Luminaria):  
 1479 lm Flujo luminoso  
 (Lámparas): 1479 lm Potencia  
 de las luminarias: 22.0 W  
 Clasificación luminarias según  
 CIE: 100 Código CIE Flux: 95  
 99 100 100 100  
 Lámpara: 1 x LED 18W blanco cálido  
 (Factor de corrección 1.000).



## Edificio 12

### Lista de luminarias

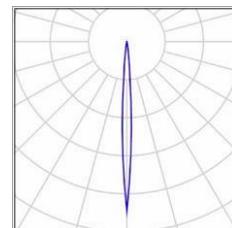
- 4 Pieza    ERCO 34146000 Gecko Bañador  
 1xLED 18W warm white  
 N° de artículo: 34146000  
 Flujo luminoso (Luminaria):  
 1479 lm Flujo luminoso  
 (Lámparas): 1479 lm Potencia  
 de las luminarias: 22.0 W  
 Clasificación luminarias según  
 CIE: 100 Código CIE Flux: 95  
 99 100 100 100  
 Lámpara: 1 x LED 18W blanco cálido  
 (Factor de corrección 1.000).



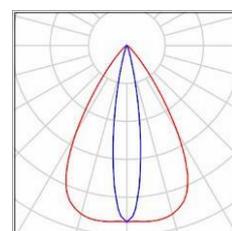
## Chimenea 07

### Lista de luminarias

1 Pieza      ERCO 34128000 Gecko Proyector  
 1xLED 8W warm white  
 N° de artículo: 34128000  
 Flujo luminoso (Luminaria): 635  
 lm Flujo luminoso (Lámparas):  
 635 lm Potencia de las  
 luminarias: 11.0 W Clasificación  
 luminarias según CIE: 100 Código  
 CIE Flux: 100 100 100 100 103  
 Lámpara: 1 x LED 8W blanco cálido  
 (Factor de corrección 1.000).



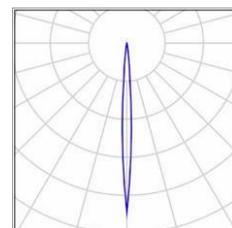
2 Pieza      ERCO 34175000 Grasshopper Bañador  
 1xLED 18W warm white  
 N° de artículo: 34175000  
 Flujo luminoso (Luminaria): 1357  
 lm Flujo luminoso (Lámparas):  
 1357 lm Potencia de las  
 luminarias: 22.0 W Clasificación  
 luminarias según CIE: 100 Código  
 CIE Flux: 96 99 100 100 100  
 Lámpara: 1 x LED 18W blanco cálido  
 (Factor de corrección 0.700).



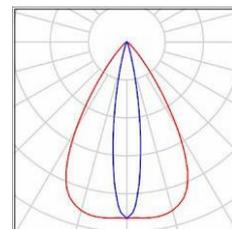
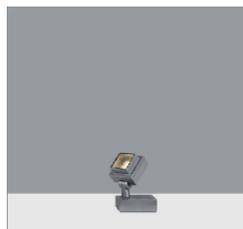
## Chimenea 08

### Lista de luminarias

3 Pieza      ERCO 34128000 Gecko Proyector  
 1xLED 8W warm white  
 N° de artículo: 34128000  
 Flujo luminoso (Luminaria): 635 lm  
 Flujo luminoso (Lámparas): 635 lm  
 Potencia de las luminarias: 11.0 W  
 Clasificación luminarias según CIE:  
 100 Código CIE Flux: 100 100 100  
 100 103  
 Lámpara: 1 x LED 8W blanco cálido  
 (Factor de corrección 1.000).



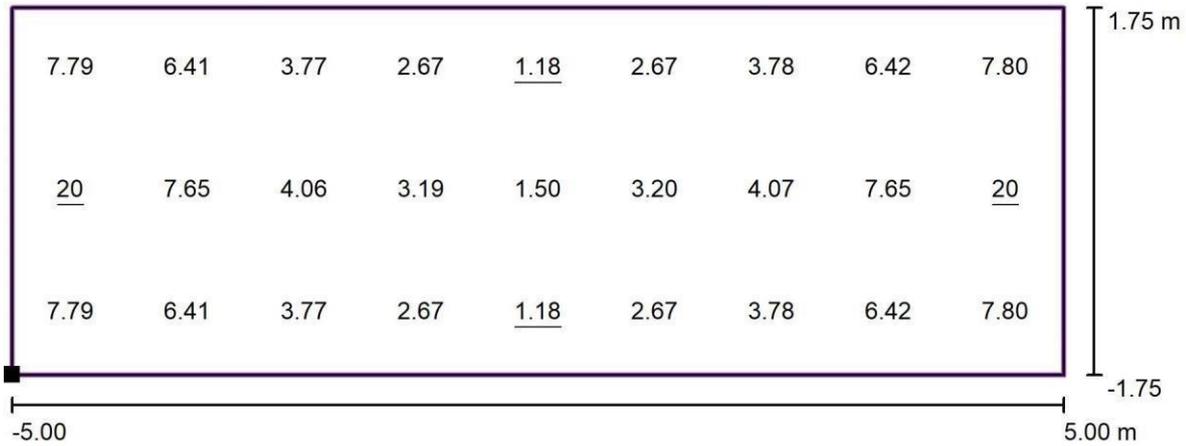
4 Pieza      ERCO 34175000 Grasshopper Bañador  
 1xLED 18W warm white  
 N° de artículo: 34175000  
 Flujo luminoso (Luminaria): 1357 lm  
 Flujo luminoso (Lámparas): 1357  
 lm Potencia de las luminarias: 22.0  
 W Clasificación luminarias según  
 CIE: 100 Código CIE Flux: 96 99  
 100 100 100  
 Lámpara: 1 x LED 18W blanco cálido  
 (Factor de corrección 0.700).



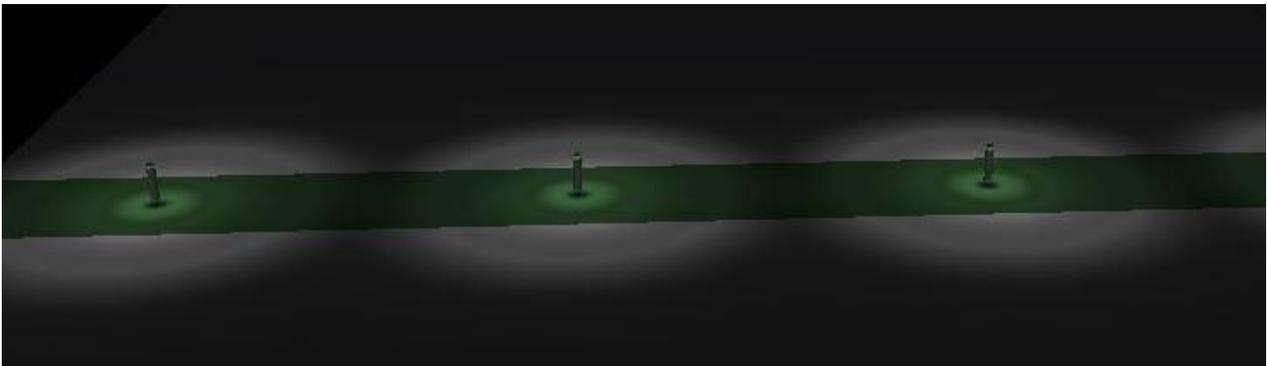


## Alumbrado Tipo 2

### Gráfico de valores (E)



Valores en Lux, Escala 1 : 72

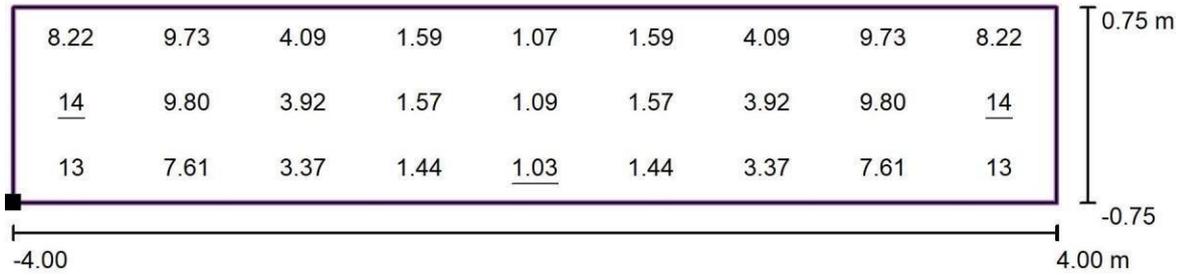


Trama: 9 x 3 Puntos

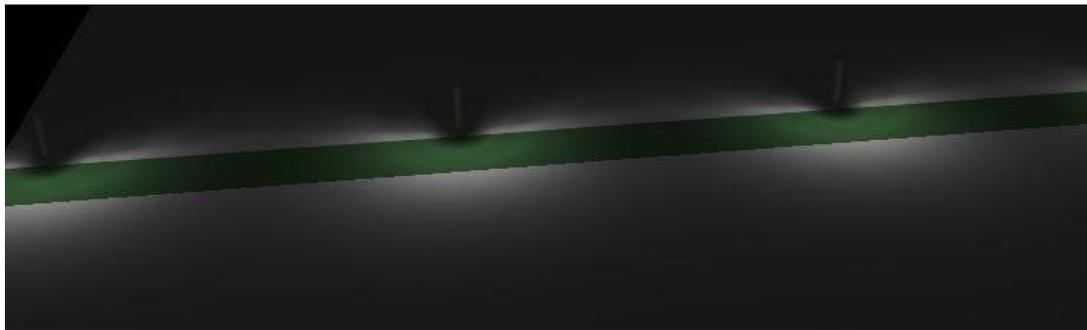
$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]
5.81	1.18	20

## Alumbrado Tipo 3

### Gráfico de valores(E)



Valores en Lux, Escala 1 : 58

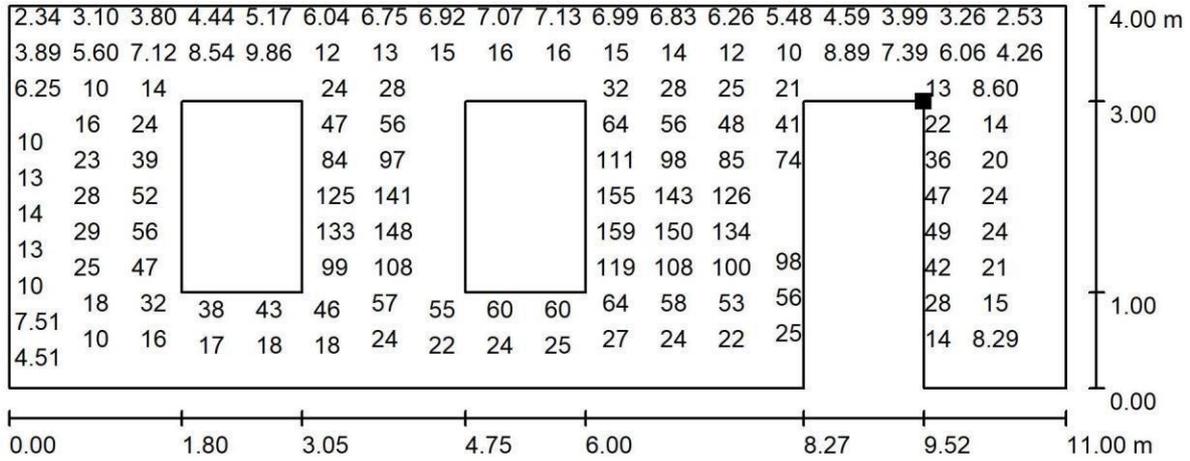


Trama: 9 x 3 Puntos

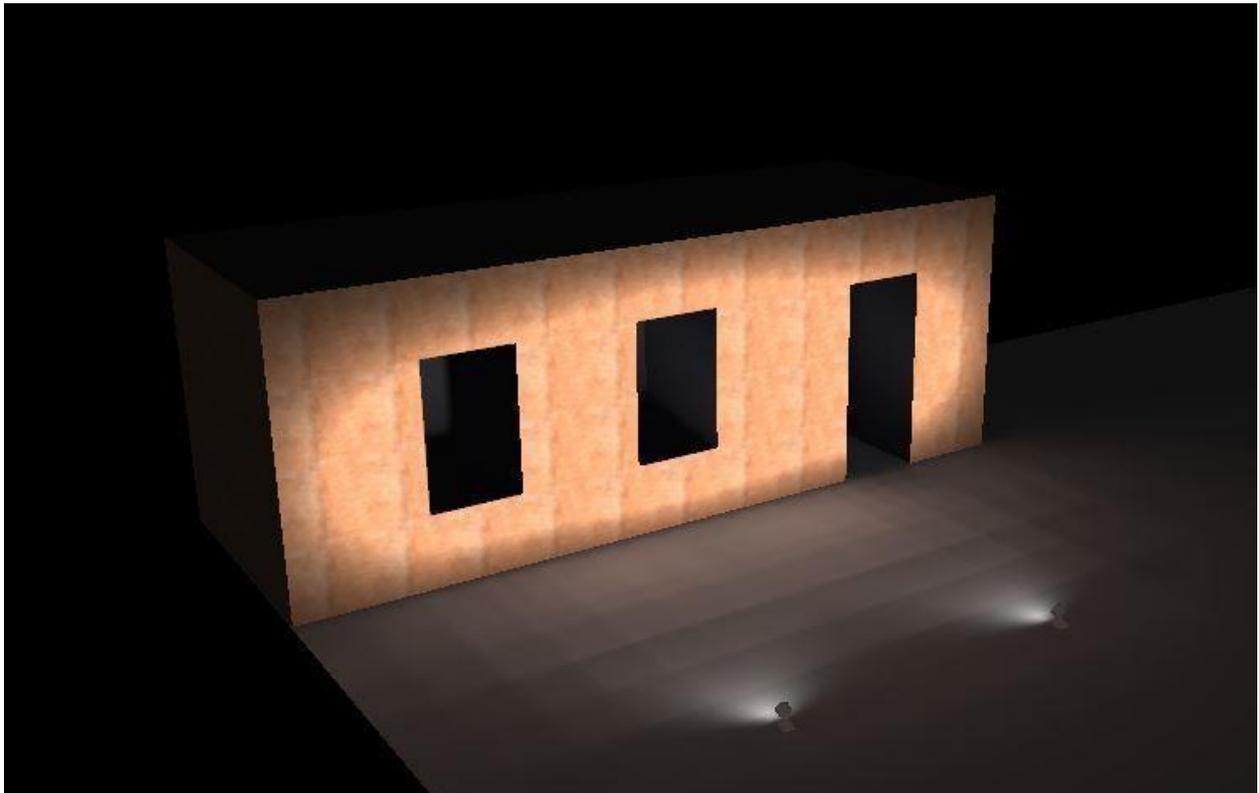
$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]
5.88	1.03	14

# Edificio 1

## Gráfico de valores (E)



Valores en Lux, Escala 1 : 79



Trama: 128 x 128 Puntos

$E_m$  [lx]

38

$E_{min}$  [lx]

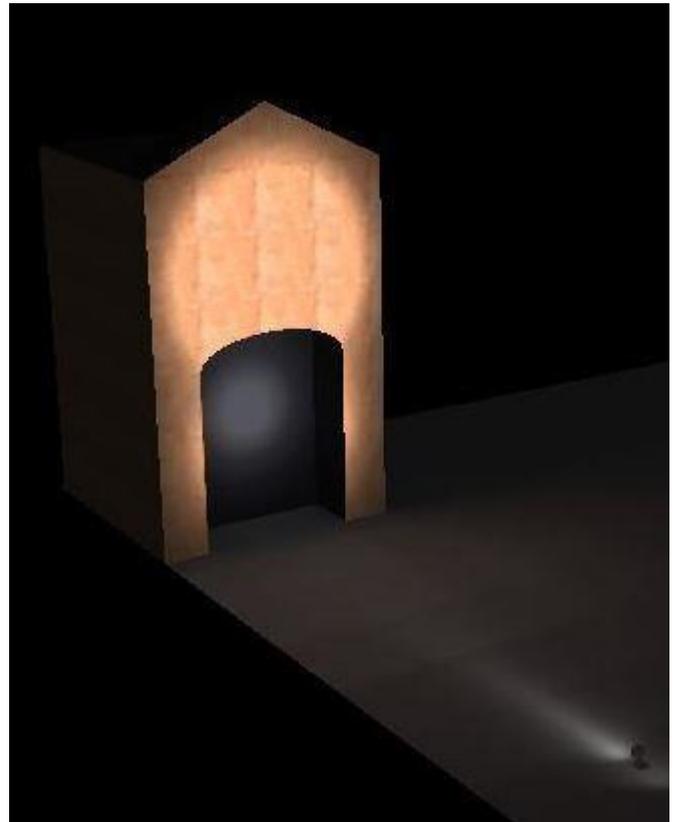
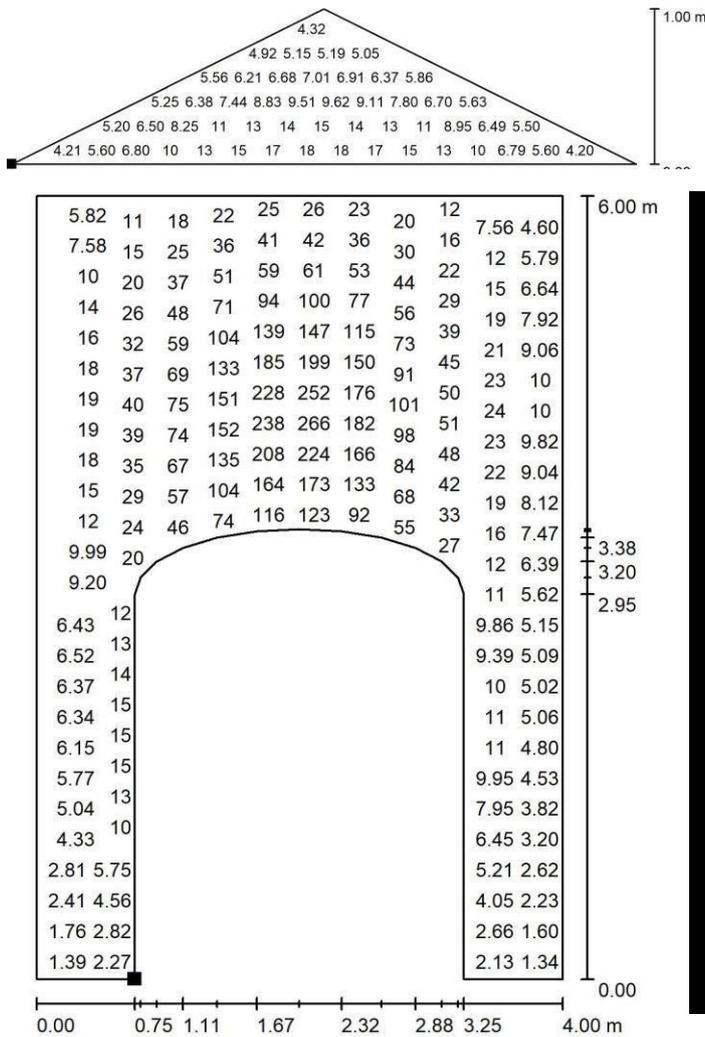
2.34

$E_{max}$  [lx]

166

# Edificio 2

## Gráfico de valores (E)



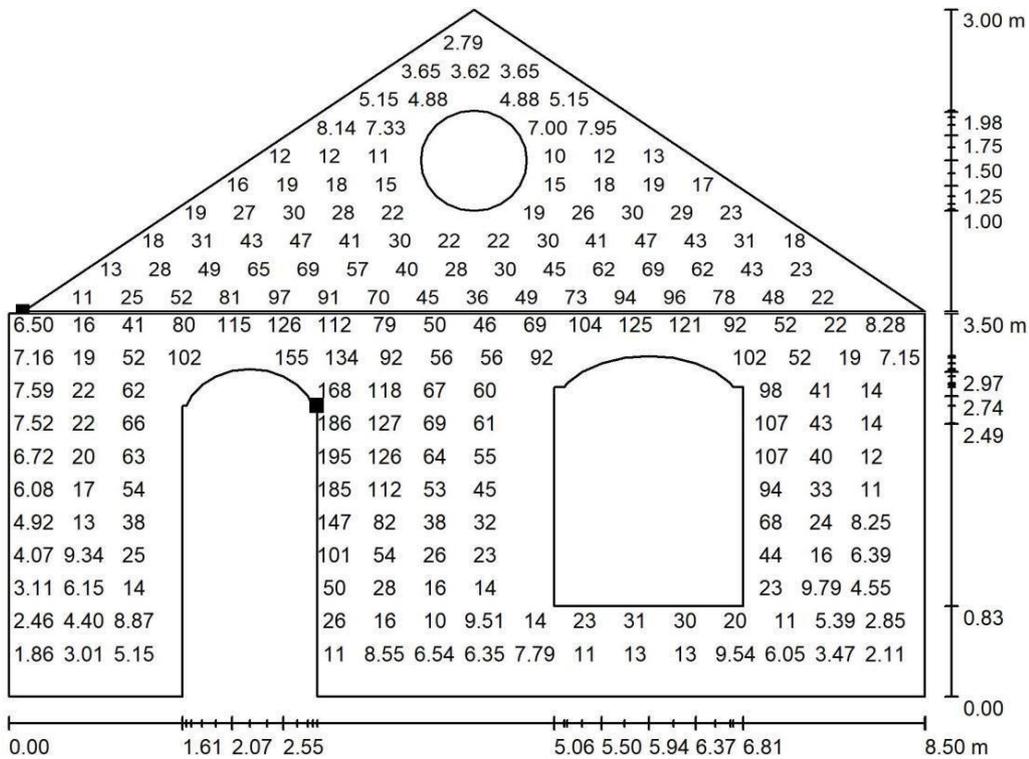
Valores en Lux, Escala 1 : 47

Trama: 128 x 128 Puntos

$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]
43	1.39	284

# Edificio 3

## Gráfico de valores (E)



Valores en Lux, Escala 1 : 61

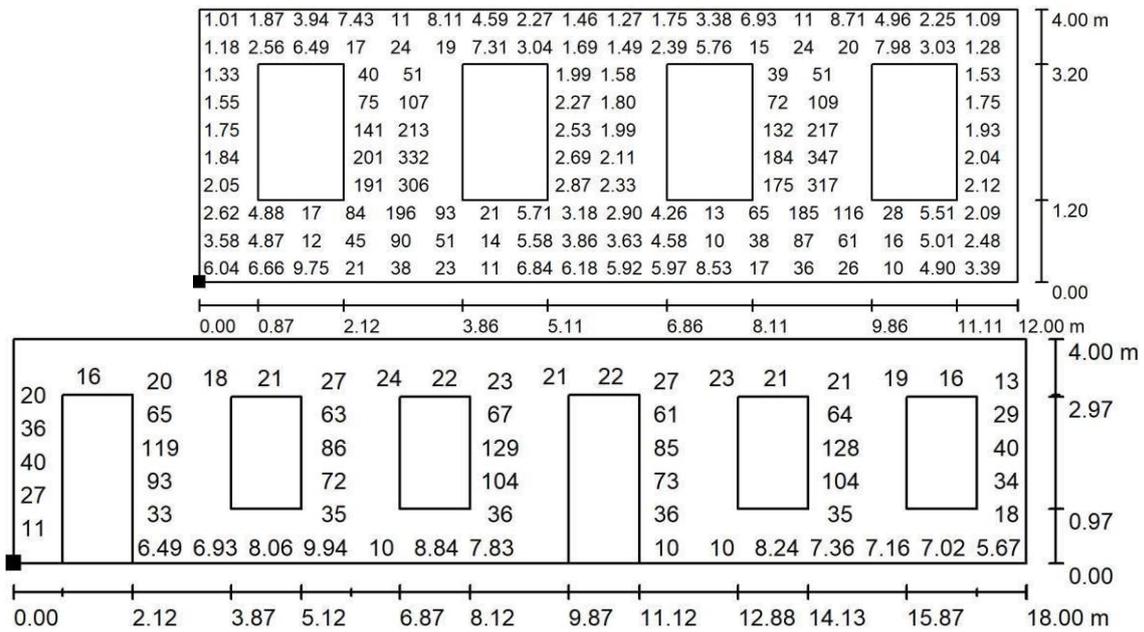


Trama: 128 x 128 Puntos

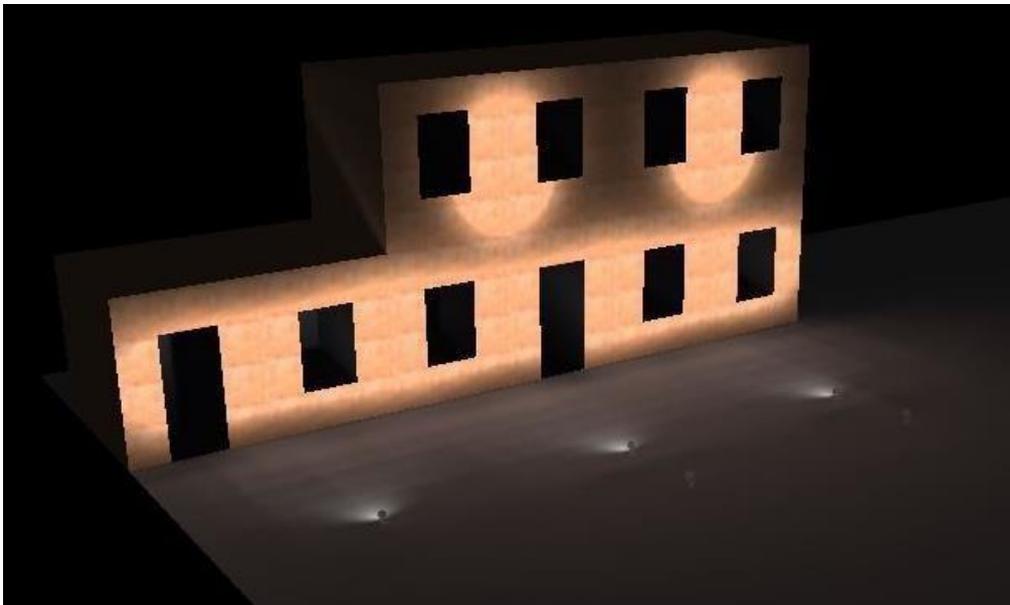
$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]
45	1.86	207

# Edificio 4

## Gráfico de valores (E)



Valores en Lux, Escala 1 : 129

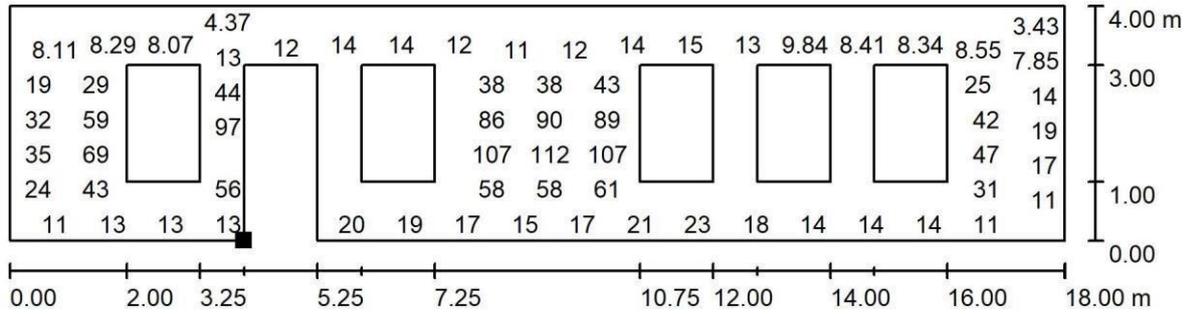


Trama: 128 x 128 Puntos

$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]
40	1.01	138

## Edificio 5

### Gráfico de valores (E)



Valores en Lux, Escala 1 : 129

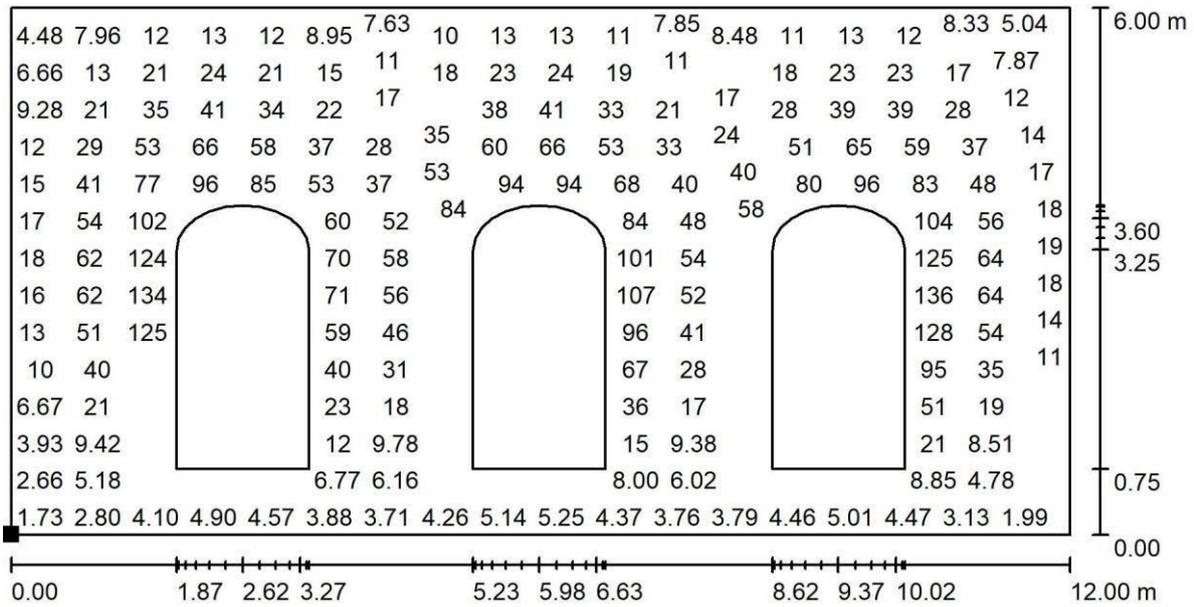


Trama: 128 x 128 Puntos

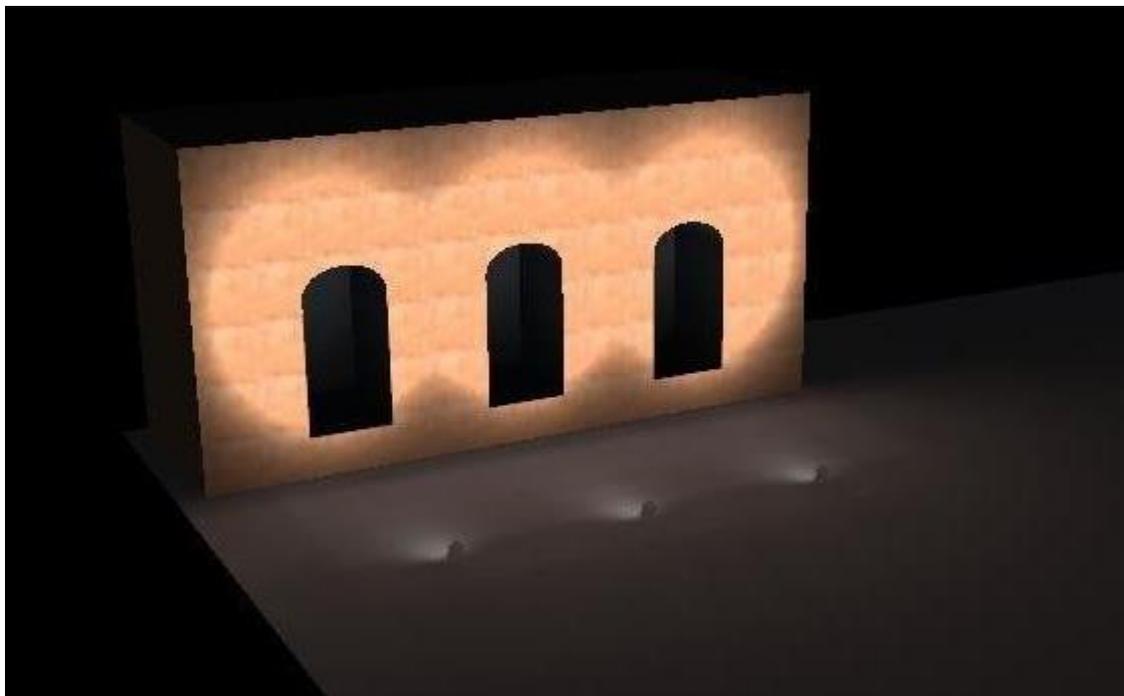
$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]
34	1.72	116

Edificio 6

Gráfico de valores (E)



Valores en Lux, Escala 1 : 86

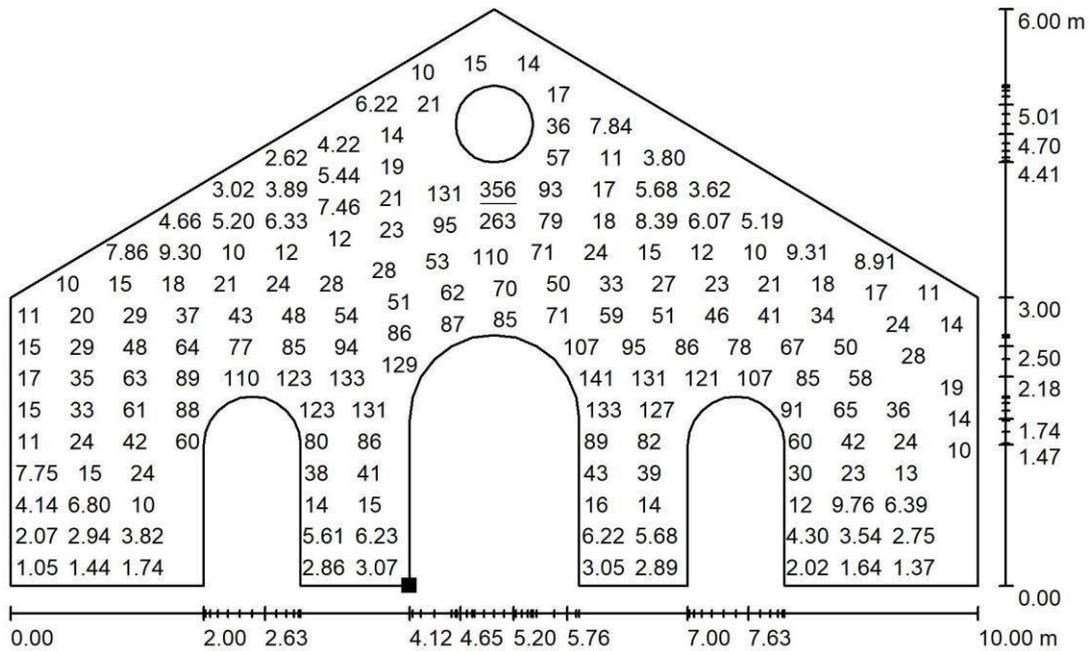


Trama: 128 x 128 Puntos

$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]
36	1.35	159

# Edificio 7

## Gráfico de valores (E)



Valores en Lux, Escala 1 : 72



Trama: 128 x 128 Puntos

$E_m$  [lx]

39

$E_{min}$  [lx]

1.05

$E_{max}$  [lx]

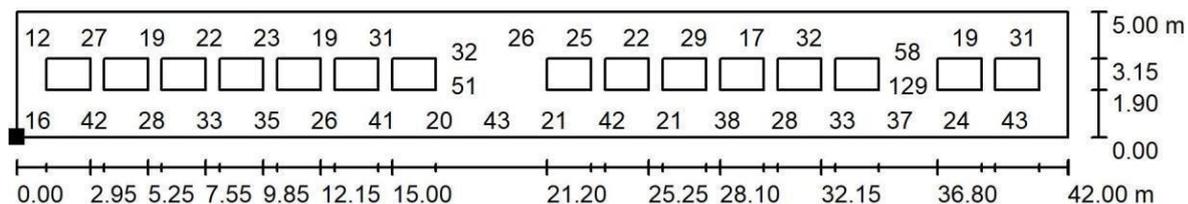
356





## Edificio 9

### Gráfico de valores(E)



Valores en Lux, Escala 1 : 301

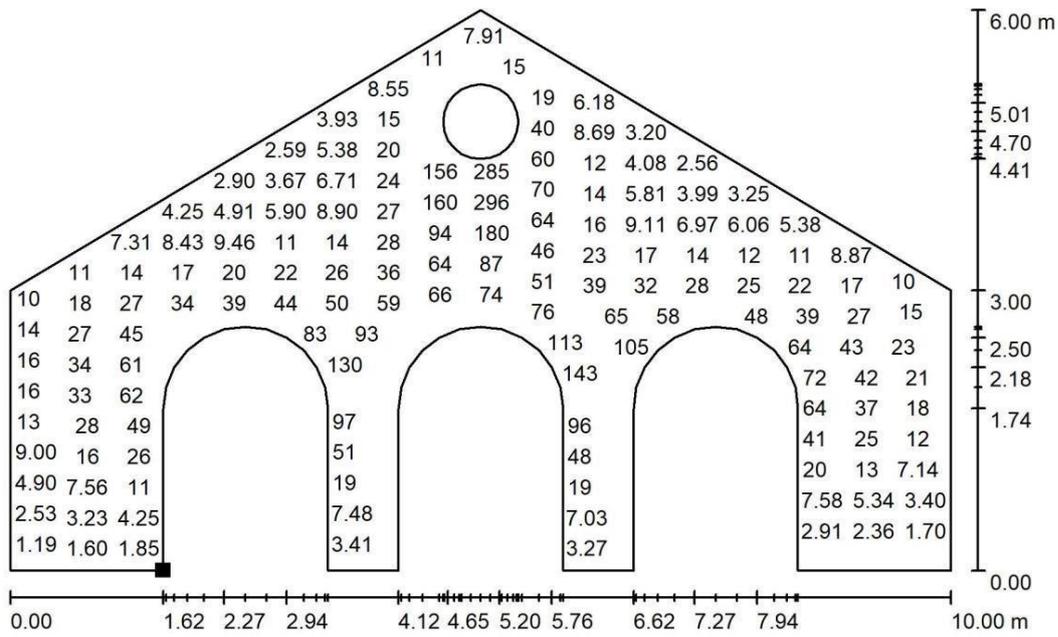


Trama: 128 x 128 Puntos

$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]
38	2.30	176

# Edificio 10

## Gráfico de valores (E)



Valores en Lux, Escala 1 : 72

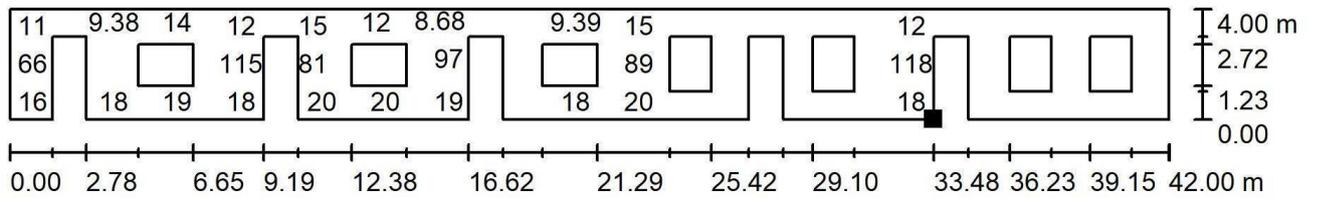


Trama: 128 x 128 Puntos

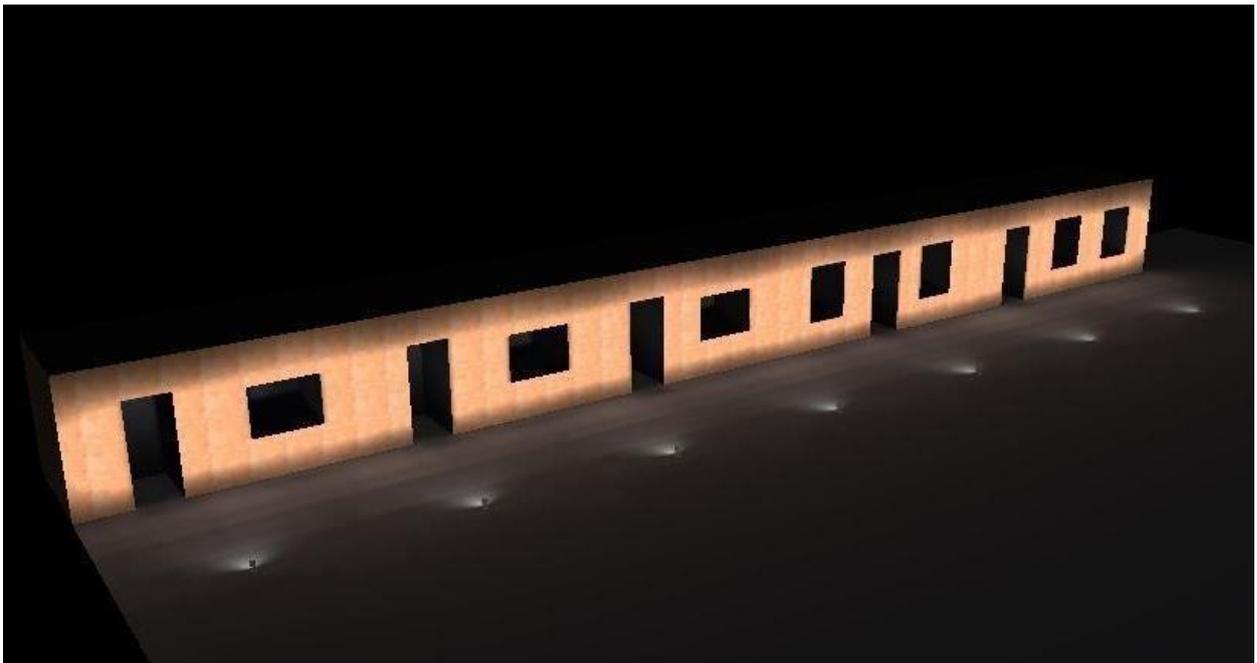
$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]
36	1.19	356

## Edificio 11

### Gráfico de valores(E)



Valores en Lux, Escala 1 : 301

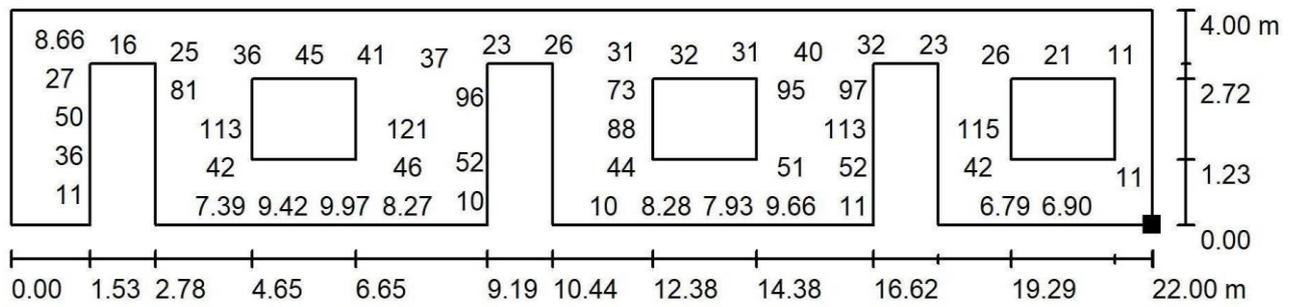


Trama: 128 x 128 Puntos

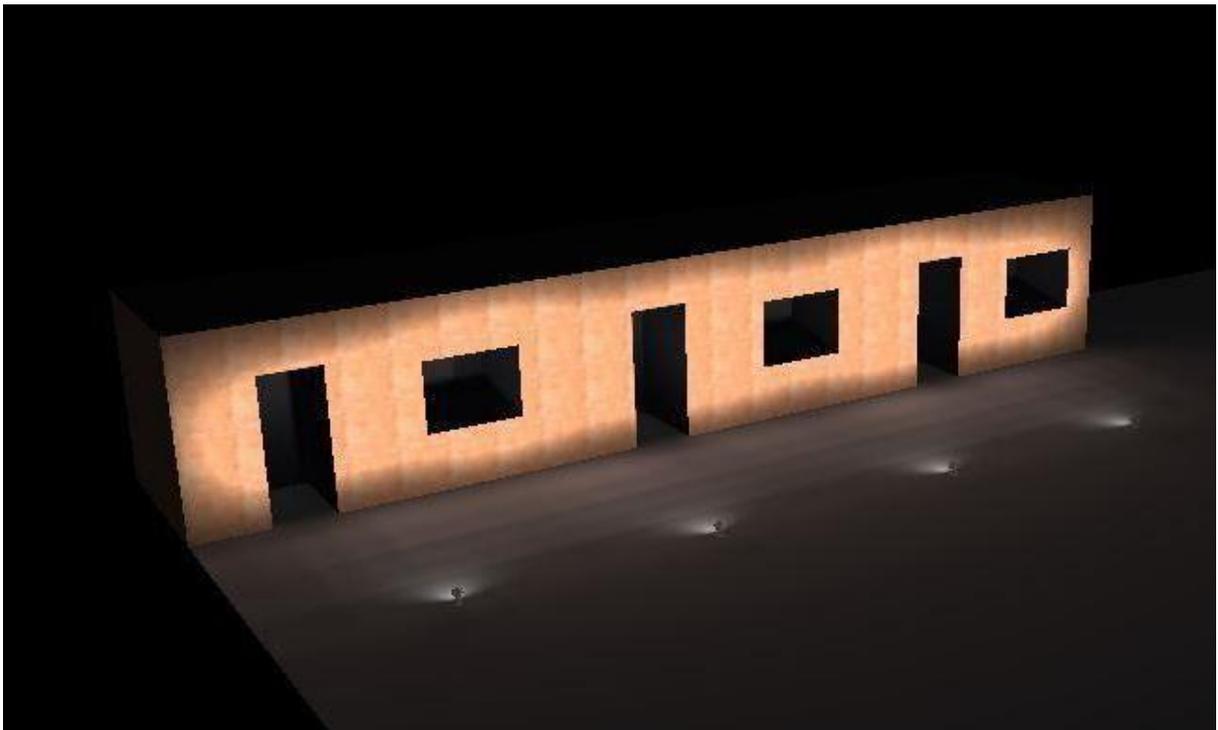
$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]
36	2.67	125

## Edificio 12

### Gráfico de valores (E)



Valores en Lux, Escala 1 : 158

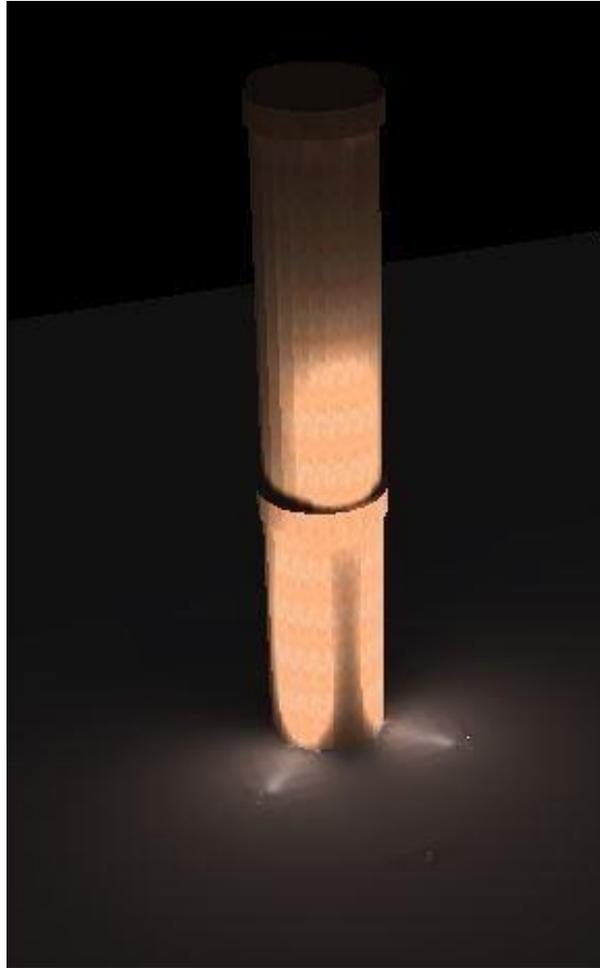
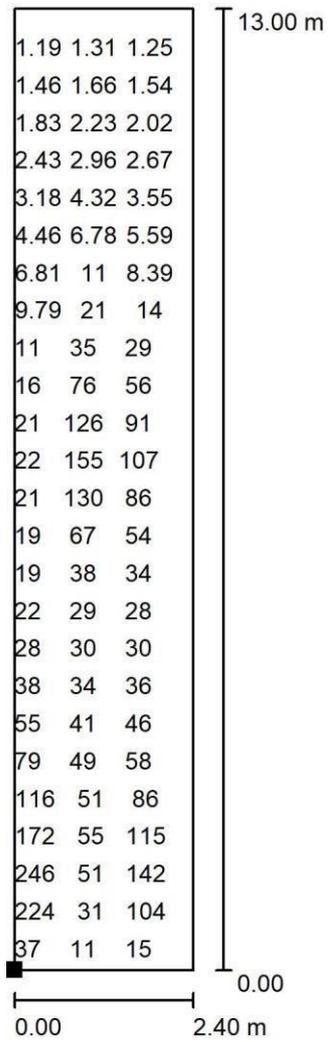


Trama: 128 x 128 Puntos

$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]
39	2.04	128

## Chimenea 07

### Gráfico de valores (E)



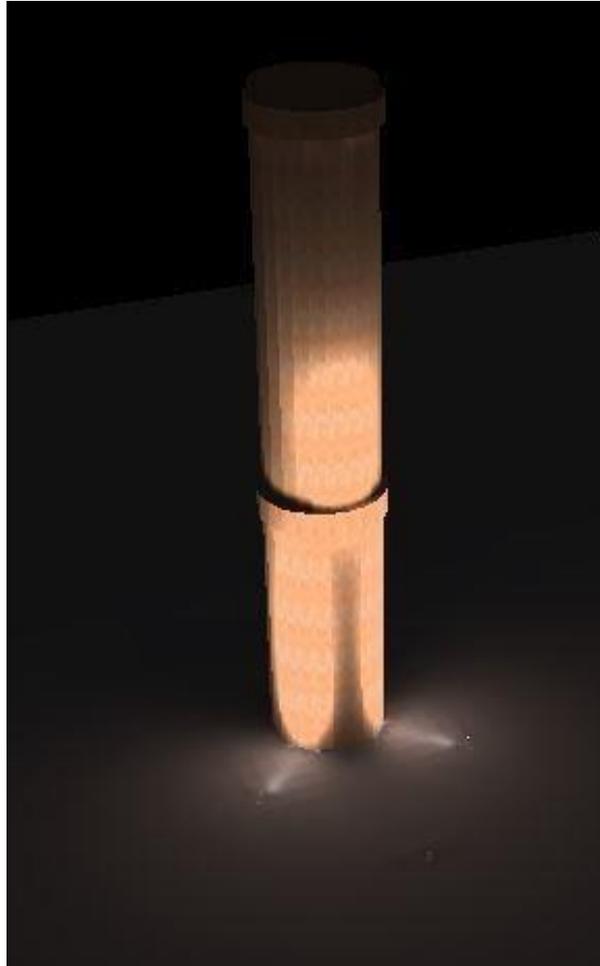
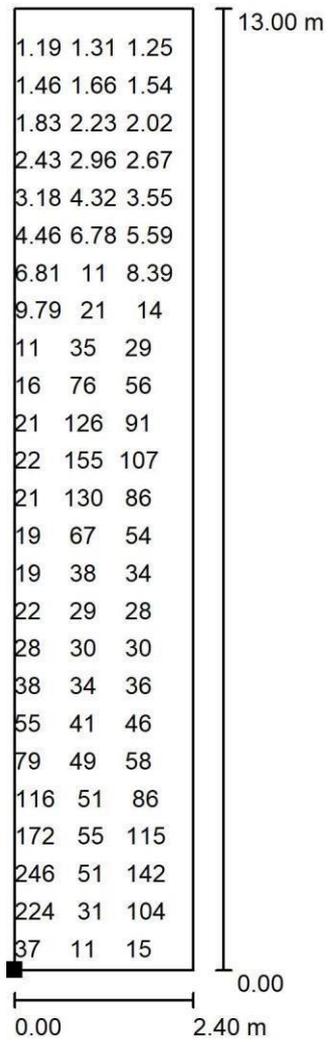
Valores en Lux, Escala 1 : 102

Trama: 100 x 128 Puntos

$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]
40	0.93	277

## Chimenea 08

### Gráfico de valores (E)



Valores en Lux, Escala 1 : 102

Trama: 100 x 128 Puntos

$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]
40	0.93	277

## **10. CONCLUSIONES**

## CONCLUSIONES

### Sobre el Trabajo Fin de Grado

1. Tras la identificación in situ de las vías de acceso, senderos y edificaciones arquitectónicas de las instalaciones industriales mineras del paraje denominado Cabezo Rajao -BIC con categoría de sitio histórico-, situado en la sierra minera de Cartagena-La Unión, y mediante la ayuda de software especializado de cálculo y diseño de alumbrado se opta por la instalación de alumbrado vial y ornamental, con calificación energética A, con un consumo de 10.673 kWh/año y presupuesto de ejecución por contrata con IVA para la vida útil de diseño de 506.588,41 € y un gasto de explotación para los 25 años de 58.084,67€ , con el objetivo de contribuir al embellecimiento del entorno y resaltar su valor histórico-cultural.
2. Este trabajo académico denominado “Proyecto del alumbrado público ornamental y vial de las antiguas instalaciones mineras del Cabezo Rajao en el municipio de La Unión”, con algunas inclusiones como por ejemplo el pliego de condiciones, aporta soluciones funcionales y sería ejecutable desde el punto de vista técnico y de cumplimiento de la normativa y reglamentación vigente.

### Sobre el autor

1. La elaboración de este Trabajo Fin de Grado supone, por un lado, la culminación de una etapa académica poniendo en común los conocimientos aprendidos durante el grado además de las habilidades adquiridas gracias a las dificultades superadas y, por otro, el inicio del camino para intentar afrontar con éxito las responsabilidades profesionales que llegan.

## **11. Bibliografía**

## 11. BIBLIOGRAFÍA

- Arana Castillo, R. 2009. "Geología y mineralogía de la sierra minera de La Unión". La sierra minera de Cartagena-La Unión: un modelo de gestión territorial del patrimonio geológico, ambiental y cultural minero. 1ª edición. Murcia.
- Arboledas Martínez, L. 2007. Minería y metalurgia romana en el alto Guadalquivir: aproximación desde las fuentes y el registro arqueológico. Tesis doctoral. Universidad de Granada.
- Berrocal Caparrós, MC. 1999. Poblamiento romano en la Sierra Minera de Cartagena. Pallas (Mél. C. Domergue), 50, pp. 183-193.
- Guillén Riquelme, MC. 2004. Los Orígenes del siglo minero en Murcia. Real Academia Alfonso X el Sabio y Ayuntamiento de Mazarrón. Murcia.
- Legislación y normativa vigente. En apartado 4 Reglamentación de TFG.
- Ley 4/2007, de 16 de marzo, de Patrimonio Cultural de la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia. BORM núm. 66, de 12 de abril de 2007 y BOE núm. 176, de 22 de julio de 2008.
- Manual de alumbrado Indal. 2002. Indalux.
- Plan director del Paisaje Industrial de la Sierra Minera de Cartagena-La Unión (Murcia). 2006. Ministerio de Cultura.
- Roger Folch, J. Riera Guasp, M. Roldán Porta, C. 2010. Tecnología eléctrica. 3ª edición. Editorial Síntesis.

### Recursos Web

- [http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos\\_GT\\_EE\\_iluminacion\\_Alumbrado\\_Publico\\_9a40dc27.pdf](http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_GT_EE_iluminacion_Alumbrado_Publico_9a40dc27.pdf). Guía Técnica de Eficiencia Energética en Iluminación. Alumbrado Público.
- [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). Requerimientos Técnicos exigibles para luminarias con tecnología LED de alumbrado exterior.
- <https://grlum.dpe.upc.edu/manual/iluminacionOrnamental-caracteristicas.php>. Iluminación Ornamental.
- [http://en.licht.de/fileadmin/Publications/licht-wissen/1409\\_LW03\\_E\\_Roads-Paths-Squares\\_web.pdf](http://en.licht.de/fileadmin/Publications/licht-wissen/1409_LW03_E_Roads-Paths-Squares_web.pdf)
- <http://www.lighting.philips.es>
- <http://www.erco.com/es>
- <https://comparadorofertasenergia.cnmc.es/comparador/index.cfm?js=1&e=N>
- <http://www.jovir.es/Jovir/cimentaciones>