



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA  
SUPERIOR INGENIEROS  
INDUSTRIALES VALENCIA

**TRABAJO FIN DE GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES**

# **PROYECTO DE INSTALACIÓN DE BT (450KW) EN UNA FÁBRICA DE MUEBLES INSTALADA EN LA SÈNIA (TARRAGONA)**

AUTOR: Juan Eduardo Abril Abril

TUTOR: Pablo Sebastián Ferrer Gisbert

**Curso Académico: 2019-20**



# **AGRADECIMIENTOS**

Quiero aprovechar la oportunidad, para agradecer el apoyo incondicional que me han brindado:

Mis padres,

Juan y Mercedes.

Y también a mi novia,

Mireia.

También querría agradecer la ayuda prestada por

Sebastián Pablo,

Paco Adell

y mi tutor Pablo Ferrer.



## **RESUMEN**

El proyecto que se describe a continuación, contiene los documentos justificativos de los criterios y cálculos que se han seguido para la realización del mismo. Dicho proyecto, consiste en el diseño de la instalación eléctrica de baja tensión de una planta industrial dedicada a la fabricación de muebles de madera para el hogar.

La mentada instalación eléctrica consta de las líneas necesarias para la alimentación de los diferentes consumos que hay en la planta, además de la aparatada necesaria para la protección tanto de las personas frente a los peligros potenciales que conlleva el trabajo con la electricidad, como de la protección que necesitan las líneas para evitar el deterioro o incluso la inutilización de los circuitos. Cabe indicar, que al tratarse de una actualización de la instalación, se han conservado parte de los equipos ya existentes.

Indicar que se ha realizado el proyecto con el objeto de que la instalación sea lo más eficiente posible. A destacar, entre otras cosas, el equipo de energía reactiva para evitar penalizaciones por parte de la empresa suministradora y el uso de luminarias LED de alta eficiencia y bajo consumo para reducir los gastos energéticos.

Por último, para certificar la legalización del documento, he basado el proyecto en los requisitos establecidos en el documento Núm. 4589 (EE-5) expedido por la consejería de industria de la Generalitat Valenciana.

**Palabras Clave:** Proyecto, Instalación Eléctrica, Baja Tensión, Protección, Eficiente, LED y Legalización

## **RESUM**

El projecte que es descriu a continuació, conté els documents justificatius dels criteris y càlculs que s'han seguit per a la seua realització. Aquest projecte, consisteix en el diseny de la instal·lació elèctrica de baixa tensió d'una planta industrial dedicada a la fabricació de mobles de fusta per a l'hogar.

La mencionada instal·lació elèctrica conté les línies necessàries per a l'alimentació dels diferents consums instal·lats a la planta, a més de l'aparamenta necessària per a la protecció les persones davant dels potencials riscos que porta el treball amb electricitat, com de la protecció que necessiten les línies per a evitar el desgast o inclús l'inutilització dels circuits. Cal indicar, que al tractar-s'hi d'una actualització de la instal·lació elèctrica, s'han conservat part dels equips existents.

Indicar que s'ha realitzat el projecte amb l'intenció de que l'instal·lació siga el més eficient possible. A destacar, entre altres coses, l'equip de compensació d'energia reactiva per evitar les penalitzacions per part de l'empresa suministradora y l'ús de luminàries LED d'alta eficiència y Baix consum per a reduir els gastos energètics.

Per a acabar, per a certificar la legalització del document, he basat el projecte en els requisits mínims establits en el document Núm 4589 (EE-5) expedit per la conselleria d'indústria de la Generalitat Valenciana.

**Palabras Clave:** Projecte, Instal·lació Elèctrica, Baixa tensió, Protecció, Eficient y Legalització

## **SUMMARY**

The project described below contains the supporting documents for the criteria and calculations that have been followed for the realization of the same. This project consists of the design of the low voltage electrical installation of an industrial plant dedicated to the manufacture of wood furniture for the home.

The electrical installation consists of the necessary lines for the feeding of the different consumptions that are in the plant, in addition to the equipment necessary for the protection of both people against the potential dangers of work with electricity, such as the protection that lines need to prevent deterioration or even misuse of circuits.

It should be noted that as it is an installation update, some of the existing equipment has been retained. Indicate that the project has been carried out in order to make the installation as efficient as possible. To highlight, among other things, the reactive energy equipment to avoid penalties by the supplier and the use of high efficiency and low consumption LED luminaires to reduce energy costs.

Finally, to certify the legalization of the document, I have based the project on the requirements set out in document No. 4589 (EE-5) issued by the industry council of the Generalitat Valenciana.

**Key words:** Project, Electrical instalation, Low Voltage, Protection, Efficiency and Legalization

# ÍNDICE

## DOCUMENTOS CONTENIDOS EN EL TFG

- Memoria
- Cálculos Justificativos
- Presupuesto
- Planos
- Anexos

## ÍNDICE DE LA MEMORIA

1.	MOTIVACIONES .....	9
2.	OBJETO DEL PROYECTO .....	9
3.	EMPLAZAMIENTO DE LAS INSTALACIONES .....	9
4.	REGLAMENTACIÓN Y NORMAS TÉCNICAS CONSIDERADAS.....	9
5.	CLASIFICACIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE LAS INSTALACIONES.....	10
5.1.	Sistema de alimentación. Tensiones de alimentación. ....	10
5.2.	Clasificación.....	10
5.3.	Características de la instalación .....	12
5.3.1.	Tipos de conductores, canalizaciones e identificación de los conductores .....	12
5.3.2.	Luminarias .....	14
5.3.3.	Tomas de corriente .....	14
5.3.4.	Aparatos protección .....	15
5.3.5.	Sistema de protección contra contactos indirectos.....	15
5.3.6.	Protección contra sobrecargas y cortacircuitos .....	16
5.3.7.	Protección contra sobretensiones .....	16
6.	PROGRAMA DE NECESIDADES.....	17
6.1.	Potencia eléctrica prevista en alumbrado, fuerza motriz y otros usos.....	17
6.2.	Potencia total prevista de la instalación .....	18
6.3.	Niveles luminosos exigidos según dependencias y tipo de lámparas.....	18
7.	DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN .....	19
7.1.	Instalaciones receptoras fuerza y/o alumbrado .....	19
7.1.1.	Cuadro general y su composición.....	20
7.1.2.	Líneas de distribución y canalización .....	22
7.1.3.	Cuadros secundarios y su composición.....	23
7.1.4.	Líneas secundarias de distribución y sus canalizaciones.....	29

7.2. Puesta a tierra .....	29
7.3. Equipos de conexión de energía reactiva.....	30
7.4. Alumbrados de emergencia .....	30
8. Bibliografía y recursos web .....	34

### **ÍNDICE DE LOS CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS**

1. TENSIÓN NOMINAL Y CAÍDA DE TENSIÓN MÁXIMA ADMISIBLE.....	37
2. PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO UTILIZADO .....	37
3. POTENCIA PREVISTA DE CÁLCULO.....	38
3.1. Potencia total prevista .....	38
4. Cálculos luminotécnicos .....	39
4.1. Cálculo del número de luminarias, según necesidades .....	39
5. Cálculos eléctricos: alumbrado y fuerza motriz .....	40
5.1. Sistema de instalación elegido en cada zona y sus características .....	40
5.2. Cálculo de la sección de los conductores y diámetro de los tubos de canalizaciones a utilizar en las líneas de alimentación al cuadro general y secundarios .....	41
6. Cálculo de las protecciones a instalar en las diferentes líneas generales y derivadas .....	43
6.1. Sobrecarga.....	43
6.2. Cortocircuitos .....	43
7. Cálculo del sistema de protección contra contactos indirectos. Cálculo de la puesta a tierra.....	45
8. Cálculo de la energía reactiva a compensar.....	46

### **ÍNDICE DEL PRESUPUESTO**

1. DESCRIPCIÓN DEL PRESUPUESTO.....	55
2. RESUMEN DEL PRESUPUESTO .....	62

### **ÍNDICE DE LOS PLANOS**

1. SITUACIÓN.....	66
2. PLANO GENERAL DE LA INDUSTRIA.....	67

### **ANEXOS**

1. INFORMES DIALUX.....	79
-------------------------	----



# **DOCUMENTO I**

***MEMORIA***



## **1. MOTIVACIONES**

El principal motivo por el que he elegido el proyecto “Instalación eléctrica de BT en una fábrica de muebles” ha sido la dificultad que he tenido durante todo el grado para superar las asignaturas relacionadas con la electricidad. Pues, aunque el tema sea posiblemente, el campo de la ingeniería tratado en el grado que más apuros me ha causado, no lo he afrontado como un problema, sino como un reto, un camino hacia la realización personal, tanto por el hecho de enfrentarme a un tema fuera de mi situación de confort, como por el hecho de conseguir llegar a la elaboración completa de un proyecto que fácilmente podría ser utilizado por una empresa real para realizar su propia instalación eléctrica.

Otro de los motivos, ha sido, aun sabiendo que aún me queda mucho por aprender para ser un ingeniero profesional, que he sido capaz de aplicar los conocimientos que adquiridos a lo largo de la carrera con la meta de realizar un proyecto aplicable a la industria. Siendo ésta una de mis motivaciones al iniciar el grado en ingeniería industrial. Aplicando normativas vigentes, como el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión tratando de llegar al equilibrio entre eficiencia y requisitos mínimos reglamentarios de la manera más eficaz y rigurosa posible.

## **2. OBJETO DEL PROYECTO**

La empresa peticionaria, dispone de un local convenientemente acondicionado, dedicado a la industria de Fabricación de muebles de madera para el hogar. Pero debido al paso de los años, la instalación ha quedado obsoleta. Aprovechando estas circunstancias se realizará una nueva instalación eléctrica, tanto en lo relacionado a fuerza motriz, como al alumbrado.

El objeto del proyecto es abastecer de energía eléctrica a la actividad de fabricación de muebles para el hogar. Para cumplir el objetivo, se precisa del diseño de las líneas eléctricas y de las protecciones necesarias para el correcto funcionamiento de los consumos tanto de fuerza motriz, como de alumbrado.

El proyecto comprende el diseño y la instalación del cableado y de la aparamenta de baja tensión desde la salida del centro de transformación del que dispone la empresa (630 kVA), hasta los consumos ya mencionados en el párrafo anterior.

## **3. EMPLAZAMIENTO DE LAS INSTALACIONES**

La planta de producción está ubicada en un polígono industrial en los alrededores de la localidad de La Sènia (Tarragona), concretamente en el km la carretera Santa Bàrbara-La Sènia, S/N. La planta de producción se encuentra muy cercana a la glorieta en la que se cruza la ya mencionada carretera con la TP-3311.

## **4. REGLAMENTACIÓN Y NORMAS TÉCNICAS CONSIDERADAS**

Para la realización del proyecto, se han tenido en cuenta los siguientes documentos:

- DOGV -Núm. 4.589 (EE-15 Instalaciones eléctricas de baja tensión en industrias).

- Reglamento electrotécnico de Baja Tensión (REBT) y su Instrucciones Técnicas Complementarias (aprobado por el RD 842/2002, de 2 de agosto de 2002. Edición actualizada a 10 de abril de 2019) y su guía de aplicación.
- Normas UNE
- Normas IEC

## 5. CLASIFICACIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE LAS INSTALACIONES

La instalación está enfocada a la producción de muebles de madera para el hogar, con elevados niveles de producción, por lo que el edificio tiene unas dimensiones considerables y múltiples accesos por los diferentes lados de los edificios, destacando la gran cantidad de muelles de carga/descarga que se encuentran en la cara sur de la planta. En total, la nave tiene un perímetro de 541,7 metros y un área de 15935,78 metros cuadrados y se alcanza los 8 metros de altura.

La planta está formada por dos grandes zonas contiguas claramente diferenciables, separadas por un cerramiento interior con diversas aberturas para permitir el paso de un lado al otro cada una de las cuales está compuesta por diferentes pórticos a dos aguas.

En la primera de estas dos zonas encontramos: la zona de procesado de tablones para su posterior montaje; el edificio de oficinas, se trata de un pequeño edificio de dos plantas de apenas 24 m<sup>2</sup>, formado por las propias oficinas (primer piso) y un baño (planta baja) situado en el centro de esta primera gran zona; y el resto de esta área está dedicada al embalaje de productos y descarga de mercancías desde los muelles de descarga situados en uno de los laterales del edificio.

En la segunda zona, localizamos: una pequeña zona que sigue estando dedicada al procesado de los tablones; el almacén; la zona de encolado y montaje; por último, la zona de carga del material, que igual que en la otra zona, se realiza en muelles de descarga.

La planta de producción está conectada al suministro eléctrico a través de un centro de transformación en el exterior del inmueble, a unos 15 metros. En él, se encuentra un transformador de 630 kVA que abastece de la energía necesaria a los receptores de la instalación para su correcto funcionamiento.

### 5.1. Sistema de alimentación. Tensiones de alimentación.

El transformador está conectado a la red de media tensión que alimenta el bobinado primario del transformador a una tensión de 20kV. La tensión en el secundario es de 380V, tensión a la cual se alimentarán los circuitos trifásicos de la instalación.

### 5.2. Clasificación

Las influencias externas, pueden aparecer en un ambiente por muchas razones y ser de distinta naturaleza (instalaciones exteriores, en locales húmedos, en presencia de líquidos...), pero siempre influyen en el material eléctrico que se utilizará en los circuitos de la instalación., por lo que es de vital importancia, identificar y clasificar las zonas en función del tipo de influencia externa y de la peligrosidad que entraña sobre la instalación o los trabajadores.

El Artículo 3 del Real Decreto 614/2001 nos indica que:

- Para determinar los equipos eléctricos a utilizar en la instalación, deberán tenerse especialmente en cuenta las características conductoras del local de trabajo y la presencia de atmosferas explosivas, materiales inflamables y /o corrosivos.

- Los equipos a instalar en las zonas de trabajo, deberán ser adecuados para su utilización bajo las particularidades del entorno de trabajo.

Por lo que nos apoyaremos en los reglamentos electrotécnicos correspondientes para determinar las condiciones de calidad y seguridad para los materiales y aparatos a utilizar en las zonas con características especiales.

En la ITC-BT 29, se nos establecen las directrices para la clasificación de los emplazamientos según la naturaleza y la concentración de las atmósferas explosivas, así como de la fuente y de su grado de escape.

Nuestra empresa, está formada en general por un local seco, en el que no podemos encontrar ningún otro riesgo que no sea el de la posible formación de atmósferas explosivas debido al arranque de viruta que se produce en algunas de las máquinas instaladas en la zona de procesado. Aunque las máquinas en las que el arranque de viruta es más importante, estén provista de un sistema de aspiración para evitar la formación nubes de polvo, eso no exime de tener que clasificar las zonas para equiparlas de un material que minimice o elimine el riesgo de explosión en presencia de esas nubes de polvo.

La clasificación, basada en la instrucción técnica mencionada anteriormente, nos lleva a categorizar algunas zonas de la planta de producción como “LOCAL DE CLASE II”, y establece además una subdivisión de la zona en función de la concentración del polvo inflamable en la atmósfera de trabajo, y nos lleva a hacer una clasificación particularizando para nuestro caso.

Para la clasificación en subzonas se ha seguido el procedimiento indicado en la norma UNE EN 60079-10-2:

- **ZONA 20:** Zona en la que la atmósfera explosiva está presente de forma permanente.  
La única zona en la que vamos a tener esta clasificación de emplazamiento será en el interior del ciclón de aspiración y en el interior de los sacos en los que se almacena la viruta extraída durante el procesado.
- **ZONA 21:** Zona en la que la atmósfera explosiva puede formarse ocasionalmente en condiciones normales de funcionamiento.  
En esta zona únicamente incluiremos el interior de los conductos de aspiración.
- **ZONA 22:** Zona en la que no cabe contar con la formación de una atmósfera explosiva en condiciones de funcionamiento, y que, en caso de formarse, lo haría por un breve período de tiempo.  
Esta zona se extenderá 1 metro alrededor de los bancos de trabajo de las máquinas fijas en todas las direcciones y hasta llegar al suelo.  
1 metro alrededor de los venteos del ciclón.  
1 metro alrededor del saco donde descarga el ciclón.

Remarcar la importancia del mantenimiento en óptimas condiciones de la extracción y una buena limpieza, obligatoria a varias veces por turno para que no se produzca una extensión de la clasificación de las zonas. De no cumplirse las exigencias de limpieza y ventilación, algunas de las zonas 22 pasarían a ser 21 y pasaría a clasificarse como zona 22 el resto de la nave.

También se debe prestar especial atención a las posibles formaciones de capas de polvo en emplazamientos cercanos a las fuentes de polvo de viruta, pues influencias externas podrían volatilizar las capas y formarse atmósferas explosivas en locales que ‘a priori’ estarían exentos de ser clasificados.

El resto de la instalación, excluyendo los equipos instalados a más de 3 metros de altura, (alumbrado y líneas) se clasificará como 'Local polvorientos sin riesgo de incendio o explosión'. Esto es debido a que, al trabajarse únicamente con madera, puede haber polvo en el resto de la instalación debido al trabajo con los materiales provenientes de las máquinas de procesado. Aunque este polvo nunca estará en concentraciones suficientes como para crear una atmósfera potencialmente explosiva (aunque sí podría producir deterioros o defectos de aislamiento en los equipos) entre otras cosas, debido a las exigencias en cuanto al nivel de limpieza.

Como resumen del apartado, se puede decir que únicamente habrá que proveer de la protección adecuada al cableado que se instale en la alimentación de los consumos que se encuentren en el interior de zonas clasificadas.

### **5.3. Características de la instalación**

Para proveer de electricidad a toda la planta, la empresa cuenta con un centro de transformación de 630 kVA, del cual sale una línea de enlace que alimenta al cuadro general.

El total de la instalación eléctrica estará formado por un cuadro general de mando y protección a partir del cual saldrán 15 líneas (9 para alimentar a los motores y 6 para el alumbrado de la planta) para alimentar los 17 cuadros secundarios existentes, 8 de los cuales corresponden a la red de alumbrado.

Las líneas estarán protegidas debidamente contra sobrecargas, cortocircuitos y también se protegerán todas las partes metálicas accesibles frente a posibles contactos indirectos.

La protección se ha realizado de manera que, en caso de que surgiese algún problema durante el funcionamiento normal de los receptores, actúe la protección pertinente privando de alimentación al menor número posible de receptores en la línea afectada.

Además, toda la instalación se ha diseñado para satisfacer las necesidades de todos los equipos de la manera más eficiente posible, como instalando luminarias muy eficientes (LED) o situando el cuadro general de alimentación cercano a los receptores de mayor potencia con el fin de que las líneas que los alimenten sean lo más cortas posibles.

#### **5.3.1. Tipos de conductores, canalizaciones e identificación de los conductores**

En todos los circuitos de la instalación se va a utilizar el cobre como material conductor y los cables van a ser siempre unipolares.

Hay que indicar que el cableado destinado a la alimentación de todos los receptores de fuerza motriz, se hará con cables de cobre unipolares y aislamientos de material termoestable Polietileno Reticulado (XLPE). Por otra parte, los conductores que alimentarán las luminarias y la iluminación de los baños y oficina, serán también unipolares, aunque la cubierta será de material termoplástico PVC.

La elección del tipo de cable se hará siguiendo las normas indicadas en las ITC-BT 19 e ITC-BT 20 para cada tipo de línea, según su canalización, receptor y zona de clasificación.

Las líneas que transportarán la electricidad hasta hacerla llegar a los cuadros secundarios, irán montadas sobre canalizaciones de tipo bandeja perforada del tipo rejilla (para evitar improbables acumulaciones de polvo). Para la alimentación los receptores de fuerza motriz, el cableado se instalará bajo tubo metálico sobre superficie para evitar su deterioro.

Los conductores instalados que alimentan receptores de fuerza motriz, se situarán siempre en el interior conducciones tipo tubo, siendo estas de acero galvanizado, que deberán ser, además, estancas a la penetración del polvo y tener un grado mínimo de protección frente a impactos mecánicos de IK07.

Para las líneas que alimentarán los cuadros secundarios, dado que no están sujetas a ninguna clasificación de emplazamiento, se instalarán con cables unipolares RZ1-K(AS) para las líneas que alimentan cuadros de fuerza motriz y tipo VV-K para las líneas que alimentan cuadros de alumbrado, ambos de tensión asignada 0,6/1 kV (Norma UNE 20.460). Se instalarán sobre bandeja perforada del tipo rejilla dispuestos en capa única, en dos bandejas diferentes. Una para las líneas de fuerza motriz y la otra para las líneas de alumbrado.

Para el cableado que alimenta los receptores de fuerza motriz en zonas sin clasificar, se utilizarán cables unipolares de cobre con aislamiento de XLPE del tipo H07V-K de tensión asignada 450/750 V. Los conductores aislados, se instalarán bajo tubo metálico rígido protector (4321 y no propagador de llama), y los tubos cumplirán con lo establecido en la ITC-BT 21, y su diámetro exterior se seleccionará con la tabla 2 de la misma instrucción técnica.

Para la alimentación de los equipos de fuerza motriz en zonas sujetas a clasificación 22, se instalarán en conducción fija tipo tubo metálico rígido (4321 y no propagador de llama) sobre la superficie, en la que se instalarán conductores unipolares de cobre con aislante de XLPE. El cable a instalar es el H07V-K (+ No propagador del incendio), con tensión asignada no inferior a 450/750 V. Cabe destacar que el cableado situado en la zona 22 se ha sobredimensionado aumentando en un 15% la intensidad de diseño para cumplir la normativa (UNE 60.079).

Para los cables que alimentan las luminarias, se utilizarán cables unipolares con aislamiento de PVC del tipo ES07V-K(AS) con tensión asignada de 450/750 V. Deben ser instalados bajo tubo flexible suspendido de material no conductor (PVC), cumpliendo las características de la tabla 6 de la ITC-BT 21) y eligiéndose el diámetro exterior de los mismos por la tabla 7 de la ITC-BT 21 del REBT.

La norma UNE 20460, obliga a realizar las instalaciones en huecos de la construcción (falso techo) con cables libres de halógenos (AS). Por lo que el cableado de alimentación de las luminarias de oficinas y cuartos de baño, se hará con el cable tipo ES07V-K(AS). Las conducciones serán las mismas que las utilizadas en el resto de la instalación de alumbrado.

La instalación de las conducciones a utilizar se hará siguiendo las instrucciones del ITC-BT 20. Cabe destacar la necesidad de conectar a tierra todas las partes accesibles de las conducciones metálicas.

Al hacer uso de conductores del tipo unipolar, es necesaria hacer una distinción entre los diferentes conductores. La identificación de los conductores se hará siguiendo la clasificación de la ITC-BT 19.

- El conductor neutro será de color azul claro.
- El conductor de protección será de color verde-amarillo.
- Los conductores de fase serán de color negro, marrón o gris.

La elección de las secciones de los conductores de protección se hará en función de lo indicado por la tabla siguiente.

**Tabla 1.** Relación entre los conductores de fase y los de protección

*Extraída de la ITC-BT 18 del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión*

Sección de los conductores de fase de la instalación $S$ (mm <sup>2</sup> )	Sección mínima de los conductores de protección $S_p$ (mm <sup>2</sup> )
$S \leq 16$	$S_p = S$
$16 < S \leq 35$	$S_p = 16$
$S > 35$	$S_p = S/2$

Para tener en cuenta las corrientes armónicas que puedan ser provocadas por la existencia de cargas no lineales y posibles desequilibrios en ellas, el dimensionado del conductor neutro deberá tener al menos la misma sección de que los conductores de fase.

### 5.3.2. Luminarias

Para la instalación del sistema de iluminación de la planta se ha utilizado una potente herramienta de cálculo como es Dialux EVO 8.1.

El diseño se ha llevado a cabo para garantizar unos niveles de iluminación mínimos en función de la actividad a realizar en cada una de las áreas de trabajo donde se instalarán los equipos de iluminación. También ha sido necesaria garantizar una uniformidad de iluminación de 0.7 en las áreas de tarea y de 0.5 en las áreas circundantes inmediatas.

Las luminarias instaladas deberán tener un grado de protección mínimo de IP 5x contra la entrada de partículas de polvo.

La instalación de las luminarias suspendidas se hará a una altura sobre nivel de suelo que variará entre 6.5 y 7.5 metros de altura, en función del nivel de iluminación requerido en la zona de instalación.

Las luminarias instaladas dependerán de las zonas en las que se ha realizado la instalación de éstas, distinguiendo hasta 5 tipos de luminarias diferentes en toda la planta:

- Thorlux Lighting-CS18551 Comboseal PLUS LED IP65–SMART-4000K-Broad distribution - 251W-CRI 80
- Philips – BY471P IP 65 1xPRO170S/840 WB GC—3000K- 138 W -CRI 100
- Philips – DN140B PSU IP54 D162 1xLED10S/830 C -3000K- 9.5 W-CRI 100
- Philips – DN470P IP44 1xLED 20S/830 C – 3000K-18.3 W-CRI 100
- OPPL Lighting Co. Ltd – 140037726 MDP017036/L-LED-Panel-4000K-Comfortable-38.5 W-CRI 80

### 5.3.3. Tomas de corriente

Al tratarse de la renovación de la instalación eléctrica de BT de la empresa, la misma solo exige de una sola toma de corriente en toda la instalación.

Dicha toma de corriente estará situada en el piso 1 del edificio de oficinas, y se ha dimensionado en función de los requisitos establecidos por el ITC-BT 10, 4.1 en el que se establecen los niveles



mínimos de potencia para la instalación de carga a instalar. En el caso que comprende nuestra instalación, se instalará una toma de corriente fija diseñada para alimentar 3450 W a 230 V y 16 Amperios.

La base de la toma de corriente a instalar será múltiple (con 4 tomas) y del tipo 'C2b', según la norma UNE 20315.

#### 5.3.4. Aparatos protección

La instalación eléctrica de una planta, consiste en proveer de electricidad a todos los receptores asegurando el correcto funcionamiento de los equipos, garantizando también la seguridad de las personas y la integridad de los equipos instalados.

Para que la instalación sea eficaz y segura, las protecciones instaladas se han pensado con el objeto de satisfacer las siguientes cualidades:

- Fiabilidad Las protecciones deben actuar sólo siempre y cuando exista un problema. El sistema también requiere de la fiabilidad para no actuar en situaciones innecesarias.
- Velocidad de actuación la aparatada de protección debe ser rápida para evitar daños mayores en la instalación
- Sensibilidad Los defectos en los equipos provocan intensidades de defecto que, por pequeñas que sean, deben ser detectadas.
- Selectividad La actuación de las protecciones debe provocar el corte del suministro únicamente a la zona afectada, dejando al resto de la instalación que funcione de manera habitual.

#### 5.3.5. Sistema de protección contra contactos indirectos

La protección contra contactos indirectos, se hará siguiendo las indicaciones de la ITC BT-24, de forma que se garantice de manera efectiva la seguridad de las personas.

La protección contra contactos indirectos, en nuestro caso, funciona cortando el circuito cuando el diferencial detecta una corriente de defecto circulante por el conductor de protección, debida a la existencia de un defecto de aislamiento. En ese momento, el toroidal del interruptor diferencial detecta que la suma vectorial de las corrientes de fase y neutro es diferente de 0, haciendo actuar al disparador, provocando la apertura del circuito.

Para la protección frente a contactos indirectos se instalarán interruptores diferenciales en todas las líneas de fuerza motriz y uno en cada cuadro de iluminación.

Para garantizar la selectividad de los interruptores automáticos, la selección de los interruptores diferenciales se hará siguiendo los criterios para asegurar la selectividad de los circuitos.

$$I_{\Delta N2} \leq I_{\Delta n f1}$$

Siendo  $I_{\Delta N2}$  la corriente diferencial nominal del dispositivo 2 instalado aguas abajo, e  $I_{\Delta n f1}$  la intensidad diferencial nominal del dispositivo 1 instalado aguas arriba en el circuito.

La intensidad diferencial nominal será de 300 mA para receptores de fuerza motriz y 30 mA para alumbrado y resto de usos. Los diferenciales del cuadro general para la alimentación de las líneas que

desembocan en los cuadros secundario, tendrán una sensibilidad de 1000 mA para asegurar el criterio de selectividad.

Nuestra empresa tiene las tierras conectadas a una resistencia independiente de la puesta a tierra del transformador, siguiendo un esquema de distribución del tipo TT, habitual en pequeñas y medianas empresas.

La tensión de seguridad que se utilizará para el dimensionado de la puesta a tierra es de 50 V al tratarse nuestra empresa de un emplazamiento seco.

#### 5.3.6. Protección contra sobrecargas y cortocircuitos

La protección contra sobrecargas y cortocircuitos se hará mediante el mismo aparato para cortar ambos defectos. Se trata de un magnetotérmico (o interruptor automático).

Pese a ser más caros que los fusibles, se ha optado por instalar magnetotérmicos en detrimento de los primeros debido a que, en caso de cortocircuito, no habría que cambiar ningún componente.

Los magnetotérmicos son dispositivos con varios tipos de disparadores, el térmico, que sería el que actuaría en caso de sobrecargas, y el magnético, actuando este cuando se produzca un cortocircuito ya que llevaría los valores de corriente a la zona del gráfico de disparo seguro

Dicho dispositivo se dispondrá conforme a la ITC-BT 22 para la protección frente a sobreintensidades y para la comprobación de que la línea está correctamente protegida frente a cortocircuitos por el interruptor automático, se seguirán las condiciones establecidas en la norma UNE 20 460.

Además, la selección del poder de corte del interruptor automático de la línea de enlace, se hará sobredimensionando su poder de corte de manera que su poder de corte en servicio sea mayor que la corriente máxima de cortocircuito que se pueda registrar en ese punto ( $I_{CS}=k \cdot I_{k3}$ ).

Cabe indicar, que los magnetotérmicos a instalar en líneas que alimentan directamente a motores, deberán tener curvas de disparo del tipo C o superior, pues las curva B, podría provocar el accionamiento de la protección durante el funcionamiento normal del motor, debido a picos de corriente que se hubiesen podido dar durante el arranque del equipo.

Por otra parte, remarcar el uso de magnetotérmicos del tipo B para las líneas de gran tamaño dedicadas a la alimentación de las luminarias, pues la resistencia acumulada al final de la línea, es elevada y esto provoca que las corrientes de cortocircuito no sean excesivamente elevadas. Por lo que el dispositivo que proteja los circuitos de estas características deberá estar regulado adecuadamente para reaccionar ante estos cortocircuitos de menor intensidad.

#### 5.3.7. Protección contra sobretensiones

Aunque para la instalación que nos ocupa, no es obligatorio el uso de dispositivos de protección contra sobretensiones transitorias, sí que es muy recomendable hacerlo, ya que, con la instalación de unos pequeños dispositivos, podemos ahorrarnos reparaciones futuras que puedan estar causadas por estas anomalías en la red. Pues es sabido que las sobretensiones pueden tener efectos muy importantes sobre la integridad de las instalaciones eléctricas.

Las sobretensiones en instalaciones de baja tensión pueden tener orígenes de distinta naturaleza. Habitualmente son debidas a descargas atmosféricas, durante maniobras en redes de transporte y distribución o a maniobras en la instalación del usuario, siendo la duración de éstas del orden de unos pocos milisegundos. Por lo que los descargadores de tensión que instalaremos protegerán la instalación frente a situaciones de tipo transitorio.

Los efectos que estas sobretensiones pueden tener desde la perforación de los aislantes del cableado, hasta averías en los equipos electrónicos.

Para la protección contra sobretensiones se utilizan varistores, que no es más que un dispositivo que modifica su resistencia eléctrica en función de la tensión a la que esté sometido, siendo la resistencia muy elevada a valores de tensión normal (prácticamente se comporta como un interruptor abierto) y prácticamente nula cuando se produce una sobretensión (interruptor cerrado), lo que dirige la corriente provocada por esta sobretensión a tierra.

La tabla 1 de la ITC-BT 23, nos indica la resistencia a sobretensiones de los equipos pertenecientes a las distintas categorías. Como en la planta, disponemos de receptores de distintos tipos, instalaremos protecciones del tipo 1 en el cuadro general de mando (para la protección de los equipos de categoría III) y del tipo 3 en el cuadro secundario destinado a la alimentación de la oficina (allí se encuentran dispositivos de categoría I muy sensibles a sobretensiones).

El dispositivo, al encontrarnos en una distribución del tipo TT, se hará conectando los descargadores de sobretensiones entre tierra y cada una de las fases y entre tierra y neutro.

La conexión a tierra de los dispositivos de protección contra sobretensiones debe tener una sección que depende del tipo de dispositivo instalado. En nuestro caso:

- Dispositivo de tipo I - Sección del conductor 16mm<sup>2</sup>, conectando el dispositivo al borne principal de tierra.
- Dispositivo de tipo III - Sección del conductor 2.5 mm<sup>2</sup>, conectando el dispositivo al borne de tierra del cuadro correspondiente.

## **6. PROGRAMA DE NECESIDADES**

Las necesidades a cubrir en la instalación eléctrica de esta empresa para muebles, condicionan el dimensionado de las líneas. El total de los consumos de fuerza motriz y de alumbrado conforman la energía a suministrar a los diferentes receptores a través del cableado.

También se diseñará la potencia de las luminarias, la posición de las mismas en planta con el fin de asegurar unos niveles de iluminación adecuados en función de la tarea a realizar en cada zona de la planta.

### **6.1. Potencia eléctrica prevista en alumbrado, fuerza motriz y otros usos**

El total de la potencia eléctrica instalada para fuerza motriz, lo forman un conjunto de 45 motores, que, sumados, hacen un total de 427.59 kW de potencia activa.

La potencia instalada para garantizar la iluminación de la planta entera es de 42.33 kW de activa, la cual tiene unas dimensiones de casi 16.000 m<sup>2</sup> y está compuesta en su totalidad por 173 luminarias

LED (incluyendo planta, oficinas y baños). El factor de potencia medio de la instalación de las luminarias es de 0.9 según indica el fabricante.

En las oficinas, la previsión de carga para la potencia que consumirán los equipos conectados a la toma de corriente, será de 3450 W puramente resistivos.

## 6.2. Potencia total prevista de la instalación

Sumando los consumos de fuerza motriz, de alumbrado y las tomas de corriente, obtenemos la potencia instalada. No obstante, durante el funcionamiento normal de la producción, nunca llegan a estar todos equipos de fuerza motriz trabajando al mismo tiempo, ni lo hacen a plena carga, por lo que la potencia total instalada no coincidirá con la potencia para la cual se ha dimensionado el cableado y la aparamenta eléctrica. La diferencia entre ambas potencias, recae en la aplicación de un coeficiente de simultaneidad. El valor del coeficiente mínimo que aplicaremos a la instalación será de 0.8 en la mayoría de los receptores de fuerza motriz. Para el alumbrado y algún motor se ha utilizado el coeficiente con valor igual a 1, ya que se ha considerado que durante el transcurso normal de la producción se utilizarán sin interrupción.

## 6.3. Niveles luminosos exigidos según dependencias y tipo de lámparas

Se ha hecho una distinción de zonas según las necesidades de iluminación en cada una de ellas en función de los trabajos o de la funcionalidad de las dependencias en que se instalen las luminarias.

El nivel mínimo de iluminación en cada una de las zonas, se ha designado siguiendo las indicaciones oportunas presentes en la norma para iluminación de interiores UNE 12464.1.

En esta norma se establecen los requisitos de iluminación para la correcta satisfacción de tres necesidades humanas básicas: El confort visual, las prestaciones visuales y la seguridad a la hora de realizar las actividades.

Las luminarias instaladas cumplen la normativa para prestar todas necesidades básicas. Estas zonas se detallan exhaustivamente en los informes lumínicos extraídos del programa para el cálculo de luminarias utilizado (Dialux Evo 8.1) y se incluirán en los anexos del proyecto, aunque para dar una ligera idea general, se adjunta la siguiente tabla explicativa.

**Tabla 2.** Niveles de iluminación y luminarias instaladas en las diferentes zonas de trabajo

Tarea	Iluminación media(E)	Tipo de luminaria
Trabajos en zona de máquinas	500 lux	Thorlux Lightning-Combo Seal Plus - luminaria LED suspendida -251 W
Trabajos en zona de montaje y encolado, embalaje y carga	300 lux	Thorlux Lightning-Combo Seal Plus- luminaria LED suspendida -251 W
Zona de almacenes	100 lux	Philips - BY 471P-Luminaria LED suspendida -138 W
Trabajos de oficina	500 lux	Opplé Lightning Co.-MDP017036 -panel LED-38.5 W (empotradas falso techo)
Baños	200 lux	Philips- DN140B LED- 9.5 W Philips- DN470B LED-18.3 W (empotradas en falso techo)

## 7. DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN

Como ya se ha dicho, la instalación se ha diseñado con el fin de alimentar al total de la fábrica de muebles. En la producción, intervienen hasta un total de 45 receptores de fuerza motriz y las 173 luminarias. Para ello, la empresa cuenta con un centro de transformación propio de 630kVA que suministra energía a través de la línea de enlace (formada por dos circuitos), que abastece el cuadro general de protección.

En el cuadro general, se encuentra la aparatada de protección de todos los circuitos que parten hacia los cuadros secundarios. Podemos contar hasta 15 líneas salientes y se encuentra situado cerca de la zona con mayor potencia instalada en planta (Zona de procesado).

Hay distribuidos un total de 17 cuadros secundarios por toda la planta para asegurar una adecuada protección de los receptores y de las líneas que los alimentan.

Como la empresa dispone de un centro de transformación propio conectado directamente a la red de media tensión, la medida de energía se realizará en el lado de alta del transformador, por lo que el diseño del sistema de contaje no es objeto del proyecto que nos ocupa.

### 7.1. Instalaciones receptoras fuerza y/o alumbrado

Cómo ya se ha dicho, hay un total de 46 elementos de fuerza motriz, y 273 de alumbrado. A continuación, se incluye una tabla para asignarles una numeración individual, en la que también se incluyen una serie de parámetros característicos necesarios para realizar el dimensionado de los equipos que los alimentarán.

**Tabla 3.** Numeración motores y sus parámetros característicos

Marca	Cant.	Descripción	kW	Coef. sim.	Pot (kW)	FDP	S (kVA)
M1	1	Seccionadora	14.72	0.8	11.8	0.85	13.86
M2	1	Seccionadora	14.72	0.8	11.8	0.85	13.86
M3	1	Seccionadora	14.72	0.8	11.8	0.85	13.86
M4	1	Seccionadora	14.72	0.8	11.8	0.85	13.86
M5	1	Aspiraciones secc.	22.08	0.8	17.7	0.86	20.55
M6	1	Seccionadora Giben	25.76	0.8	20.6	0.87	23.66
M7	1	Aspiración Giben	29.44	0.8	23.6	0.87	27.08
M8	1	Aspiraciones Homag	22.08	0.8	17.7	0.86	20.55
M9	1	Seccionadora Homag	14.72	0.8	11.8	0.85	13.86
M10	1	Seccionadora Homag	14.72	0.8	11.8	0.85	13.86

M11	1	Descargador	5.15	0.8	4.1	0.83	4.96
M12	1	Seccionadora Holzma	14.72	0.8	11.8	0.85	13.86
M13	1	Aspiración Holzma	22.08	0.8	17.7	0.86	20.56
M14	1	Descargador	7.36	0.8	5.9	0.84	7.01
M15	1	Chapeadora unilateral	18.4	0.8	14.7	0.85	17.31
M16	1	Escuadradora	4.05	0.8	3.2	0.82	3.93
M17	1	Chapeadora unilateral	14.72	0.8	11.8	0.85	13.86
M18	1	Escuadradora	4.05	0.8	3.2	0.82	3.93
M19	1	Taladro	1.99	0.8	1.6	0.81	1.97
M20	1	Tupi	2.94	0.8	2.4	0.82	2.89
M21	1	Chapeadora manual	1.99	0.8	1.6	0.81	1.97
M22	1	Máquina Brema	29.44	0.8	23.6	0.87	27.08
M23	1	Embaladora 1	50	1	50	0.87	57.47
M24	1	Embaladora 2	50	1	50	0.87	57.47
M25-44	20	Transfers líneas montaje	7.36	1	7.36	0.8	9.22
M45	1	Máquina Brema	5.89	0.8	4.7	0.82	5.74
46	1	Pot. Instalada iluminación	42.33	1	42.33	0.9	47.03
47	1	Toma de corriente oficina	3.45	1	3.45	1	3.45
-	-	Total potencia diseño	473.59	1	409.5	0.864	473.9

Las luminarias se disponen en grupos de entre 4 y 6 unidades, excepto en casos aislados. Cada uno de estos grupos está alimentado por una línea que sale del correspondiente cuadro secundario. Se ha dispuesto de esta manera, para que, en caso de fallo, éste afecte a la menor cantidad de luminarias posible

#### 7.1.1. Cuadro general y su composición

La línea de enlace que alimenta el embarrado del cuadro general, está formada por 2 circuitos ( $2 \times (4 \times 240 \text{mm}^2 + \text{TT } 120 \text{mm}^2)$ ) que discurren paralelamente en el interior de una canalización tipo tubo instalada superficialmente que une el lado de baja del transformador con el embarrado del cuadro general. La línea tiene una longitud de 15 metros de longitud.

En el cuadro general, será un armario y tendrá un grado de protección de IP-55, y en él se instalarán las protecciones de las líneas que alimentarán los cuadros secundarios, además del interruptor de corte general, el cual estará sobredimensionado con un poder de corte muy superior a la intensidad de cortocircuito máxima para garantizar una larga vida útil del mismo, de modo que su poder de corte en servicio sea ligeramente superior a la intensidad de cortocircuito cumpliéndose la ecuación:

$$I_{CS}=k \cdot I_{K3} \quad \text{siendo } k=0.5$$

A continuación, se indica la aparamenta que deberá instalarse en el cuadro general:

- Interruptor magnetotérmico de caja moldeada tetrapolar con un poder de corte de 50 kA y una intensidad nominal de 1000 A, el cual cuenta con un enclavamiento de seguridad.
- Interruptor magnetotérmico tetrapolar equipado con bloque diferencial de 1000 mA de sensibilidad, con un poder de corte de 20 kA y una intensidad nominal de 125 A. Servirá de protección a la línea 1 que alimenta el cuadro secundario 1.
- Interruptor magnetotérmico tetrapolar equipado con bloque diferencial de 1000 mA de sensibilidad, con un poder de corte de 20 kA y una intensidad nominal de 100 A. Servirá de protección a la línea 2 que alimenta el cuadro secundario 2.
- Interruptor magnetotérmico tetrapolar equipado con bloque diferencial de 1000 mA de sensibilidad, con un poder de corte de 20 kA y una intensidad nominal de 100 A. Servirá de protección a la línea 3 que alimenta el cuadro secundario 3.
- Interruptor magnetotérmico tetrapolar equipado con bloque diferencial de 1000 mA de sensibilidad, con un poder de corte de 20 kA y una intensidad nominal de 80 A. Servirá de protección a la línea 4 que alimenta el cuadro secundario 4. Regulado a 78 A
- Interruptor magnetotérmico tetrapolar equipado con bloque diferencial de 1000 mA de sensibilidad, con un poder de corte de 20 kA y una intensidad nominal de 80 A. Servirá de protección a la línea 5 que alimenta el cuadro secundario 5. Regulado a 70 A.
- Interruptor magnetotérmico tetrapolar equipado con bloque diferencial de 1000 mA de sensibilidad, con un poder de corte de 20 kA y una intensidad nominal de 125 A. Servirá de protección a la línea 6 que alimenta el cuadro secundario 6.
- Interruptor magnetotérmico tetrapolar equipado con bloque diferencial de 1000 mA de sensibilidad, con un poder de corte de 20 kA y una intensidad nominal de 125 A. Servirá de protección a la línea 7 que alimenta el cuadro secundario 7. Regulado a 115 A
- Interruptor magnetotérmico tetrapolar equipado con bloque diferencial de 1000 mA de sensibilidad, con un poder de corte de 20 kA y una intensidad nominal de 63 A. Servirá de protección a la línea 8 que alimenta el cuadro secundario 8. Regulado a 55 A.
- Interruptor magnetotérmico tetrapolar equipado con bloque diferencial de 1000 mA de sensibilidad, con un poder de corte de 20 kA y una intensidad nominal de 20 A. Servirá de protección a la línea 9 que alimenta el cuadro secundario 9.
- Interruptor magnetotérmico bipolar equipado con bloque diferencial de 300 mA de sensibilidad con un poder de corte de 20 kA y una intensidad nominal de 16 A. Servirá de protección a la línea de alumbrado 1 que alimenta el cuadro secundario de alumbrado 1.
- Interruptor magnetotérmico bipolar equipado con bloque diferencial de 300 mA de sensibilidad con un poder de corte de 20 kA y una intensidad nominal de 50 A. Servirá de protección a la línea de alumbrado 2 que alimenta los cuadros secundarios de alumbrado 2 y 3.

- Interruptor magnetotérmico bipolar equipado con bloque diferencial de 300 mA de sensibilidad con un poder de corte de 20 kA y una intensidad nominal de 25 A. Servirá de protección a la línea de alumbrado 3 que alimenta los cuadros secundarios de alumbrado 4 y 5.
- Interruptor magnetotérmico bipolar equipado con bloque diferencial de 300 mA de sensibilidad con un poder de corte de 20 kA y una intensidad nominal de 63 A. Servirá de protección a la línea de alumbrado 4 que alimenta el cuadro secundario de alumbrado 6.
- Interruptor magnetotérmico bipolar equipado con bloque diferencial de 300 mA de sensibilidad con un poder de corte de 20 kA y una intensidad nominal de 80 A. Servirá de protección a la línea de alumbrado 5 que alimenta el cuadro secundario de alumbrado 7.
- Interruptor magnetotérmico bipolar equipado con bloque diferencial de 300 mA de sensibilidad con un poder de corte de 20 kA y una intensidad nominal de 63 A. Servirá de protección a la línea de alumbrado 6 que alimenta el cuadro secundario de alumbrado 8.

### 7.1.2. Líneas de distribución y canalización

Las características individuales de cada línea en función de su alimentación han sido expuestas en el apartado 4.3.1, por lo que, sólo se incluirá una tabla resumen incluyendo algún aspecto más para ayudar a ubicar las líneas.

La instalación de las líneas será aérea y discurrirán de manera contigua la pared que divide ambos espacios principales de la nave Las líneas, pese a discurrir la mayoría por el mismo recorrido y por una canalización del mismo tipo y a partir de la canalización principal van saliendo líneas hasta llegar a su destino, se ha optado por instalar 2 bandejas para evitar coeficientes de agrupamiento más nocivos para el dimensionado de secciones por criterio térmico.

En la bandeja 1 se instalarán todas las líneas que alimenten receptores de fuerza motriz, es decir: L1, L2, L3, L4, L5, L6, L7, L8 y L9, mientras que por la bandeja 2 discurrirán las líneas de alimentación de los cuadros de alumbrado (LA2, LA3, LA4, LA5 y LA6), exceptuando la LA1, la cual se ha instalado bajo tubo flexible suspendido de material no conductor.

A continuación, se describe detalladamente la instalación de cada una de las líneas:

- Línea de alimentación al cuadro secundario C1, estará construida por 4 cables unipolares ( $S_{NEUTRO}=S_{FASE}$ ) de 35mm<sup>2</sup> de sección para cada uno de ellos, más un conductor de 16 mm<sup>2</sup> como conductor de protección, conductores de cobre con tensión de aislamiento 0,6/1 kV con polietileno reticulado (XLPE) como material aislante.
- Línea de alimentación al cuadro secundario C2, estará construida por 4 cables unipolares ( $S_{NEUTRO}=S_{FASE}$ ) de 25 mm<sup>2</sup> de sección para cada uno de ellos, más un conductor de 16 mm<sup>2</sup> como conductor de protección, conductores de cobre con tensión de aislamiento 0,6/1 kV con polietileno reticulado (XLPE) como material aislante.
- Línea de alimentación al cuadro secundario C3, estará construida por 4 cables unipolares ( $S_{NEUTRO}=S_{FASE}$ ) de 25 mm<sup>2</sup> de sección para cada uno de ellos, más un conductor de 16 mm<sup>2</sup> como conductor de protección, conductores de cobre con tensión de aislamiento 0,6/1 kV con polietileno reticulado (XLPE) como material aislante.
- Línea de alimentación al cuadro secundario C4, estará construida por 4 cables unipolares ( $S_{NEUTRO}=S_{FASE}$ ) de 16 mm<sup>2</sup> de sección para cada uno de ellos, más un conductor de 16 mm<sup>2</sup> como conductor de protección, conductores de cobre con tensión de aislamiento 0,6/1 kV con polietileno reticulado (XLPE) como material aislante.



- Línea de alimentación al cuadro secundario C5, estará construida por 4 cables unipolares ( $S_{NEUTRO}=S_{FASE}$ ) de 16 mm<sup>2</sup> de sección para cada uno de ellos, más un conductor de 16 mm<sup>2</sup> como conductor de protección, conductores de cobre con tensión de aislamiento 0,6/1 kV con polietileno reticulado (XLPE) cómo material aislante.
- Línea de alimentación al cuadro secundario C6, estará construida por 4 cables unipolares ( $S_{NEUTRO}=S_{FASE}$ ) de 35 mm<sup>2</sup> de sección para cada uno de ellos, más un conductor de 16 mm<sup>2</sup> como conductor de protección, conductores de cobre con tensión de aislamiento 0,6/1 kV con polietileno reticulado (XLPE) cómo material aislante.
- Línea de alimentación al cuadro secundario C7, estará construida por 4 cables unipolares ( $S_{NEUTRO}=S_{FASE}$ ) de 35 mm<sup>2</sup> de sección para cada uno de ellos, más un conductor de 16 mm<sup>2</sup> como conductor de protección, conductores de cobre con tensión de aislamiento 0,6/1 kV con polietileno reticulado (XLPE) cómo material aislante.
- Línea de alimentación al cuadro secundario C8, estará construida por 4 cables unipolares ( $S_{NEUTRO}=S_{FASE}$ ) de 10 mm<sup>2</sup> de sección para cada uno de ellos, más un conductor de 10 mm<sup>2</sup> como conductor de protección, conductores de cobre con tensión de aislamiento 0,6/1 kV con polietileno reticulado (XLPE) cómo material aislante.
- Línea de alimentación al cuadro secundario C9, estará construida por 4 cables unipolares ( $S_{NEUTRO}=S_{FASE}$ ) de 4 mm<sup>2</sup> de sección para cada uno de ellos, más un conductor de 4 mm<sup>2</sup> como conductor de protección, conductores de cobre con tensión de aislamiento 0,6/1 kV con polietileno reticulado (XLPE) cómo material aislante.
- Línea 1 de alimentación al cuadro secundario de alumbrado CA1, estará construida por 2 cables unipolares ( $S_{NEUTRO}=S_{FASE}$ ) de 2.5 mm<sup>2</sup> de sección para cada uno de ellos, más un conductor de 2.5 mm<sup>2</sup> como conductor de protección, conductores de cobre con tensión de aislamiento 0,6/1 kV con PVC cómo material aislante.
- Línea 2 de alimentación a los cuadros secundarios de alumbrado CA2 y CA3, estará construida por 2 cables unipolares ( $S_{NEUTRO}=S_{FASE}$ ) de 16 mm<sup>2</sup> de sección para cada uno de ellos, más un conductor de 16 mm<sup>2</sup> como conductor de protección, conductores de cobre con tensión de aislamiento 0,6/1 kV con PVC cómo material aislante.
- Línea 3 de alimentación a los cuadros secundarios de alumbrado CA4 y CA5, estará construida por 2 cables unipolares ( $S_{NEUTRO}=S_{FASE}$ ) de 10 mm<sup>2</sup> de sección para cada uno de ellos, más un conductor de 10 mm<sup>2</sup> como conductor de protección, conductores de cobre con tensión de aislamiento 0,6/1 kV con PVC cómo material aislante.
- Línea 4 de alimentación al cuadro secundario de alumbrado CA6, estará construida por 2 cables unipolares ( $S_{NEUTRO}=S_{FASE}$ ) de 25 mm<sup>2</sup> de sección para cada uno de ellos, más un conductor de 16 mm<sup>2</sup> como conductor de protección, conductores de cobre con tensión de aislamiento 0,6/1 kV con PVC cómo material aislante.
- Línea 5 de alimentación al cuadro secundario de alumbrado CA7, estará construida por 2 cables unipolares ( $S_{NEUTRO}=S_{FASE}$ ) de 35 mm<sup>2</sup> de sección para cada uno de ellos, más un conductor de 16 mm<sup>2</sup> como conductor de protección, conductores de cobre con tensión de aislamiento 0,6/1 kV con PVC cómo material aislante.
- Línea 6 de alimentación al cuadro secundario de alumbrado CA8, estará construida por 2 cables unipolares ( $S_{NEUTRO}=S_{FASE}$ ) de 35 mm<sup>2</sup> de sección para cada uno de ellos, más un conductor de 16 mm<sup>2</sup> como conductor de protección, conductores de cobre con tensión de aislamiento 0,6/1 kV con PVC cómo material aislante.

### 7.1.3. Cuadros secundarios y su composición

Se dispondrán de un total de 16 cuadros, 9 de fuerza motriz y 8 para alumbrado. En estos cuadros se dispondrá la aparamenta necesaria para la protección de las líneas de alimentación de los distintos receptores. Estos cuadros se dispondrán a una distancia de entre 1.5 y 1.8 metros del suelo, de forma

que sean cómodamente accesibles. Tendrán un grado de protección IP5x e IK07. Desde los cuadros secundarios se realizarán las conexiones con los receptores.

A continuación, se describe la aparamenta instalada en cada uno de los cuadros instalados.

#### CUADRO SECUNDARIO C1

- Interruptor seccionador manual, tetrapolar de 180 A de corriente nominal o superior que funcionará como interruptor general del cuadro.
- Interruptor magnetotérmico tetrapolar equipado junto a interruptor diferencial de 300 mA de sensibilidad, con un poder de corte de 15 kA y una intensidad nominal de 32 A. Servirá de protección a la línea que alimenta la seccionadora (M1)
- Interruptor magnetotérmico tetrapolar junto a interruptor diferencial de 300 mA de sensibilidad, con un poder de corte de 15 kA y una intensidad nominal de 32 A. Servirá de protección a la línea que alimenta la seccionadora (M2)
- Interruptor magnetotérmico tetrapolar junto a interruptor de 300 mA de sensibilidad, con un poder de corte de 15 kA y una intensidad nominal de 32 A. Servirá de protección a la línea que alimenta la seccionadora (M3)
- Interruptor magnetotérmico tetrapolar junto a interruptor de 300 mA de sensibilidad, con un poder de corte de 15 kA y una intensidad nominal de 32 A. Servirá de protección a la línea que alimenta la seccionadora (M4)
- Interruptor magnetotérmico tetrapolar junto a interruptor diferencial de 300 mA de sensibilidad, con un poder de corte de 15 kA y una intensidad nominal de 50 A. Servirá de protección a la línea que alimenta las aspiraciones (M5)

#### CUADRO SECUNDARIO C2

- Interruptor seccionador manual, tetrapolar de 125 A de corriente nominal o superior que funcionará como interruptor general del cuadro.
- Interruptor magnetotérmico tetrapolar junto a interruptor diferencial de 300 mA de sensibilidad, con un poder de corte de 10 kA y una intensidad nominal de 32 A. Servirá de protección a la línea que alimenta la seccionadora Giben (M6)
- Interruptor magnetotérmico tetrapolar junto a interruptor diferencial de 300 mA de sensibilidad, con un poder de corte de 10 kA y una intensidad nominal de 32 A. Servirá de protección a la línea que alimenta la aspiración de la seccionadora Giben (M7)

#### CUADRO SECUNDARIO C3

- Interruptor seccionador manual, tetrapolar de 125 A de corriente nominal o superior que funcionará como interruptor general del cuadro.
- Interruptor magnetotérmico tetrapolar junto a interruptor diferencial de 300 mA de sensibilidad, con un poder de corte de 6 kA y una intensidad nominal de 50 A. Servirá de protección a la línea que alimenta las aspiraciones Homag (M8)
- Interruptor magnetotérmico tetrapolar junto a interruptor diferencial de 300 mA de sensibilidad, con un poder de corte de 6 kA y una intensidad nominal de 32 A. Servirá de protección a la línea que alimenta la seccionadora Homag (M9)
- Interruptor magnetotérmico tetrapolar junto a interruptor diferencial de 300 mA de sensibilidad, con un poder de corte de 6 kA y una intensidad nominal de 32 A. Servirá de protección a la línea que alimenta la seccionadora Homag (M10)

- Interruptor magnetotérmico tetrapolar junto a interruptor diferencial de 300 mA de sensibilidad, con un poder de corte de 10 kA y una intensidad nominal de 12.5 A. Servirá de protección a la línea que alimenta el descargador (M11)

#### CUADRO SECUNDARIO C4

- Interruptor seccionador manual, tetrapolar de 100 A de corriente nominal que funcionará como interruptor general del cuadro.
- Interruptor magnetotérmico tetrapolar junto a interruptor diferencial de 300 mA de sensibilidad, con un poder de corte de 6 kA y una intensidad nominal de 32 A. Servirá de protección a la línea que alimenta la seccionadora Holzma (M12)
- Interruptor magnetotérmico tetrapolar junto a interruptor diferencial de 300 mA de sensibilidad, con un poder de corte de 6 kA y una intensidad nominal de 50 A. Servirá de protección a la línea que alimenta las aspiraciones de la seccionadora Holzma(M13)
- Interruptor magnetotérmico tetrapolar junto a interruptor diferencial de 300 mA de sensibilidad, con un poder de corte de 6 kA y una intensidad nominal de 16 A. Servirá de protección a la línea que alimenta el descargador (M14).

#### CUADRO SECUNDARIO C5

- Interruptor seccionador manual, tetrapolar de 80 A de corriente nominal que funcionará como interruptor general del cuadro.
- Interruptor magnetotérmico tetrapolar junto a interruptor diferencial de 300 mA de sensibilidad, con un poder de corte de 6 kA y una intensidad nominal de 40 A. Servirá de protección a la línea que alimenta la chapeadora unilateral (M15)
- Interruptor magnetotérmico tetrapolar junto a interruptor diferencial de 300 mA de sensibilidad, con un poder de corte de 6 kA y una intensidad nominal de 10 A. Servirá de protección a la línea que alimenta la escuadradora(M16)
- Interruptor magnetotérmico tetrapolar junto a interruptor diferencial de 300 mA de sensibilidad, con un poder de corte de 6 kA y una intensidad nominal de 32 A. Servirá de protección a la línea que alimenta la chapeadora unilateral (M17)

#### CUADRO SECUNDARIO C6

- Interruptor seccionador manual, tetrapolar de 160 A de corriente nominal que funcionará como interruptor general del cuadro.
- Interruptor magnetotérmico tetrapolar junto a interruptor diferencial de 300 mA de sensibilidad, con un poder de corte de 6 kA y una intensidad nominal de 125A. Regulado a 110A. Servirá de protección a la línea que alimenta la embaladora 2 (M24)
- Interruptor magnetotérmico tetrapolar junto a interruptor diferencial de 300 mA de sensibilidad, con un poder de corte de 6 kA y una intensidad nominal de 16 A. Servirá de protección a la línea que alimenta los transfers de la línea de montaje (M25-44)
- Interruptor magnetotérmico tetrapolar equipado junto a interruptor diferencial de 300 mA de sensibilidad, con un poder de corte de 6 kA y una intensidad nominal de 12.5 A. Servirá de protección a la línea que alimenta la máquina brema (M45)

#### CUADRO SECUNDARIO C7

- Interruptor seccionador manual, tetrapolar de 63 A de corriente nominal que funcionará como interruptor general del cuadro.
- Interruptor magnetotérmico tetrapolar junto a interruptor diferencial de 300 mA de sensibilidad, con un poder de corte de 6 kA y una intensidad nominal de 63 A. Regulado a 56 A. Servirá de protección a la línea que alimenta la máquina brema (M23)

#### CUADRO SECUNDARIO C8

- Interruptor seccionador manual, tetrapolar de 125 A de corriente nominal que funcionará como interruptor general del cuadro.
- Interruptor magnetotérmico tetrapolar junto a interruptor diferencial de 300 mA de sensibilidad, con un poder de corte de 6 kA y una intensidad nominal de 125 A. Regulado a 110A. Servirá de protección a la línea que alimenta la embaladora 2 (M22)

#### CUADRO SECUNDARIO C9

- Interruptor seccionador manual, tetrapolar de 32 A de corriente nominal que funcionará como interruptor general del cuadro.
- Interruptor magnetotérmico tetrapolar junto a interruptor diferencial de 300 mA de sensibilidad, con un poder de corte de 6 kA y una intensidad nominal de 10 A. Servirá de protección a la línea que alimenta la escuadradora (M18)
- Interruptor magnetotérmico tetrapolar junto a interruptor diferencial de 300 mA de sensibilidad, con un poder de corte de 6 kA y una intensidad nominal de 6 A. Servirá de protección a la línea que alimenta el taladro (M19)
- Interruptor magnetotérmico tetrapolar junto a interruptor diferencial de 300 mA de sensibilidad, con un poder de corte de 6 kA y una intensidad nominal de 8 A. Servirá de protección a la línea que alimenta la máquina tupi (M20)
- Interruptor magnetotérmico tetrapolar junto a interruptor diferencial de 300 mA de sensibilidad, con un poder de corte de 6 kA y una intensidad nominal de 6 A. Servirá de protección a la línea que alimenta la chapeadora manual (M21)

#### CUADRO SECUNDARIO DE ALUMBRADO C1

- Interruptor seccionador manual, bipolar de 20 A de corriente nominal que funcionará como interruptor general del cuadro.
- Interruptor diferencial bipolar en cabecera, de intensidad nominal 20 A y sensibilidad 30 mA que protegerá frente a contactos indirectos todas las líneas salientes del cuadro.
- Interruptor magnetotérmico (PIA) bipolar que tiene un poder de corte de 6 kA y una intensidad nominal de 6 A. Protegerá el grupo de luminarias GL1 frente sobrecargas y cortocircuitos
- Interruptor magnetotérmico (PIA) bipolar que tiene un poder de corte de 6 kA y una intensidad nominal de 6 A. Protegerá el grupo de luminarias GL2 frente sobrecargas y cortocircuitos
- Interruptor magnetotérmico (PIA) bipolar que tiene un poder de corte de 6 kA y una intensidad nominal de 6 A. Protegerá el grupo de luminarias GL3 frente sobrecargas y cortocircuitos

#### CUADRO SECUNDARIO DE ALUMBRADO C2

- Interruptor seccionador manual, bipolar de 32 A de corriente nominal que funcionará como interruptor general del cuadro.

- Interruptor diferencial bipolar en cabecera, de intensidad nominal 32 A y sensibilidad 30 mA que protegerá frente a contactos indirectos todas las líneas salientes del cuadro.
- Interruptor magnetotérmico (PIA) bipolar que tiene un poder de corte de 6 kA y una intensidad nominal de 6 A. Protegerá el grupo de luminarias GL1 frente sobrecargas y cortocircuitos
- Interruptor magnetotérmico (PIA) bipolar que tiene un poder de corte de 6 kA y una intensidad nominal de 10 A. Protegerá el grupo de luminarias GL2 frente sobrecargas y cortocircuitos
- Interruptor magnetotérmico (PIA) bipolar que tiene un poder de corte de 6 kA y una intensidad nominal de 10 A. Protegerá el grupo de luminarias GL3 frente sobrecargas y cortocircuitos

#### CUADRO SECUNDARIO DE ALUMBRADO C3

- Interruptor seccionador manual, bipolar de 32 A de corriente nominal que funcionará como interruptor general del cuadro.
- Interruptor diferencial bipolar en cabecera, de intensidad nominal 32 A y sensibilidad 30 mA que protegerá frente a contactos indirectos todas las líneas salientes del cuadro.
- Interruptor magnetotérmico (PIA) bipolar que tiene un poder de corte de 6 kA y una intensidad nominal de 6 A. Protegerá el grupo de luminarias GL1 frente sobrecargas y cortocircuitos
- Interruptor magnetotérmico (PIA) bipolar que tiene un poder de corte de 6 kA y una intensidad nominal de 10 A. Protegerá el grupo de luminarias GL2 frente sobrecargas y cortocircuitos
- Interruptor magnetotérmico (PIA) bipolar que tiene un poder de corte de 6 kA y una intensidad nominal de 10 A. Protegerá el grupo de luminarias GL3 frente sobrecargas y cortocircuitos

#### CUADRO SECUNDARIO DE ALUMBRADO C4

- Interruptor seccionador manual, bipolar de 16 A de corriente nominal que funcionará como interruptor general del cuadro.
- Interruptor diferencial bipolar en cabecera, de intensidad nominal 16 A y sensibilidad 30 mA que protegerá frente a contactos indirectos todas las líneas salientes del cuadro.
- Interruptor magnetotérmico (PIA) bipolar que tiene un poder de corte de 6 kA y una intensidad nominal de 6 A. Protegerá el grupo de luminarias GL1 frente sobrecargas y cortocircuitos
- Interruptor magnetotérmico (PIA) bipolar que tiene un poder de corte de 6 kA y una intensidad nominal de 6 A. Protegerá el grupo de luminarias GL2 frente sobrecargas y cortocircuitos

#### CUADRO SECUNDARIO DE ALUMBRADO C5

- Interruptor seccionador manual, bipolar de 20 A de corriente nominal que funcionará como interruptor general del cuadro.
- Interruptor diferencial bipolar en cabecera, de intensidad nominal 20 A y sensibilidad 30 mA que protegerá frente a contactos indirectos todas las líneas salientes del cuadro.
- Interruptor magnetotérmico (PIA) bipolar que tiene un poder de corte de 6 kA y una intensidad nominal de 10 A. Protegerá el grupo de luminarias GL1 frente sobrecargas y cortocircuitos
- Interruptor magnetotérmico (PIA) bipolar que tiene un poder de corte de 6 kA y una intensidad nominal de 10 A. Protegerá el grupo de luminarias GL2 frente sobrecargas y cortocircuitos

#### CUADRO SECUNDARIO DE ALUMBRADO C6

- Interruptor seccionador manual, bipolar de 50 A de corriente nominal que funcionará como interruptor general del cuadro.

- Interruptor diferencial bipolar en cabecera, de intensidad nominal 50 A y sensibilidad 30 mA que protegerá frente a contactos indirectos todas las líneas salientes del cuadro.
- Interruptor magnetotérmico (PIA) bipolar que tiene un poder de corte de 6 kA y una intensidad nominal de 10 A. Protegerá el grupo de luminarias GL1 frente sobrecargas y cortocircuitos
- Interruptor magnetotérmico (PIA) bipolar que tiene un poder de corte de 6 kA y una intensidad nominal de 6 A. Protegerá el grupo de luminarias GL2 frente sobrecargas y cortocircuitos
- Interruptor magnetotérmico (PIA) bipolar que tiene un poder de corte de 6 kA y una intensidad nominal de 10 A. Protegerá el grupo de luminarias GL3 frente sobrecargas y cortocircuitos
- Interruptor magnetotérmico (PIA) bipolar que tiene un poder de corte de 6 kA y una intensidad nominal de 1.6 A. Protegerá el grupo de luminarias de oficina frente sobrecargas y cortocircuitos
- Interruptor magnetotérmico (PIA) bipolar que tiene un poder de corte de 6 kA y una intensidad nominal de 0.5 A. Protegerá el grupo de luminarias del baño frente sobrecargas y cortocircuitos
- Interruptor magnetotérmico (PIA) bipolar que tiene un poder de corte de 6 kA y una intensidad nominal de 16 A. Protegerá la toma de corriente frente sobrecargas y cortocircuitos

#### CUADRO SECUNDARIO DE ALUMBRADO C7

- Interruptor seccionador manual, bipolar de 80 A de corriente nominal que funcionará como interruptor general del cuadro.
- Interruptor diferencial bipolar en cabecera, de intensidad nominal 80 A y sensibilidad 30 mA que protegerá frente a contactos indirectos todas las líneas salientes del cuadro.
- Interruptor magnetotérmico (PIA) bipolar que tiene un poder de corte de 6 kA y una intensidad nominal de 8 A. Protegerá el grupo de luminarias GL1 frente sobrecargas y cortocircuitos
- Interruptor magnetotérmico (PIA) bipolar que tiene un poder de corte de 6 kA y una intensidad nominal de 10 A. Protegerá el grupo de luminarias GL2 frente sobrecargas y cortocircuitos
- Interruptor magnetotérmico (PIA) bipolar que tiene un poder de corte de 6 kA y una intensidad nominal de 10 A. Protegerá el grupo de luminarias GL3 frente sobrecargas y cortocircuitos
- Interruptor magnetotérmico (PIA) bipolar que tiene un poder de corte de 6 kA y una intensidad nominal de 10 A. Protegerá el grupo de luminarias GL3 frente sobrecargas y cortocircuitos
- Interruptor magnetotérmico (PIA) bipolar que tiene un poder de corte de 6 kA y una intensidad nominal de 10 A. Protegerá el grupo de luminarias GL4 frente sobrecargas y cortocircuitos
- Interruptor magnetotérmico (PIA) bipolar que tiene un poder de corte de 6 kA y una intensidad nominal de 10 A. Protegerá el grupo de luminarias GL5 frente sobrecargas y cortocircuitos
- Interruptor magnetotérmico (PIA) bipolar que tiene un poder de corte de 6 kA y una intensidad nominal de 10 A. Protegerá el grupo de luminarias GL6 frente sobrecargas y cortocircuitos
- Interruptor magnetotérmico (PIA) bipolar que tiene un poder de corte de 6 kA y una intensidad nominal de 0.5 A. Protegerá el grupo de luminarias del baño frente sobrecargas y cortocircuitos

#### CUADRO SECUNDARIO DE ALUMBRADO C8

- Interruptor seccionador manual, bipolar de 80 A de corriente nominal que funcionará como interruptor general del cuadro.
- Interruptor diferencial bipolar en cabecera, de intensidad nominal 80 A y sensibilidad 30 mA que protegerá frente a contactos indirectos todas las líneas salientes del cuadro.

- Interruptor magnetotérmico (PIA) bipolar que tiene un poder de corte de 6 kA y una intensidad nominal de 10 A. Protegerá el grupo de luminarias GL1 frente sobrecargas y cortocircuitos
- Interruptor magnetotérmico (PIA) bipolar que tiene un poder de corte de 6 kA y una intensidad nominal de 10 A. Protegerá el grupo de luminarias GL2 frente sobrecargas y cortocircuitos
- Interruptor magnetotérmico (PIA) bipolar que tiene un poder de corte de 6 kA y una intensidad nominal de 10 A. Protegerá el grupo de luminarias GL3 frente sobrecargas y cortocircuitos
- Interruptor magnetotérmico (PIA) bipolar que tiene un poder de corte de 6 kA y una intensidad nominal de 10 A. Protegerá el grupo de luminarias GL4 frente sobrecargas y cortocircuitos
- Interruptor magnetotérmico (PIA) bipolar que tiene un poder de corte de 6 kA y una intensidad nominal de 10 A. Protegerá el grupo de luminarias GL5 frente sobrecargas y cortocircuitos
- Interruptor magnetotérmico (PIA) bipolar que tiene un poder de corte de 6 kA y una intensidad nominal de 10 A. Protegerá el grupo de luminarias GL6 frente sobrecargas y cortocircuitos
- Interruptor magnetotérmico (PIA) bipolar que tiene un poder de corte de 6 kA y una intensidad nominal de 10 A. Protegerá el grupo de luminarias GL7 frente sobrecargas y cortocircuitos

#### 7.1.4. Líneas secundarias de distribución y sus canalizaciones

Todas las líneas secundarias de la instalación, abandonan los cuadros secundarios, hasta acabar en los receptores correspondientes. En todos los casos la instalación de las líneas secundarias se hace bajo canalización del tipo tubo, ya sea tubo suspendido de material termoplástico o tubo de acero sobre la superficie.

Para indicar el método de instalación para cada conductor, se hará una tabla indicando el diámetro y el material utilizada para la canalización, indicando, además las longitudes de las líneas.

En las tablas 4 y 5 presentes al final de la memoria explicativa, se detallan los receptores alimentados por cada cuadro, así como la longitud y características principales del cableado, el método de instalación y el tipo de conducción y sus dimensiones.

## 7.2. Puesta a tierra

La ley establece la obligatoriedad de la existencia de una puesta a tierra o toma de tierra. Según la ITC-BT 28, se define la puesta a tierra como “la unión directa, sin fusibles ni protección alguna, de una parte del circuito eléctrico o de una parte conductora(metálica) no perteneciente al mismo, mediante una toma de tierra con un electrodo o grupos de electrodos enterrados bajo el suelo”.

La función principal de la puesta a tierra será conseguir que en el conjunto de las instalaciones (eléctricas o no) y superficie próxima al terreno no aparezcan diferencias de potencial peligrosas, y que, además, se permita el paso a tierra de las corrientes de defecto o fugas.

Al tratarse de una actualización de la instalación eléctrica, no se realizará la puesta a tierra, ya que se aprovechará la puesta a tierra existente. No obstante, comprobaremos el cumplimiento de la normativa (ITC BT 28) para asegurar la correcta protección frente a contactos indirectos.

Dicha puesta a tierra, está formada por un conductor tipo barra de acero de 14 mm de diámetro, enterrado a una profundidad de 0.8 m alrededor de las paredes exteriores del edificio, cubriendo la totalidad del perímetro del inmueble.

La tensión de seguridad que aplicaremos será de 50 V, según lo indicado en la ITC-BT 18 pues el emplazamiento que nos ocupa es seco.

Por último, al encontrarnos en un sistema de distribución TT, será necesario comprobar la independencia de la puesta a tierra del neutro del transformador con la de las masas de baja tensión. Esto significa asegurar que, en caso de que en un sistema de tierra se esté disipando la máxima corriente de defecto posible, en los electrodos del otro sistema de tierras no se alcancen valores de tensión superiores a 50 V.

En la práctica, para terrenos con una resistividad baja, del orden de unos  $100\Omega\cdot m$ , la anterior condición se cumple para distancias de 15 metros o superiores entre los electrodos de las distintas puestas a tierra.

### 7.3. Equipos de conexión de energía reactiva

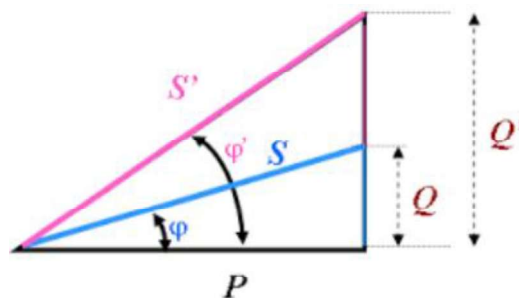
La mayor parte de los equipos conectados a la red, absorben, además de la potencia activa, potencia reactiva, y el consumo de ésta es mayor cuanto menor es el factor de potencia de los equipos. Este tipo de potencia no se puede transformar en energía útil.

Un alto consumo de energía reactiva presenta inconvenientes tanto para el usuario, como para la empresa suministradora: para el usuario porque se reduce la capacidad de generación de potencia activa en el transformador, ya que a igualdad de potencia aparente la potencia útil (activa) sería menor; y para la compañía, pues el transporte de esta potencia aumenta las pérdidas por efecto Joule y las caídas de tensión en las líneas. Por este motivo, las distribuidoras energéticas imponen penalizaciones a los consumidores que se pasan de un cierto consumo de energía reactiva.

Para evitar estas penalizaciones, se instalarán baterías de condensadores con el fin de aproximar el factor de potencia global de la instalación a la unidad ( $\cos \theta=1$ ).

En nuestra empresa, el conjunto de la instalación presenta un factor de potencia de 0.86, por lo que dimensionaremos las baterías a instalar para llegar a factores de potencia cercanos a 0.95 con el fin de pagar la tarifa energética más reducida.

**Imagen 1.** Representación gráfica de la reducción del factor de potencia



### 7.4. Alumbrados de emergencia

Cómo ya se ha dicho, al tratarse de una renovación de la instalación, los elementos básicos y funcionales se intentarán conservar en la medida de lo posible con el fin de abaratar costes. El sistema de alumbrado de emergencia es uno de ellos. No obstante, se deberá probar el correcto



funcionamiento de las luminarias y asegurar el cumplimiento de los requisitos mínimos de iluminación establecidos por las normas UNE-EN 60598 Y al tratarse se luminarias fluorescentes la norma UNE 20392.

Se trata de equipos autónomos de alumbrado de emergencia, por lo que no están conectados a la red eléctrica, sino que funcionan con baterías, por lo que se deberá comprobar el estado de estas. También se procederá a la verificación del grado de protección de las luminarias, teniendo que ser, al menos de IP-5X para la instalación que nos ocupa.

Las luminarias deberán asegurar la iluminación de los recorridos de evacuación en caso de emergencia, de las escaleras y de las puertas de salida. También deberá garantizar la iluminación adecuada en el cuadro general.

Las luminarias estarán situadas, como mínimo, a 2 metros de altura. Éstas, proporcionarán, como mínimo, los siguientes valores de iluminación, que deberán ser comprobadas por personal competente con el uso de un luxómetro:

- En toda la instalación deberá asegurarse un mínimo de iluminancia horizontal de 0.5 lux, desde el suelo hasta una altura de un metro.
- En rutas de evacuación se asegurará 1 lux de iluminancia horizontal mínima desde el suelo hasta un metro.
- En los cuadros de distribución de alumbrado, 5 lux de iluminancia mínima y como mínimo, durante una hora.
- En la zona d clasificada como 22, se deberá asegurar un mínimo de 15 lux durante el tiempo necesario para abandonar dicha zona.

**Tabla 4.** Cableado y conducciones desde cuadros general a secundarios

Línea	Consumos	Long (m)	Aislante	nº conductores	Sección (mm <sup>2</sup> )	Met.Inst.	Tipo de conducción
L1	1,2,3,4,5	20,5	XLPE	4	35	F	Bandeja 1
L2	6, 7	29,8	XLPE	4	25	F	
L3	8,9,10,11	45,8	XLPE	4	25	F	
L4	12,13,14	64,3	XLPE	4	16	F	
L5	15,16,17	39	XLPE	4	16	F	
L6	24,25~44,45	69	XLPE	4	35	F	
L7	23	130	XLPE	4	35	F	
L8	22	108	XLPE	4	10	F	
L9	18,19,20,21	139	XLPE	4	4	F	
LA1	18 Phil	14	PVC	2	2,5	B1	Tubo PVC (φ=16mm) suspendido
LA2	32 TL	38	PVC	2	16	F	Bandeja 2
LA3	12Phil+12TL	62	PVC	2	10	F	
LA4	15TL+Baño+Ofi+TDC	85	PVC	2	25	F	
LA5	35TL+Baño	83	PVC	2	35	F	
LA6	42TL	95	PVC	2	35	F	
L enlace	Inst. Comp	15	XLPE(2Cab)	4	240	B1	Tubo superficie (φ=80 mm)

**Tabla 5.** Cableado y conducciones desde cuadros secundarios a receptores

Cuadro	Consumo	Long (m)	nº conductores	Secc. (mm <sup>2</sup> )	Met. Inst.	Diam tubo (mm)
CS1	M1	14,4	4	4	B1	20
	M2	7,1	4	4	B1	20
	M3	32	4	4	B1	20
	M4	23	4	4	B1	20
	M5	16,9	4	4	B1	20
CS2	M6	12	4	6	B1	20
	M7	8,5	4	10	B1	32
CS3	M8	8,5	4	6	B1	20
	M9	6,2	4	4	B1	20
	M10	14	4	4	B1	20
	M11	19	4	1,5	B1	16
CS4	M12	14,8	4	4	B1	20
	M13	11	4	6	B1	20
	M14	17,4	4	1,5	B1	16
CS5	M15	12,5	4	6	B1	20
	M16	4	4	1,5	B1	16

	M17	7	4	4	B1	20
CS9	M18	7	4	1,5	B1	16
	M19	10,3	4	1,5	B1	16
	M20	9,5	4	1,5	B1	16
	M21	11,5	4	1,5	B1	16
CS8	M22	6	4	10	B1	32
CS7	M23	10	4	25	B1	40
CS6	M24	42,5	4	50	B1	50
	M25-44	107	4	2,5	B1	16
	M45	44,5	4	1,5	B1	16
CSA1	GL 1	56	2	2,5	B1	16
	GL 2	46	2	2,5	B1	16
	GL 3	88	2	2,5	B1	16
CA2	GL 1	48	2	1,5	B1	12
	GL 2	52	2	1,5	B1	12
	GL 3	62	2	2,5	B1	16
CA3	GL 1	38	2	1,5	B1	12
	GL 2	64	2	2,5	B1	16
	GL 3	86	2	4	B1	16
CA4	GL 1	64	2	1,5	B1	12
	GL 2	53	2	1,5	B1	12
CA5	GL 1	46	2	2,5	B1	16
	GL 2	65	2	4	B1	16
CA6	GL 1	42	2	4	B1	16
	GL 2	37	2	2,5	B1	16
	GL 3	74	2	6	B1	16
	Oficina	18	2	1,5	B1	12
	Oficina 2	4	2	1,5	B1	12
	baño	12	2	1,5	B1	12
CA7	GL 1	77	2	4	B1	16
	GL 2	70	2	4	B1	16
	GL 3	61	2	4	B1	16
	GL 4	61	2	4	B1	16
	GL 5	70	2	4	B1	16
	GL 6	77	2	4	B1	16
	baño	40	2	1,5	B1	12
CA8	GL 1	77	2	4	B1	16
	GL 2	69	2	4	B1	16
	GL 3	62	2	4	B1	16
	GL 4	52	2	2,5	B1	16
	GL 5	62	2	4	B1	16
	GL 6	69	2	4	B1	16
	GL 7	77	2	4	B1	16

## 8. Bibliografía y recursos web

- Roger, J., Riera, M. y Roldán, C. (2010): *Tecnología Eléctrica* (3ª ed). Madrid, España. Editorial Síntesis.
- Escuer, F. y Garcia, J. (2005): *Manual Práctico. Clasificación de zonas en atmósferas explosivas*. Barcelona, España. CETIB.
- Prysmian Group (2018): *Manual técnico y práctico y accesorios para BT*. Barcelona, España. Draka
- Legrand Group (2011): *Dispositivos de corte y protección*. Madrid, España. S. L. Legand Group.
- Schneider Electric (2010): *Guía de diseño de instalaciones eléctricas*. Barcelona, España. Colección técnica.
- Área Tecnología (2018): *Puesta a Tierra*. Dirección de donde se extrajo el documento <https://www.areatecnologia.com/electricidad/puesta-a-tierra.html>
- FIVE (2018): *Generador de precios*. Generalitat Valenciana. Dirección de donde se extrajo el documento <https://www.five.es/productos/herramientas-on-line/visualizador-2018/>
- LUMsearch (2018): *Buscador de Luminarias*. Dirección de donde se extrajo el documento <https://lumsearch.com/es/search/list/query/ja12ja24ja192?bf=sYW-6lQcSEmLdJVAiRSM1g>
- Base de precios de la construcción del gobierno de Extremadura (2012). Dirección donde se extrajo el documento: <https://ciudadano.gobex.es/web/arquitectura/base-de-precios-de-la-construccion>

# **DOCUMENTO II**

## ***CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS***



## **1. TENSION NOMINAL Y CAÍDA DE TENSION MÁXIMA ADMISIBLE**

La tensión nominal a la que se alimentarán los diferentes consumos, dependerá de la naturaleza del receptor a alimentar. La instalación se ha diseñado para una alimentación de los receptores de fuerza motriz de  $U_N=380$  V. La tensión nominal que alimenta el alumbrado y las oficinas tiene un valor de  $U_N=230$  V.

La caída de tensión máxima admisible, viene dada por las ITC BT 14 e ITC-BT 15, y ésta depende del tipo de instalación existente. En nuestro caso, al disponer de centro de transformación propio, se considerará como origen de la instalación el secundario del transformador. Por lo que con las características de nuestra empresa, la caída de tensión máxima porcentual será del 4,5% para circuitos de alumbrado y del 6% para receptores de fuerza motriz y otros usos.

## **2. PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO UTILIZADO**

En primer lugar, se ha determinado, mediante el uso del programa Dialux, la cantidad y el tipo de luminarias a instalar en planta para cumplir los niveles de iluminación, para poder calcular la potencia que consumirá el alumbrado y dimensionar adecuadamente el transformador.

Para el cálculo y dimensionado de las distintas líneas, se han utilizado dos criterios. En primer lugar, se aplica el dimensionado por criterio térmico, que consiste en determinar los parámetros característicos necesarios para la correcta alimentación de los receptores (potencia de cálculo, intensidad de diseño, método de instalación...), para después seleccionar un cable adecuado que pueda soportar los esfuerzos térmicos a los que es sometido el cable cuando por él transcurre la intensidad de diseño.

El parámetro del cableado que determina la aptitud del cable para conducir la corriente de diseño sin sufrir daños es la intensidad admisible. Este parámetro, depende de diversos factores, a destacar la composición del conductor y aislante, y el método de instalación. El procedimiento para el cálculo se detallará en el apartado correspondiente.

Posteriormente, se ha comprobado si la elección del cableado mediante el criterio térmico cumple también los niveles admisibles de caída de tensión. Este procedimiento también se detallará más adelante.

Si un cable cumple ambos criterios de dimensionado, se considera apto para conducir la electricidad necesaria para satisfacer el consumo del receptor.

Una vez conocidas las dimensiones del cableado que se instalará, se eligen unas conducciones de dimensiones adecuadas para la correcta distribución de las líneas en planta.

Una vez dimensionado el cableado y sus conducciones, el siguiente paso ha sido el cálculo/obtención de los parámetros necesarios para la correcta selección de la aparatada de protección, incluyendo la protección contra cortocircuitos y sobrecargas, así como la protección contra contactos indirectos y su puesta a tierra.

### 3. POTENCIA PREVISTA DE CÁLCULO

La potencia prevista se obtendrá del sumatorio de la potencia instalada de cada receptor, por el valor del factor de carga que se haya previsto para dicho receptor.

$$P_{\text{calc}} = \sum_{i=1}^n P_i \cdot FC_i \quad \text{Siendo FC el factor de carga previsto}$$

#### 3.1. Potencia total prevista

La potencia total prevista se indicará gráficamente en la siguiente tabla:

Marca	Descripcion	P instalada [kW]	Factor Carga	Pcal [kW]
1	Seccionadora	14,72	80%	11,8
2	Seccionadora	14,72	80%	11,8
3	Seccionadora	14,72	80%	11,8
4	Seccionadora	14,72	80%	11,8
5	Aspiraciones	22,08	80%	17,7
6	Seccionadora Giben	25,76	80%	20,6
7	Aspiraciones Giben	29,44	80%	23,6
8	Aspiraciones	22,08	80%	17,7
9	Seccionadora Homag	14,72	80%	11,8
10	Seccionadora Homag	14,72	80%	11,8
11	Descargador	5,15	80%	4,1
12	Seccionadora Holzma	14,72	80%	11,8
13	Aspiración Holzma	22,08	80%	17,7
14	Descargador	7,36	80%	5,9
15	Chapeadora unilateral	18,40	80%	14,7
16	Escuadradora	4,05	80%	3,2
17	Chapeadora unilateral	14,72	80%	11,8
18	Escuadradora	4,05	80%	3,2
19	Taladro	1,99	80%	1,6
20	Tupi	2,94	80%	2,4
21	Chapeadora Manual	1,99	80%	1,6



22	Maquina Brema	29,44	80%	23,6
23	Embaladora 1	50,00	100%	50,0
24	Embaladora 2	50,00	100%	50,0
25-44	Transfers Líneas Montaje	7,36	100%	7,36
45	Maquina Brema	5,89	80%	4,7
46	Alumbrado	42,33	100%	42,33
47	Toma de corriente	3,450	100%	3,45
<b>TOTAL</b>				<b>406,39</b>

#### 4. Cálculos luminotécnicos

Existen diversos métodos para la justificación de los cálculos luminotécnicos de una zona, que se aproximan un 90% a la realidad.

Para conseguir una aproximación a la realidad cercana al 100%, es imprescindible realizar los cálculos con la utilización de un programa informático con un potente motor de cálculo.

Para obtener el número de luminarias y su disposición en la instalación, se debe modelar el edificio a iluminar en el programa. Una vez el modelado se ha realizado, se definen los colores y texturas de los materiales del edificio, pues estos intervienen reflejando la intensidad lumínica de una manera u otra. Seguidamente, se introduce el tipo de luminarias y su disposición (altura y coordenadas), y el programa realiza el cálculo, obteniéndose unos valores que nos permiten determinar si las luminarias y su disposición cumplen con los requisitos de iluminación.

Para la obtención de unos resultados que cumplan las necesidades lumínicas de la fábrica, de la mejor forma y más económica posible, se han ido realizando pruebas con distintas luminarias y diferentes puntos de instalación de estas (método ensayo-error) hasta dar con la solución que he considerado, la cual consigue la mejor relación precio-consumo-iluminación de entre los más de 30 luminarias diferentes que se han introducido para la resolución del problema.

Los informes que se han obtenido del programa Dialux, se pueden consultar en el Anexo I, en los cuales se detallan las características de las luminarias instaladas, su situación y la iluminación conseguida en los diferentes emplazamientos de la fábrica.

##### 4.1. Cálculo del número de luminarias, según necesidades

Los resultados obtenidos con el programa de cálculo Dialux nos proporcionan el número de luminarias que se han decidido instalar de manera que se cumplan las necesidades lumínicas introducidas por el usuario. El número de luminarias según las dependencias en las que se han instalado son:

- Zona de procesado (500 lux): 44 luminarias del tipo Thorlux Lighting Comboseal LED-251 W

- Almacén (100 lux): 30 luminarias del tipo Philips BY471 P-138W
- Resto de planta (300 lux): 92 luminarias del tipo Thorlux Lighting Comboseal LED-251 W
- Baños (200 lux): 2x2uds.-Philips DN140B-9.5 W y 2x3uds.-Philips DN470B 18.3 W
- Oficina(500 lux)-6xOppl lighting 38W

## 5. Cálculos eléctricos: alumbrado y fuerza motriz

Para los cálculos eléctricos, como ya se ha mencionado, se realizarán mediante los criterios de dimensionado de secciones térmico y de caída de tensión, previamente a la aplicación de estos criterios se deben los valores que servirán de base para aplicarlos.

El primer paso, consiste en obtener la corriente nominal con la que se alimenta al equipo.

$$\text{Para circuitos trifásicos} \quad In = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot Un \cdot \cos \varphi} \quad (1)$$

$$\text{monofásicos} \quad In = \frac{P}{Un \cdot \cos \varphi} \quad (2)$$

Siendo:

$In$  la intensidad nominal en amperios

$\cos \varphi$  el factor de potencia

$Un$ , la tensión nominal en voltios

En lo que corresponde a la aplicación de estos cálculos al criterio térmico, hay que tener en cuenta un aspecto importante:

En el caso de que la línea se encuentre alimentando un motor, muchas veces estos presentan unas corrientes de arranque con valores superiores a los nominales, por lo que para que las líneas sean capaces de soportar estos picos de intensidad, según ITC-BT 47, se sobredimensionaran las líneas para este tipo de receptores en un 25%, es decir que su corriente de diseño será 1.25 veces la nominal. Cabe indicar, que si la línea alimenta varios motores, en ésta se aplicará este dimensionado solo al motor de mayor consumo.

### 5.1. Sistema de instalación elegido en cada zona y sus características

Tanto el sistema de instalación elegido en cada zona, como sus características, ya han sido explicados en los puntos 7.1.2 y 7.1.4 de la memoria explicativa. Como resumen de los sistemas y sus características, es posible consultar las tablas 4 y 5, en las cuales se indica el tipo de conducción instalada para cada línea y sus dimensiones.

Pese a no ser elementos por los que circule corriente, la elección del método de instalación, es uno de los factores más influyentes a la hora del dimensionado del cableado. Esto es debido a que, se aplicarán unos factores de corrección (según el ITC-BT 19) que varían en gran medida en función del tipo de conducción instalada y de la cantidad de circuitos que por transcurran por ella, lo que puede reducir en gran medida la intensidad admisible del cable.

Los coeficientes de reducción vendrían dados por norma UNE 20460-5-523, y se aplicarían de la siguiente manera:

$$I_Z = K_T \cdot K_A \cdot K_{TR} \cdot I_{Z0} \quad (3)$$

Siendo:

$I_Z$  la intensidad admisible en amperios

$K_T$  el factor de corrección por temperatura ambiente

$K_A$  el factor de corrección por agrupamiento de circuitos

$K_{TR}$  el factor de agrupamiento por conductividad del terreno (=1 si circuito no enterrado)

$I_{Z0}$  la intensidad máxima admisible por el cable en amperios

## 5.2. Cálculo de la sección de los conductores y diámetro de los tubos de canalizaciones a utilizar en las líneas de alimentación al cuadro general y secundarios

Una vez se ha determinado la intensidad admisible y el método de instalación, se procede al cálculo de la intensidad admisible. Para ello, se determinan los coeficientes de corrección en función de las condiciones de instalación y se realiza el cálculo:

$$I_T = \frac{I_B}{K_T \cdot K_A \cdot K_{TR}} \quad (4)$$

Siendo

$K_T, K_A, K_{TR}$  los coeficientes de reducción ya definidos

$I_B$  la intensidad de diseño en amperios

$I_T$  una intensidad de referencia en amperios

Con esta operación obtenemos la  $I_T$ , que se trata de la intensidad con la que entraremos en la tabla de intensidades admisibles (ITC-BT 19) de la que obtendremos la  $I_{Z0}$ , y tras aplicar la ecuación (4), obtendremos la intensidad admisible para nuestro cable. Tras la obtención de estos parámetros, tan sólo quedará comprobar el cumplimiento de la ecuación (5) para determinar si el cable es adecuado o no.

$$I_Z > I_B \quad (6)$$

El cumplimiento de esta ecuación garantiza que tanto el conductor, como el aislamiento estudiados son adecuados para el transportar de la corriente de diseño sin sufrir daños por calentamiento.

Después del criterio térmico para el dimensionado de secciones, se ha aplicado el de caída de tensión.

La fórmula para líneas que alimentan un solo conductor es:

$$\varepsilon = \frac{\sqrt{3} \cdot (\rho_S^L \cdot \cos \varphi + X_U \cdot L \cdot \sin \varphi) \cdot I_n}{U_n} \quad (7)$$

Pero, para conductores de secciones no excesivamente grandes ( $S \leq \text{mm}^2$ ), la fórmula se puede simplificar quedando de la siguiente manera:

$$\varepsilon = m \cdot \frac{\rho \cdot L \cdot P}{U_n \cdot S} \quad (8)$$

Siendo para las eqs. 7 y 8

$\varepsilon$  la caída de tensión porcentual

$m=1$  para circuitos trifásicos y  $m=2$  para monofásicos

$S$  la sección en  $\text{mm}^2$

$\rho$  la resistividad del material a  $T_c$  (temperatura del conductor) en  $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$

$L$  longitud en metros

$X_u$  reactancia unitaria en  $\Omega/\text{m}$

El parámetro  $\rho$  se puede obtener rápidamente a partir de la temperatura del conductor  $T_c$  ( $^{\circ}\text{C}$ ),

$$T_c = T_{amb} + (T_z - T_{amb}) \cdot \left(\frac{I_B}{I_z}\right)^2 \quad (11)$$

Siendo

$T_{amb}$  la temperatura ambiente en Celsius

$T_z$  la temperatura máxima admisible del aislante ( $=70$  en termoplásticos y  $=90$  en termoestables)

Y quedando definidos todos los componentes de la ecuación de la resistividad del material para  $T_c$

$$\rho_{\theta} = \rho_{20} \cdot (1 + \alpha \cdot \Delta\theta) \quad (12)$$

Siendo

$\rho_{20}$  la resistividad del material a  $20^{\circ}\text{C}$

$\Delta\theta$  la diferencia de temperaturas entre  $\theta$  y  $20$

$\alpha$  el coeficiente de temperatura característico del material conductor

Para calcular la caída de tensión con varios receptores en la misma línea, la ecuación utilizada es:

$$\varepsilon = m \cdot \frac{\rho}{S \cdot U_n} \left(\sum_{i=1}^n L_{0i} P_i\right) \cdot 100 \quad (13)$$

Siendo

$L_{0i}$  la distancia desde el origen hasta la bifurcación de la línea que alimenta el receptor  $i$

$P_i$  la potencia en  $\text{W}$  del receptor  $i$ .

El resto de parámetros coinciden con los descritos en la eq.(8).

Tras realizar estos cálculos para cada línea, podríamos determinar si el cable cumple el criterio de caída de tensión. Esto es, si los valores de  $\varepsilon$  son inferiores a los límites (4.5% en alumbrado y 6.5% en otros usos), cumple el criterio, si no, se aumentaría la sección del conductor hasta que se consiguiese un valor porcentual de caída de tensión aceptable.

## 6. Cálculo de las protecciones a instalar en las diferentes líneas generales y derivadas

### 6.1. Sobrecarga

Para que un magnetotérmico proteja la línea correctamente frente a sobrecargas, este debe cumplir las condiciones (14) y (15)

$$I_B \leq I_n \leq I_z \quad (14)$$

$$I_2 \leq 1.45 \cdot I_z \quad (15)$$

Siendo  $I_2$  la corriente convencional de disparo

Cómo la protección se realiza con magnetotérmicos que cumplen la norma EN 60898 ( $I_2 = 1.45 \cdot I_n$ ),

El cumplimiento de la eq. (14) implica también la verificación de la eq. (15).

### 6.2. Cortocircuitos

Para que una línea esté bajo la protección efectiva de un interruptor magnetotérmico, se deben cumplir, según la norma UNE 20460, tres supuestos:

$$PdC > I_{CCmax} \quad (16)$$

$$I_{CCmin} > I_a \quad (17)$$

$$I_{CCmax} < I_b \quad (18)$$

Siendo

$PdC$  el poder de corte del dispositivo en

$I_{CCmax}$  la intensidad máxima de cortocircuito

$I_{CCmin}$  la intensidad mínima de cortocircuito

$I_a$  la intensidad de actuación del dispositivo

$I_b$  la intensidad máxima que puede circular por el cableado hasta la actuación del dispositivo, durante un tiempo  $t=t_{adm}$

Para el cálculo de la corriente máxima y mínima de cortocircuito, se deben conocer previamente, una serie de aspectos constructivos: de la instalación, como la potencia nominal del transformador  $S_n (=630\text{kVA})$ , la reactancia unitaria  $X_u (=0.08\Omega/\text{km})$  y la resistividad  $\rho_\theta$ ; y otros aspectos de la red de

media tensión, como son la potencia de cortocircuito de la red Sk''(=350MVA) y la caída de tensión porcentual en cortocircuito (Ucc=4% en nuestro caso).

En primer lugar, se obtienen los parámetros característicos del transformador:

$$Z_T = 1.1 \cdot \frac{U_n^2}{1000Sk''} \text{ m}\Omega \quad (19)$$

$$X_T = 0.995 \cdot Z_T \text{ m}\Omega \quad (20)$$

$$R_T = 0.1 \cdot X_T \text{ m}\Omega \quad (21)$$

Siendo

$Z_L$  la impedancia del transformador

$X_L$  la reactancia del transformador

$R_L$  la resistencia del transformador

Con estos parámetros, nos bastaría para calcular la  $I_{CCmax}$  a la salida del transformador, pero para poder calcular las corrientes de cortocircuito en un punto cualquiera aguas abajo en la instalación, a los valores de las impedancias del transformador se les debe sumar las impedancias de línea (mayores cuanto más nos alejamos del transformador). Por lo que:

$$R_{TOT} = R_T + R_L \text{ m}\Omega \quad (22)$$

Siendo  $R_L = \rho_\theta \cdot \frac{L}{S} \text{ m}\Omega \quad (23)$

$$X_{TOT} = X_T + X_L \text{ m}\Omega \quad (24)$$

Siendo  $X_L = L \cdot Xu \text{ m}\Omega \quad (25)$

$$Z_{TOT} = R_{TOT} + jX_{TOT} \text{ m}\Omega \quad (26)$$

Tras la obtención de la impedancia total ( $Z_{TOT}$ ) en cada punto de la instalación que debe ser protegida, se procede al cálculo de las corrientes de cortocircuito trifásico:

$$I_{CCmax} = I_{k3} = \frac{Un}{\sqrt{3} \cdot Z_{TOT}} \text{ kA} \quad (27)$$

Para realizar el cálculo para una línea monofásica, bastaría con quitar la raíz de 3 de la fórmula y multiplicar la Z de la línea por 2.

A partir de la  $I_{CCmax}$  se puede calcular la  $I_{CCmin}$ . La  $I_{CCmin}$  se calcula como una parte de la máxima, que depende de las dimensiones del conductor neutro, respecto del de fase. En nuestro caso, como la sección del neutro es la misma que la de los conductores de fase, la  $I_{CCmin}$  se calcula como:

$$I_{CCmin} = \min(I_{k2}, I_{k1}) < I_{k3} \quad (28)$$

$$I_{k2} = \frac{\sqrt{3}}{2} I_{k3} \quad (29)$$

$$I_{k1} = 0.5 \cdot I_{k3} \quad (30)$$

$I_a$  la corriente convencional de disparo del dispositivo, varía en función de la curva de disparo elegida para el magnetotérmico, y se expresa como el cociente  $I/I_n$ . Los principales tipos de curvas que podemos encontrar en el mercado son:

- Curva B-disparo entre  $3I_n$  y  $5I_n$
- Curva C-disparo entre  $5I_n$  y  $10I_n$
- Curva D-disparo entre  $10I_n$  y  $20I_n$

Los valores inferiores, corresponden a la corriente que puede circular sin que actúe el dispositivo, y el valor superior indica el valor a partir del cual el magnetotérmico actúa seguro. En la franja comprendida entre ambos valores, no se podría asegurar la actuación del interruptor automático.

En la instalación que nos ocupa, para las líneas de alumbrado, se utilizarán, en general, disparadores con curva C, pues son líneas largas con corrientes de cortocircuito bajas y es necesario que en caso de cortocircuito, por pequeño que sea, la protección actúe de manera prácticamente inmediata para asegurar la seguridad del cableado. En las líneas que alimentan receptores de fuerza motriz, con elevadas intensidades de arranque (embaladoras), se utilizará la curva de disparo tipo D para que la protección no actúe durante los picos de corriente que se producirán durante el arranque. Para el resto de los consumos (motores con intensidades de arranque moderadas y líneas de alumbrado de menos de 50 metros) se utilizarán los de tipo C.

$I_b$ , esta corriente la podemos obtener de las curvas  $I^2 \cdot t$ . El  $I^2 \cdot t$  se obtiene del cálculo de  $k^2 S$ , en el que  $k$  es un valor característico del material conductor y del tipo de aislante y  $S$  la sección del conductor. Una vez calculado este valor, se puede ir a la mencionada curva entrando con dicho valor por el eje ordenadas hasta el cruce con la curva  $I^2 \cdot t$  característica y el valor que se obtiene en el eje de abscisas es el de  $I_b$ .

## **7. Cálculo del sistema de protección contra contactos indirectos. Cálculo de la puesta a tierra.**

Para la designación de las protecciones de la instalación ante contactos indirectos, únicamente se han seleccionado las corrientes diferenciales nominales en función del tipo de carga al que están conectadas las líneas, asegurando a su vez, una correcta selectividad. Este tipo de protección se detalla más extensamente en el punto 3.5.3.

En lo que a este apartado se refiere, únicamente se procederá a la comprobación de que la resistencia de puesta a tierra tiene unos valores adecuados para la correcta protección frente a contactos indirectos.

Como ya se ha explicado, la instalación de puesta a tierra ya existe, y sus aspectos constructivos, se indican en el punto 7.2 de la memoria explicativa, no obstante las dimensiones del electrodo de puesta a tierra, el cual está dispuesto a lo largo de todo el perímetro de la edificación son 540.52 metros.

La resistencia de puesta a tierra, tendrá un valor máximo marcado por la expresión siguiente:

$$R_A \leq \frac{U_L}{I_{\Delta N}} \quad (31)$$

El valor obtenido de aplicar esta fórmula, es el valor máximo que puede adquirir la resistencia del electrodo de puesta a tierra.

Siendo en la expresión (31),

$R_A$  el valor de la resistencia de la puesta a tierra de las masas de baja tensión en ohmios

$U_L$  la tensión límite convencional en locales secos en voltios

$I_{\Delta N}$  El valor de la mayor corriente diferencial nominal de los interruptores diferenciales

Por otra parte, el cálculo de la resistencia de puesta a tierra con el sistema existente, nos daría una resistencia de puesta a tierra de valor:

$$R_A = \frac{2 \cdot \rho}{L} \quad (32)$$

Siendo (32), la ecuación que define el valor de la resistencia para conductores horizontales enterrados

$R_A$  la resistencia del electrodo en ohmios

$\rho$  la resistencia del terreno en  $\Omega/m$  (= 100  $\Omega/m$  para el caso que nos ocupa)

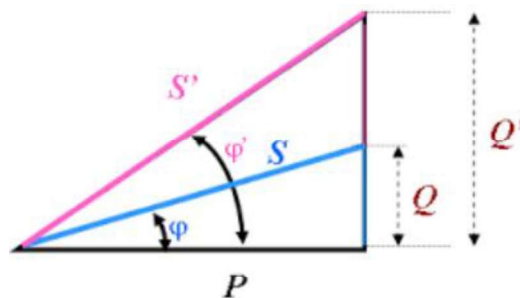
$L$  la longitud del electrodo en metros

Por tanto, después de realizar los cálculos pertinentes, se obtiene que el valor  $R_A$  no puede superar los 50 $\Omega$  y, con la puesta a tierra diseñada en la anterior instalación, se cumple que, efectivamente, el electrodo de puesta a tierra de las masas de baja tensión,  $R_A$ , tiene un valor de 0.37 $\Omega$ .

## 8. Cálculo de la energía reactiva a compensar.

Como se ha indicado ya en el apartado 7.3, la compensación de energía reactiva se realizaría mediante la instalación de condensadores.

Figura 1. Energía reactiva a compensar



$$Q_c = P \cdot \operatorname{tg}(\varphi' - \varphi) \quad (33)$$



Se instalarán los condensadores formando baterías trifásicas conectadas en triángulo, pues la capacidad de estos condensadores, es 3 veces menor que si la conexión fuera en estrella.

Siendo 
$$Q_c = 3 \cdot \frac{U^2}{X_c} = 3U^2 \omega C \quad (34)$$

**Tabla 6. Tabla cálculos dimensionado de secciones cuadro general +L. enlace**

Linea	Consumos	Long (m)	Seccion (mm <sup>2</sup> )	Met. Inst.	Pot [kW]	IB	K	Iz=Izo*K	Zona	Tc	ρ <sub>cu</sub> (Tc)	CdT (%) parcial	CdT (%) Total
L1	1,2,3,4,5	20,5	35	F	64,77	129,1	0,82	138,6	Sin clasificar	82	0,0214	0,563	1,152
L2	6, 7	29,8	25	F	44,16	95,11	0,82	110,7	sc	74,3	0,0209	0,763	1,352
L3	8,9,10,11	45,8	25	F	45,34	94,5	0,82	110,7	sc	73,7	0,0209	1,201	1,79
L4	12,13,14	64,3	16	F	35,33	76,56	0,75	80,25	sc	84,6	0,0216	2,124	2,713
L5	15,16,17	39	16	F	29,73	64,87	0,75	80,25	sc	69,2	0,0206	1,033	1,622
L6	24,25~44,45	69	35	F	62,07	120,2	0,75	126,8	sc	84	0,0216	1,828	2,417
L7	23	130	35	F	50	109,1	0,75	126,8	sc	74,5	0,0209	2,692	3,281
L8	22	108	10	F	23,55	51,41	0,75	60	sc	74,1	0,0209	3,665	4,254
L9	18,19,20,21	139	4	F	8,773	18,95	0,75	33,75	sc	48,9	0,0192	4,039	4,628
LA1	18 Phil	14	2,5	B1	2,484	12	1	23	sc	40,9	0,0187	0,981	1,57
LA2	32 TL	38	16	F	8,896	42,98	0,75	75	sc	43,1	0,0188	1,502	2,091
LA3	12Phil+12TL	62	10	F	4,992	24,12	0,75	56,25	sc	37,4	0,0184	2,155	2,744
LA4	15TL+Baño+Ofi+TDC	85	25	F	11,37	54,95	0,75	95,25	sc	43,3	0,0188	2,752	3,341
LA5	35TL+Baño	83	35	F	13,25	64,03	0,75	118,5	sc	41,7	0,0187	2,223	2,812
LA6	42TL	95	35	F	11,68	56,41	0,75	118,5	sc	39,1	0,0185	2,22	2,809
L enlace	Inst.Comp	15	240	B1	416,4	702,9	0,8	368,8	sc	84,5	0,0216	0,389	0,589

**Tabla 7. Tabla cálculos de cortocircuito cuadro general + L. enlace**

Linea	Long (m)	Seccion (mm <sup>2</sup> )	IB	K	Iz=Izo*K	ρ <sub>cu</sub> (Tc)	R <sub>TOT</sub> = R <sub>CC</sub> +R <sub>L</sub>	X <sub>TOT</sub> = X <sub>CC</sub> +X <sub>L</sub>	Z <sub>TOT</sub> (mΩ)	I <sub>k3</sub> (kA)	I <sub>k1</sub> (kA)	(k*s)^2
L enlace	15	240	703	0,8	368,8	0,0216	3,625	11,4	12	18,34	9,17	1177862400
L1	20,5	35	129	0,82	138,6	0,0214	15,51	11,84	19,5	18,34	5,622	25050025
L2	29,8	25	95,1	0,82	110,7	0,0209	27,88	12,58	30,6	18,34	3,586	12780625
L3	45,8	25	94,5	0,82	110,7	0,0209	41,2	13,86	43,5	18,34	2,523	12780625
L4	64,3	16	76,6	0,75	80,25	0,0216	89,76	15,34	91,1	18,34	1,205	5234944
L5	39	16	64,9	0,75	80,25	0,0206	53,1	13,32	54,7	18,34	2,004	5234944
L6	69	35	120	0,75	126,8	0,0216	44,05	15,72	46,8	18,34	2,345	25050025
L7	130	35	109	0,75	126,8	0,0209	80,7	20,6	83,3	18,34	1,317	25050025
L8	108	10	51,4	0,75	60	0,0209	227,7	18,8	228	18,34	0,48	2044900
L9	139	4	19	0,75	33,75	0,0192	667,7	21,28	668	18,34	0,164	327184
LA1	14	2,5	12	1	23	0,0187	218,8	12,44	219	18,34	0,501	82656,25
LA2	38	16	43	0,75	75	0,0188	92,29	16,28	93,7	18,34	1,171	3385600
LA3	62	10	24,1	0,75	56,25	0,0184	231,3	20,12	232	18,34	0,472	1322500
LA4	85	25	55	0,75	95,25	0,0188	130,9	23,8	133	18,34	0,824	8265625
LA5	83	35	64	0,75	118,5	0,0187	91,68	23,48	94,6	18,34	1,159	16200625
LA6	95	35	56,4	0,75	118,5	0,0185	103,5	25,4	107	18,34	1,029	16200625

**Tabla 8.** Tabla cálculos dimensionado de secciones de cuadros secundarios

Cuadro	Consumo	Long (m)	Pot[kW]	$IB=1,25*IN$ (*1,15 en zonas22)	k	IZ= IZO*K	Secc. (mm2)	Met. Inst.	Tc	pcu(Tc)	CdT(%) parcial	CdT(%) Total
CS1	M1	14,4	11,776	30,26	1	36	4	B1	72,4	0,0208	0,61	1,763
	M2	7,1	11,776	30,26	1	36	4	B1	72,4	0,0208	0,301	1,453
	M3	32	11,776	30,26	1	36	4	B1	72,4	0,0208	1,356	2,509
	M4	23	11,776	30,26	1	36	4	B1	72,4	0,0208	0,975	2,127
	M5	16,9	17,664	44,86	1	36	4	B1	123	0,0242	1,252	2,405
CS2	M6	12	20,608	51,73	1	46	6	B1	106	0,0231	0,658	2,01
	M7	8,5	23,552	59,13	1	63	10	B1	82,8	0,0215	0,298	1,65
CS3	M8	8,5	17,664	44,86	1	46	6	B1	87,1	0,0218	0,378	2,168
	M9	6,2	11,776	30,26	1	36	4	B1	72,4	0,0208	0,263	2,053
	M10	14	11,776	30,26	1	36	4	B1	72,4	0,0208	0,593	2,383
	M11	19	4,1216	10,85	1	19,5	1,5	B1	48,6	0,0192	0,693	2,483
CS4	M12	14,8	11,776	30,26	1	36	4	B1	72,4	0,0208	0,627	3,34
	M13	11	17,664	44,86	1	46	6	B1	87,1	0,0218	0,489	3,201
	M14	17,4	5,888	15,31	1	19,5	1,5	B1	67	0,0204	0,966	3,679
CS5	M15	12,5	14,72	37,82	1	46	6	B1	70,6	0,0207	0,439	2,061
	M16	4	3,2384	8,63	1	19,5	1,5	B1	41,7	0,0187	0,112	1,734
	M17	7	11,776	30,26	1	36	4	B1	72,4	0,0208	0,297	1,918
CS9	M18	7	3,2384	8,63	1	19,5	1,5	B1	41,7	0,0187	0,196	4,824
	M19	10,3	1,5898	4,29	1	19,5	1,5	B1	32,9	0,0181	0,137	4,765
	M20	9,5	2,3552	6,27	1	19,5	1,5	B1	36,2	0,0183	0,189	4,817
	M21	11,5	1,5898	4,29	1	19,5	1,5	B1	32,9	0,0181	0,153	4,781
CS8	M22	6	23,552	51,41	1	63	10	B1	70	0,0206	0,202	4,456
CS7	M23	10	50	109,15	1	110	25	B1	89,1	0,0219	0,304	3,585
CS6	M24	42,5	50	109,15	0,7	116,9	50	B1	82,3	0,0215	0,632	3,049
	M25-44	107	7,36	14,15	0,7	18,9	2,5	B1	63,6	0,0202	3,619	6,037
	M45	44,5	4,7104	10,91	0,7	13,65	1,5	B1	68,3	0,0205	1,985	4,402

**Tabla 9. Tabla cálculos de cortocircuito cuadros de alimentación de fuerza motriz**

Linea	Long (m)	Seccion (mm2)	$I_B$	$I_Z = I_{ZO} \cdot K$	$\rho_{Cu}(T_c)$	$R_{TOT} = R_{CC} + R_L$	$X_{TOT} = X_{CC} + X_L$	$Z_{TOT}$ (m $\Omega$ )	$I_{k3}$ (kA)	$I_{k1}$ (kA)	$(k \cdot s)^2$
CS1	14,4	4	30,26	36	0,0208	90,351	12,992	91,28	2,404	1,202	327184
	7,1	4	30,26	36	0,0208	52,411	12,408	53,86	4,073	2,037	327184
	32	4	30,26	36	0,0208	181,82	14,4	182,4	1,203	0,601	327184
	23	4	30,26	36	0,0208	135,05	13,68	135,7	1,616	0,808	327184
	16,9	4	44,86	36	0,0242	117,88	13,192	118,6	1,85	0,925	327184
CS2	12	6	51,73	46	0,0231	74,004	13,544	75,23	2,916	1,458	736164
	8,5	10	59,13	63	0,0215	46,158	13,264	48,03	4,568	2,284	2044900
CS3	8,5	6	44,86	46	0,0218	72,063	14,544	73,52	2,984	1,492	736164
	6,2	4	30,26	36	0,0208	73,426	14,36	74,82	2,932	1,466	327184
	14	4	30,26	36	0,0208	113,97	14,984	114,9	1,909	0,954	327184
	19	1,5	10,85	19,5	0,0192	284,09	15,384	284,5	0,771	0,386	46010,25
CS4	14,8	4	30,26	36	0,0208	166,68	16,524	167,5	1,31	0,655	327184
	11	6	44,86	46	0,0218	129,69	16,22	130,7	1,679	0,839	736164
	17,4	1,5	15,31	19,5	0,0204	326,67	16,732	327,1	0,671	0,335	46010,25
CS5	12,5	6	37,82	46	0,0207	96,153	14,32	97,21	2,257	1,128	736164
	4	1,5	8,625	19,5	0,0187	103	13,64	103,9	2,112	1,056	46010,25
	7	4	30,26	36	0,0208	89,481	13,88	90,55	2,423	1,211	327184
CS9	7	1,5	8,625	19,5	0,0187	755,06	21,84	755,4	0,29	0,145	46010,25
	10,3	1,5	4,287	19,5	0,0181	792,12	22,104	792,4	0,277	0,138	46010,25
	9,5	1,5	6,273	19,5	0,0183	783,88	22,04	784,2	0,28	0,14	46010,25
	11,5	1,5	4,287	19,5	0,0181	806,61	22,2	806,9	0,272	0,136	46010,25
CS8	6	10	51,41	63	0,0206	240,03	19,28	240,8	0,911	0,456	2044900
CS7	10	25	109,1	110	0,0219	89,466	22,08	92,15	2,381	1,19	12780625
CS6	42,5	50	109,1	116,9	0,0215	62,296	19,12	65,16	3,367	1,683	51122500
	107	2,5	14,15	18,9	0,0202	908,49	24,28	908,8	0,241	0,121	127806,25
	44,5	1,5	10,91	13,65	0,0205	652,65	19,28	652,9	0,336	0,168	46010,25

**Tabla 10. Tabla cálculos dimensionado de secciones cuadros de alumbrado**

Cuadro	Consumo	Long (m)	Pot[kW]	$\frac{IB=1,25*IN}{(*1,15 \text{ en zonas22})}$	k	IZ= IZO*K	Secc. (mm2)	Met. Inst.	Tc	pcu(Tc)	CdT (%) parcial	CdT (%) Total
CA1	GL 1	56	0,828	4,00	1	23	2,5	B1	31,21	0,018	0,776	2,3464
	GL 2	46	0,69	3,33	1	23	2,5	B1	30,84	0,018	0,542	2,1119
	GL 3	88	0,966	4,67	1	23	2,5	B1	31,65	0,018	1,946	3,5162
CA2	GL 1	48	1,112	5,37	1	17	1,5	B1	33,99	0,0182	1,728	3,8189
	GL 2	52	1,668	8,06	1	17	1,5	B1	38,99	0,0185	2,38	4,4712
	GL 3	62	1,668	8,06	1	23	2,5	B1	34,91	0,0183	1,918	4,0095
CA3	GL 1	38	1,112	5,37	1	17	1,5	B1	33,99	0,0182	1,161	3,2525
	GL 2	64	1,668	8,06	1	23	2,5	B1	34,91	0,0183	2,02	4,1118
	GL 3	86	1,668	8,06	1	31	4	B1	32,7	0,0181	1,95	4,0413
CA4	GL 1	64	0,828	4,00	1	17	1,5	B1	32,21	0,0181	1,634	4,3778
	GL 2	53	0,828	4,00	1	17	1,5	B1	32,21	0,0181	1,173	3,917
CA5	GL 1	46	1,668	8,06	1	23	2,5	B1	34,91	0,0183	1,356	4,0994
	GL 2	65	1,668	8,06	1	31	4	B1	32,7	0,0181	1,268	4,0122
CA6	GL 1	42	1,39	6,71	1	31	4	B1	31,88	0,018	0,803	4,1442
	GL 2	37	1,112	5,37	1	23	2,5	B1	32,18	0,0181	0,709	4,0496
	GL 3	74	1,668	8,06	1	40	6	B1	31,62	0,018	1,042	4,3829
	oficina	18	0,231	1,12	1	17	1,5	B1	30,17	0,0179	0,151	3,4915
	oficina2	4	3,45	15,00	1	23	1,5	B1	47,01	0,0191	0,398	3,7387
	baño	12	0,0739	0,36	1	17	1,5	B1	30,02	0,0179	0,045	3,3853
CA7	GL 1	77	1,39	6,71	1	31	4	B1	31,88	0,018	1,462	4,2741
	GL 2	70	1,668	8,06	1	31	4	B1	32,7	0,0181	1,427	4,239
	GL 3	61	1,668	8,06	1	31	4	B1	32,7	0,0181	1,126	3,9378
	GL 4	61	1,668	8,06	1	31	4	B1	32,7	0,0181	1,126	3,9378
	GL 5	70	1,668	8,06	1	31	4	B1	32,7	0,0181	1,427	4,239
	GL 6	77	1,668	8,06	1	31	4	B1	32,7	0,0181	1,68	4,4927
	baño	40	0,0739	0,36	1	17	1,5	B1	30,02	0,0179	0,148	2,9605
CA8	GL 1	77	1,668	8,06	1	31	4	B1	32,7	0,0181	1,68	88
	GL 2	69	1,668	8,06	1	31	4	B1	32,7	0,0181	1,427	4,2363
	GL 3	62	1,668	8,06	1	31	4	B1	32,7	0,0181	1,157	3,9667
	GL 4	52	1,668	8,06	1	23	2,5	B1	34,91	0,0183	1,407	4,2161
	GL 5	62	1,668	8,06	1	31	4	B1	32,7	0,0181	1,157	3,9667
	GL 6	69	1,668	8,06	1	31	4	B1	32,7	0,0181	1,427	4,2363
	GL 7	77	1,668	8,06	1	31	4	B1	32,7	0,0181	1,68	4,4899

**Tabla 11. Cálculos de cortocircuito de los cuadros de alumbrado**

Linea	Long (m)	Seccion (mm2)	IB	Iz= IZO·K	$\rho_{cu}(T_c)$	RTOT = Rcc+RL	XTOT= Xcc+XL	ZTOT (m $\Omega$ )	Ik3(kA)	Ik1(kA)	(k*s)^2
CSA1	56	2,5	4	23	0,01807	1028,2	16,92	1028,3	0,2134	0,1067	82656
	46	2,5	3,3333	23	0,01802	881,95	16,12	882,1	0,2487	0,1244	82656
	88	2,5	4,6667	23	0,01803	1488	19,48	1488,1	0,1474	0,0737	82656
CA2	48	1,5	5,372	17	0,01819	1256,3	20,12	1256,5	0,1746	0,0873	29756
	52	1,5	8,058	17	0,01853	1376,8	20,44	1376,9	0,1593	0,0797	29756
	62	2,5	8,058	23	0,01825	997,49	21,24	997,72	0,2199	0,1099	82656
CA3	38	1,5	5,372	17	0,01819	1013,8	19,32	1014	0,2164	0,1082	29756
	64	2,5	8,058	23	0,01825	1026,7	21,4	1026,9	0,2136	0,1068	82656
	86	4	8,058	31	0,0181	870,61	23,16	870,92	0,2519	0,126	211600
CA4	64	1,5	4	17	0,01807	1773,1	25,24	1773,3	0,1237	0,0619	29756
	53	1,5	4	17	0,01807	1508,1	24,36	1508,3	0,1455	0,0727	29756
CA5	46	2,5	8,058	23	0,01825	902,91	23,8	903,22	0,2429	0,1214	82656
	65	4	8,058	31	0,0181	819,58	25,32	819,97	0,2676	0,1338	211600
CA6	42	4	6,715	31	0,01804	509,86	27,16	510,58	0,4297	0,2148	211600
	37	2,5	5,372	23	0,01807	665,66	26,76	666,2	0,3293	0,1647	82656
	74	6	8,058	40	0,01803	575,6	29,72	576,37	0,3806	0,1903	476100
	18	1,5	1,1159	17	0,01793	561,22	25,24	561,79	0,3905	0,1953	29756
	4	1,5	15	17	0,02003	237,74	24,12	238,96	0,9181	0,4591	29756
	12	1,5	0,357	17	0,01792	417,62	24,76	418,36	0,5244	0,2622	29756
CA7	77	4	6,715	31	0,01804	786,4	29,64	786,96	0,2788	0,1394	211600
	70	4	8,058	31	0,0181	725,21	29,08	725,79	0,3023	0,1511	211600
	61	4	8,058	31	0,0181	643,75	28,36	644,38	0,3405	0,1702	211600
	61	4	8,058	31	0,0181	643,75	28,36	644,38	0,3405	0,1702	211600
	70	4	8,058	31	0,0181	725,21	29,08	725,79	0,3023	0,1511	211600
	77	4	8,058	31	0,0181	788,56	29,64	789,11	0,278	0,139	211600
	40	1,5	0,357	17	0,01792	1047,3	26,68	1047,7	0,2094	0,1047	29756
CA8	77	4	8,058	31	0,0181	800,42	31,56	801,05	0,2739	0,1369	211600
	69	4	8,058	31	0,0181	728,02	30,92	728,68	0,3011	0,1505	211600
	62	4	8,058	31	0,0181	664,67	30,36	665,36	0,3297	0,1649	211600
	52	2,5	8,058	23	0,01825	862,76	29,56	863,26	0,2541	0,1271	82656
	62	4	8,058	31	0,0181	664,67	30,36	665,36	0,3297	0,1649	211600
	69	4	8,058	31	0,0181	728,02	30,92	728,68	0,3011	0,1505	211600
	77	4	8,058	31	0,0181	800,42	31,56	801,05	0,2739	0,1369	211600

# **DOCUMENTO III**

## ***PRESUPUESTO***





## 1. DESCRIPCIÓN DEL PRESUPUESTO

### LINEAS

- Líneas alimentación cuadros de fuerza motriz

Suministro y tendido de línea trifásica con neutro formada por 5 cables RZ1K unipolares (3fases+neutro+TT) de 0,6/1 de tensión nominal constituidos por conductores de cobre flexible, con aislamiento polietileno reticulado y cubierta de PVC, instalada bajo tubo o bandeja (no incluido en el precio) en correcto estado de funcionamiento, según REBT

U.M	descripción	rdto	precio	importe	cantidad	total
m	cable RZ1K(AS) 1x4mm <sup>2</sup>	4,2	0,81	3,402	138,5	471,177
m	cable RZ1K(AS) 1x4mm <sup>2</sup>	1,05	0,81	0,8505	138,5	117,7943
m	cables RZ1K(AS) 1x10mm <sup>2</sup>	4,2	1,52	6,384	107,35	685,3224
m	cables RZ1K(AS) 1x10mm <sup>2</sup>	1,05	1,52	1,596	107,35	171,3306
m	cables RZ1K(AS) 1x16mm <sup>2</sup>	4,2	2,25	9,45	103,25	975,7125
m	cables RZ1K(AS) 1x16mm <sup>2</sup>	1,05	2,25	2,3625	103,25	243,9281
m	cables RZ1K(AS) 1x25mm <sup>2</sup>	4,2	3,29	13,818	75,6	1044,641
m	cables RZ1K(AS) 1x25mm <sup>2</sup>	1,05	2,25	2,3625	75,6	178,605
m	cables RZ1K(AS) 1x35mm <sup>2</sup>	4,2	4,6	19,32	219,5	4240,74
m	cables RZ1K(AS) 1x35mm <sup>2</sup>	1,05	2,25	2,3625	219,5	518,5688
m	cables RZ1K(AS) 1x240mm <sup>2</sup>	1,05	28,4	29,82	15	447,3
m	cables RZ1K(AS) 1x240mm <sup>2</sup>	4,2	14,55	61,11	15	916,65
h	Especialista electricidad	0,12	14,1	1,69	659,2	1114,048
h	Oficial 1ª electricidad	0,06	16,58	0,99	659,2	652,608
<b>TOTAL</b>						<b>11778,43</b>

- Líneas de alimentación directa a receptores trifásicos

Suministro y tendido de línea trifásica con neutro formada por 5 cables H071-K unipolares (1fases+neutro+TT), no propagadores del incendio y con emisión de humos y opacidad reducida de 450/750V de tensión nominal constituidos por conductores de cobre flexible, con aislamiento termoplástico (sin cubierta), instalada bajo tubo o bandeja (no incluido en el precio) en correcto estado de funcionamiento, según REBT.

U.M	descripción	rdto	precio	importe	cantidad	total
m	cables H07Z1(AS) 1x1,5mm2	4,2	0,23	0,97	123,3	119,601
m	cables H07Z1(AS) 1x1,5mm2	1,05	0,23	0,24	123,3	29,592
m	cables H07Z1(AS) 1x2,5mm2	4,2	0,35	1,47	107	157,29
m	cables H07Z1(AS) 1x2.5mm2	1,05	0,35	0,37	107	39,59
m	cable H07Z1(AS) 1x4mm2	4,2	0,6	2,52	135,4	341,208
m	cable H07Z1(AS) 1x4mm2	1,05	0,6	0,63	135,4	85,302
m	cables H07Z1(AS) 1x6mm2	4,2	0,99	4,16	44	183,04
m	cables H07Z1(AS) 1x6mm2	1,05	0,99	1,04	44	45,76
m	cables H07Z1(AS) 1x10mm2	4,2	1,67	7,01	14,5	101,645
m	cables H07Z1(AS) 1x10mm2	1,05	1,67	1,75	14,5	25,375
m	cables H07Z1(AS) 1x25mm2	4,2	6,02	25,28	10	252,8
m	cables H07Z1(AS) 1x25mm2	1,05	2,58	2,71	10	27,1
m	cables H07Z1(AS) 1x35mm2	4,2	8,41	35,32	42,5	1501,1
m	cables H07Z1(AS) 1x35mm2	1,05	4,15	0,85	42,5	36,125
h	Especialista electricidad	0,12	14,1	1,69	476,7	805,623
h	Oficial 1ª electricidad	0,06	16,58	0,99	476,7	471,933
<b>TOTAL</b>						<b>4223,08</b>

- Líneas alimentación cuadros de alumbrado

Suministro y tendido de línea monofásica con neutro formada por 3 cables VVK unipolares (fase+neutro+TT) de 0,6/1 de tensión nominal constituidos por conductores de cobre flexible, con aislamiento de PVC, instalada bajo tubo o bandeja (no incluido en el precio) en correcto estado de funcionamiento, según REBT

U.M	descripción	rdto	precio	importe	Cantidad	Tot
m	cables VVK 1x2,5mm2	2,1	0,46	0,966	14	13,524
m	cables VVK 1x2.5mm2	1,05	0,46	0,483	14	6,762
m	cables VVK 1x10mm2	2,1	1,38	2,898	62	179,676
m	cables VVK 1x10mm2	1,05	1,38	1,449	62	89,838
m	cables VVK 1x16mm2	2,1	2,05	4,305	38	163,59
m	cables VVK 1x16mm2	1,05	2,05	2,1525	38	81,795
m	cables VVK 1x25mm2	2,1	3,05	6,405	85	544,425
m	cables VVK 1x25mm2	1,05	3,05	3,2025	85	272,213
m	cables VVK 1x35mm2	2,1	4,26	8,946	178	1592,39
m	cables VVK 1x35mm2	1,05	2,05	2,1525	178	383,145
h	Especialista electricidad	0,12	14,1	1,692	377	637,884
h	Oficial 1ª electricidad	0,06	16,58	0,9948	377	375,04
<b>TOTAL</b>						<b>4340,28</b>

- Líneas de alimentación a receptores de alumbrado

Suministro y tendido de línea trifásica con neutro formada por 3 cables ES07VK(AS) unipolares (fase+neutro+TT) de 450/750 de tensión nominal constituidos por conductores de cobre flexible, con

aislamiento de PVC, libre de halógenos y con baja opacidad de humo(no propagador del incendio) instalada bajo tubo o bandeja( no incluido en el precio) en correcto estado de funcionamiento, según REBT.

U.M	descripción	rdto	precio	importe	cant	tot
m	cables ES07VK(AS) 1x1,5mm2	2,1	0,23	0,48	325	156
m	cables ES07VK(AS) 1x1,5mm2	1,05	0,23	0,24	325	78
m	cables ES07VK(AS) 1x2,5mm2	2,1	0,35	0,735	455	334,425
m	cables ES07VK(AS) 1x2.5mm2	1,05	0,35	0,3675	455	167,2125
m	cables ES07VK(AS) 1x4mm2	2,1	0,6	1,26	1025	1291,5
m	cables ES07VK(AS) 1x4mm2	1,05	0,6	0,63	1025	645,75
m	cables ES07VK(AS) 1x6mm2	2,1	0,99	2,079	74	153,846
m	cables ES07VK(AS) 1x6mm2	1,05	0,99	1,0395	74	76,923
h	Especialista electricidad	0,12	14,1	1,692	1879	3179,268
h	Oficial 1ª electricidad	0,06	16,58	0,9948	1879	1869,2292
					TOT	7952,1537

### CONDUCCIONES

- Conducción para líneas de alumbrado

bandeja metálica de varilla de dimensiones 70x400mm para canalización eléctrica, suministrada totalmente montada, sin incluir cableado según REBT

UM	descripción	rdto	precio	importe	cant	tot
h	oficial 1ª ele	0,29	16,58	4,81	55	264,55
h	especialista	0,29	14,1	4,09	55	224,95
m	band car ino	1,05	75,83	79,62	55	4379,1
					TOT	4868,6

- Conducción para líneas de fuerza motriz

bandeja metálica de varilla de dimensiones 70x400mm para canalización eléctrica, suministrada totalmente montada, sin incluir cableado según REBT

UM	descripción	rdto	precio	importe	cant	tot
h	oficial 1ª ele	0,29	16,58	4,81	55	264,55
h	especialista	0,29	14,1	4,09	55	224,95
m	band car ino	1,05	75,83	79,62	55	4379,1
					TOT	4868,6

- Conducción de alimentación de receptores de fuerza motriz

Suministro e instalación de tubo rígido de acero galvanizado para canalización superficial, con resistencia a compresión >4000N, resistencia a impacto >20,4J y Tmax de utilización 400, no propagador de llama, totalmente instalado según REBT

UM	descripción	rdto	precio	importe	cant	tot
m	tubo acero galv sup 16 mm	1,05	2,09	2,19	230,2	504,138
m	tubo acero galv sup 20 mm	1,05	2,63	2,7615	179,4	495,4131
m	tubo acero galv sup 32 mm	1,05	4,9	5,145	14,5	74,6025
m	tubo acero galv sup 40 mm	1,05	6,23	6,5415	10	65,415
m	tubo acero galv sup 50 mm	1,05	8,23	8,6415	42,5	367,26375
h	oficial 1ª electricidad	0,049	16,58	0,81242	476,6	387,19937
h	especialista electricidad	0,049	14,1	0,6909	476,6	329,28294
					TOT	2223,3147

- Conducción para la alimentación de los receptores de alumbrado

suministro e instalación de tubo flexible de PVC para canalización tipo tubo suspendido. Tmax de utilización 65, no propagador de llama, totalmente instalado según REBT

UM	descripción	rdto	precio	importe	cant	tot
m	tubo pvc flexible 13,5 mm	1,05	0,08	0,084	329	27,636
m	tubo pvc flexible 16 mm	1,05	0,11	0,1155	1550	179,025
h	oficial 1ª electricidad	0,015	16,58	0,2487	1879	467,3073
h	especialista electricidad	0,015	14,1	0,2115	1879	397,4085
					TOT	1071,3768

### LUMINARIAS

- Luminarias suspendidas

Luminaria led en suspensión. instalada, encendida y en correcto estado de funcionamiento según REBT

UM	descripción	rdto	precio	importe	cant	tot
ud	Luminaria Led Thorlux- Comboseal	1	671,23	671,23	136	91287,28
ud	Luminaria led Philips BY471P	1	450,99	450,99	30	13529,7
h	oficial 1ª electricidad	0,43	16,58	7,1294	166	1183,4804
h	especialista electricidad	0,43	14,1	6,063	166	1006,458
					TOT	107006,918

- Luminarias empotradas en falso techo

Luminarias empotradas para empotrar en falsos techos, incluyendo instalación, conector y anclaje, totalmente instalado, comprobada y en funcionamiento

UM	descripción	rdto	precio	importe	cant	tot
ud	Philips 9,5W DN140B	1	24,99	24,99	4	99,96
ud	Philips 18,3W DN470B	1	32,56	32,56	6	195,36
ud	Oppl 38W	1	68,87	68,87	6	413,22
h	oficial 1ª electricidad	0,6	16,58	9,948	16	159,168
					TOT	867,708

### PROTECCIONES

- Instalación en cuadro general

Interruptor automático + bloque diferencial, tetrapolar, instalado y probado su funcionamiento

UM	descripción	rdto	precio	importe	cant	tot
ud	Interruptor A	1	6346,02	6346,02	1	6346,02
ud	IA+Bloque D	1	431,32	431,32	3	1293,96
ud	IA+Bloque D	1	351,65	351,65	2	703,3
ud	IA+Bloque D	1	287,33	287,33	2	574,66
ud	IA+Bloque D	1	246,12	246,12	1	246,12
ud	IA+Bloque D	1	187,23	187,23	1	187,23
ud	IA+Bloque D	1	281,33	281,33	1	281,33
ud	IA+Bloque D	1	243,44	243,44	2	486,88
ud	IA+Bloque D	1	199,69	199,69	1	199,69
ud	IA+Bloque D	1	156,55	156,55	1	156,55
ud	IA+Bloque D	1	142,21	142,21	1	142,21
h	oficial 1ª ele	0,3	16,58	4,974	16	79,584
					TOT	10697,534

- Protección diferencial en cuadros que alimentan motores

UM	descripción	rdto	precio	importe	canti	tot
ud	ID 4x32 Idif 300mA	1	188,15	188,15	3	564,45
ud	ID 4x50 Idif 300mA	1	209,55	209,55	1	209,55
ud	ID 4x32 Idif 300mA	1	188,15	188,15	2	376,3
ud	ID 4x6 Idif 300mA	1	109,6	109,6	3	328,8
ud	ID 4x8 Idif 300mA	1	116,2	116,2	1	116,2
ud	ID 4x10 Idif 300mA	1	130,01	130,01	1	130,01
ud	ID 4x12,5 Idif 300mA	1	141,23	141,23	3	423,69
ud	ID 4x16 A Idif 300mA	1	153	153	2	306
ud	ID 4x32 A Idif 300mA	1	188,15	188,15	3	564,45
ud	ID 4x50 A Idif 300mA	1	209,55	209,55	2	419,1
ud	ID 4x63 A Idif 300mA	1	216,33	216,33	1	216,33
ud	ID 4x125 A Idif 300mA	1	273,02	273,02	3	819,06
h	oficial 1ª electricidad	0,28	16,58	4,6424	25	116,06
					TOT	4590

- Protección diferencial en cuadros que alimentan receptores de alumbrado

UM	descripción	rdto	precio	importe	cant	tot
ud	ID 2x16A Idif 30 mA	1	46,12	46,12	1	46,12
ud	ID 2x20A Idif 30 mA	1	50,66	50,66	2	101,32
ud	ID 2x32A Idif 30 mA	1	78,77	78,77	2	157,54
ud	ID 2x50A Idif 30 mA	1	106,26	106,26	1	106,26
ud	ID 2x80A Idif 30 mA	1	155,26	155,26	2	310,52
h	oficial 1ª electricidad	0,28	16,58	4,6424	8	37,1392
					TOT	758,8992

- Magnetotérmicos cuadros secundarios de fuerza motriz

UM	descripción	rdto	precio	importe	cant	tot
ud	IA 4x32 A 15kA	1	119,6	119,6	3	358,8
ud	IA 4x50 A 15kA	1	158,9	158,9	1	158,9
ud	IA 4x32 A 10 kA	1	115,16	115,16	2	230,32
ud	IA 4x6 A 6kA	1	70,36	70,36	3	211,08
ud	IA 4x8 A 6kA	1	72,82	72,82	1	72,82
ud	IA 4x10 A 6kA	1	73,26	73,26	1	73,26
ud	IA 4x12,5 A 6kA	1	87,15	87,15	3	261,45
ud	IA 4x16 A 6kA	1	89,93	89,93	2	179,86
ud	IA 4x32 A 6kA	1	112,8	112,8	3	338,4
ud	IA 4x50 A 6kA	1	155,47	155,47	2	310,94
ud	IA 4x63 A 6kA	1	186,66	186,66	1	186,66
ud	IA 4x125 A 6kA	1	297,51	297,51	3	892,53
h	oficial 1ª electricidad	0,3	16,58	4,974	25	124,35
					TOT	3399,37

- Magnetotérmicos bipolares receptores de alumbrado

UM	descripción	rdto	precio	importe	cant	tot
ud	IA 2x0,5 A 6kA	1	25,26	25,26	2	50,52
ud	IA 2x1,6 A 6kA	1	31,63	31,63	1	31,63
ud	IA 2x6 A 6kA	1	33,56	33,56	8	268,48
ud	IA 2x10 A 6kA	1	38,63	38,63	22	849,86
ud	IA 2x16 A 6kA	1	38,83	38,83	1	38,83
h	oficial 1ª electricidad	0,26	16,58	4,3108	34	146,5672
					TOT	1385,8872

## 2. RESUMEN DEL PRESUPUESTO

TOTAL CABLEADO	28293,9422
TOTAL CONDUCCIONES	13031,8915
TOTAL LUMINARIAS	107874,626
TOTAL PROTECCIONES	20831,6904
<b>PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL</b>	<b>170032,15</b>
Gastos generales (13%)	22104,6
Beneficio industrial(6%)	10201,929
<b>PRESUPUESTO BRUTO</b>	<b>202338,679</b>
IVA(21%)	42491,1227
<b>PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN POR CONTRATA</b>	<b>244829,802</b>

El presupuesto de ejecución material asciende a la cantidad de **DOS CIENTOS CUARENTA Y CUATRO MIL OCHO CIENTOS VEINTINUEVE EUROS CON OCHENTA CÉNTIMOS**



# **DOCUMENTO IV**

## ***PLANOS***

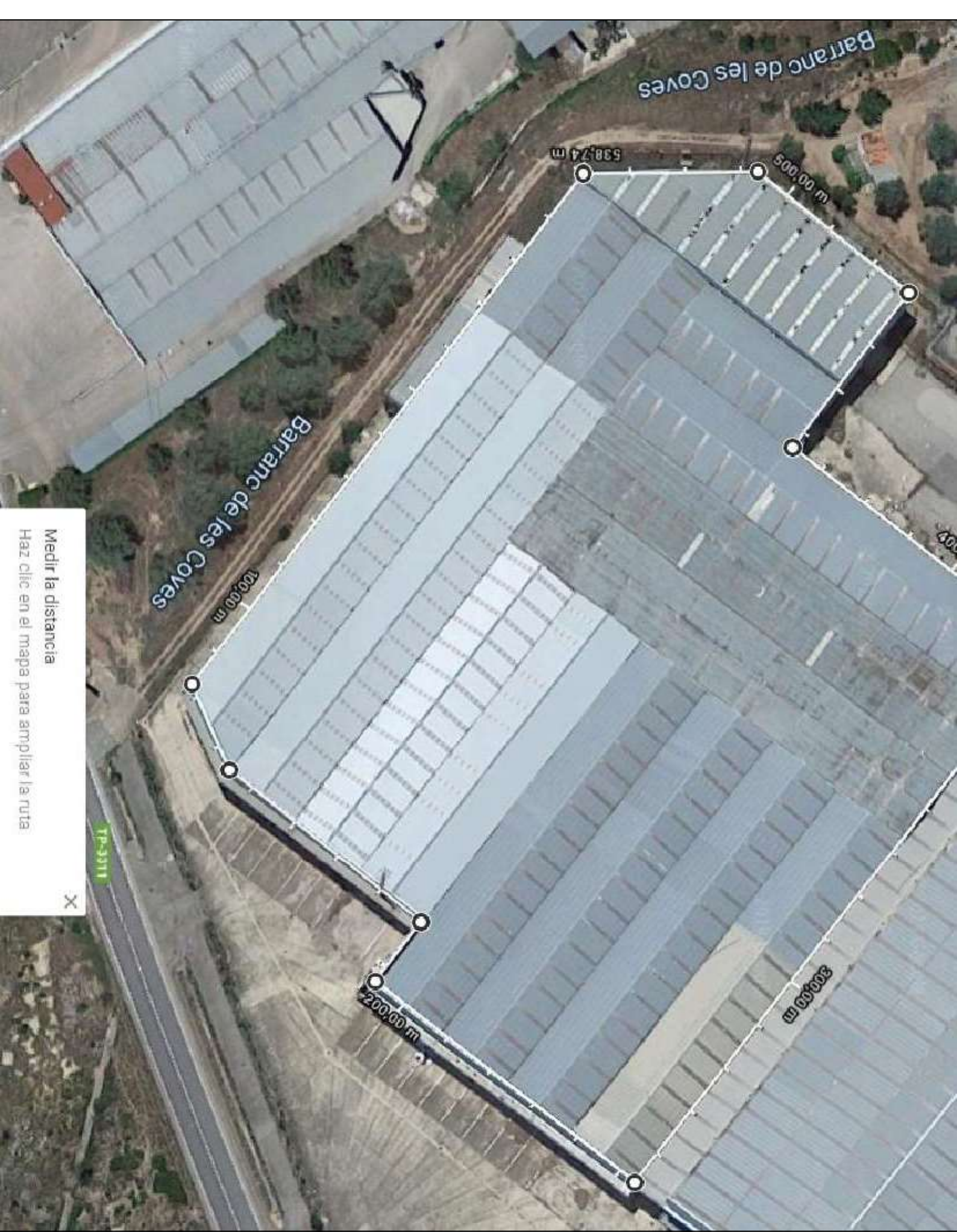


**1. SITUACIÓN**

**2. PLANO GENERAL DE LA INDUSTRIA**

**3. ESQUEMA UNIFILAR COMPLETO**





Barranc de les Coves

538.74 m

500.00 m

Barranc de les Coves

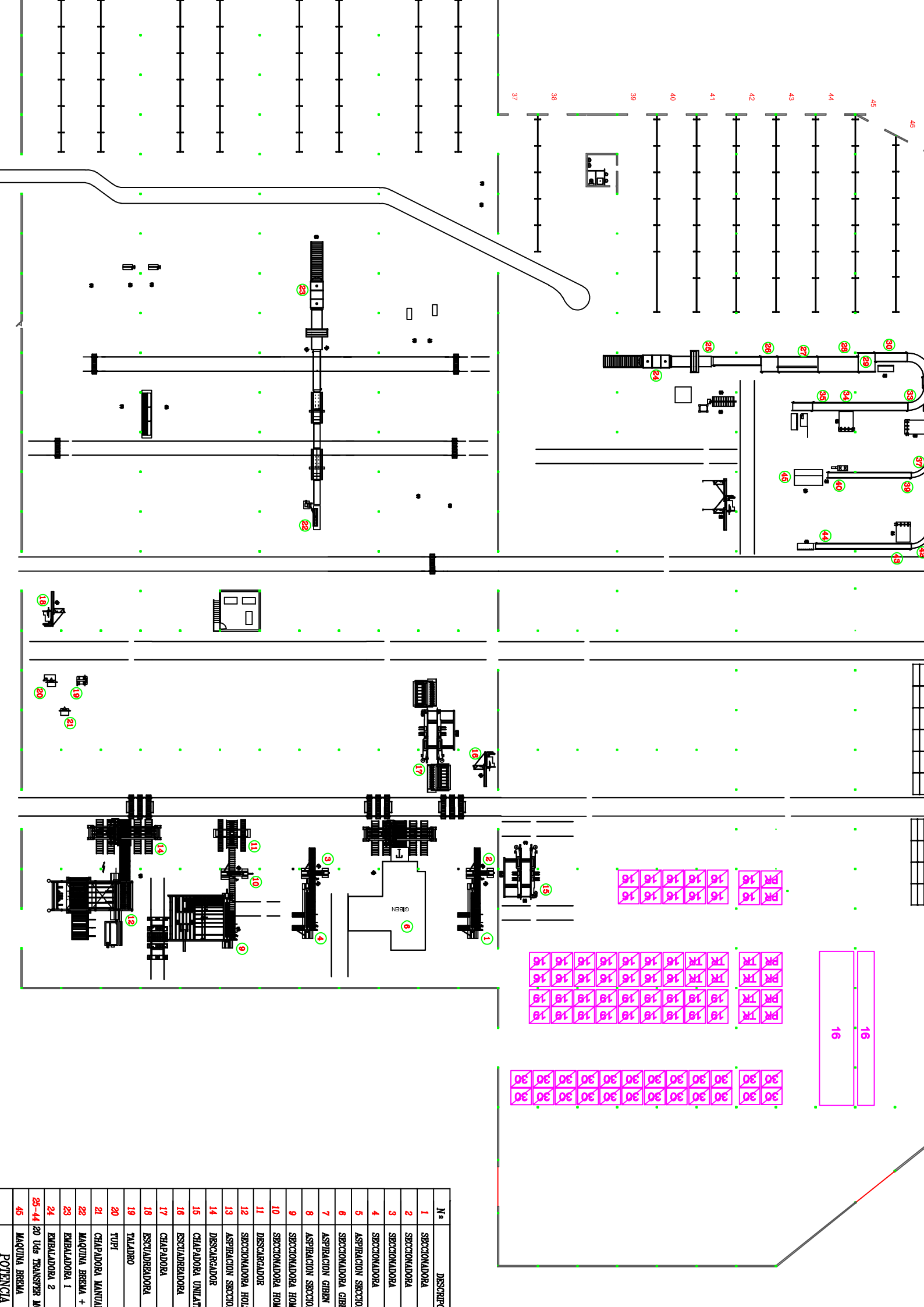
100.00 m

300.00 m

200.00 m

Medir la distancia  
Haz clic en el mapa para ampliar la ruta

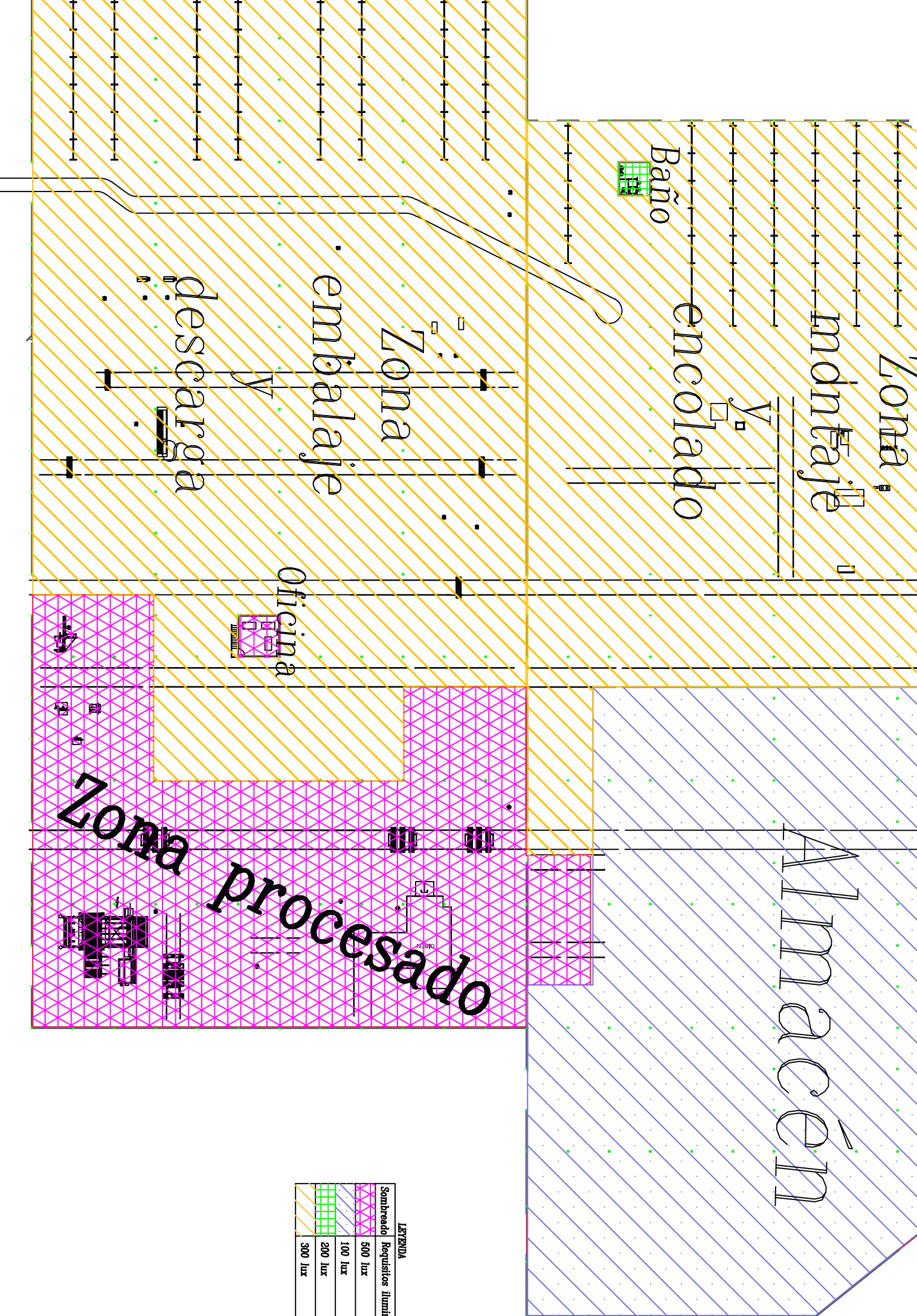
X



N.º	DESCRIPCIO
1	SECCIONADORA
2	SECCIONADORA
3	SECCIONADORA
4	SECCIONADORA
5	ASPIRACION SECCIO
6	SECCIONADORA GIBEN
7	ASPIRACION GIBEN
8	ASPIRACION SECCIO
9	SECCIONADORA HOLA
10	SECCIONADORA HOLA
11	DESCARGADOR
12	SECCIONADORA HOLA
13	ASPIRACION SECCIO
14	DESCARGADOR
15	CHAPADORA UNILAT
16	ESCUADRADORA
17	CHAPADORA
18	ESCUADRADORA
19	TALADRO
20	TUPI
21	CHAPADORA MANUAL
22	MAQUINA BREVA +
23	KIBALADORA 1
24	KIBALADORA 2
25-44	20 Uds TRANSFER M
45	MAQUINA BREVA

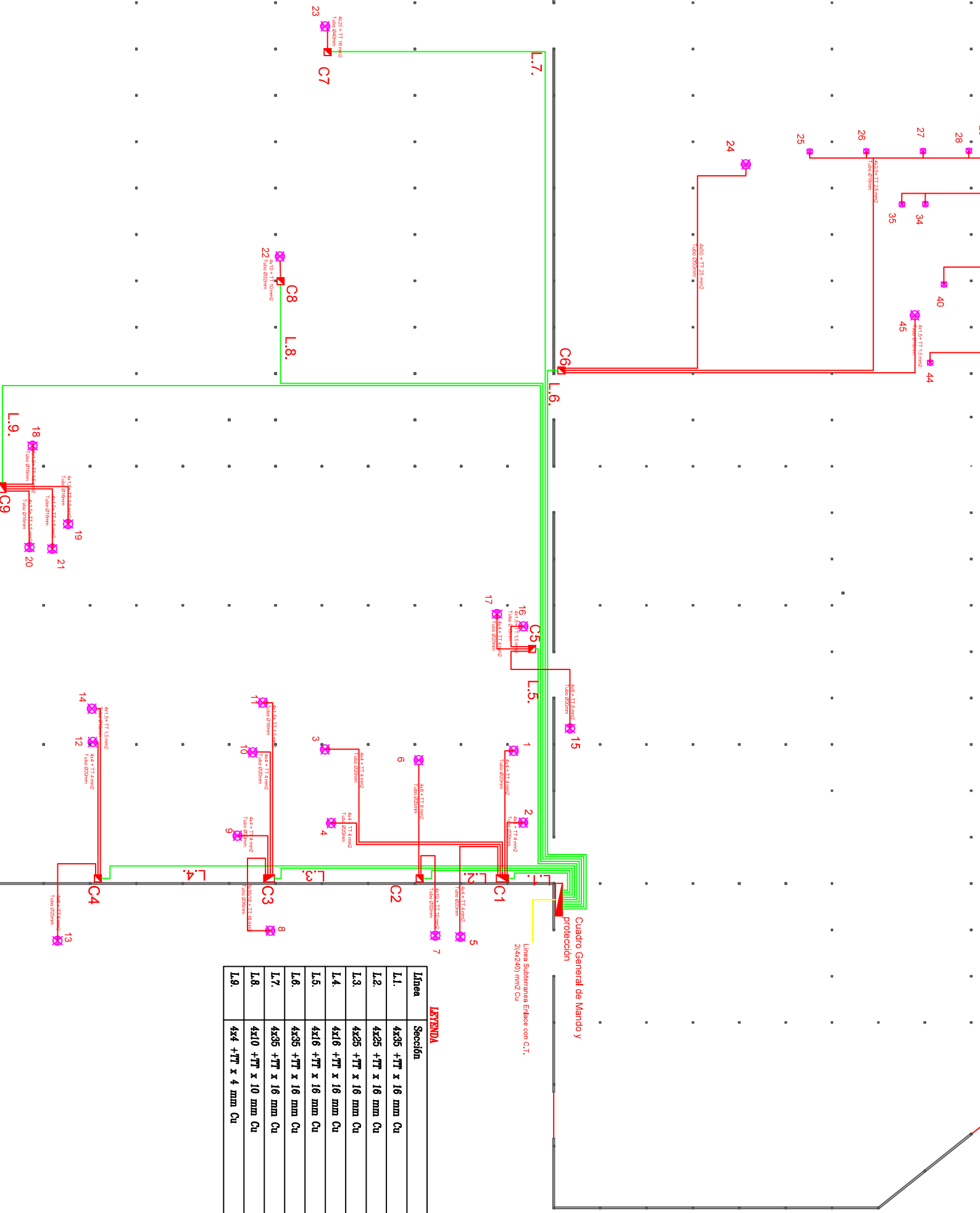
POTENCIA





**LEYENDA**

Sombreado	Requisitos Iluminación
	500 lux
	100 lux
	200 lux
	300 lux



Cuadro General de Mando y protección

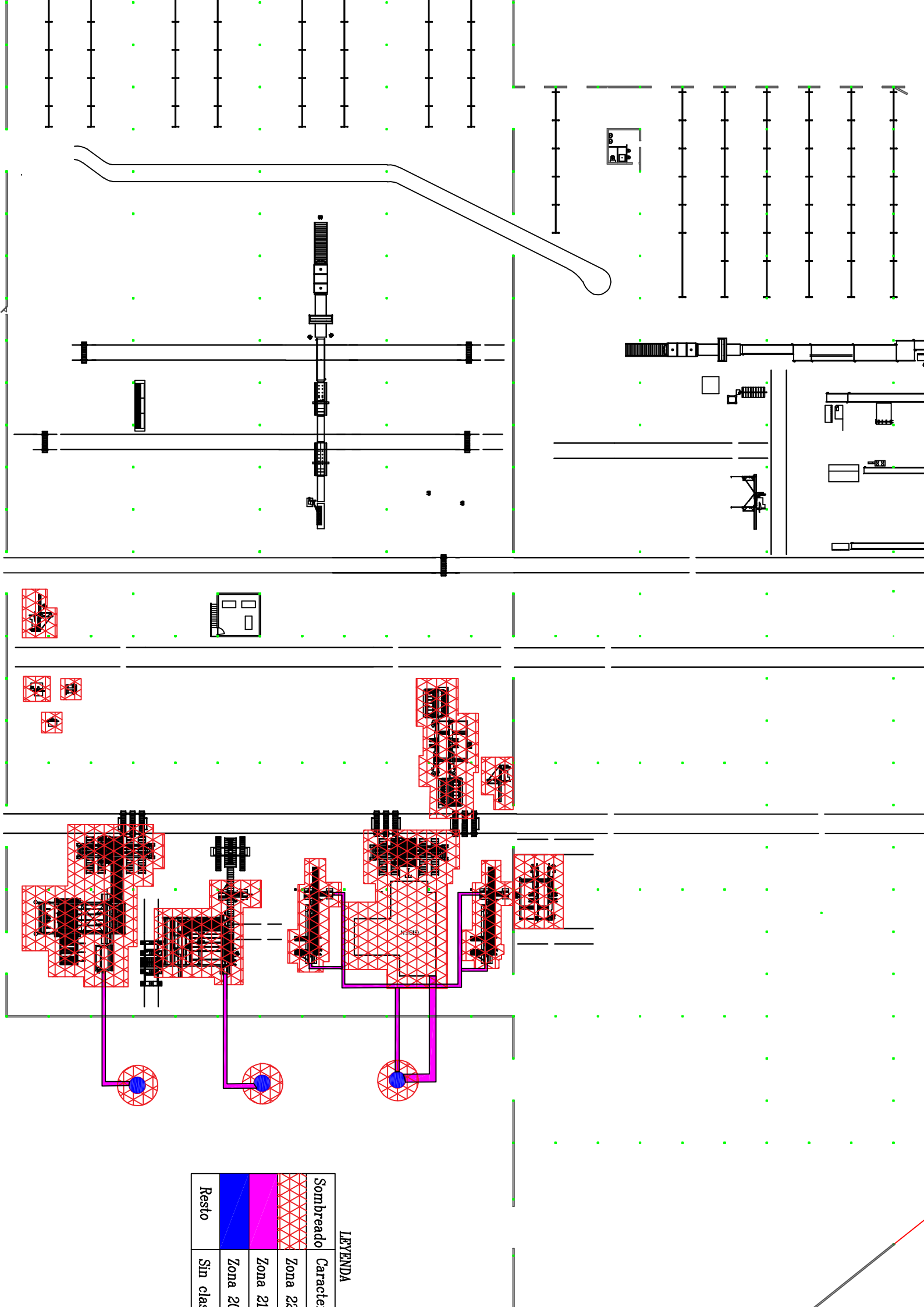
Línea Subterránea Entiende con C.T.  
2(4x240) mm<sup>2</sup> Cu

**LEYENDA**

Línea	Sección
L.1.	4x35 +TT x 16 mm Cu
L.2.	4x25 +TT x 16 mm Cu
L.3.	4x25 +TT x 16 mm Cu
L.4.	4x16 +TT x 16 mm Cu
L.5.	4x16 +TT x 16 mm Cu
L.6.	4x35 +TT x 16 mm Cu
L.7.	4x35 +TT x 16 mm Cu
L.8.	4x10 +TT x 10 mm Cu
L.9.	4x4 +TT x 4 mm Cu

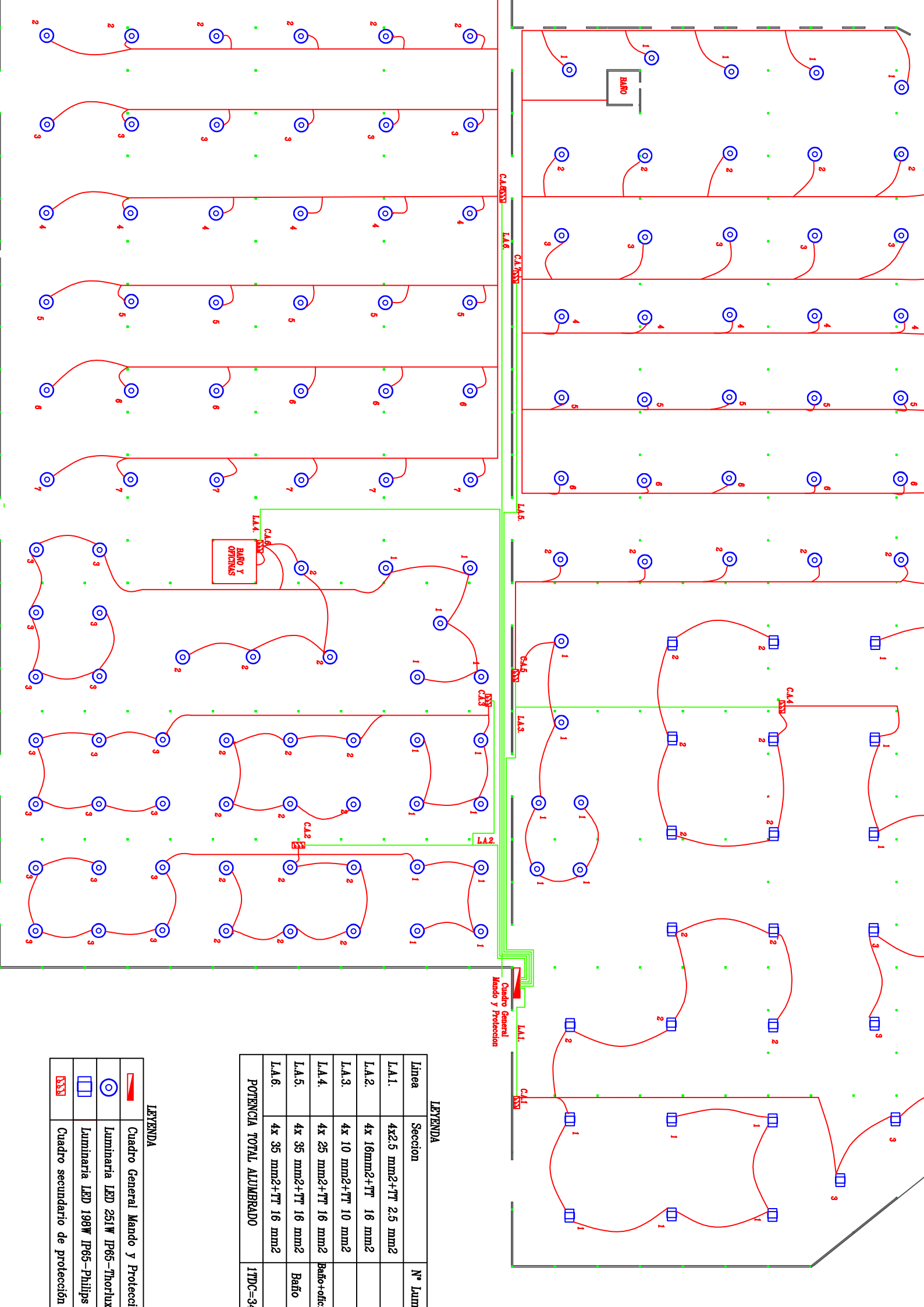
Nº	
1	SI
2	SI
3	SI
4	SI
5	AK
6	SI
7	AK
8	AK
9	SI
10	SI
11	DI
12	SI
13	AK
14	DI
15	CI
16	BE
17	CI
18	BE
19	DI
20	TI
21	CI
22	M
23	DI
24	DI
25-44	20
45	M





LEYENDA

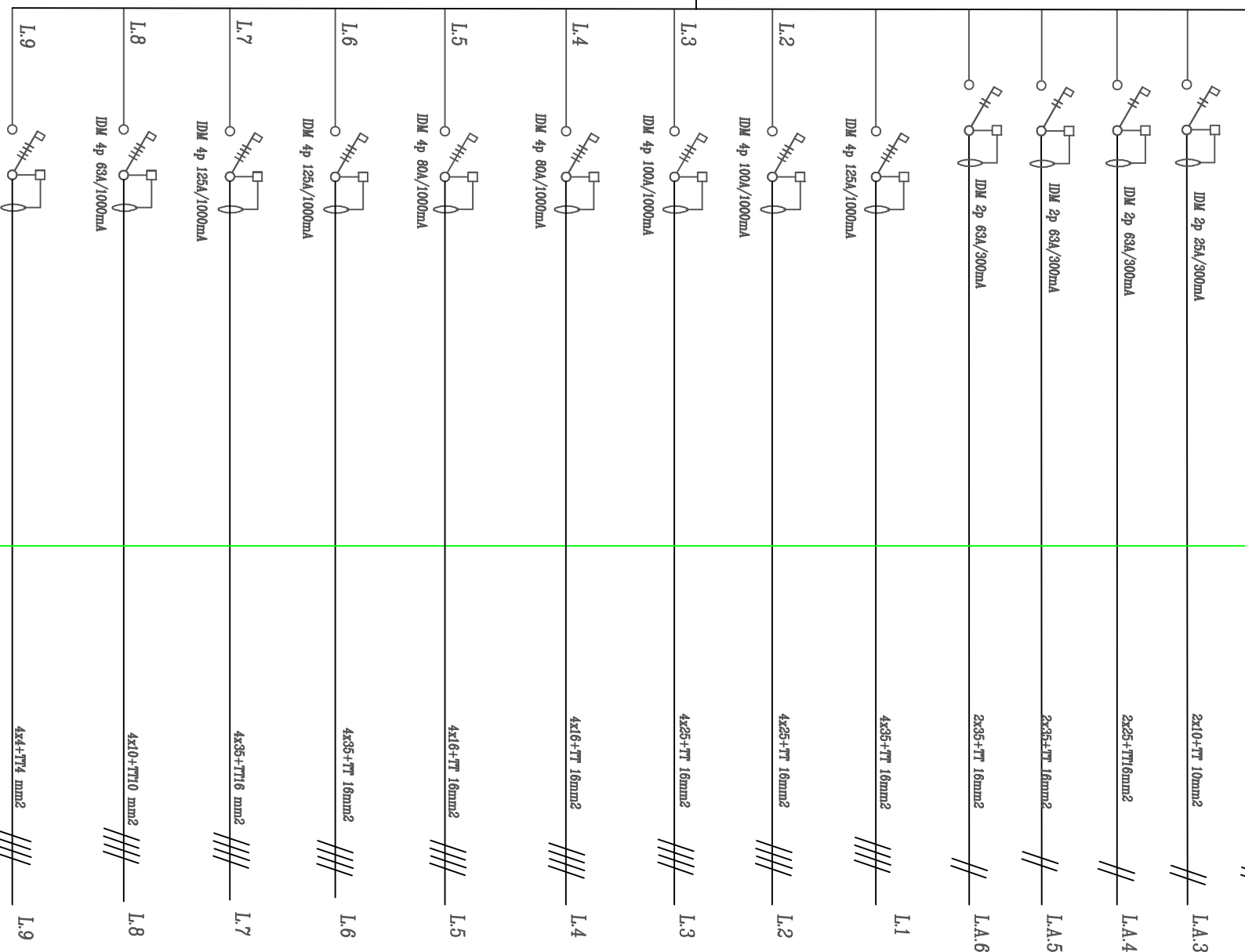
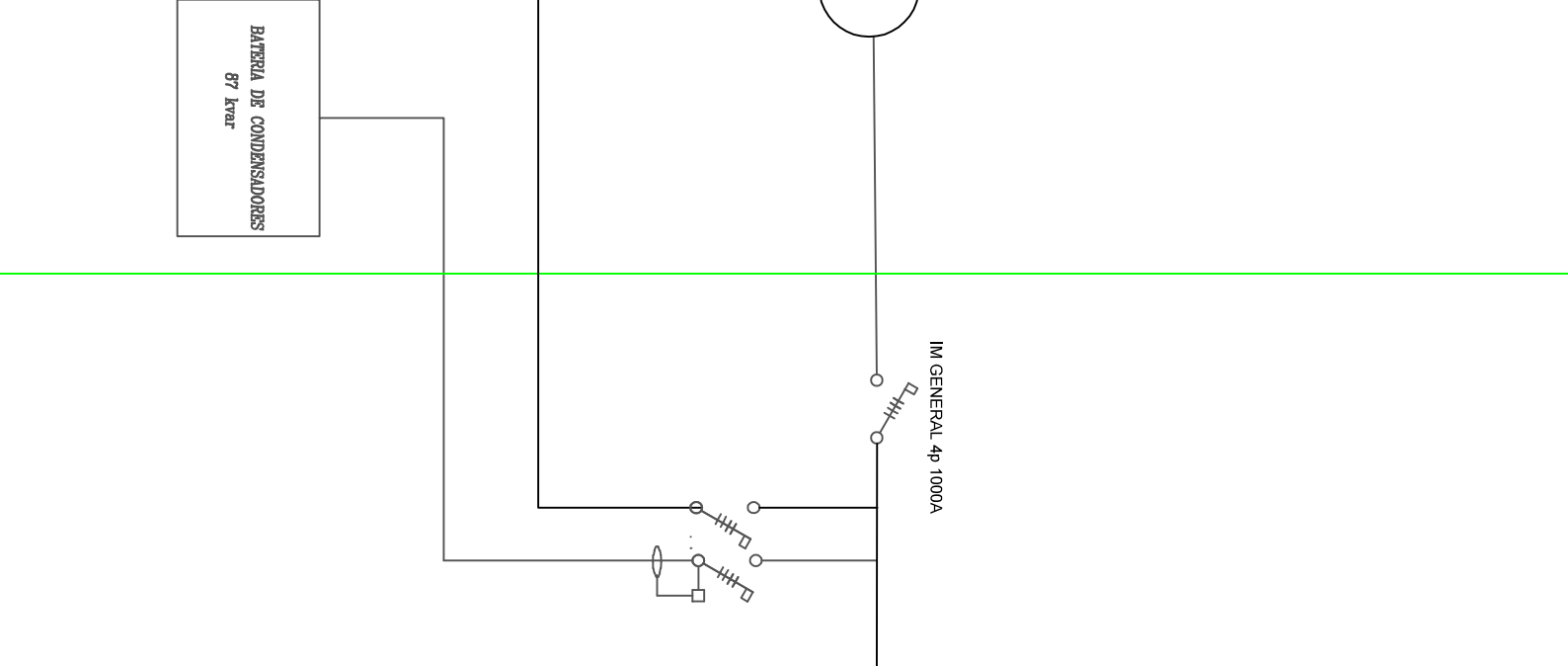
Sombreado	Zona 22	Caracter:	Sin clas
	Zona 21		
	Zona 20		
Resto			



Linea	Seccion	Nº Lum
L.A.1.	4x2.5 mm <sup>2</sup> +TT 2.5 mm <sup>2</sup>	
L.A.2.	4x 16mm <sup>2</sup> +TT 16 mm <sup>2</sup>	
L.A.3.	4x 10 mm <sup>2</sup> +TT 10 mm <sup>2</sup>	
L.A.4.	4x 25 mm <sup>2</sup> +TT 16 mm <sup>2</sup>	Baño+ofic
L.A.5.	4x 35 mm <sup>2</sup> +TT 16 mm <sup>2</sup>	Baño
L.A.6.	4x 35 mm <sup>2</sup> +TT 16 mm <sup>2</sup>	
<b>POTENCIA TOTAL ALUMBRADO</b>		1TDC=3-

**LEYENDA**

LEYENDA	
	Cuadro General Mando y Protección
	Luminaria LED 251W IP65-Thorlux
	Luminaria LED 198W IP65-Philips
	Cuadro secundario de protección



L.A.3 2x10+TT 10mm<sup>2</sup> //

L.A.4 2x25+TT 16mm<sup>2</sup> //

L.A.5 2x35+TT 16mm<sup>2</sup> //

L.A.6 2x35+TT 16mm<sup>2</sup> //

L.1 4x35+TT 16mm<sup>2</sup> ///

L.2 4x25+TT 16mm<sup>2</sup> ///

L.3 4x25+TT 16mm<sup>2</sup> ///

L.4 4x16+TT 16mm<sup>2</sup> ///

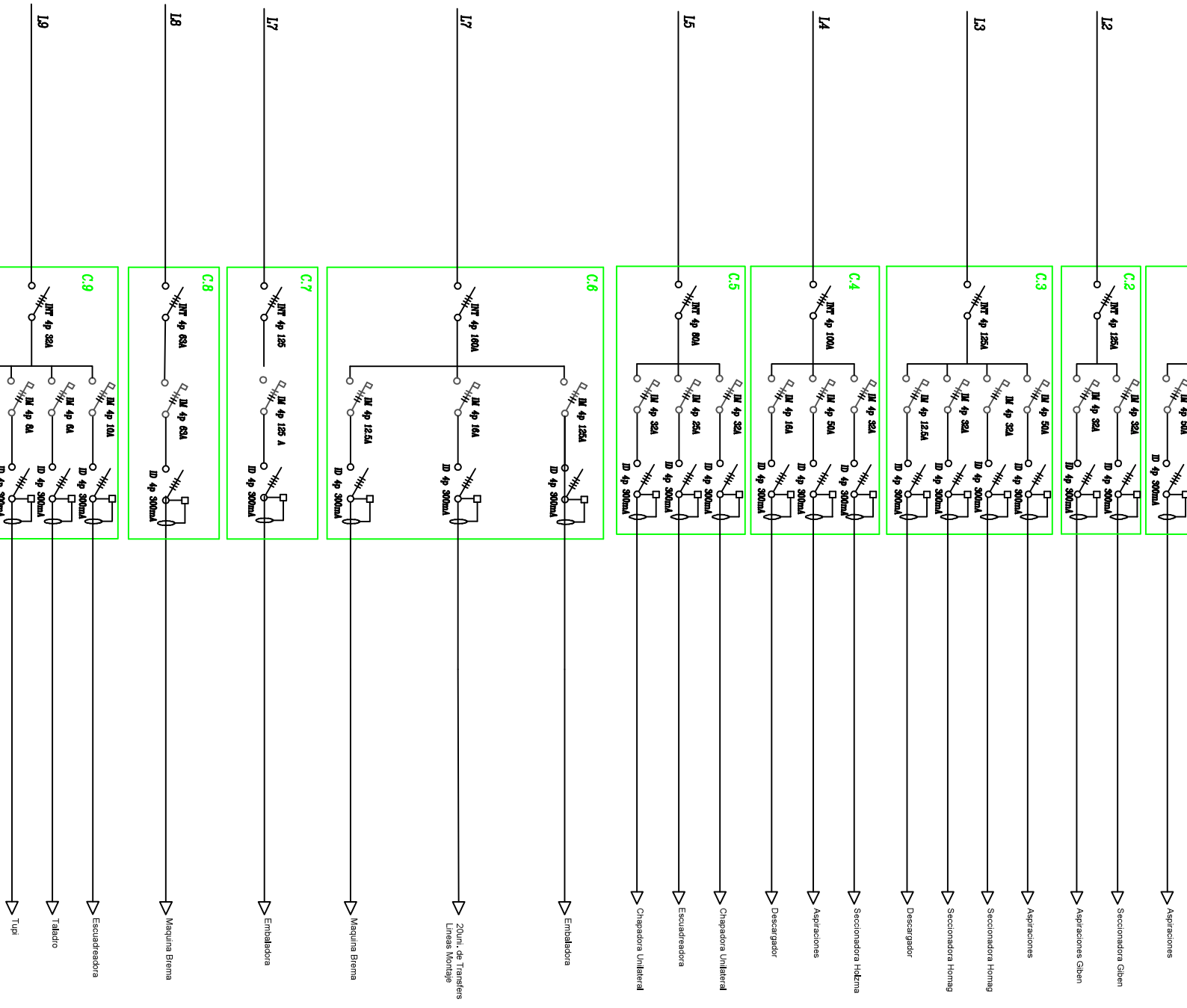
L.5 4x16+TT 16mm<sup>2</sup> ///

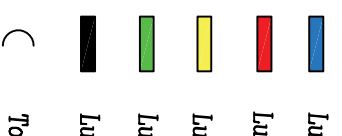
L.6 4x35+TT 16mm<sup>2</sup> ///

L.7 4x35+TT 16 mm<sup>2</sup> ///

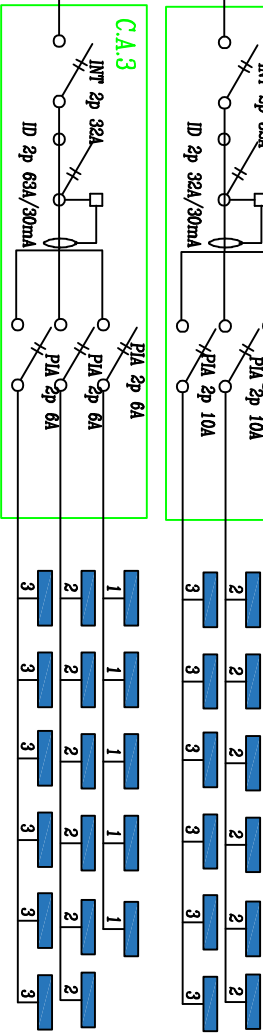
L.8 4x10+TT 10 mm<sup>2</sup> ///

L.9 4x4+TT 4 mm<sup>2</sup> ///

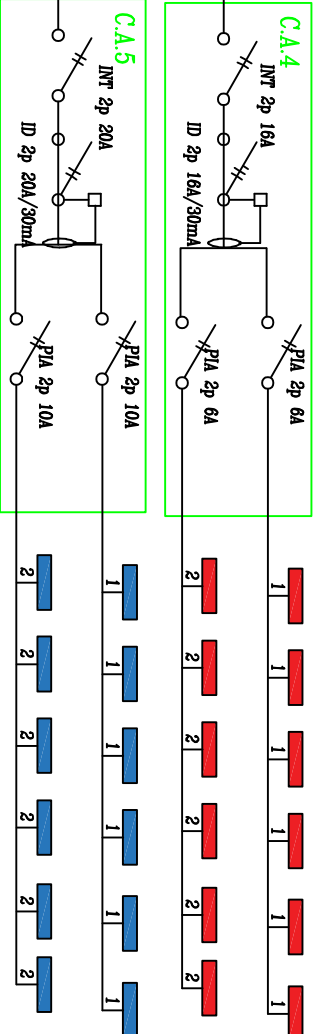




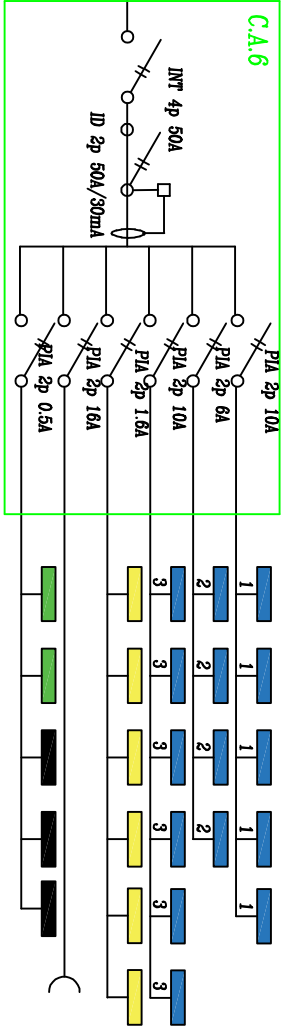
L.A.2



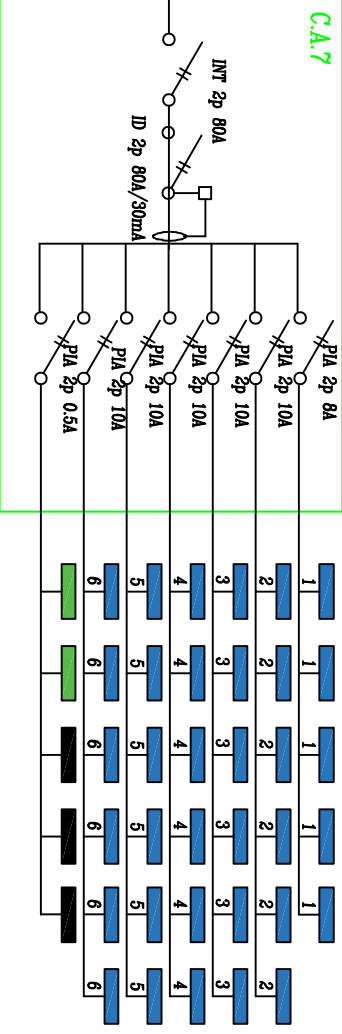
L.A.3



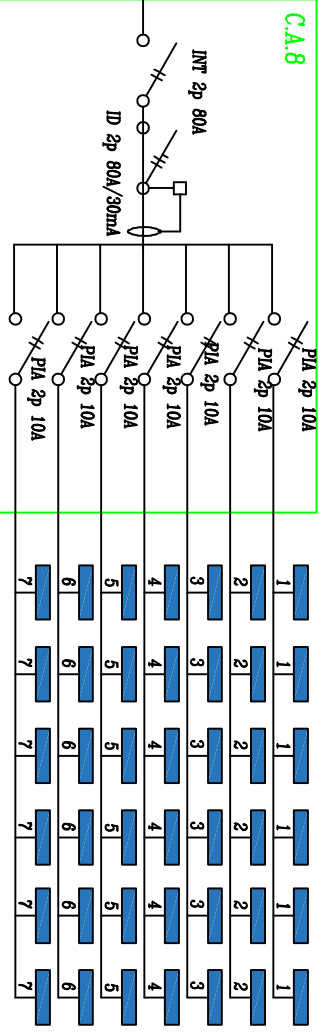
L.A.4



L.A.5



L.A.6






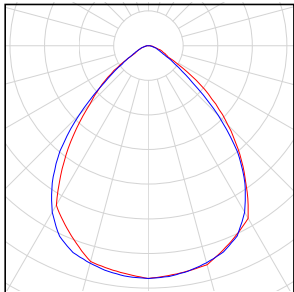
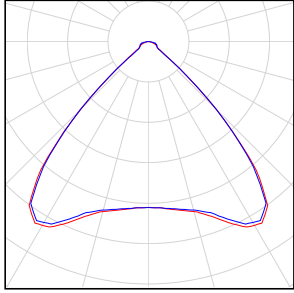
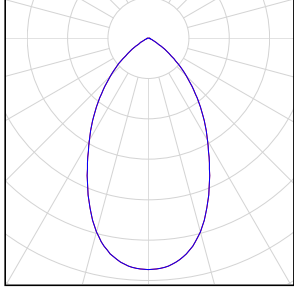
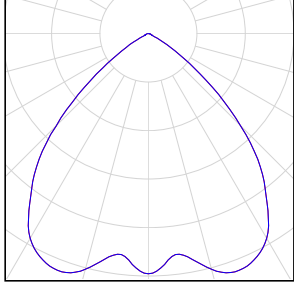

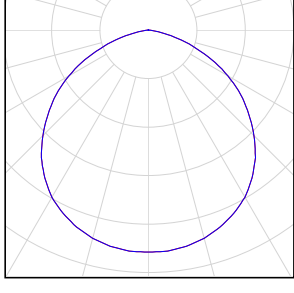
# **DOCUMENTO V**

***ANEXOS***

## **1. INFORMES DIALUX**

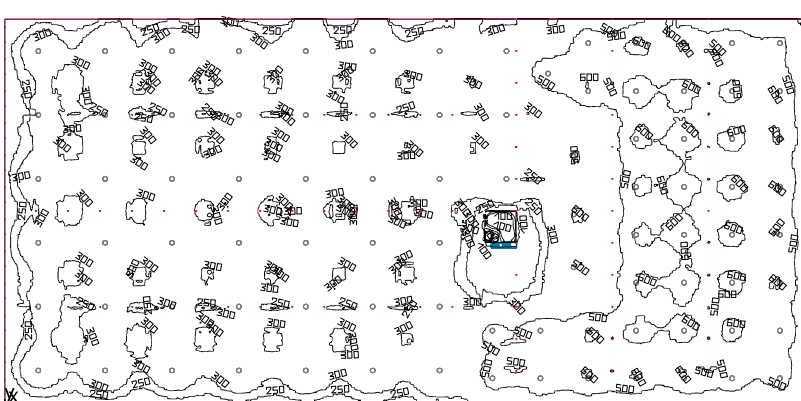


## Dialux2.0

Número de unidades	Luminaria (Emisión de luz)		
6	<p>OPPLE Lighting Co., Ltd. - 140037726 MDP017036/L-LED-Panel-4000K-Comfortable            Emisión de luz 1            Lámpara: 1xLED            Fotometría absoluta            Flujo luminoso de las luminarias: 3194 lm            Potencia: 38,5 W            Rendimiento lumínico: 83,0 lm/W</p> <p>Indicaciones colorimétricas            1xLED: CCT 4000 K, CRI 80</p>		
30	<p>Philips - BY471P 1 xPRO170S/840 WB GC            Emisión de luz 1            Lámpara: 1xPRO170S/840/-            Grado de eficacia de funcionamiento: 100,06%            Flujo luminoso de lámparas: 17000 lm            Flujo luminoso de las luminarias: 17011 lm            Potencia: 138,0 W            Rendimiento lumínico: 123,3 lm/W</p> <p>Indicaciones colorimétricas            1xPRO170S/840/-: CCT 3000 K, CRI 100</p>	<p>Dispone de una imagen de la luminaria en nuestro catálogo de luminarias.</p>	
2	<p>Philips - DN140B PSU IP54 D162 1 xLED10S/830 C            Emisión de luz 1            Lámpara: 1xLED10S/830/-            Grado de eficacia de funcionamiento: 100%            Flujo luminoso de lámparas: 1100 lm            Flujo luminoso de las luminarias: 1100 lm            Potencia: 9,5 W            Rendimiento lumínico: 115,8 lm/W</p> <p>Indicaciones colorimétricas            1xLED10S/830/-: CCT 3000 K, CRI 100</p>	<p>Dispone de una imagen de la luminaria en nuestro catálogo de luminarias.</p>	
3	<p>Philips - DN470B IP44 1xLED20S/830 C            Emisión de luz 1            Lámpara: 1xLED20S/830/-            Grado de eficacia de funcionamiento: 100%            Flujo luminoso de lámparas: 2100 lm            Flujo luminoso de las luminarias: 2100 lm            Potencia: 18,3 W            Rendimiento lumínico: 114,8 lm/W</p> <p>Indicaciones colorimétricas            1xLED20S/830/-: CCT 3000 K, CRI 100</p>	<p>Dispone de una imagen de la luminaria en nuestro catálogo de luminarias.</p>	
136	<p>Thorlux Lighting - CS18551 Comboseal PLUS LED - 251W - SMART - 4000K - Broad Distribution            Emisión de luz 1            Lámpara: 1xComboseal PLUS LED - 251W - Broad Distribution            Grado de eficacia de funcionamiento: 100%            Flujo luminoso de lámparas: 35505 lm            Flujo luminoso de las luminarias: 35505 lm            Potencia: 278,0 W            Rendimiento lumínico: 127,7 lm/W</p> <p>Indicaciones colorimétricas            1xComboseal PLUS LED - 251W - Broad Distribution:            CCT 4000 K, CRI 80</p>		

Flujo luminoso total de lámparas: 5366344 lm, Flujo luminoso total de luminarias: 5366674 lm, Potencia total: 42252,9 W, Rendimiento lumínico: 127,0 lm/W

## Local 1



Altura interior del local: 0.200 m, Grado de reflexión: Techo 70.0%, Paredes 73.5%, Suelo 34.2%, Factor de degradación: 0.80

## Plano útil

Superficie	Resultado	Media (Nominal)	Min	Max	Mín./medio	Mín./máx.
1 Plano útil (Local 1)	Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) [lx] Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	399 (≥ 500)	26,3	655	0,06	0,04

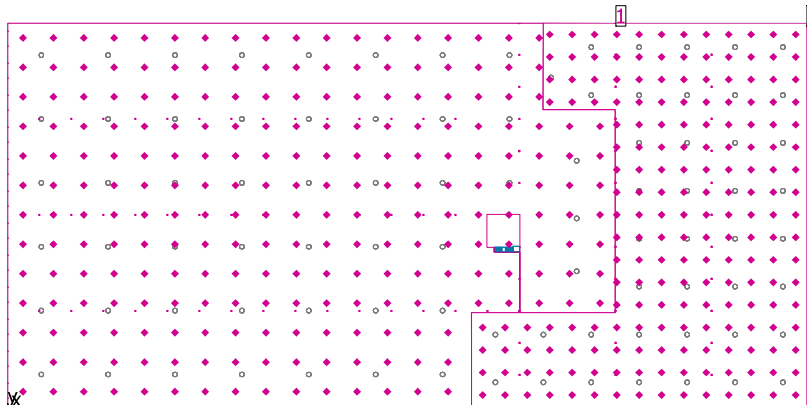
#	Luminaria	Φ(Luminaria) [lm]	Potencia [W]	Rendimiento lumínico [lm/W]
89	Thorlux Lighting - CS18551 Comboseal PLUS LED - 251W - SMART - 4000K - Broad Distribution	35505	278.0	127.7
	Suma total de luminarias	3159945	24742.0	127.7

Potencia específica de conexión:  $3.31 \text{ W/m}^2 = 0.83 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Superficie de planta de la estancia 7470.72 m<sup>2</sup>)

Consumo: 55650 kWh/a de un máximo de 261500 kWh/a

Las magnitudes de consumo de energía no tienen en cuenta escenas de luz ni sus estados de atenuación.

## Local 1

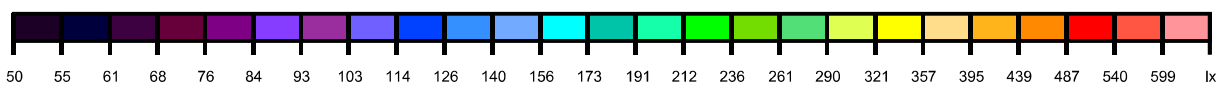
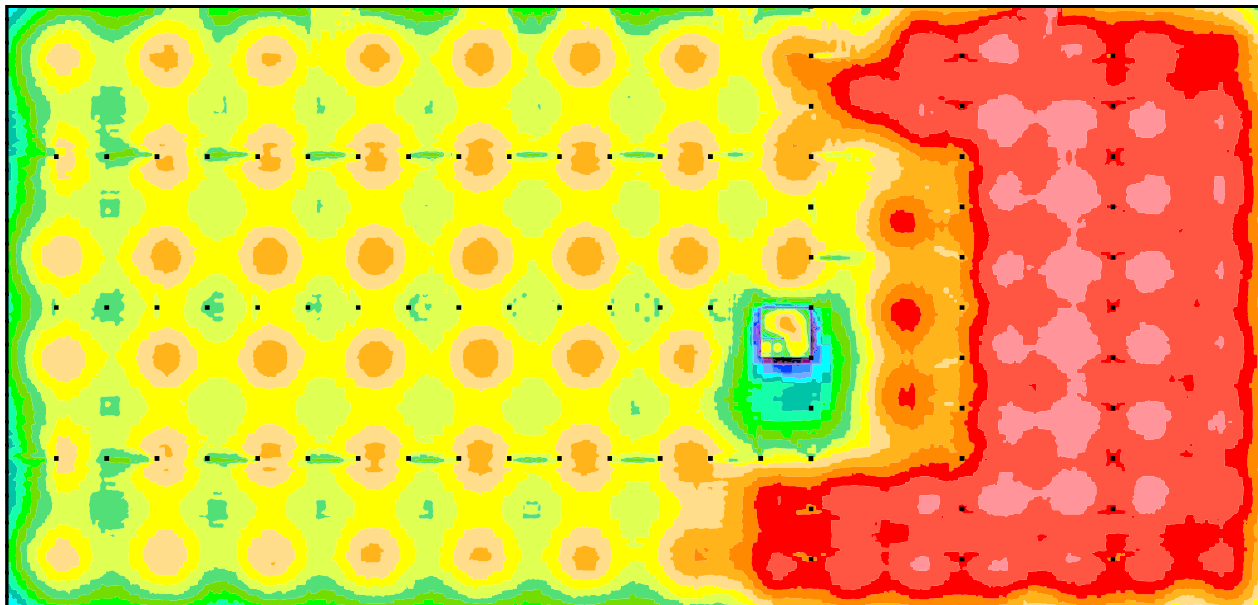


Altura interior del local: 0.200 m, Grado de reflexión: Techo 70.0%, Paredes 73.5%, Suelo 34.2%, Factor de degradación: 0.80

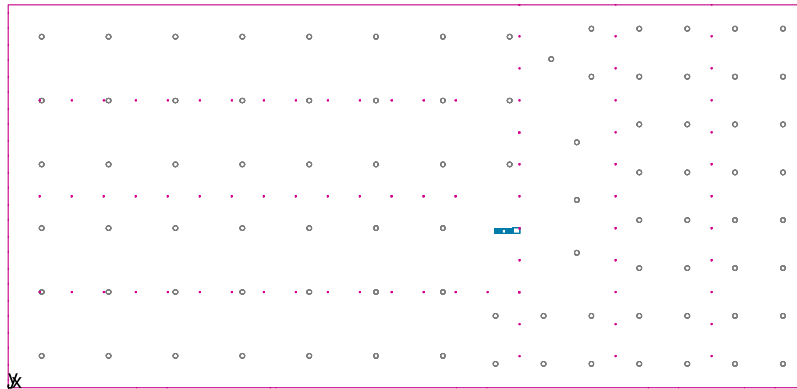
### General

Superficie	Resultado	Media (Nominal)	Min	Max	Mín./medio	Mín./máx.
2 Zona de maquinas	Intensidad luminica perpendicular [lx] Altura: 0.000 m	538	341	627	0.63	0.54
1 Zona carga/descarga y embalaje	Intensidad luminica perpendicular [lx] Altura: 0.000 m	336	26.3	482	0.78	0.05

### Colores falsos [lx]



## Plano útil (Local 1) / Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente)



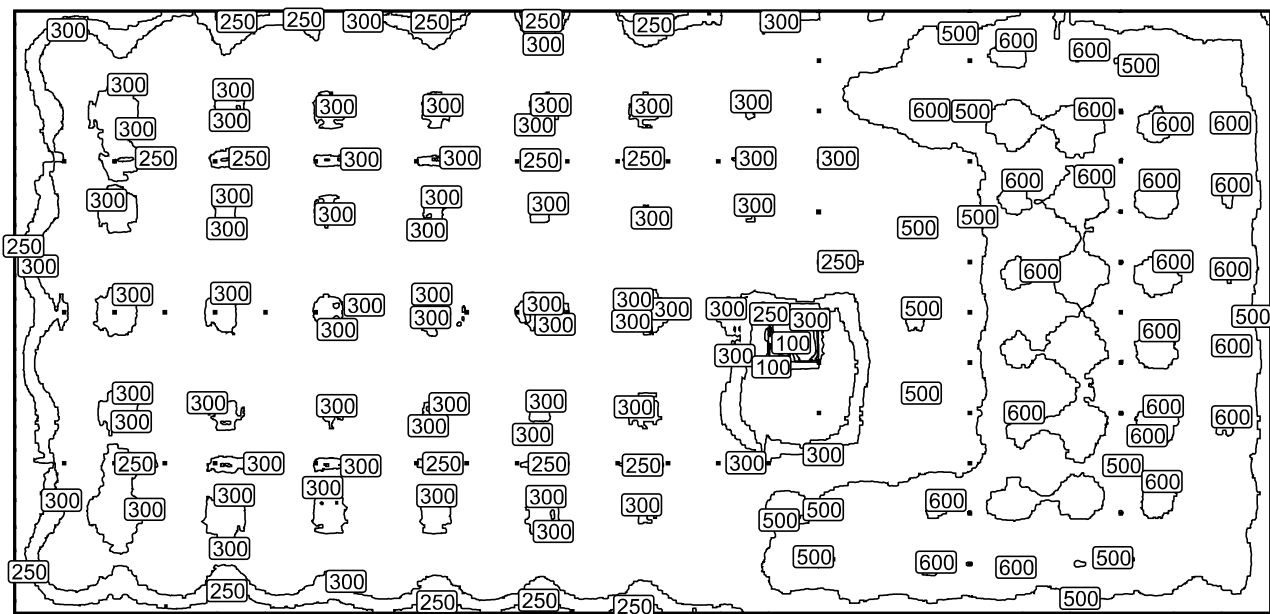
### Plano útil (Local 1): Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) (Superficie)

Escena de luz: Escena de luz 1

Media: 399 lx (Nominal:  $\geq 500$  lx), Min: 26.3 lx, Max: 655 lx, Mín./medio: 0.066, Mín./máx.: 0.040

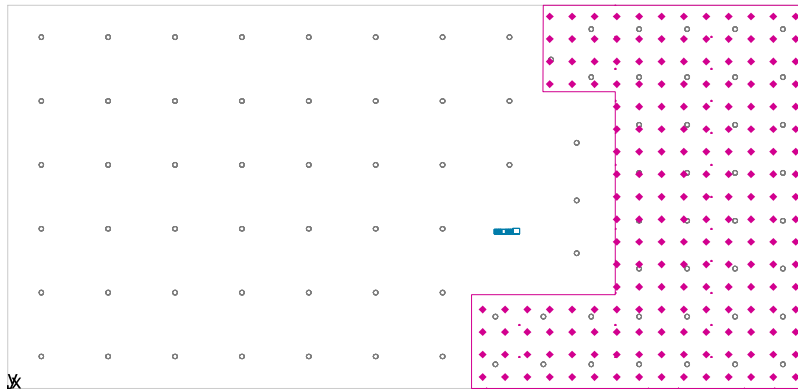
Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m

### Isolíneas [lx]



Escala: 1 : 750

## Zona de maquinas / Intensidad lumínica perpendicular



Zona donde están situadas las máquinas de arranque de material que necesitan una Emed=500lx

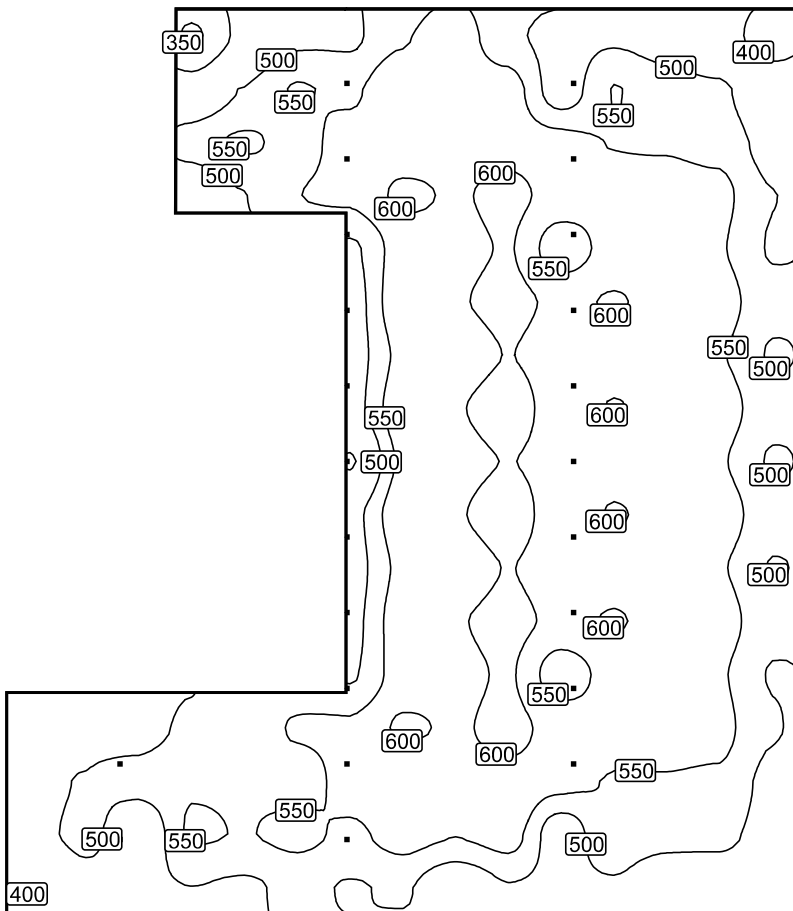
### Zona de maquinas: Intensidad lumínica perpendicular (Trama)

Escena de luz: Escena de luz 1

Media: 538 lx, Min: 341 lx, Max: 627 lx, Mín./medio: 0.63, Mín./máx.: 0.54

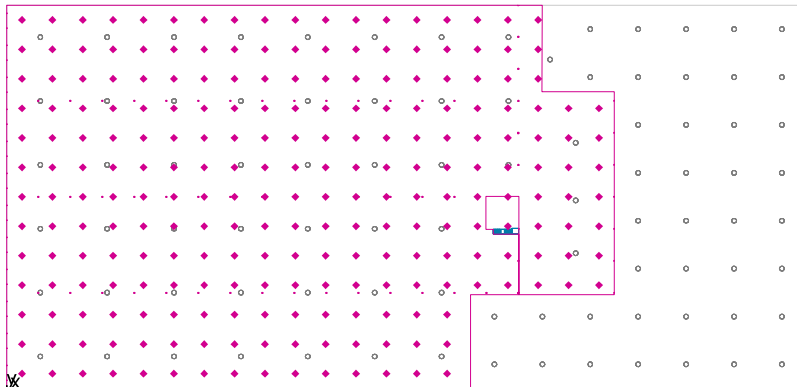
Altura: 0.000 m

### Isolíneas [lx]



Escala: 1 : 500

## Zona carga/descarga y embalaje / Intensidad luminica perpendicular



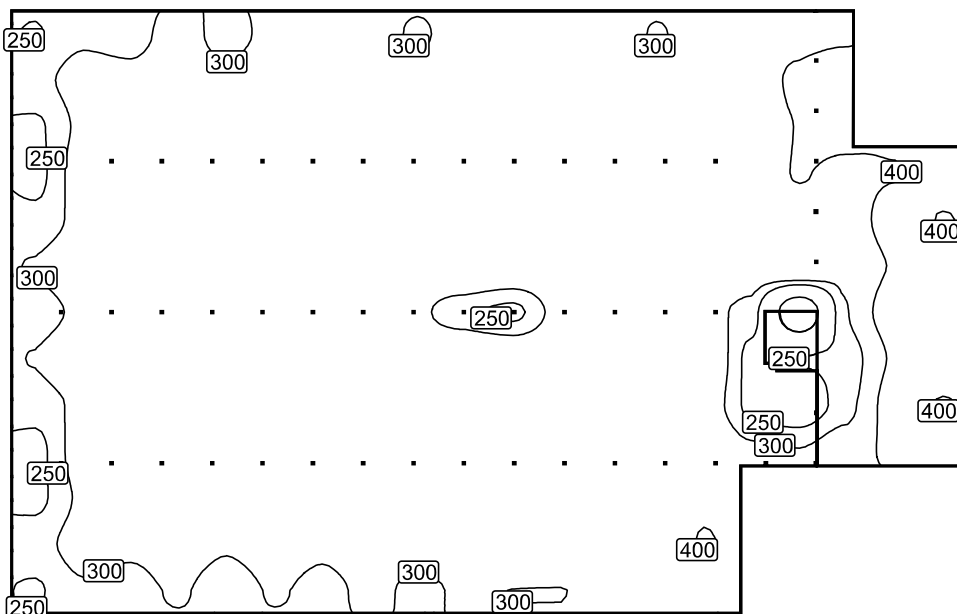
### Zona carga/descarga y embalaje: Intensidad luminica perpendicular (Trama)

Escena de luz: Escena de luz 1

Media: 336 lx, Min: 0.005 lx, Max: 482 lx, Min./medio: 0.000, Min./máx.: 0.000

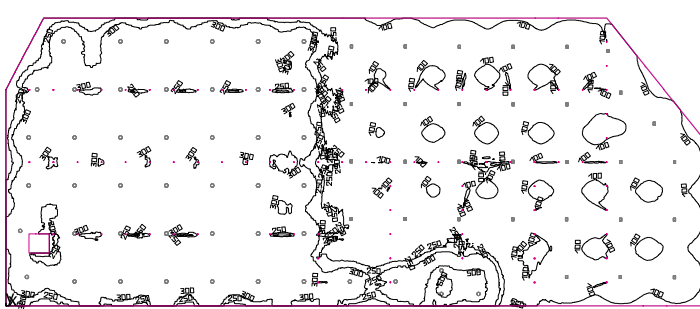
Altura: 0.000 m

### Isolíneas [lx]



Escala: 1 : 750

## Local 2



Altura interior del local: 7.800 m hasta 9.211 m, Grado de reflexión: Techo 65.7%, Paredes 73.6%, Suelo 34.2%, Factor de degradación: 0.80

### Plano útil

Superficie	Resultado	Media (Nominal)	Min	Max	Mín./medio	Mín./máx.
1 Plano útil (Local 2)	Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) [lx] Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	249 (≥ 500)	38.8	629	0.16	0.062

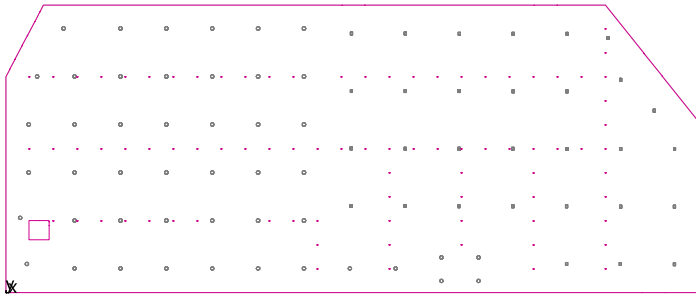
#	Luminaria	Φ(Luminaria) [lm]	Potencia [W]	Rendimiento lumínico [lm/W]
30	Philips - BY471P 1 xPRO170S/840 WB GC	17011	138.0	123.3
47	Thorlux Lighting - CS18551 Comboseal PLUS LED - 251W - SMART - 4000K - Broad Distribution	35505	278.0	127.7
	Suma total de luminarias	2179065	17206.0	126.6

Potencia específica de conexión:  $2.06 \text{ W/m}^2 = 0.83 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Superficie de planta de la estancia 8343.80 m<sup>2</sup>)

Consumo: 47300 kWh/a de un máximo de 292050 kWh/a

Las magnitudes de consumo de energía no tienen en cuenta escenas de luz ni sus estados de atenuación.

## Plano útil (Local 2) / Intensidad luminica perpendicular (Adaptativamente)



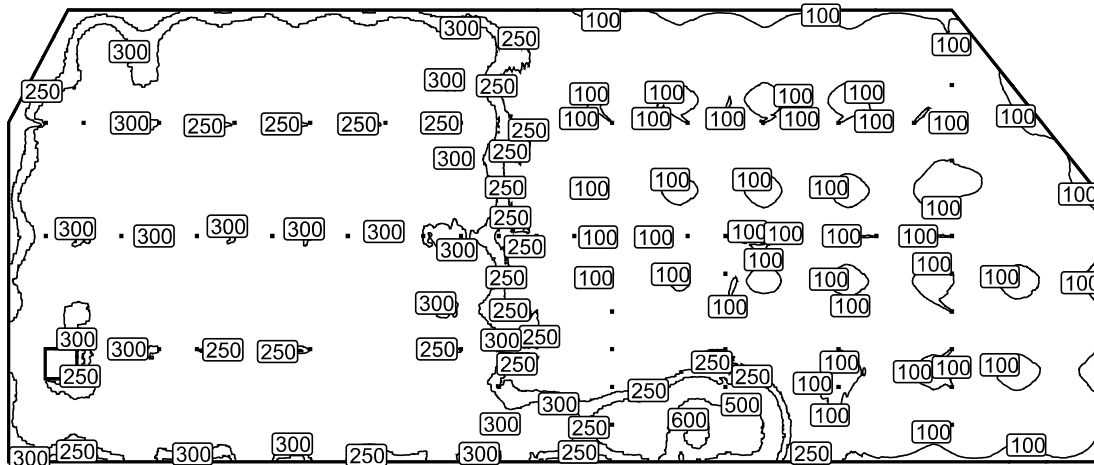
### Plano útil (Local 2): Intensidad luminica perpendicular (Adaptativamente) (Superficie)

Escena de luz: Escena de luz 1

Media: 249 lx (Nominal:  $\geq 500$  lx), Min: 38.8 lx, Max: 629 lx, Mín./medio: 0.16, Mín./máx.: 0.062

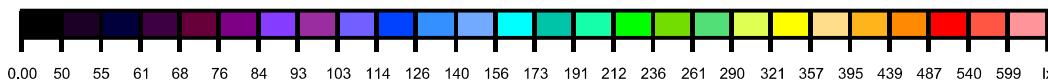
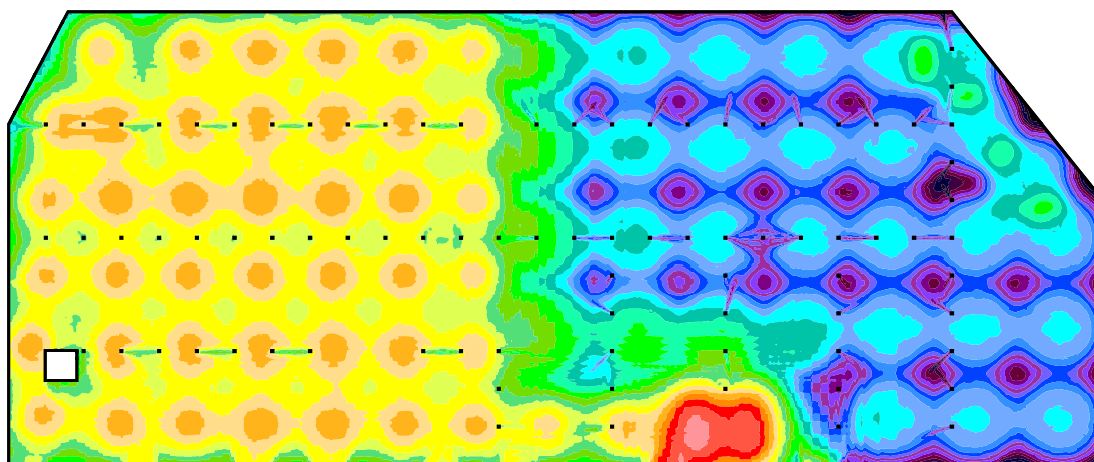
Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m

### Isolíneas [lx]



Escala: 1 : 1000

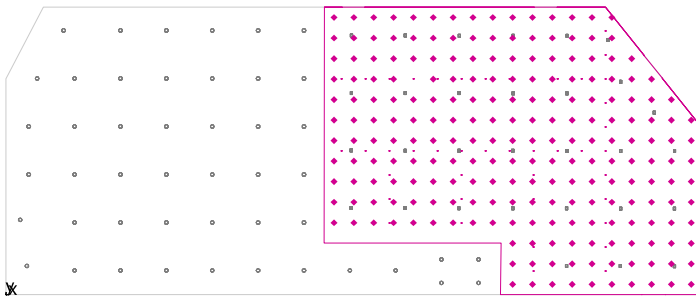
### Colores falsos [lx]



Escala: 1 : 1000



## Almacen / Intensidad luminica perpendicular



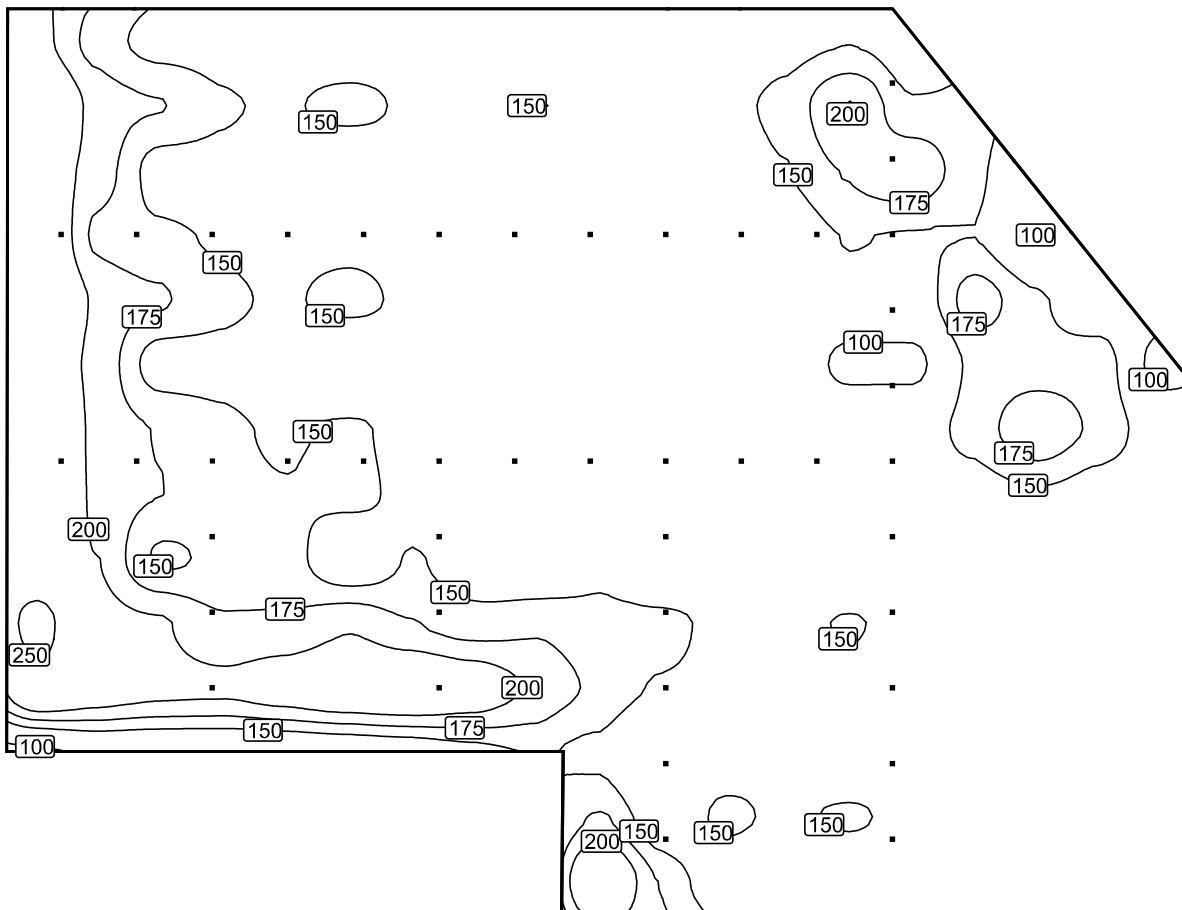
### Almacen: Intensidad luminica perpendicular (Trama)

Escena de luz: Escena de luz 1

Media: 151 lx, Min: 82.9 lx, Max: 258 lx, Min./medio: 0.55, Min./máx.: 0.32

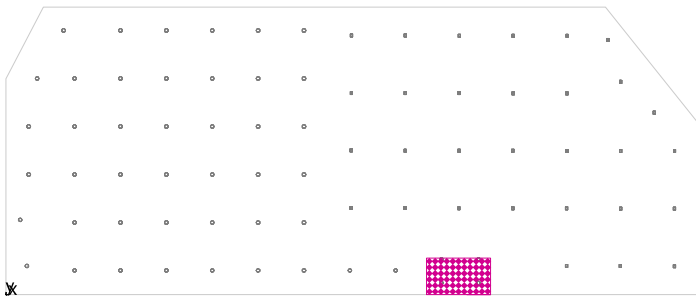
Altura: 0.000 m

### Isolíneas [lx]



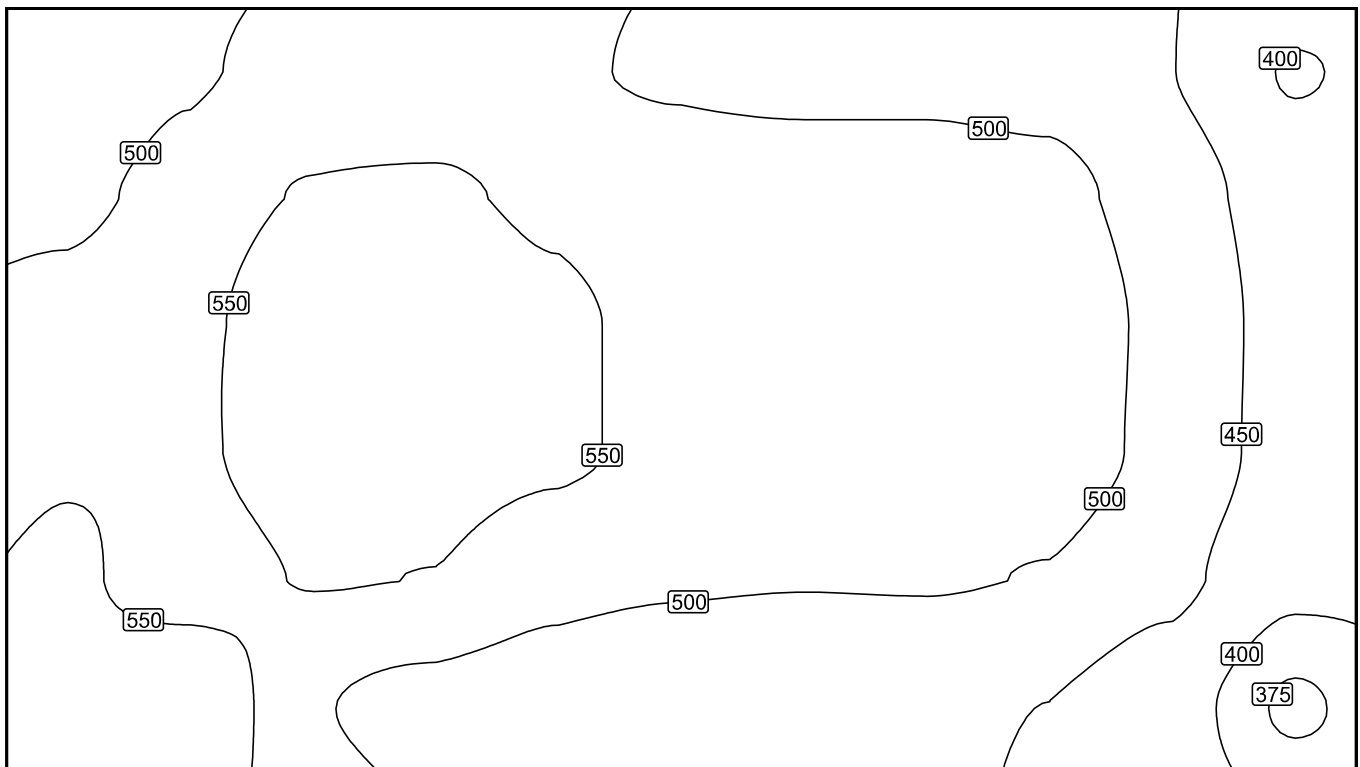
Escala: 1 : 500

## Zona de produccion 2 / Intensidad luminica perpendicular



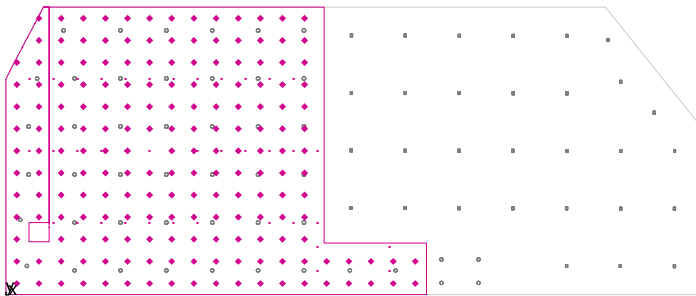
**Zona de produccion 2: Intensidad luminica perpendicular (Trama)**  
**Escena de luz: Escena de luz 1**  
 Media: 506 lx, Min: 370 lx, Max: 597 lx, Mín./medio: 0.73, Mín./máx.: 0.62  
 Altura: 0.000 m

### Isolíneas [lx]



Escala: 1 : 75

## Zona de montaje y carga / Intensidad lumínica perpendicular



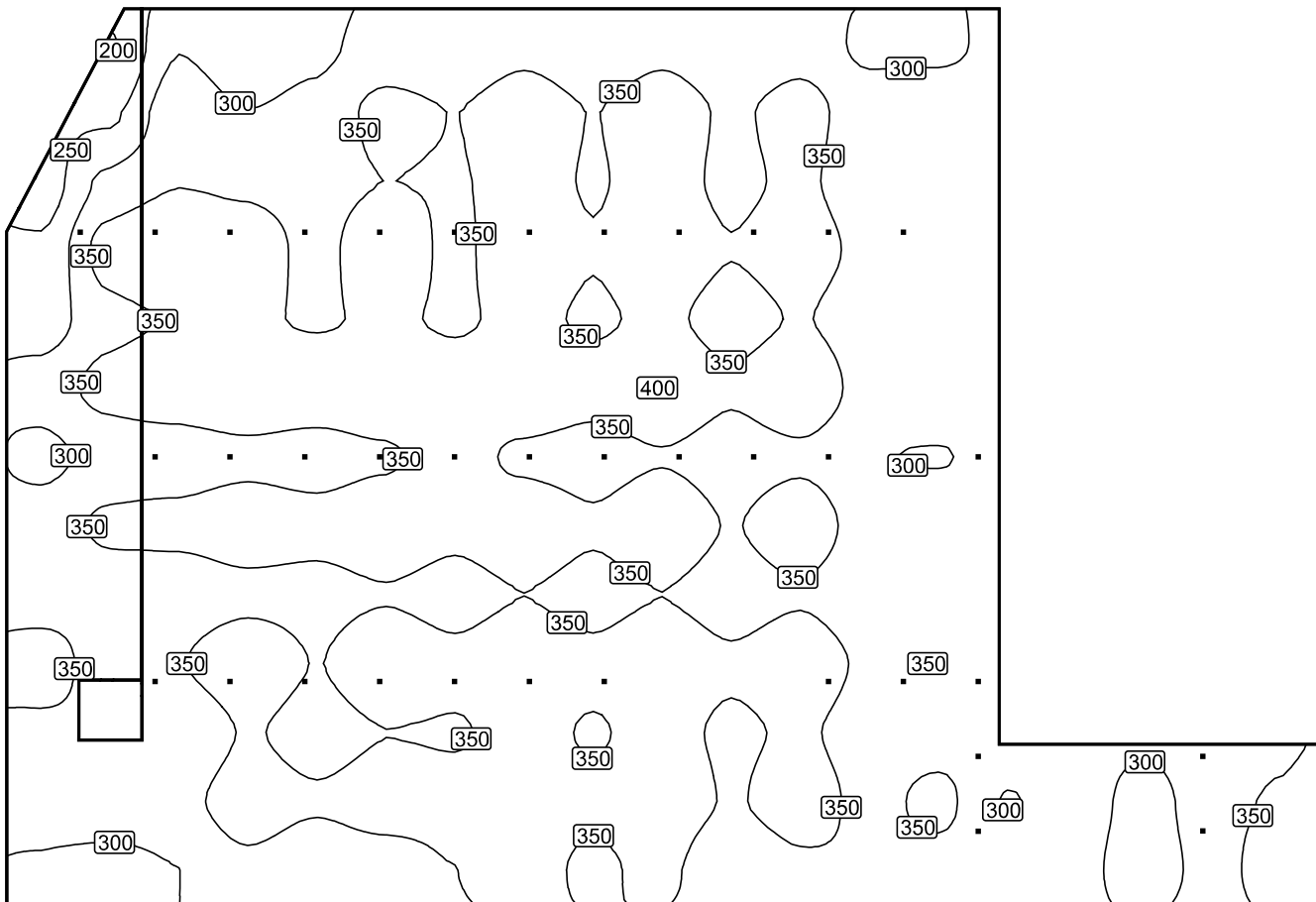
### Zona de montaje y carga: Intensidad lumínica perpendicular (Trama)

Escena de luz: Escena de luz 1

Media: 341 lx, Min: 196 lx, Max: 401 lx, Mín./medio: 0.57, Mín./máx.: 0.49

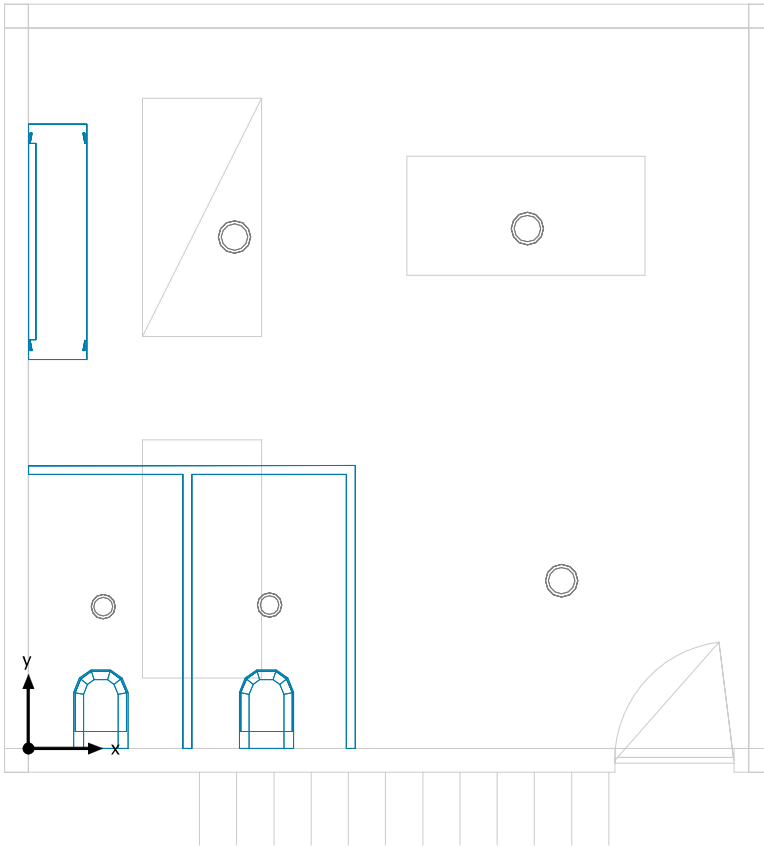
Altura: 0.000 m

### Isolíneas [lx]



Escala: 1 : 500

## Local 4



Altura interior del local: 2.800 m, Grado de reflexión: Techo 70.0%, Paredes 84.4%, Suelo 75.6%, Factor de degradación: 0.80

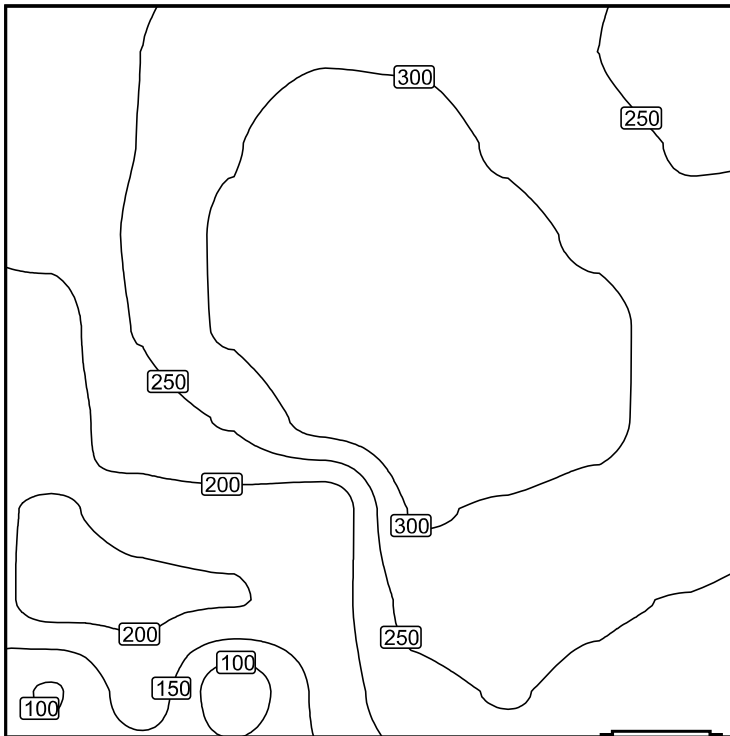
# Luminaria	Φ(Luminaria) [lm]	Potencia [W]	Rendimiento lumínico [lm/W]
2 Philips - DN140B PSU IP54 D162 1 xLED10S/830 C	1100	9.5	115.8
3 Philips - DN470B IP44 1xLED20S/830 C	2100	18.3	114.8
Suma total de luminarias	8500	73.9	115.0

Potencia específica de conexión: 3.15 W/m<sup>2</sup> (Superficie de planta de la estancia 23.43 m<sup>2</sup>)

Consumo: 200 kWh/a de un máximo de 850 kWh/a

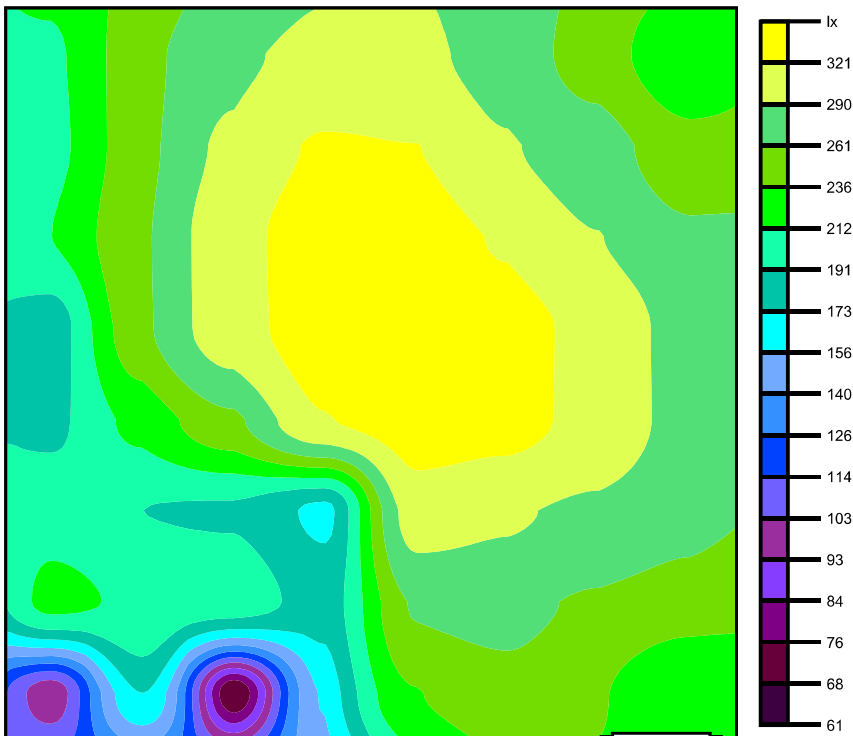
Las magnitudes de consumo de energía no tienen en cuenta escenas de luz ni sus estados de atenuación.

## Isolíneas [lx]



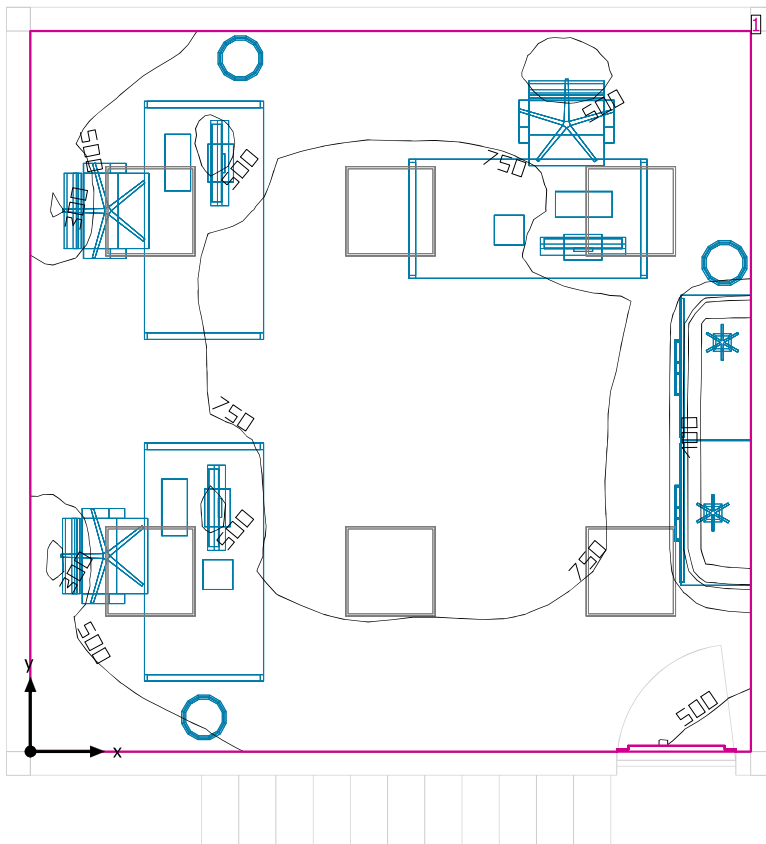
Escala: 1 : 50

## Colores falsos [lx]



Escala: 1 : 50

## Local 8



Altura interior del local: 2.800 m, Grado de reflexión: Techo 84.4%, Paredes 84.4%, Suelo 69.8%, Factor de degradación: 0.80

### Plano útil

Superficie	Resultado	Media (Nominal)	Min	Max	Mín./medio	Mín./máx.
1 Plano útil (Local 8)	Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) [lx] Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	643 (≥ 500)	38.8	851	0.060	0.046

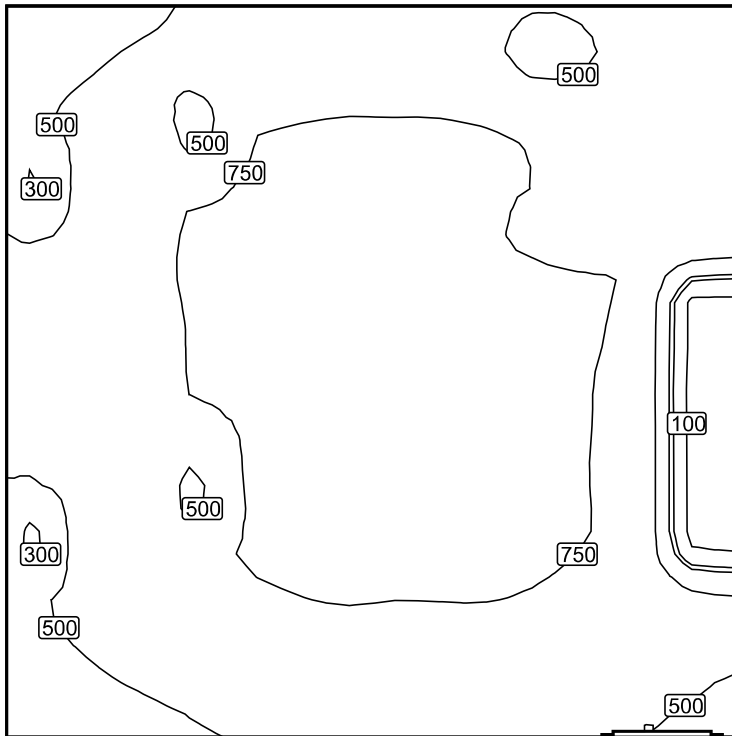
# Luminaria	Φ(Luminaria) [lm]	Potencia [W]	Rendimiento lumínico [lm/W]
6 OPPLÉ Lighting Co., Ltd. - 140037726 MDP017036/L-LED-Panel-4000K-Comfortable	3194	38.5	83.0
<b>Suma total de luminarias</b>	<b>19164</b>	<b>231.0</b>	<b>83.0</b>

Potencia específica de conexión:  $9.86 \text{ W/m}^2 = 1.53 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Superficie de planta de la estancia  $23.43 \text{ m}^2$ )

Consumo: 400 - 640 kWh/a de un máximo de 850 kWh/a

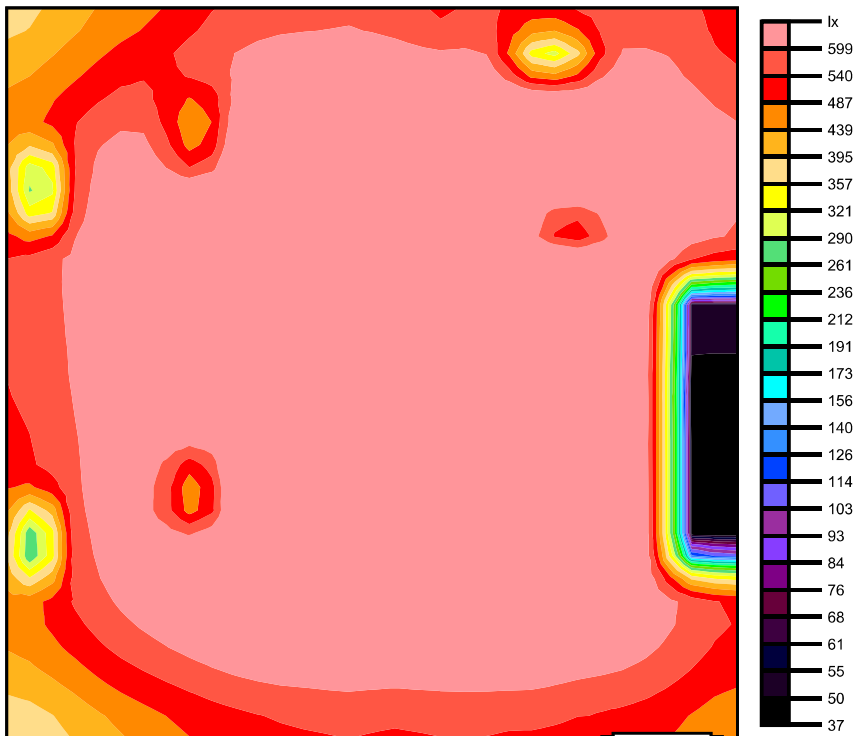
Las magnitudes de consumo de energía no tienen en cuenta escenas de luz ni sus estados de atenuación.

## Isolíneas [lx]



Escala: 1 : 50

## Colores falsos [lx]



Escala: 1 : 50