



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial

Proyecto de instalación eléctrica en BT para la ampliación
del proceso industrial de una empresa metalúrgica.

Trabajo Fin de Grado

Grado en Ingeniería en Tecnologías Industriales

AUTOR/A: Molinero Javier, Francisco Javier

Tutor/a: Ferrer Gisbert, Pablo Sebastián

CURSO ACADÉMICO: 2021/2022



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA
SUPERIOR INGENIERÍA
INDUSTRIAL VALENCIA

TRABAJO FIN DE GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES

PROYECTO DE INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN BT PARA LA AMPLIACIÓN DEL PROCESO INDUSTRIAL DE UNA EMPRESA METALÚRGICA

AUTOR: FRANCISCO JAVIER MOLINERO JAVIER

TUTOR: PABLO SEBASTIÁN FERRER GISBERT

Curso Académico: 2021-22

Resumen

El objeto del proyecto es el diseño de una instalación eléctrica en Baja Tensión (de ahora en adelante BT) de aproximadamente 326 kW de potencia, para una ampliación del proceso de producción en una empresa dedicada a fabricación metalúrgica. La ampliación consiste en una nueva nave de reciente construcción (2244 m²), adyacente a la actual factoría, en la que se pretende reubicar varias líneas de producción.

Además del diseño de la instalación para cubrir las necesidades eléctricas de la maquinaria, alumbrado y otros receptores, el trabajo incluirá la planificación del layout de la nueva nave, con el objetivo de crear una distribución eficaz y eficiente.

Índices

Índice general

1. Memoria

1.1 Introducción.....	6
1.2 Objetivos de desarrollo sostenible.....	6
1.3 Emplazamiento y organización de la industria.....	6
1.4 Distribución de la producción.....	7
1.5 Layout de la planta.....	9
1.5.1 Necesidad del diseño.....	9
1.5.2 Sección a reubicar.....	10
1.5.3 Diseño del layout.....	10
1.5.3.1 Método SLP.....	10
1.5.3.2 Elementos a ubicar.....	11
1.5.3.3 Relación entre elementos.....	11
1.5.3.4 Dimensionado y consideraciones.....	12
1.5.3.5 Análisis relacional.....	13
1.5.3.6 Diagrama de relaciones.....	13
1.5.4 Conclusiones y diseño final.....	15
1.6 Instalación eléctrica.....	16
1.6.1 Descripción general.....	16
1.6.2 Centro transformación CT y conexión con CGBT.....	16
1.6.3 Ampliación desde CGBT.....	17
1.6.3.1 Nueva instalación.....	17
1.6.3.2 Instalaciones receptoras.....	18
1.6.3.3 Diseño luminotécnico.....	19
1.6.3.4 Dimensionado del cableado.....	20
1.6.3.4.1 Datos de partida.....	20
1.6.3.4.2 Criterio térmico.....	20
1.6.3.4.3 Criterio caída de tensión.....	24

1.6.3.5 Protecciones.....	25
1.6.3.5.1 Protección contra sobrecargas.....	25
1.6.3.5.2 Protección contra cortocircuitos.....	26
1.6.3.5.3 Protección para las personas.....	29
1.7 Anexos de cálculo.....	30
1.7.1 Cálculos luminotécnicos.....	30
1.7.2 Dimensionado del cableado.....	32
1.7.3 Cálculo de protecciones contra sobrecargas y cortocircuitos.....	35
1.7.3.1 Protección contra sobrecargas.....	35
1.7.3.2 Protección contra cortocircuitos.....	36
1.7.4 Cálculo de protecciones contra contactos indirectos.....	37
1.8 Resultado final.....	38
2. Presupuesto	
2.1 Presupuesto de ejecución.....	38
3. Bibliografía	
3.1 Bibliografía.....	41
4. Conclusión	
5. Planos	
5.1 Ampliación ejecutada.....	42
5.2 Distribución en planta y organización de parcela.....	42
5.3 Propuesta final de distribución en planta.....	42
5.4 Instalación puesta a tierra nueva nave.....	42
5.5 Acometida y distribución hasta Sub.C1.....	42
5.6 Distribución del alumbrado.....	42
5.7 Alimentación subcuadros maquinaria y servicios auxiliares.....	42
5.8 Alimentación motores puertas exteriores.....	42
5.9 Unifilar alimentación subcuadro nueva nave.....	42
5.10 Unifilar subcuadro nueva nave.....	42

Índice de figuras.

Figura 1. Pasos método SLP.....	11
Figura 2. Matriz de relaciones.....	13
Figura 3. Diagrama relacional.....	14
Figura 4. Boceto distribución en planta.....	15
Figura 5 Esquema general.....	17
Figura 6 Tabla 52-B2.....	21
Figura 7 Factor corrección Kt.....	21
Figura 8 Factor corrección Ka.....	22
Figura 9 Dimensionado de la sección.....	23
Figura 10 Dimensionado sección método B2.....	23
Figura 11 Curva disparo IA.....	25
Figura 12 Componentes corriente CC.....	26
Figura 13 Obtención del coef. X.....	27
Figura 14 Curvas disparo IA.....	Figura 15 Curvas I2t IA.....
.....	28
Figura 16 Características luminaria seleccionada.....	30
Figura 17 Mapa iluminancia.....	31
Figura 18 Simulación luminarias.....	31
Figura 19 Dimensionado.....	32
Figura 20 Dimensionado.....	32
Figura 21 Dimensionado.....	33
Figura 22 Dimensionado.....	33
Figura 23 Resultados dimensionado.....	34
Figura 24 Protecciones frente a sobrecargas.....	35
Figura 25 Calculos I max y min.....	36
Figura 26 Condiciones protección contra CC.....	36
Figura 27. Protección frente a contactos indirectos.....	37

1. Memoria

1.1 Introducción.

La realización de prácticas durante el curso académico 2021-22 ha posibilitado la elaboración de este trabajo final de grado. Siguiendo la voluntad de la empresa, la localización exacta y nombre de esta se mantendrán en el anonimato.

Se trata de una firma con más de 30 años de presencia en el mercado nacional e internacional, cuya actividad se centra en la fabricación de soluciones de techos metálicos y de perfiles para tabiquería.

Como ya se ha detallado en el resumen, el objeto de este proyecto es dimensionar y diseñar la instalación eléctrica de una nave industrial así como el layout de la misma, teniendo como objetivo final la ampliación del proceso industrial que se lleva a cabo en las instalaciones de la empresa.

1.2 Objetivos de desarrollo sostenible.

Los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) constituyen un llamamiento universal a la acción para poner fin a la pobreza, proteger el planeta y mejorar las vidas y las perspectivas de las personas en todo el mundo.

De los 17 objetivos aprobados en 2015 por los países miembros de las Naciones Unidas, este proyecto está especialmente alineado con varios de ellos. Se hace referencia en este punto a los objetivos 9 (Industria e innovación), 8 (Trabajo y crecimiento económico) y 12 (Producción responsable).

La consideración de estos objetivos persigue promover la industrialización sostenible, fomentar la innovación, promover el crecimiento económico inclusivo, el trabajo decente y garantizar una producción sostenible.

1.3 Emplazamiento y organización de la industria.

La empresa está localizada en una parcela de aproximadamente 30.000m² perteneciente a un polígono industrial valenciano con buenas conexiones por carretera con las principales ciudades españolas. La edificación industrial situada en esta parcela alberga fabricación, almacenamiento, logística y oficinas, tanto técnicas como comerciales. Puede observarse el detalle y organización de las instalaciones en el plano nº2 disponible en el pto.5 "Planos" (donde se podrán encontrar todos los planos citados a partir de ahora).

Como puede observarse en el plano adjunto nº1, la ampliación del proceso industrial objeto de este proyecto se pretende llevar a cabo en una nave de reciente construcción (2.244m²), adyacente

a la actual. Al tratarse de una construcción con características diáfnas se dispondrá de máxima flexibilidad en el diseño del layout para adaptarse a las necesidades de la empresa.

Como ya se ha avanzado, la distribución y la organización del proceso industrial que se lleva a cabo en la factoría queda detallado en el plano adjunto nº2. En dicho plano se diferencian las 4 zonas principales que actualmente conforman la factoría. En la parte superior del plano, fachada norte, podemos observar la zona de almacén de producto terminado junto a las oficinas, situadas en la parte superior izquierda. La zona central de la nave se corresponde con producción, es aquí donde se ubican las distintas líneas en las que se fabrican las diferentes soluciones metálicas que ofrece la empresa. La parte inferior del plano, fachada sur, se corresponde con la nueva nave y finalmente, entre producción y la nueva nave, se encuentra una zona en la que se almacena la materia prima necesaria para alimentar las líneas de producción así como los materiales necesarios para embalar el producto final.

1.4 Distribución de la producción

Como se observa en el plano adjunto nº2, la distribución seguida en el proceso productivo es la de distribución por producto, también llamada distribución en cadena o en línea. Las líneas de producción engloban todos los procesos necesarios para la elaboración del producto, se inician con la alimentación de la materia prima en bruto y finalizan con el producto final empaquetado.

La zona de producción se divide a su vez en cuatro grandes secciones que separan los cuatro tipos de productos que se fabrican (la ubicación de las secciones se muestra en el plano nº2). Esta subdivisión consta de:

Perfilería (PYL): En esta sección se fabrican todo tipo de perfiles, utilizados en construcción para la instalación de tabiques. Forman parte de esta sección las líneas 2,3,11,15,19 y 23. Es la sección que más metros lineales fabrica diariamente debido a la “sencillez” de la sección fabricada.



Imagen 1,2,3: perfilería para tabique.

Lamas (LAM): La sección de lamas está formada por las líneas 7,9,10,12,16 y 18. Estas líneas fabrican lamas y rejillas metálicas de aluminio o acero prelacado con los que instalar techos y sistemas de cerramiento cara vista. Algunas se instalan con una mera finalidad decorativa y estética, otros se instalan, aparte de para crear un techo distinto, buscando mejorar el confort acústico de una sala.



Imagen 4,5,6: lamas metálicas para cerramientos.

Bandejas (BDJ): La sección de bandejas es la encargada de fabricar cerramientos metálicos cara vista de geometrías cuadradas que están destinados a sustituir los clásicos cerramientos de placas vinílicas o de yeso. Las líneas de producción que constituyen esta sección son la 8,13,20,21 y 22.

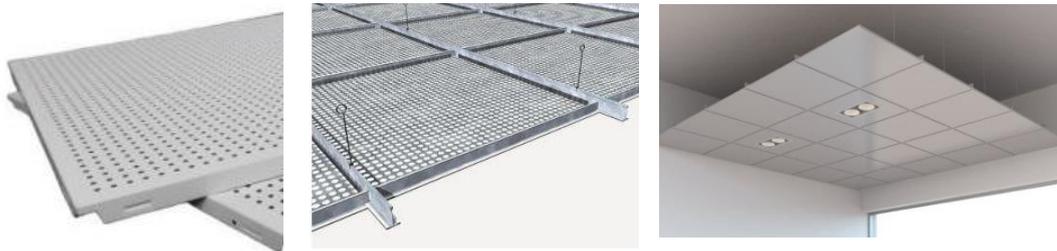


Imagen 7,8,9: cerramientos de techo en forma de bandeja.

Acabados (FTD): Esta sección fabrica el perfil necesario para la instalación de los cerramientos de bandejas y lamas. Son perfiles más complejos que los fabricados en PYL ya que incluyen sistemas de sujeción y anclaje. Se trata de las líneas 4,5,6,14 y 17.



Imagen 10,11,12: perfil montaje para FTD (falso techo desmontable).

Casi todas las líneas están formadas por elementos comunes, necesarios para procesar la materia prima que llega a la fábrica. A continuación se detalla el proceso general.

La materia prima llega a las instalaciones en forma de grandes bobinas de acero y aluminio, llegan ya cortadas en distintas anchuras en función del producto final al cual estén destinadas. Unas devanadoras que se ubican al inicio de cada línea son las encargadas de alimentar de forma continua las líneas mediante un movimiento rotatorio. A continuación, una sucesión de rodillos, prensas y troqueles (cuya distribución en la línea depende del producto a fabricar) dan forma a la sección. Acto seguido, una cuchilla hidráulica corta la lámina de acero moldeada y finalmente el operario responsable de cada línea realiza el embalaje del producto.

La estandarización del producto fabricado, el alto volumen de producción y la extrema necesidad de aprovechamiento del espacio justifican el empleo de este sistema de producción en línea.

1.5 Layout de la planta.

1.5.1 Necesidad del diseño.

La construcción de la nueva nave responde a la necesidad de la empresa de ampliar su producción, debida a una expansión de los mercados en los que se encuentra presente así como una consolidación de la marca como referente en su sector a nivel nacional.

La gran demanda de los perfiles fabricados en la sección de PYL ha provocado que, desde la dirección de la empresa, se tome la decisión de ampliar las líneas de fabricación de perfilaría para tabiques puesto que constituyen una parte muy importante de las ventas de la empresa. Para conseguir este objetivo la empresa adquirirá nuevas líneas de producción idénticas a la 23, que se pretenden colocar en paralelo a esta. La colocación de las nuevas líneas en paralelo a las actuales de PYL permitirá mantener el flujo lineal de material que hasta ahora se tiene, es decir, seguirá posibilitando que desde la zona de almacenaje de materia prima se alimente a las líneas de producción y posteriormente, desde el final de la línea, se traslade el producto terminado hasta el almacén. Este flujo lineal del material que se lleva a cabo en la empresa facilita enormemente la tarea de los operarios y además posibilita el mínimo desplazamiento del producto por la empresa.

La construcción del nuevo espacio en la fábrica para poder ampliar la capacidad de producción hace imprescindible un buen diseño de la distribución en planta de la nueva nave, para reubicar de forma eficiente algunas de las líneas ya existentes.

1.5.2 Sección a reubicar.

La sección escogida para ser reubicada en la nueva nave ha sido la de bandejas, han sido varios los motivos que se han tenido en cuenta en la decisión.

En primer lugar, reubicar la sección de bandejas dejaría libre el espacio contiguo a la sección de PYL y como las nuevas máquinas que se van a adquirir son precisamente de este producto facilitaría la comunicación entre operarios de esta sección.

En segundo lugar, otro de los factores que se han tenido en cuenta a la hora de escoger la sección de bandejas ha sido el proceso de fabricación que se sigue en la misma. El procedimiento es un poco distinto al del resto de secciones de la fábrica en tanto en cuanto las piezas aquí fabricadas requieren procedimientos de prensado, troquelado y doblado distintos al del resto de líneas; además, la parte final de la línea está robotizada y requiere de una supervisión más exhausta y cualificada de los operarios.

En definitiva, la sección de bandejas requiere más espacio por línea que cualquier máquina de otra sección, su velocidad de fabricación es inferior y requiere de maquinaria más compleja, que precisa un nivel de atención y mantenimiento superiores al resto de líneas. En ese sentido, la reubicación de esta sección a la nueva nave supone una solución conjunta a todos los problemas anteriormente planteados.

1.5.3 Diseño del layout

Para elaborar la distribución en planta se ha optado por la utilización del sistema SLP (Systematic Layout Planning) ya que es uno de los sistemas más utilizados a nivel mundial para el diseño de distribuciones de superficies de todo tipo.

1.5.3.1 Método SLP.

Esta metodología conocida como SLP por sus siglas en inglés, ha sido la más aceptada y la más comúnmente utilizada para la resolución de problemas de distribución en planta a partir de criterios cualitativos, aunque fue concebida para el diseño de todo tipo de distribuciones en planta independientemente de su naturaleza. Fue desarrollada por Richard Muther en los años 60 como un procedimiento sistemático multicriterio, igualmente aplicable a distribuciones completamente nuevas como a distribuciones de plantas ya existentes. El método (resumido en la Figura 1) reúne las ventajas de las aproximaciones metodológicas de otros autores en estas temáticas e incorpora el flujo de los materiales en el estudio de la distribución, organizando el proceso de planificación total de manera racional y estableciendo una serie de fases y técnicas que, como el propio Muther describe, permiten identificar, valorar y visualizar todos los elementos involucrados en la implantación y las relaciones existentes entre ellos.

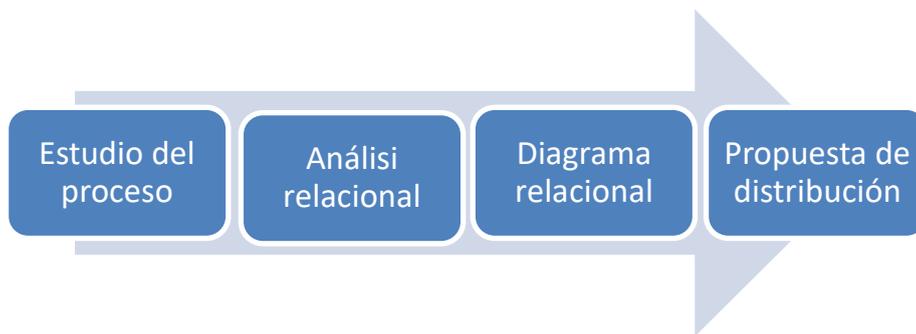


Figura 1. Pasos método SLP.

1.5.3.2 Elementos a ubicar.

A parte de las líneas de la sección de bandejas, la ampliación de las instalaciones permitirá diseñar una zona destinada a mantenimiento. Además, se plantea también ubicar un pequeño almacén de materia prima.

En la tabla siguiente se muestra la relación de las distintas zonas a reubicar con los números con los que a partir de ahora, por comodidad, quedarán referidas. Además, se incluyen también las dimensiones aproximadas de cada una de las zonas a relacionar, este dato será de utilidad a la hora de elaborar el diagrama de relaciones y la propuesta final de distribución.

Nº	ELEMENTO	DIMENSIONES (m2)
1	Línea 8	40
2	Línea 13	175
3	Línea 20	40
4	Línea 21	40
5	Línea 29	18
6	Zona Mantenimiento	49
7	Almacén Materia Prima	144
8	Almacén Embalajes	36

Tabla 1. Elementos a distribuir.

1.5.3.3 Relación entre elementos.

Se establecen distintas categorías de importancia en cuanto al nivel de relación necesario entre las distintas zonas, los niveles de importancia establecidos se resumen en la siguiente tabla junto a la letra que se utilizará para designarlos.

También quedan reflejados en la tabla los símbolos con los que cada nivel de relación será representado en el diagrama de relaciones que se muestra más adelante.

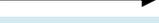
LETRA	RELACIÓN	SÍMBOLO
A	Absolutamente necesario	
E	Especialmente necesario	
N	Necesario	
S	Sin importancia	
I	Indeseable	

Tabla 2. Necesidades relacionales

1.5.3.4 Dimensionado y consideraciones.

Atendiendo a las necesidades dimensionales expuestas en la tabla 1, teniendo en cuenta las características físicas de la nave y respetando las recomendaciones y medidas de seguridad relacionadas con este tipo de proceso industrial, se establecen una serie de medidas y pautas a tener en cuenta a la hora de diseñar el diseño en planta:

- La distribución de las distintas zonas deberá adaptarse a la existencia de un pasillo de tránsito de carretillas elevadoras que cruzará la nave vertical y transversalmente, creando una conexión entre las distintas puertas de acceso al recinto.
- La línea 29 (línea de rectificado de material) y la zona de mantenimiento no deben estar en contacto directo con las zonas de almacenamiento de materia prima ni almacenamiento de embalaje por motivos de seguridad, ya que una chispa podría desencadenar un incendio.
- Es conveniente que la zona de almacenamiento de materia prima se encuentre cerca de las líneas de producción, especialmente de la línea 13, puesto que es la línea con mayor volumen de fabricación y por tanto la que requiere de alimentación más frecuente.
- La nave es recorrida por un puente grúa que se utiliza para alimentar las líneas, este sistema requiere varios metros al inicio de la nave y varios al final de carrera en los que, por motivos de seguridad, no puede operar. Convendrá en estos metros ubicar elementos que no requieran la alimentación por puente grúa.
- Todas las zonas de producción o mecanizado requieren de conexión a la red eléctrica y neumática, por lo que convendrá que su ubicación sea cercana a las paredes dónde se dispone de puntos de conexión. De este modo se evitará la construcción de canaletas y guías para la conexión de estas zonas en puntos alejados de las paredes.

1.5.3.5 Análisis relacional.

En este punto se establece el nivel de proximidad entre áreas, los distintos niveles de proximidad se establecen mediante un análisis relacional. Las conexiones entre distintas zonas se establecen a través de una matriz triangular doblada que relaciona de forma diagonal cada una de las 8 zonas descritas en la tabla 1. Para conformar dicha matriz se hace uso de la información de la tabla 2, concretamente de los 5 niveles relacionales allí descritos, para recomendar o negar la proximidad entre los sectores a analizar. Siguiendo la nomenclatura que ahí se presenta se llega al siguiente resultado:

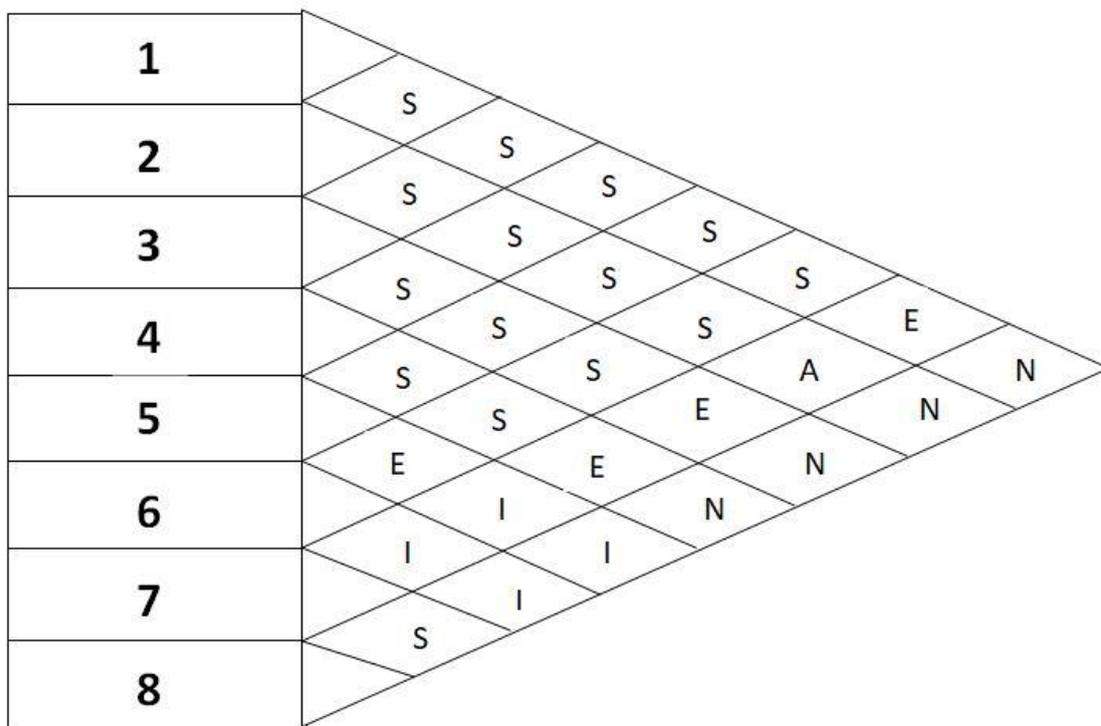


Figura 2. Matriz de relaciones.

1.5.3.6 Diagrama de relaciones.

Este punto puede verse como la traducción de la matriz triangular doblada a un esquema funcional, convirtiendo la codificación del paso anterior en un resultado más visual, que evidencia posibles esquemas de organización. Representa además el último paso del sistema SLP, previo a la presentación de una distribución final.

Los colores utilizados en las flechas que relacionan cada una de las zonas vienen descritos en la tabla 2 mostrada anteriormente.

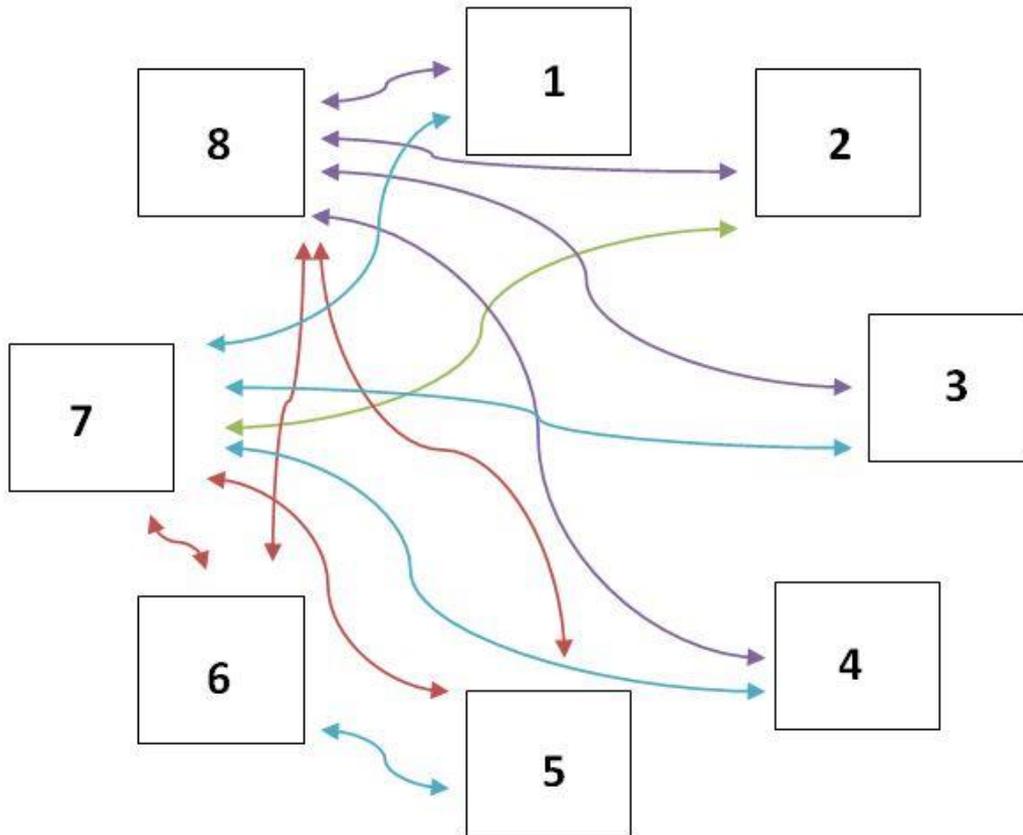


Figura 3. Diagrama relacional.

Destacar en este punto que, de manera premeditada, se han omitido las flechas de relación S (Sin Importancia). La razón es que son muy numerosas, no aportan información importante y, de colocarse, dificultarían la rápida comprensión del diagrama. Al fin y al cabo el objetivo que se persigue con este diagrama es visualizar de forma sencilla las relaciones de importancia entre zonas .

1.5.4 Conclusiones y diseño final.

Con la nueva distribución se busca una integración de conjunto, es decir, una distribución que integre a los operarios, los materiales, la maquinaria, las actividades; de modo que se logre un compromiso mejor de todas estas partes. El objetivo es minimizando el desplazamiento del producto y en consecuencia el coste asociado a este, teniendo en cuenta la viabilidad física de la distribución, la comodidad de los operarios y todas las medidas de seguridad necesarias.

Respetando todos los requisitos presentes en el pto.1.4.3.4 “Dimensionado y consideraciones” y siguiendo los pasos de la metodología SLP, se llega a una propuesta de distribución en planta que cumple con todo lo anteriormente descrito. Previo a la representación de la distribución en el plano de la fábrica se ha creído conveniente realizar un boceto que ilustre los resultados obtenidos con el método SLP.

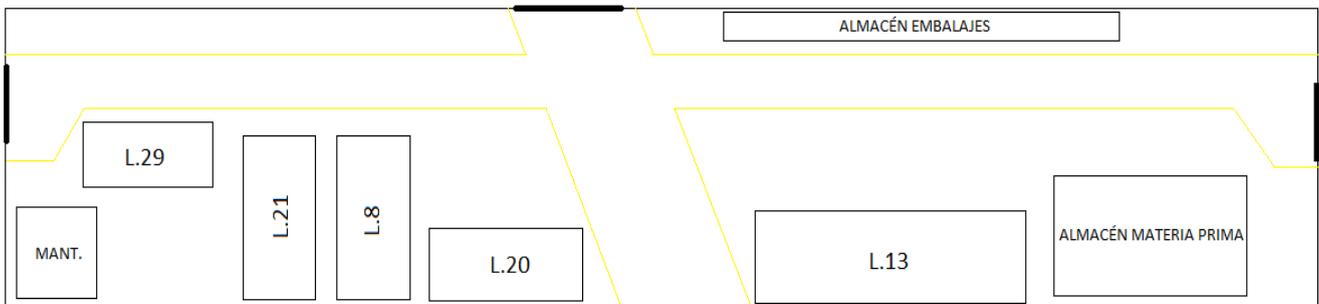


Figura 4. Boceto distribución en planta.

En esta propuesta se representa de color amarillo el pasillo para la circulación de carretillas elevadoras que comunica todas las entradas de la nueva nave.

Finalmente, en el plano adjunto nº3 se detalla la distribución final teniendo en cuenta las medidas de cada una de las zonas y todos los detalles de la nave. Se representa en color amarillo el pasillo para la circulación de carretillas elevadoras; en blanco, las zonas a distribuir siguiendo las especificaciones antes mencionadas y en azul, zonas que quedan libres para futuras ampliaciones de líneas de producción.

Se tomará esta distribución como base para diseñar y dimensionar todo el sistema eléctrico de la nave.

1.6 Instalación eléctrica.

1.6.1 Descripción general.

Dado que el objeto del proyecto es dimensionar una ampliación, se tiene que tener en cuenta que en la factoría ya existe una instalación eléctrica previa que se encuentra en funcionamiento.

Desde el momento de la construcción inicial de la empresa se tuvo en mente y se proyectó esta ampliación que ahora se quiere llevar a cabo, por lo que ya desde un principio se reservó parte del cuadro general de baja tensión (CGBT) con esta finalidad.

Todo lo expuesto en el pto. 1.6 está basado en el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (REBT). Además, se han consultado varias normas específicas citadas más adelante y en bibliografía.

1.6.2 Centro transformación CT y conexión con CGBT.

El diseño, dimensionado y montaje del CT queda fuera del alcance del proyecto puesto que este se encuentra ya en funcionamiento. No obstante, se sabe que la factoría cuenta con un transformador con potencia de, 400V y que cuenta con toda la aparamenta de conexión, soporte, medida y protección necesaria hasta el CGBT. Además, la compañía eléctrica distribuidora comunica que la potencia de cortocircuito es de $S''_k = 350$ MVA.

El CGBT actualmente da servicio a fábrica, almacén y oficinas, teniendo espacio reservado para la nueva conexión, como ya se ha comentado con anterioridad.

Además, durante la construcción de la nueva nave se realizó la instalación de puesta a tierra, consistente en tres picas de Cu de 2 metros de longitud unidas por un conductor desnudo enterrado de Cu de 110m de longitud. La distribución de las picas y la localización exacta de la toma tierra queda detallada en el plano adjunto nº 4.

1.6.3 Ampliación desde CGBT .

En el siguiente punto se describirán todos los consumos, requisitos y procedimientos que se tendrán en cuenta a la hora de dimensionar la instalación eléctrica.

1.6.3.1 Nueva instalación.

Desde el CGBT se alimentará, mediante una canalización que cruza toda la nave antigua, un subcuadro al que se denominará subcuadro principal (SubC.1). De este subcuadro principal saldrán, a su vez, ocho líneas trifásicas y siete monofásicas.

Cinco de las líneas trifásicas alimentarán los cuadros de control de cada una de las líneas de producción, otra alimentará la zona de mantenimiento y las otras dos restantes se dirigirán a los cuadros de control de los megaventiladores y el puente grúa instalados en la nave.

Las líneas monofásicas alimentarán el sistema de alumbrado objeto de diseño de este proyecto así como los sistemas de control de las puertas exteriores de la nueva nave.

A continuación, se muestra un esquema general de la instalación eléctrica tras ejecutar la ampliación, con el objetivo de tener una idea más clara de los detalles de esta.

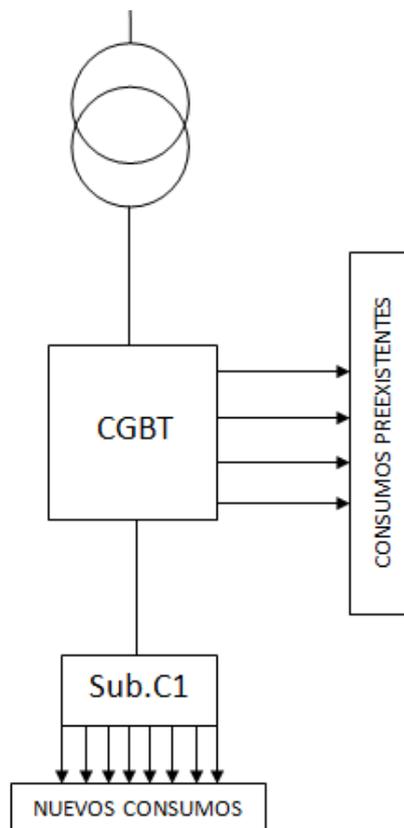


Figura 5 Esquema general.

1.6.3.2 Instalaciones receptoras.

La intensidad que demanda cada receptor se obtiene con los datos nominales a partir de la siguiente expresión:

$$I_n = \frac{P_n}{\alpha \cdot U_n \cdot \cos\varphi}$$

Siendo la P_n el resultado de dividir la P que indica la placa de características de cada consumo por su rendimiento. En los casos en que las demandas de corriente vayan a ser destinadas al arranque de motores se incrementará la corriente nominal un 25%. Esta intensidad demandada será a partir de ahora I_B y el factor multiplicador será K.

$$I_B = K \cdot I_N$$

Todos los consumos que tiene que satisfacer la nueva instalación se resumen en la siguiente tabla:

RECEPTOR	TIPO	P_n (KW)	α	U_n (V)	$\cos\varphi$	I_n (A)	K	I_B (A)
Alumbrado LED 1	Monofásico	2.4	1	230	0.98	10.65	1	10.65
Alumbrado LED 2	Monofásico	2.4	1	230	0.98	10.65	1	10.65
Alumbrado LED 3	Monofásico	2.4	1	230	0.98	10.65	1	10.65
Alumbrado LED 4	Monofásico	2.4	1	230	0.98	10.65	1	10.65
Puerta exterior 1	Monofásico	1	1	230	0.75	4.44	1.25	5.8
Puerta exterior 2	Monofásico	1	1	230	0.75	4.44	1.25	5.8
Puerta exterior 3	Monofásico	1	1	230	0.75	4.44	1.25	5.8
Cuadro puente grúa	Trifásico	8	$\sqrt{3}$	400	0.8	14.43	1.25	18.04
Cuadro ventiladores	Trifásico	6	$\sqrt{3}$	400	0.9	9.62	1.25	12.01
Cuadro L.8	Trifásico	40	$\sqrt{3}$	400	0.9	64.15	1.25	80.18
Cuadro L.13	Trifásico	150	$\sqrt{3}$	400	0.9	240.56	1.25	300.7
Cuadro L.20	Trifásico	30	$\sqrt{3}$	400	0.9	48.11	1.25	60.14
Cuadro L.21	Trifásico	25	$\sqrt{3}$	400	0.9	40.1	1.25	50.12

Cuadro L.29	Trifásico	35	$\sqrt{3}$	400	0.9	56.13	1.25	70.16
Toma corriente Mantenimiento	Trifásico	20	$\sqrt{3}$	400	0.8	36.1	1	36.1

Tabla 3. Consumos de la instalación.

La potencia total de la instalación asciende a 323.6KW

1.6.3.3 Diseño luminotécnico.

Para el diseño de un buen sistema de iluminado, lo más importante es conseguir un nivel de iluminancia adecuado en el plano de trabajo. La norma europea sobre iluminación para interiores (UNE 12464.1) establece que para una industria relacionada con el trabajo y tratamiento de metales, como es este caso, el rango de iluminancia media mínima requerida va de 200lux a 1000lux, dependiendo de las características concretas de dicha industria.

En este caso, tal y como marca la tabla 13.7 de dicha norma, al tratarse de una industria dedicada al mecanizado de chapa de espesor inferior a 5mm, el valor mínimo de iluminancia media admisible es de 300lux.

El cálculo de la iluminancia media se realiza mediante la siguiente fórmula:

$$E_m = \frac{m \cdot n \cdot \eta \cdot \Phi \cdot u}{A}$$

Donde n es el número de luminarias; η es el rendimiento de la luminaria; Φ es el flujo total emitido por las lámparas de una luminaria; m es el factor de mantenimiento; u es el factor de utilización y A es el área del plano de trabajo (m^2).

Hay otros aspectos a tener en cuenta en el diseño de la instalación de luminarias. En primer lugar, la altura del plano de trabajo, que en el caso de esta empresa está en 1.5m, ya que se trabaja mayoritariamente de pie. En segundo lugar, el rendimiento en reproducción de color (Rc), que en este caso la norma establece Rc=60. Finalmente, el factor de mantenimiento (m) que aparece en la fórmula anterior, tiene en cuenta la pérdida de eficiencia de las lámparas como consecuencia de la acumulación de suciedad y se estima para nuestro caso en m=0.8.

El cálculo y distribución de las luminarias se ha realizado utilizando el software DIALux, ampliamente utilizado en el sector. Puede ver el detalle del cálculo y resultado obtenido en el pto.1.7.1 "Anexo cálculos luminotécnicos".

1.6.3.4 Dimensionado del cableado.

En este apartado se describe la base teórica de los cálculos a realizar. El detalle de dichos cálculos y los resultados obtenidos se expondrán posteriormente en el anexo de cálculos.

1.6.3.4.1 Datos de partida.

El conductor seleccionado para la instalación es unipolar de Cu con recubrimiento termoestable de polietileno reticulado (XLPE) 0.6/1KV, con una temperatura máxima en funcionamiento nominal de 90°C como marca el reglamento.

La canalización desde el CGBT hasta el subcuadro principal y la conducción del cableado de alimentación de los cuadros de cada una de las líneas de producción se llevarán a cabo mediante rejilla. Las líneas monofásicas que alimentan el alumbrado y el de control de las puertas se distribuirán mediante cable multiconductor monofásico protegido con tubo de PVC y anclado (al aire) directamente a la pared. La temperatura ambiente considerada será de 30°C.

En primer lugar, se calcula la sección requerida a criterio térmico para la máxima intensidad demandada por la línea y posteriormente se comprobará dicha sección mediante el criterio de caída de tensión. Esto es así porque el térmico es el criterio menos restrictivo que da una primera aproximación, esta sección inicial obtenida se tendrá que comprobar y redimensionar, en caso de que no se cumpliera el criterio de caída de tensión.

Las conexiones finales entre los cuadros de control de las líneas de producción y los distintos consumos que alimenta cada uno de estos subcuadros quedará fuera del objeto de aplicación de este proyecto. Esto se debe a que el diseño y instalación de estos cuadros es competencia de los fabricantes e instaladores de las líneas de producción y de los distintos sistemas auxiliares, tales como puente grúa y megaventiladores.

1.6.3.4.2 Criterio térmico.

Siguiendo las indicaciones del REBT y, concretamente, de la norma UNE 20460 5.523-2004 se selecciona mediante la tabla 52-B2 el tipo de instalación (en este caso será sobre rejilla) que se corresponde con el método F. También se instalarán 7 líneas monofásicas, bajo tubo expuesto al aire (método B2), que alimentarán el alumbrado y las puertas exteriores de la nave.

Tabla 52 – B2 (Continuación)

Punto n°	Métodos de instalación	Descripción	Método de instalación de referencia a utilizar para obtener las intensidades admisibles (véase la tabla 52-B1)
1	2	3	4
30		sobre bandejas de cables no perforadas	C con punto 2 de la tabla 52 – E1 ¹⁾
31		sobre bandejas de cables perforadas	E ó F con punto 4 de la tabla 52 – E1 ¹⁾
32		sobre abrazaderas o rejillas	E ó F

Figura 6 Tabla 52-B2.

A continuación, se calculará el factor de corrección de la I_B que nos permitirá estimar la máxima intensidad demandada por cada línea. El factor de corrección está compuesto por, generalmente, tres factores según los siguientes criterios:

- 1) K_r Factor relacionado con la resistividad del terreno en el que se encuentra enterrado el cableado. En este caso no afecta ya que el cableado está al aire.
- 2) K_t Factor relacionado con la temperatura del terreno o en este caso la ambiente, la cual estimaremos en 40°C como caso más desfavorable. (Tabla 52-D1)
- 3) K_a Factor relacionado con las agrupaciones de cables por las canalizaciones. En este caso variará entre 1 y 0.81, según qué tramo se esté estudiando. (Tabla 52-E5)

La manera de calcular la K_{TOT} será mediante un productorio de los distintos factores antes descritos.

Tabla 52 – D1
Factores de corrección para temperaturas ambiente diferentes de 30 °C a aplicar a los valores de las intensidades admisibles para cables al aire libre

Temperatura ambiente °C	Aislamiento			
	PVC	XLPE y EPR	Mineral*	
			Cubierta de PVC o cable desnudo y accesible 70 °C	Cable desnudo e inaccesible 105 °C
10	1,22	1,15	1,26	1,14
15	1,17	1,12	1,20	1,11
20	1,12	1,08	1,14	1,07
25	1,06	1,04	1,07	1,04
35	0,94	0,96	0,93	0,96
40	0,87	0,91	0,85	0,92
45	0,79	0,87	0,87	0,88
50	0,71	0,82	0,67	0,84
55	0,61	0,76	0,57	0,80
60	0,50	0,71	0,45	0,75
65	–	0,65	–	0,70
70	–	0,58	–	0,65
75	–	0,50	–	0,60
80	–	0,41	–	0,54
85	–	–	–	0,47
90	–	–	–	0,40
95	–	–	–	0,32

Figura 7 Factor corrección K_t .

Tabla 52 – E5
Factores de reducción por agrupamiento por varios cables multiconductores (nota 1)
a aplicar a los valores para cables unipolares instalados al aire libre

(Método de instalación F de las tablas 52 – C7 a 52 – C12)

Método de instalación de la tabla 52 – B2			Número de bandejas	Número de circuitos trifásicos (nota 2)			A utilizar para
				1	2	3	
Bandejas perforadas (nota 3)	13	<p align="center">En contacto</p>	1	0,98	0,91	0,87	Tres cables en capa horizontal
			2	0,96	0,87	0,81	
			3	0,95	0,85	0,78	
Bandejas perforadas verticales (nota 4)	13	<p align="center">En contacto</p>	1	0,96	0,86	–	Tres cables en capa vertical
			2	0,95	0,84	–	
Escaleras de cables, abrazaderas, etc. (nota 3)	14 15 16	<p align="center">En contacto</p>	1	1,00	0,97	0,96	Tres cables en capa horizontal
			2	0,98	0,93	0,89	
			3	0,97	0,90	0,86	
Bandejas perforadas (nota 3)	13		1	1,00	0,98	0,96	Tres cables en trébol
			2	0,97	0,93	0,89	
			3	0,96	0,92	0,86	
Bandejas perforadas verticales (nota 4)	13		1	1,00	0,91	0,89	Tres cables en trébol
			2	1,00	0,90	0,86	
Escaleras de cables, abrazaderas, etc. (nota 3)	14 15 16	<p align="center">Separados</p>	1	1,00	1,00	1,00	Tres cables en trébol
			2	0,97	0,95	0,93	
			3	0,96	0,94	0,94	

Figura 8 Factor corrección K_a .

Posteriormente, mediante la tabla A.52-1 que se relaciona con el método de instalación F seleccionado en 52-B1, se preseleccionará una sección de conductor utilizando la $I_{entrada_tab}$ que será el resultado de dividir I_B entre K_{TOT} . La sección finalmente seleccionada será aquella cuya $I_{tab} * K_{TOT}$ sea mayor a $I_{entrada_tab}$. Si ninguna sección de la tabla es adecuada se procederá a ampliar el número de conductores por fase.

Tabla A.52-1
Intensidades admisibles en amperios
Temperatura ambiente 30 °C en el aire

Método de instalación de la tabla 52 – B1	Número de conductores cargados y tipo de aislamiento											
		PVC3	PVC2		XLPE3	XLPE2						
A1		PVC3	PVC2		XLPE3	XLPE2						
A2	PVC3	PVC2		XLPE3	XLPE2							
B1				PVC3	PVC2		XLPE3		XLPE2			
B2			PVC3	PVC2		XLPE3	XLPE2					
C					PVC3		PVC2	XLPE3		XLPE2		
E						PVC3		PVC2	XLPE3		XLPE2	
F							PVC3		PVC2	XLPE3		XLPE2
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Sección mm ²												
Cu												
1,5	13	13,5	14,5	15,5	17	18,5	19,5	22	23	24	26	–
2,5	17,5	18	19,5	21	23	25	27	30	31	33	36	–
4	23	24	26	28	31	34	36	40	42	45	49	–
6	29	31	34	36	40	43	46	51	54	58	63	–
10	39	42	46	50	54	60	63	70	75	80	86	–
16	52	56	61	68	73	80	85	94	100	107	115	–
25	68	73	80	89	95	101	110	119	127	135	149	161
35	–	–	–	110	117	126	137	147	158	169	185	200
50	–	–	–	134	141	153	167	179	192	207	225	242
70	–	–	–	171	179	196	213	229	246	268	289	310
95	–	–	–	207	216	238	258	278	298	328	352	377
120	–	–	–	239	249	276	299	322	346	382	410	437
150	–	–	–	–	285	318	344	371	395	441	473	504
185	–	–	–	–	324	362	392	424	450	506	542	575
240	–	–	–	–	380	424	461	500	538	599	641	679

Figura 9 Dimensionado de la sección.

Para el caso de las conducciones ancladas a la pared bajo tubo utilizaremos la tabla 52-C2 presente en la misma norma. En este caso el método de instalación será el B2 y notar que las corrientes admisibles se encuentran en esta misma gráfica.

Tabla 52 – C2
Intensidades admisibles, en amperios, para los métodos de la tabla 52 – B1
Cables aislados con XLPE/EPR, dos conductores cargados, cobre o aluminio
Temperatura del conductor: 90 °C
Temperatura ambiente 30 °C en el aire, 20 °C en el terreno

Secciones nominales de los conductores mm ²	Método de instalación de la tabla 52 – B1					
	A1	A2	B1	B2	C	D
						
1	2	3	4	5	6	7
Cobre						
1,5	19	18,5	23	22	24	26
2,5	26	25	31	30	33	34
4	35	33	42	40	45	44
6	45	42	54	51	58	56
10	61	57	75	69	80	73
16	81	76	100	91	107	95
25	106	99	133	119	138	121
35	131	121	164	146	171	146
50	158	145	198	175	209	173
70	200	183	253	221	269	213
95	241	220	306	265	328	252
120	278	253	354	305	382	287
150	318	290	–	–	441	324
185	362	329	–	–	506	363
240	424	386	–	–	599	419
300	486	442	–	–	693	474

Figura 10 Dimensionado sección método B2.

1.6.3.4.3 Criterio caída de tensión.

El REBT establece unos valores máximos para las caídas de tensión en las instalaciones, distinguiendo entre instalaciones alimentadas desde redes de distribución de baja tensión y aquellas otras que se alimentan desde un centro de transformación propio.

En el caso de esta instalación tenemos un centro de transformación propio, por lo que, consultando el reglamento, se considera como origen de la instalación la salida de baja tensión del transformador, pudiendo admitirse caídas de tensión de 4.5% para alumbrado y 6.5% para el resto de fuerzas motrices.

La expresión de la caída de tensión en una línea trifásica es la siguiente:

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot (RI \cos \varphi + XI \sin \varphi)$$

$$\varepsilon = \frac{\Delta U}{U_N} \cdot 100$$

Siendo R y X la resistencia y reactancia por unidad de longitud (Ω/m), calculadas de la siguiente manera:

$$R = \rho(^{\circ}C) \cdot \frac{L}{S}$$

$$X = x \cdot L$$

Se admite que $X_{cu} = 0.00008 \Omega/m$ y que la resistividad del cobre en función de la temperatura se puede extraer de la siguiente tabla ($\frac{\Omega \cdot mm^2}{m}$):

	20°C	45 °C	70 °C	90 °C	100 °C	160 °C	250 °C
Cu	0.01724	0.01893	0.02063	0.02198	0.02266	0.02672	0.03282

Tabla 4 Resistividades del Cu. (José Rocher Folch, 2010)

Cuando en el criterio térmico obtenemos una intensidad máxima demandada por la línea que es cercana en magnitud a la máxima intensidad que permite la sección que hemos seleccionado, asumimos que el conductor trabaja a su máxima temperatura admisible, en este caso (Cu-XLPE) es de 90°C.

En el caso de que la sección seleccionada esté menos exigida térmicamente se puede utilizar la siguiente expresión para estimar la temperatura del cable.

$$T_{cable} = T_{amb} + (T_{max_cond_ad} - T_{amb}) \cdot \left(\frac{I_B}{I_Z}\right)^2$$

Para líneas monofásicas se tiene:

$$\varepsilon = \frac{L \cdot \rho \cdot P}{S \cdot U_N^2} \cdot 200$$

Con P en W, L en m, ρ en $\frac{\Omega \cdot mm^2}{m}$ y S en mm^2 .

1.6.3.5 Protecciones.

La aparatamenta seleccionada para proteger la instalación frente a cortocircuitos y sobrecargas se basa en interruptores automáticos.

1.6.3.5.1 Protección contra sobrecargas.

Las características de funcionamiento de los interruptores automáticos (IA) para la protección contra sobrecargas deben satisfacer las dos condiciones siguientes, según las normas UNE-60364-4-43-2013:

A)Primera condición de protección frente a sobrecargas:

$$I_B \leq I_n \leq I_Z$$

La intensidad de cálculo prevista en la instalación será menor o igual que la nominal del IA, y esta a su vez, estará por debajo de la máxima admisible que admita el conductor. Si esto último no se cumple, habría que elevar la sección del conductor.

Donde:

- I_B =Corriente para la que se ha diseñado el circuito según la previsión de carga.
- I_n =Corriente nominal asignada al interruptor automático. En el caso de dispositivo regulable, es la intensidad de regulación seleccionada.
- I_Z =Corriente amisible del cable en función del tipo de conductor y sistema de instalación utilizado.

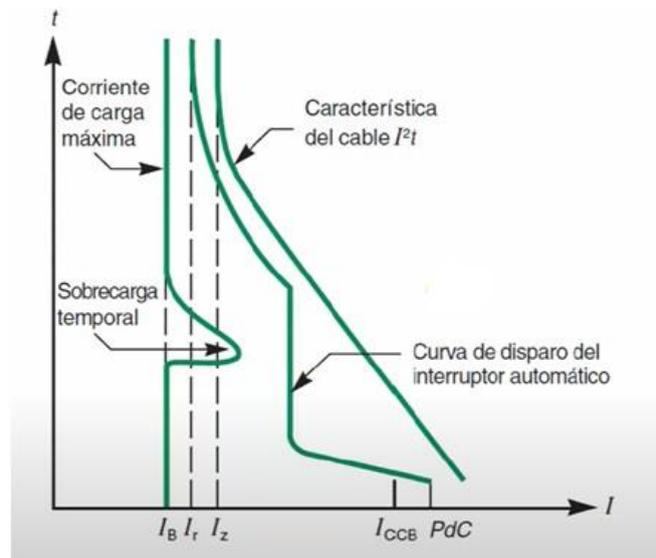


Figura 11 Curva tipo disparo IA.

B)Segunda condición de protección frente a sobrecargas:

$$I_2 \leq 1.45I_Z$$

Donde:

- I_2 =corriente que asegura la actuación del dispositivo de protección para un tiempo largo(tc tiempo convencional según norma).
- I_z =Corriente admisible del cable en función del sistema de instalación utilizado.

Si las protecciones se realizan con PIAs que cumplen con la norma EN 60898 entonces $I_2=1.45I_n$ y por lo tanto, teniendo en cuenta A) $I_b \leq I_n \leq I_z$, siempre se cumplirá la condición B). Si se protege mediante un fusible de tipo gG normalizado según EN 60269 se tiene que $I_2=1.6 \cdot I_n$, por lo que habrá que comprobar la condición b). Finalmente, si el dispositivo no es normalizado, el dato de I_2 deberá ser suministrado por el fabricante en la documentación técnica.

En este caso los interruptores automáticos seleccionados cumplen todos con la normativa EN 60898, por lo que la condición B para la protección contra sobrecargas será de automático cumplimiento.

1.6.3.5.2 Protección contra cortocircuitos.

Para que una instalación esté protegida contra este suceso las corrientes de cortocircuito deben ser extinguidas antes de que los conductores sufran ningún tipo de daño por efecto térmico o electrodinámico.

Los dispositivos de protección se instalan en los cuadros de distribución, al principio de las líneas. Hay que señalar que, al contrario que con las protecciones contra sobrecargas, las protecciones contra cc protegen todo aquello que se encuentra aguas abajo de ellas.

Según la UNE 20 460, deberá instalarse un dispositivo de protección contra cc en todos aquellos puntos donde se produzca una reducción de corriente admisible.

La intensidad de cortocircuito ($I_k(t)$) en una instalación de corriente alterna puede descomponerse en una componente simétrica (tiene una variación senoidal con frecuencia igual a la de la red y amplitud decreciente de forma exponencial hasta estabilizarse en $\sqrt{2}I_k$) y otra asimétrica (de valor máximo en el momento del cc y tendencia a cero. (José Rocher Folch, 2010)

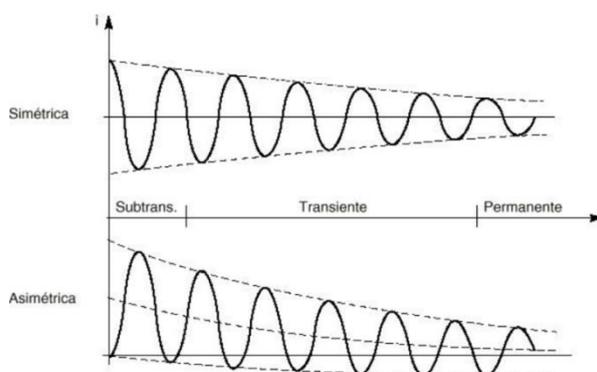


Figura 12 Componentes corriente CC.

Los siguientes parámetros, junto con los descritos anteriormente, caracterizan las corrientes de cortocircuito:

- I''_K (I inicial simétrica de cc) Valor eficaz de la corriente simétrica en el primer semiperiodo tras el cc.
- I_S (I máxima asimétrica de cc) Valor máximo que alcanza la corriente.
- I_K (I permanente de cc) Valor eficaz de la corriente de cc tras los fenómenos transitorios.

$$I''_K = \frac{U_{nT}}{\sqrt{3}Z_k}$$

Siendo $Z_k = \sqrt{R_{cc}^2 + X_{cc}^2}$; con $X_{cc} = \frac{\varepsilon_{Xcc(\%)}}{100} \cdot \frac{U_{nT}^2}{S_{nT}}$ y $R_{cc} = \frac{\varepsilon_{Rcc(\%)}}{100} \cdot \frac{U_{nT}^2}{S_{nT}}$

$$I_S = \sqrt{2} \cdot X \cdot I''_K$$

Siendo X un coeficiente dependiente de la relación R/X, cuyo valor se obtiene de la siguiente figura:

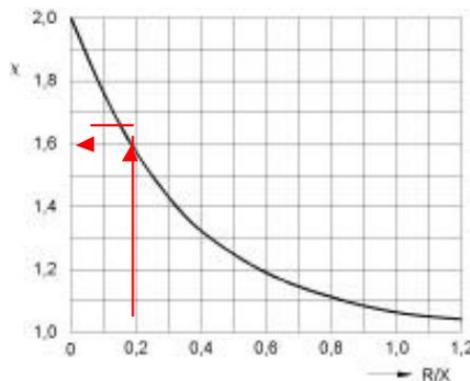


Figura 13 Obtención del coef. X.

Para proteger frente a cortocircuitos la instalación es necesario calcular las corrientes de cortocircuito previstas en el origen de línea ($I_{cc,max}$), así como las que aparecerán al final de cada ramificación del sistema ($I_{cc,min}$).

El valor de las corrientes que aparecen en este tipo de fallos depende también del tipo de cortocircuito que ocurra. El que produce las corrientes más elevadas es el cortocircuito tripolar I_{k3} , cuyo valor de cresta nos dará las máximas intensidades que recorrerán el sistema. Por otro lado, la corriente mínima de cc nunca la ocasionará el cortocircuito tripolar, en su lugar habrá que calcular las corrientes producidas por las faltas fase-fase (I_{k2}) y fase-neutro (I_{k1}) los cuales, respetando normativa, se calcularán como: $I_{k2} = 0.866I_{k3}$ para circuitos sin neutro y $I_{k1} = 0.5I_{k3}$ para circuitos con neutro distribuido.

Protegiendo la instalación con interruptores automáticos (es el caso de este proyecto), las condiciones que deben cumplir un interruptor para que la línea esté protegida, según la norma UNE 20 460, son:

- A) Poder de corte del IA $> I_{cc,max}$
- B) $I_{cc,min} > I_a$, donde I_a es la intensidad de actuación del interruptor automático, se puede visualizar en las curvas de disparo del interruptor (fig.13).
- C) $I_{cc,max} < I_b$, donde I_b es la intensidad que corresponde a It_{adm}^2 del conductor, que se extrae de una tabla como la de la figura 14.

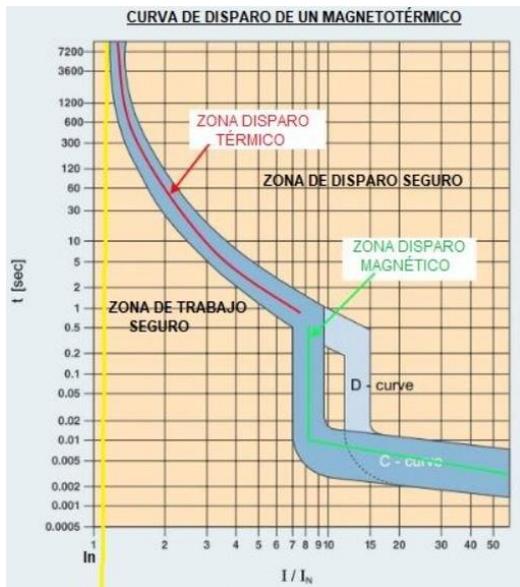


Figura 14 Curvas tipo disparo IA.

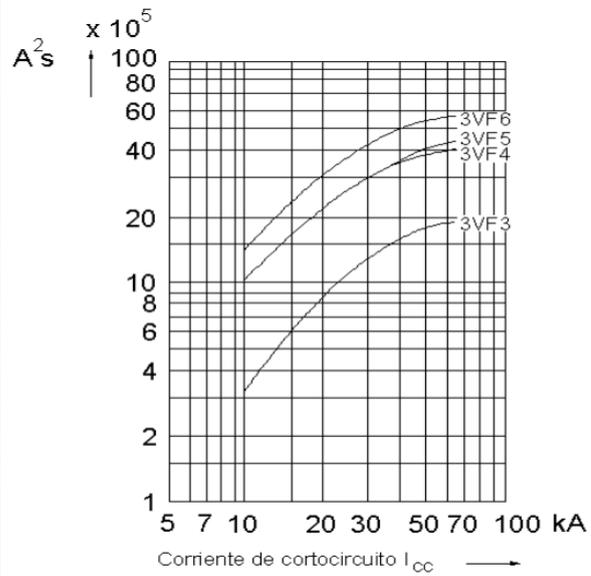


Figura 15 Curvas I^2t IA.

1.6.3.5.3 Protección para las personas.

La protección de las personas en una instalación eléctrica, objetivo prioritario en este apartado, consiste en asegurar que no hay posibilidad de recibir una descarga directa de la red y que, en caso de la aparición de una corriente de fuga o defecto que posibilite un contacto indirecto, la tensión de contacto aplicada al usuario sea inferior a la tensión límite de contacto (U_L).

La aparatamenta seleccionada para la protección frente a contactos indirectos son los interruptores diferenciales. El funcionamiento de estos dispositivos viene determinado por:

- **Intensidad nominal (I_N)** Valor de la corriente nominal normal de la línea en la que se instala el diferencial.
- **Intensidad diferencial nominal ($I_{\Delta N}$)**. Corriente diferencial para la cual el dispositivo abre al circuito (Sensibilidad del dispositivo)
- **Intensidad diferencial nominal de NO funcionamiento ($I_{\Delta n f}$)**. Corriente por debajo de la cual se garantiza que el interruptor no abre el circuito. $I_{\Delta n f} = 0.5 * I_{\Delta N}$ (utilizada para garantizar selectividad)

Seguindo las recomendaciones del REBT se establece una tensión límite de contacto de 50V, tensión que puede ser aplicada de manera indefinida al cuerpo humano sin causar daños.

Con esta tensión límite de contacto y la $I_{\Delta N}$ del diferencial con menor sensibilidad se procederá al cálculo de la máxima resistencia de puesta a tierra admisible para esta instalación, la cual será comparada con el valor de la resistencia real de puesta a tierra instalada durante la construcción de la nave. (Plano adjunto nº 4)

$$R_{adm} = \frac{U_L}{I_{\Delta N}}$$

La instalación de puesta a tierra está formada por tres picas de Cu y un conductor de Cu enterrado que une las picas. La resistencia de cada una de las picas es $R_p = \frac{\rho}{L}$; siendo r , la resistividad del terreno ($\Omega.m$) y L , la longitud de la pica. Por otra parte, la resistencia del conductor se calcula como $R_c = \frac{\rho * 2}{L}$.

Para verificar que la instalación de puesta a tierra R_T tiene un valor de resistencia menor que la R_{adm} se hará una suma en paralelo de las resistencias que forman la puesta a tierra de la instalación que se comparará con el valor de resistencia admisible ya calculado.

Todos los cálculos realizados quedan detallados en el subapartado correspondiente del punto 1.7 "Anexo de cálculos".

1.7 Anexos de cálculo.

En este punto se detallan los cálculos que se han realizado para el dimensionado de todos y cada uno de los elementos del proyecto.

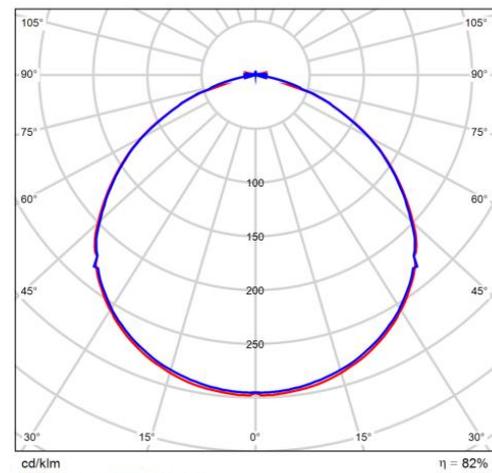
1.7.1 Cálculos luminotécnicos.

En este punto se expondrán los resultados del cálculo luminotécnico realizado con el programa DIALux, uno de los más empleados en este campo. A continuación se muestra la luminaria seleccionada, sus características y su correspondiente diagrama polar de distribución luminosa.

NIKKON - 200W LED Highbay (Wide Beam) (5000K)



Nº de artículo	DRACO UFO Series K14109
P	200.0 W
$\Phi_{\text{Lámpara}}$	31500 lm
$\Phi_{\text{Luminaria}}$	25967 lm
η	82.43 %
Rendimiento lumínico	129.8 lm/W
CCT	5000 K



CDL polar

Figura 16 Características luminaria seleccionada.

Configurando todos los requisitos y especificaciones que en el pto.1.6.3.3 se han comentado, el cálculo con el programa DIALux concluye que la solución óptima requiere de 48 luminarias que quedarán distribuidas como se muestra en el plano nº6

A continuación se adjuntan los resultados del cálculo luminotécnico detallado.

P_{total} 9600.0 W	A_{Local} 2220.00 m ²	Potencia específica de conexión 4.32 W/m ² = 1.11 W/m ² /100 lx (Local)	$\bar{E}_{\text{perpendicular}}$ (Plano útil) 389 lx
--------------------------------	--	--	---

Uni.	Fabricante	Nº de artículo	Nombre del artículo	P	$\Phi_{\text{Luminaria}}$
48	NIKKON	DRACO UFO Series K14109	200W LED Highbay (Wide Beam) (5000K)	200.0 W	25967 lm

Mapa de mediciones de iluminancia y representación del mapa de líneas isolux, que representa la planta de la nave industrial a analizar.

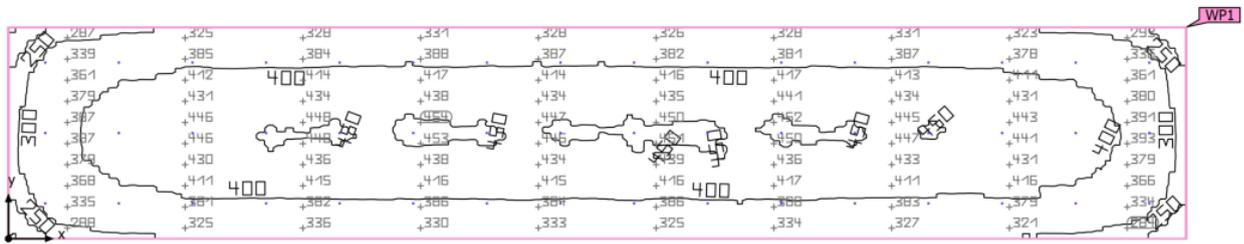


Figura 17 Mapa iluminancia.

Base: 2220.00 m² | Grado de reflexión: Techo: 70.0 %, Paredes: 50.0 %, Suelo: 20.0 % | Factor de degradación: 0.80 (Global) | Altura interior del local: 11.200 m | Altura de montaje: 10.000 m

Resultados

	Tamaño	Calculado	Nominal	Verificación	Índice
Plano útil	E _{perpendicular}	389 lx	≥ 300 lx	✓	WP1
	g ₁	0.51	-	-	WP1
Valores de consumo	Consumo	21600 kWh/a	máx. 77750 kWh/a	✓	

La siguiente simulación en 3D ayudará a comprender la distribución de las luminarias en la nueva nave.

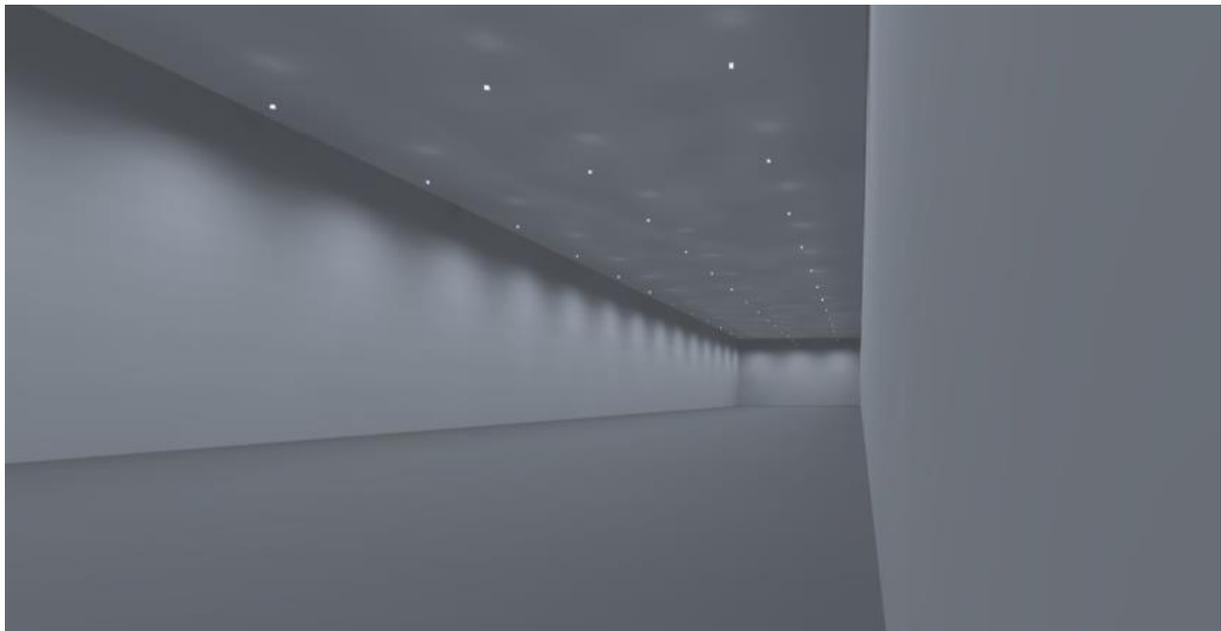


Figura 18 Simulación luminarias.

1.7.2 Dimensionado del cableado.

Para la realización de los cálculos de dimensionado se ha utilizado Excel como herramienta de cálculo.

Como el proceso en ocasiones es iterativo y hay que realizarlo para todos los tramos del sistema solo se va a mostrar, a continuación, el proceso de cálculo para el tramo que va del CGBT hasta el subcuadro 1, ya que en este tramo se encuentran varios de los escenarios problemáticos que pueden aparecer en el momento del cálculo. El resultado final de dimensionado de todos los tramos se mostrará en formato de tabla al final de este punto.

En el primer cálculo a criterio térmico se observa como la intensidad requerida supera la que admite la máxima sección que aparecen en la tabla A52-1, por lo que obviamente no cumplirá normativa.

Conducción	Rejilla	TRAMO CGBT-SUBCUADRO 1									
T_amb(°C)	30										
Un(V)	400										
Aislante	XLPE										
CRITERIO TÉRMICO											
I_b	Kr	Kt	Ka	Cables_fase	K_tot	I_entrada_tab	I_tab (A)	S(mm ²)	I_z (A)	Cumple?	
677,28	1	1	1	1	1	677,28	599	240	599	NO	
CRITERIO CAÍDA DE TENSIÓN											
L(m)	In(A)	S(mm ²)	cosφ	ρ(Ω.mm ² /m)	cosφ	senφ	X(Ω)	R(Ω)	ε(%)	Cumple?	
					0	0	0	#iDIV/0!	#iDIV/0!	#iDIV/0!	

Figura 19 Dimensionado.

La solución por la que se opta es aumentar el número de conductores por fase, de uno a dos. Remarcar que al aumentar el número de conductores por fase el coeficiente de agrupación, que hasta este momento no influía, pasara a ser distinto de 1 y por tanto Ktot entrará en juego en esta nueva iteración.

Este desdoble de conductores por fase posibilita la utilización de secciones más pequeñas. Sin embargo, en la siguiente figura se observa cómo la sección con la intensidad más cercana no cumple criterio.

Conducción	Rejilla	TRAMO CGBT-SUBCUADRO 1									
T_amb(°C)	30										
Un(V)	400										
Aislante	XLPE										
CRITERIO TÉRMICO											
I_b	Kr	Kt	Ka	Cables_fase	K_tot	I_entrada_tab	I_tab (A)	S(mm ²)	I_z (A)	Cumple?	
677,28	1	1	0,91	2	0,91	372,1318681	382	120	347,62	NO	
CRITERIO CAÍDA DE TENSIÓN											
L(m)	In(A)	S(mm ²)	cosφ	ρ(Ω.mm ² /m)	cosφ	senφ	X(Ω)	R(Ω)	ε(%)	Cumple?	
					0	0	0	#iDIV/0!	#iDIV/0!	#iDIV/0!	

Figura 20 Dimensionado.

La solución por tanto pasa por aumentar la sección, que ahora sí cumple criterio térmico.

Conducción	Rejilla	TRAMO CGBT-SUBCUADRO 1									
T_amb(°C)	30										
Un(V)	400										
Aislante	XLPE										
CRITERIO TÉRMICO											
I_b	Kr	Kt	Ka	Cables_fase	K_tot	I_entrada_tab	I_tab (A)	S(mm ²)	I_z (A)	Cumple?	
677,28	1	1	0,91	2	0,91	372,1318681	441	150	401,31	SÍ	
CRITERIO CAÍDA DE TENSIÓN											
L(m)	In(A)	S(mm ²)	cosφ	ρ(Ω.mm ² /m)	cosφ	senφ	X(Ω)	R(Ω)	ε (%)	Cumple?	
					0	0	0	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	

Figura 21 Dimensionado.

Una vez cumplidos los requisitos a criterio térmico se pasa a calcular el de caída de tensión. Dimensionando este criterio para el factor de potencia resultante de la suma compleja de las distintas intensidades con sus respectivos factores de potencia y teniendo en cuenta en la I_n el desdoble de los conductores por fase.

Conducción	Rejilla	TRAMO CGBT-SUBCUADRO 1									
T_amb(°C)	30										
Un(V)	400										
Aislante	XLPE										
CRITERIO TÉRMICO											
I_b	Kr	Kt	Ka	Cables_fase	K_tot	I_entrada_tab	I_tab (A)	S(mm ²)	I_z (A)	Cumple?	
677,28	1	1	0,91	2	0,91	372,1318681	441	150	401,31	SÍ	
CRITERIO CAÍDA DE TENSIÓN											
L(m)	In(A)	S(mm ²)	cosφ	ρ(Ω.mm ² /m)	cosφ	senφ	X(Ω)	R(Ω)	ε (%)	Cumple?	
125	284,585	150	0,897	0,02198	0,897	0,442	0,01	0,018316667	2,5693291	SÍ	

Figura 22 Dimensionado.

En el momento en el que se cumplen los dos criterios se da por buena la sección seleccionada y se anotan los resultados en la tabla Fig.21.

Una de las casuísticas que pueden darse y que vale la pena comentar es que se cumpla el criterio térmico de forma muy ajustada. En este caso conviene aumentar la sección seleccionada, con el objetivo de evitar posibles riesgos de sobrecalentamiento.

Además, hay que destacar que para dimensionar las líneas monofásicas, tanto las fórmulas utilizadas a criterio de caída de tensión como la tabla del criterio térmico, cambian.

A continuación se muestran los resultados del proceso de dimensionado:

TRAMO	Un(V)	L(m)	Pn(KW)	NºCond_ fase	I _B (A)	X(Ω)	R(Ω)	I _z (A)	S(mm ²)	ε (%)
CGBT a SubC	400	125	326,6	2	338,64	0,0100	0,0183	401,31	150,00	2,56
SubC a C.L8	400	81	40,0	1	80,19	0,0065	0,0712	109,35	25,00	1,86
SubC a C.L13	400	121	150,0	1	300,70	0,0120	0,0178	409,86	185,00	2,21
SubC a C.L20	400	86	30,0	1	60,14	0,0069	0,1181	86,67	16,00	2,28
SubC a C.L21	400	76	25,0	1	50,12	0,0061	0,1670	64,80	10,00	2,66
SubC a C.L29	400	21	35,0	1	70,16	0,0017	0,0288	86,67	16,00	0,65
SubC a TC.Mant	400	56	20,0	1	36,80	0,0045	0,2051	46,98	6,00	2,61
SubC a C.PuenteGrúa	400	36	8,0	1	18,04	0,0029	0,3165	30,03	2,50	1,59
SubC a C.Ventiladores	400	36	6,0	1	12,03	0,0029	0,3165	30,03	2,50	1,19
SubC a Alumbrado 1	230	50	2,4	1	10,65	0,0040	0,4396	22,00	2,50	3,98
SubC a Alumbrado 2	230	50	2,4	1	10,65	0,0040	0,4396	22,00	2,50	3,98
SubC a Alumbrado 3	230	50	2,4	1	10,65	0,0040	0,4396	22,00	2,50	3,98
SubC a Alumbrado 4	230	50	2,4	1	10,65	0,0040	0,4396	22,00	2,50	3,98
SubC a Puerta exterior 1	230	40	1,0	1	5,80	0,0032	0,5800	22,00	1,50	2,22
SubC a Puerta exterior 2	230	100	1,0	1	5,80	0,0080	1,4600	22,00	1,50	5,54
SubC a Puerta exterior 3	230	90	1,0	1	5,80	0,0072	1,3200	22,00	1,50	4,98

Figura 23 Resultados dimensionado.

1.7.3 Cálculo de protecciones contra sobrecargas y cortocircuitos.

1.7.3.1 Protección contra sobrecargas.

A continuación se muestran los cálculos realizados para la comprobación de requisitos mencionados en el punto 1.6.3.5 “Protección frente a sobrecargas”. Los cálculos se han realizado en Excel y la siguiente tabla muestra de forma ordenada los resultados obtenidos.

Se recuerda de nuevo que en este caso los interruptores automáticos seleccionados cumplen todos con la normativa EN 60898, por lo que la condición B para la protección contra sobrecargas será de automático cumplimiento (ya explicado anteriormente).

Tramo	L(m)	S(mm ²)	I _b (A)	I _z (A)	In del IA (A)	Modelo	Condición A	Condición B
CGBT a SubC	125,00	150,0	677,28	802,62	800	Compact NS800H	Cumple	Cumple
SubC a C.L8	81,00	25,0	80,19	109,35	100	EasyPact CVS160B	Cumple	Cumple
SubC a C.L13	121,00	185,0	300,70	409,86	400	Compact NS400H	Cumple	Cumple
SubC a C.L20	86,00	16,0	60,14	86,67	80	C120H 4P 80A	Cumple	Cumple
SubC a C.L21	76,00	10,0	50,12	64,80	63	Acti9 iC60H	Cumple	Cumple
SubC a C.L29	21,00	16,0	70,16	86,67	80	C120H 4P 80A	Cumple	Cumple
SubC a TC.Mant	56,00	6,0	36,80	46,98	32	M9F14432	Cumple	Cumple
SubC a C.PuenteGrúa	36,00	2,5	18,04	30,03	20	Acti9 iC60H 60947-2	Cumple	Cumple
SubC a C.Ventiladores	36,00	2,5	12,03	30,03	20	Acti9 iC60H 60947-2	Cumple	Cumple
SubC a Alumbrado 1	50,00	2,5	10,65	22,00	16	A9F89216	Cumple	Cumple
SubC a Alumbrado 2	50,00	2,5	10,65	22,00	16	A9F89216	Cumple	Cumple
SubC a Alumbrado 3	50,00	2,5	10,65	22,00	16	A9F89216	Cumple	Cumple
SubC a Alumbrado 4	50,00	2,5	10,65	22,00	16	A9F89216	Cumple	Cumple
SubC a Puerta exterior 1	40,00	1,5	5,80	22,00	10	M9F14210	Cumple	Cumple
SubC a Puerta exterior 2	100,00	1,5	5,80	22,00	10	M9F14210	Cumple	Cumple
SubC a Puerta exterior 3	90,00	1,5	5,80	22,00	10	M9F14210	Cumple	Cumple

Figura 24 Protecciones frente a sobrecargas.

1.7.3.2 Protección contra cortocircuitos.

En la siguiente figura se muestran todos los cálculos necesarios para obtener las corrientes máximas y mínimas que aparecerán en el sistema. Como el número de puntos a calcular es elevado se ha optado por sistematizar el cálculo y la presentación de resultados, por este motivo el resultado de dichos cálculos se muestra en forma de tabla. El tramo desde el transformador hasta el CGBT no se tiene en cuenta en los cálculos puesto que presenta una impedancia prácticamente despreciable que no afecta al resultado final.

Protección contra CC		Tramo	S (mm ²)	i ² COND_FAS	L (m)	R (mΩ)	X (mΩ)	Z (mΩ)	ΣR (mΩ)	ΣX (mΩ)	Z (mΩ)	I''k (ka)	R/X	X	Is max (KA)	Ik_min (Ik2-Ik1)
Datos		Bornes Trafo				1,60	9,60	9,73	1,60	9,60	9,73	23,73	0,17	1,60	53,69	(KA)
ε Fcc %	1	CGBT a SubC	150,00	2	125	7,18	10,00	12,31	8,78	19,60	21,48	10,75	0,45	1,28	19,46	5,38
ε Xcc %	6	SubC a C.L8	25,00	1	81	55,86	6,48	56,23	64,64	26,08	69,70	3,31	2,48	1,00	4,69	1,66
UnT (V)	400	SubC a C.L13	185,00	1	121	11,28	9,68	14,86	20,06	29,28	35,49	6,51	0,69	1,15	10,58	3,25
SnT (kVA)	1000	SubC a C.L20	16,00	1	86	92,67	6,88	92,92	101,45	26,48	104,85	2,20	3,83	1,00	3,11	1,10
S''k (MVA)	350	SubC a C.L21	10,00	1	76	131,02	6,08	131,16	139,81	25,68	142,15	1,62	5,44	1,00	2,30	0,81
ρ 20°C (Ω.mm ² /m)	0,01724	SubC a C.L29	16,00	1	21	22,63	1,68	22,69	31,41	21,28	37,94	6,09	1,48	1,00	8,61	3,04
x' (Ω/m)	0,00008	SubC a TC.Mant	6,00	1	56	160,91	4,48	160,97	169,69	24,08	171,39	1,35	7,05	1,00	1,91	0,67
UFM	230	SubC a C.PuenteGrúa	2,50	1	36	248,26	2,88	248,27	257,04	22,48	258,02	0,90	11,43	1,00	1,27	0,45
		SubC a C.Ventiladores	2,50	1	36	248,26	2,88	248,27	257,04	22,48	258,02	0,90	11,43	1,00	1,27	0,45
		SubC a Alumbrado 1	2,50	1	50	344,80	4,00	344,82	353,58	23,60	354,37	0,65	14,98	1,00	0,92	0,32
		SubC a Alumbrado 2	2,50	1	50	344,80	4,00	344,82	353,58	23,60	354,37	0,65	14,98	1,00	0,92	0,32
		SubC a Alumbrado 3	2,50	1	50	344,80	4,00	344,82	353,58	23,60	354,37	0,65	14,98	1,00	0,92	0,32
		SubC a Alumbrado 4	2,50	1	50	344,80	4,00	344,82	353,58	23,60	354,37	0,65	14,98	1,00	0,92	0,32
		SubC a Puerta exterior	1,50	1	40	459,73	3,20	459,74	468,52	22,80	469,07	0,49	20,55	1,00	0,69	0,25
		SunC a Puerta exterior	1,50	1	100	1149,33	8,00	1149,36	1158,12	27,60	1158,45	0,20	41,96	1,00	0,28	0,10
		SubC a Puerta exterior	1,50	1	90	1034,40	7,20	1034,43	1043,18	26,80	1043,53	0,22	38,92	1,00	0,31	0,11

Figura 25 Cálculos I max y min.

Una vez disponemos de los datos de las corrientes, se procede a verificar las condiciones de cumplimiento de protección contra cortocircuitos. Para el cálculo de las corrientes máximas y mínimas se ha tenido en cuenta si el cortocircuito es trifásico o monofásico.

Tramo	Modelo	Marca	Precio ud.	Ud.	In (A)	P	Curva	P.corte (KA)	Ik_max (KA)	Ik_min (KA)	Condición A	Condición B	Condición C
CGBT a SubC	Compact NS800H	Schneider	13383,0	1	800	4	-	70	10,75	5,38	Cumple	Cumple	Cumple
SubC a C.L8	EasyPact CVS160B	Schneider	1470,0	1	100	4	-	25	3,31	1,66	Cumple	Cumple	Cumple
SubC a C.L13	Compact NS400H	Schneider	5630,0	1	400	4	-	36	6,51	3,25	Cumple	Cumple	Cumple
SubC a C.L20	C120H 4P 80A	Schneider	330,0	1	80	4	C	15	2,20	1,10	Cumple	Cumple	Cumple
SubC a C.L21	Acti9 iC60H	Schneider	512,0	1	63	4	C	15	1,62	0,81	Cumple	Cumple	Cumple
SubC a C.L29	C120H 4P 80A	Schneider	330,0	1	80	4	C	15	6,09	3,04	Cumple	Cumple	Cumple
SubC a TC.Mant	M9F14432	Schneider	210,0	1	32	4	C	15	1,35	0,67	Cumple	Cumple	Cumple
SubC a C.PuenteGrúa	Acti9 iC60H 60947-2	Schneider	270,0	1	20	4	C	15	0,55	0,27	Cumple	Cumple	Cumple
SubC a C.Ventiladores	Acti9 iC60H 60947-2	Schneider	270,0	1	20	4	C	15	0,55	0,27	Cumple	Cumple	Cumple
SubC a Alumbrado 1	A9F89216	Schneider	25,7	1	16	2	C	15	0,39	0,20	Cumple	Cumple	Cumple
SubC a Alumbrado 2	A9F89216	Schneider	25,7	1	16	2	C	15	0,39	0,20	Cumple	Cumple	Cumple
SubC a Alumbrado 3	A9F89216	Schneider	25,7	1	16	2	C	15	0,39	0,20	Cumple	Cumple	Cumple
SubC a Alumbrado 4	A9F89216	Schneider	25,7	1	16	2	C	15	0,39	0,20	Cumple	Cumple	Cumple
SubC a Puerta exterior 1	M9F14210	Schneider	41,0	1	10	2	C	15	0,49	0,25	Cumple	Cumple	Cumple
SubC a Puerta exterior 2	M9F14210	Schneider	41,0	1	10	2	C	15	0,19	0,09	Cumple	Cumple	Cumple
SubC a Puerta exterior 3	M9F14210	Schneider	41,0	1	10	2	C	15	0,22	0,11	Cumple	Cumple	Cumple

Figura 26 Condiciones protección contra CC.

1.7.4 Cálculo de protecciones contra contactos indirectos.

Se establece una tensión límite convencional, que se define como aquella que no supone peligro alguno para el usuario, de $U_L=50$ V (siguiendo recomendaciones del REBT). Teniendo en cuenta que el diferencial de menor sensibilidad es 1000 mA, la resistencia máxima admisible de puesta a tierra en nuestra instalación será:

$$R_{adm} = \frac{50}{1} = 50\Omega$$

Tomando un valor de resistividad del terreno de $200\Omega \cdot m$ correspondiente al terreno arcilloso presente en la zona, la instalación de puesta a tierra existente en la nueva nave (constituida por tres picas de 2m-Cu unidas por conductor desnudo 110m-Cu) tendrá el siguiente valor de resistencia :

$$R_p = \frac{200}{2} = 100\Omega$$

$$R_c = \frac{2 \cdot 200}{110} = 3.64\Omega$$

$$R_T = \frac{1}{\frac{3}{100} + \frac{1}{3.64}} = 3.28\Omega$$

La siguiente tabla resumen muestra los diferenciales empleados para proteger frente a contactos indirectos la instalación.

RT (Ω)	Tramo	Modelo	Marca	Ud.	In (A)	P	IΔn (mA)	Radm (Ω)	Radm>RT
3,28	CGBT a SubC	Compact NS800H	Schneider	1	800	4	1000	50	Cumple
Uadm (V)	SubC a C.L8	A9R14491	Schneider	1	100	4	300	167	Cumple
50	SubC a C.L13	CVS400F TM400D	Schneider	1	400	4	300	167	Cumple
	SubC a C.L20	A9R14480	Schneider	1	80	4	300	167	Cumple
	SubC a C.L21	A9R84463	Schneider	1	63	4	300	167	Cumple
	SubC a C.L29	A9R14480	Schneider	1	80	4	300	167	Cumple
	SubC a TC.Mant	A9D55432	Schneider	1	40	4	300	167	Cumple
	SubC a C.PuenteGrúa	A9R84425	Schneider	1	20	4	300	167	Cumple
	SubC a C.Ventiladores	A9R84425	Schneider	1	20	4	300	167	Cumple
	SubC a Alumbrado 1	A9DE2616	Schneider	1	16	2	30	1667	Cumple
	SubC a Alumbrado 2	A9DE2616	Schneider	1	16	2	30	1667	Cumple
	SubC a Alumbrado 3	A9DE2616	Schneider	1	16	2	30	1667	Cumple
	SubC a Alumbrado 4	A9DE2616	Schneider	1	16	2	30	1667	Cumple
	SubC a Puerta exterior 1	A9DF3610	Schneider	1	10	2	30	1667	Cumple
	SubC a Puerta exterior 2	A9DF3610	Schneider	1	10	2	30	1667	Cumple
	SubC a Puerta exterior 3	A9DF3610	Schneider	1	10	2	30	1667	Cumple

Figura 27. Protección frente a contactos indirectos.

Se verifica, además, la selectividad total en el sistema de protección frente a contactos indirectos y se asegura, mediante la instalación de barreras físicas, que no existe posibilidad por parte del usuario de acceder manualmente a elementos cargados eléctricamente.

1.8 Resultado final.

Teniendo en cuenta todo lo anteriormente descrito y habiendo verificado el cumplimiento de las distintas normativas en relación al dimensionado, protección frente a sobrecargas, protecciones frente a cortocircuitos y protección frente a contactos directos e indirectos, podemos asegurar que la ampliación de la instalación eléctrica está correctamente dimensionada y protegida.

2.Presupuesto

2.1 Presupuesto de ejecución.

PRESUPUESTO GENERAL						
1	Canalizaciones					
ITEM	Descripción	Ud.	Cantidad	€/Ud.	Tot. ITEM	TOTAL
1.1	Bandeja de rejilla de 60mm de altura, ancho de 300mm, fabricada en acero en acabado electrocincado con borde de seguridad para soporte y conducción de cables.	m	125	17,11	2138,75	
1.2	Bandeja de rejilla de 54mm de altura, ancho de 100mm, fabricada en acero en acabado electrocincado con borde de seguridad para soporte y conducción de cables.	m	271	6,25	1693,75	
1.3	Brida sujeta cable para bandeja rejilla.	ud	2500	0,25	625	
1.4	Tubo rígido enchufable libre de halógenos diámetro 32mm. material lh. resistencia a la compresión 1250n y resistencia impacto 6j	m	435	2,48	1078,8	
1.5	Codo enchufable gris PVC libre de halógenos. 32mm	ud	100	0,85	85	
1.6	Manguito enchufable gris PVC, libre de halógenos, diámetro 32mm	ud	400	0,32	128	
TOTAL Partida						5.749,30 €
2	Cableado					
ITEM	Descripción	Ud.	Cantidad	€/Ud.	Tot. ITEM	TOTAL
2.1	Cable flexible 1x150 mm ² Cu 0,6/1 KV XLPE	m	1200	22,88	27456	
2.2	Cable flexible 1x25 mm ² Cu 0,6/1 KV XLPE	m	405	4,17	1688,85	
2.3	Cable flexible 1x185 mm ² Cu 0,6/1 KV XLPE	m	605	27,99	16933,95	
2.4	Cable flexible 1x16 mm ² Cu 0,6/1 KV XLPE	m	535	2,87	1535,45	

2.5	Cable flexible 1x10 mm2 Cu 0,6/1 KV XLPE	m	380	1,78	676,4	
2.6	Cable flexible 1x2,5 mm2 Cu 0,6/1 KV XLPE	m	360	0,9	324	
2.7	Cable flexible 1x2,5 mm2 Cu multipolar monofásico 0,6/1XLPE	m	600	1,6	960	
2.8	Cable flexible 1x1,5 mm2 Cu multipolar monofásico 0,6/1XLPE	m	690	1,29	890,1	
TOTAL Partida						50.464,75 €
3	Cajas/Protecciones					
ITEM	Descripción	Ud.	Cantidad	€/Ud.	Tot. ITEM	TOTAL
3.1	Cuadro eléctrico superficie metálico-Solera-96 módulos blanco	ud	1	500	500	
3.3	Schneider-int. Automático + diferencial Compact NS800H Ajustable 4P/800A/70KA/1000mA	ud	1	13380	13380	
3.4	Schneider-int. Automático + diferencial Compact NS400H Ajustable 4P/400A/36KA/300mA	ud	1	5630	5630	
3.5	Schneider-int. Automático Easy Pact CVS160B 4P/100A/25KA	ud	1	1470	1470	
3.6	Schneider-int. Automático C120H 4P/80A/15KA	ud	2	330	660	
3.7	Schneider-int. Automático Acti9 iC60H 4P/63A/15KA	ud	1	512	512	
3.8	Schneider-int. Automático M9F14432 4P/32A/15KA	ud	1	210	210	
3.9	Schneider-int. Automático Acti9 iC60H 60947 4P/20A/15KA	ud	2	270	540	
3.10	Schneider-int. Automático A9F89216 2P/16A/15KA	ud	4	25,7	102,8	
	Schneider-int. Automático M9F14210 2P/10A/15KA	ud	3	41	123	
3.11	Schneider-Int.Diferencial A9R14491 4P/100A/300mA	ud	1	1006,68	1006,68	
3.12	Schneider-Int.Diferencial A9R14480 4P/80A/300mA	ud	2	976,47	1952,94	
3.13	Schneider-Int.Diferencial A9R84463 4P/63A/300mA	ud	1	601,91	601,91	
3.14	Schneider-Int.Diferencial A9D55432 4P/32A/300mA	ud	1	456,51	456,51	
3.15	Schneider-Int.Diferencial A9R84425 4P/20A/300mA	ud	2	356,13	712,26	
3.16	Schneider-Int.Diferencial A9DE2616 2P/16A/30mA	ud	4	70,3	281,2	
3.17	Schneider-Int.Diferencial A9DF3610 2P/10A/30mA	ud	3	90,11	270,33	

3.18	Schneider-Interruptor en carga; Acti9; 2P; 20A; 230V	ud	4	21,63	86,52	
3.19	Interruptor seccionador Compact NS800 NA - 800 A	ud	1	5922	5922	
3.20	Limitador de sobretensiones transitorias tipo 3; Acti9 iPRD8; 3P +N	ud	1	337	337	
TOTAL Partida						34.755,15 €
4	Iluminación					
ITEM	Descripción	Ud.	Cantidad	€/Ud.	Tot. ITEM	TOTAL
4.1	NIKKON foco Luz LED de 200 W, 230 V, 30000 lúmenes, lista DLC 5000 K	ud	48	68,99	3311,52	
4.2	Soporte anclaje techo foco colgante	ud	48	2,85	136,8	
TOTAL Partida						3.448,32 €
PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL (PEM)						94.417,52 €
6	ingeniería y gastos					
ITEM	Descripción	Ud.	Cantidad		Tot. ITEM	TOTAL
6.1	Gastos adicionales	%	13		12274,28	
6.2	Beneficio industrial	%	6		5665,051	
TOTAL Partida						17.939,33 €
TOTAL PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN POR CONTRATA						112.356,85 €

Cada una de las partidas ya lleva incluida en su coste unitario el coste de la mano de obra y maquinaria correspondiente.

3. Bibliografía

3.1 Bibliografía.

- Cuadernos de Ingeniería de proyectos I. Diseño básico de Plantas Industriales”. SPUPV. 440 (Capítulos 2, 3, 4, 5 y 6)
- Libro “Tecnología Eléctrica”-Editorial Síntesis
- Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (REBT)
- Norma UNE 12464.1-2002 para el alumbrado en instalaciones industriales.
- Norma UNE 20460 5.523-2004 para el dimensionado del cableado.

4. Conclusión

La realización de este trabajo supone la culminación del grado en Tecnologías Industriales. Este grado abarca gran cantidad de campos relacionados con el sector industrial y proporciona una buena preparación para la inserción en el mercado laboral. Precisamente, esta variedad de temas cursados durante los últimos años me ha permitido abordar este proyecto desde un punto de vista multidisciplinar, esencial para alcanzar una solución óptima al problema planteado.

En la primera parte del proyecto, tras repasar conceptos estudiados en asignaturas relacionadas con proyectos y gestión empresarial, se ha llegado a una solución óptima para la distribución de las distintas zonas de producción en la nueva nave. He podido aplicar conceptos, que a priori podían parecer muy teóricos, de una manera práctica, que me ha permitido obtener un resultado óptimo y eficiente.

El grueso del proyecto ha consistido en el dimensionado y protección de la instalación eléctrica necesaria en esta nueva nave, para cubrir los consumos previstos en las distintas líneas de producción así como los servicios auxiliares necesarios. Esta parte ha sido especialmente gratificante para mí, ya que el dimensionado de instalaciones eléctricas entra dentro de las atribuciones de un ingeniero industrial. Comprobar que soy capaz de asegurar la seguridad en un sistema eléctrico como este es muy satisfactorio a nivel personal.

En definitiva, la realización de este trabajo final de grado ha supuesto una buena toma de contacto con el mundo ingenieril profesional y a su vez me ha concienciado de la responsabilidad que tiene un proyectista, de ahí la importancia de ser rigurosos y profesionales en nuestro trabajo.

5. Planos

5.1 Ampliación ejecutada.

5.2 Distribución en planta y organización de parcela.

5.3 Propuesta final de distribución en planta.

5.4 Instalación puesta a tierra nueva nave.

5.5 Acometida y distribución hasta Sub.C1.

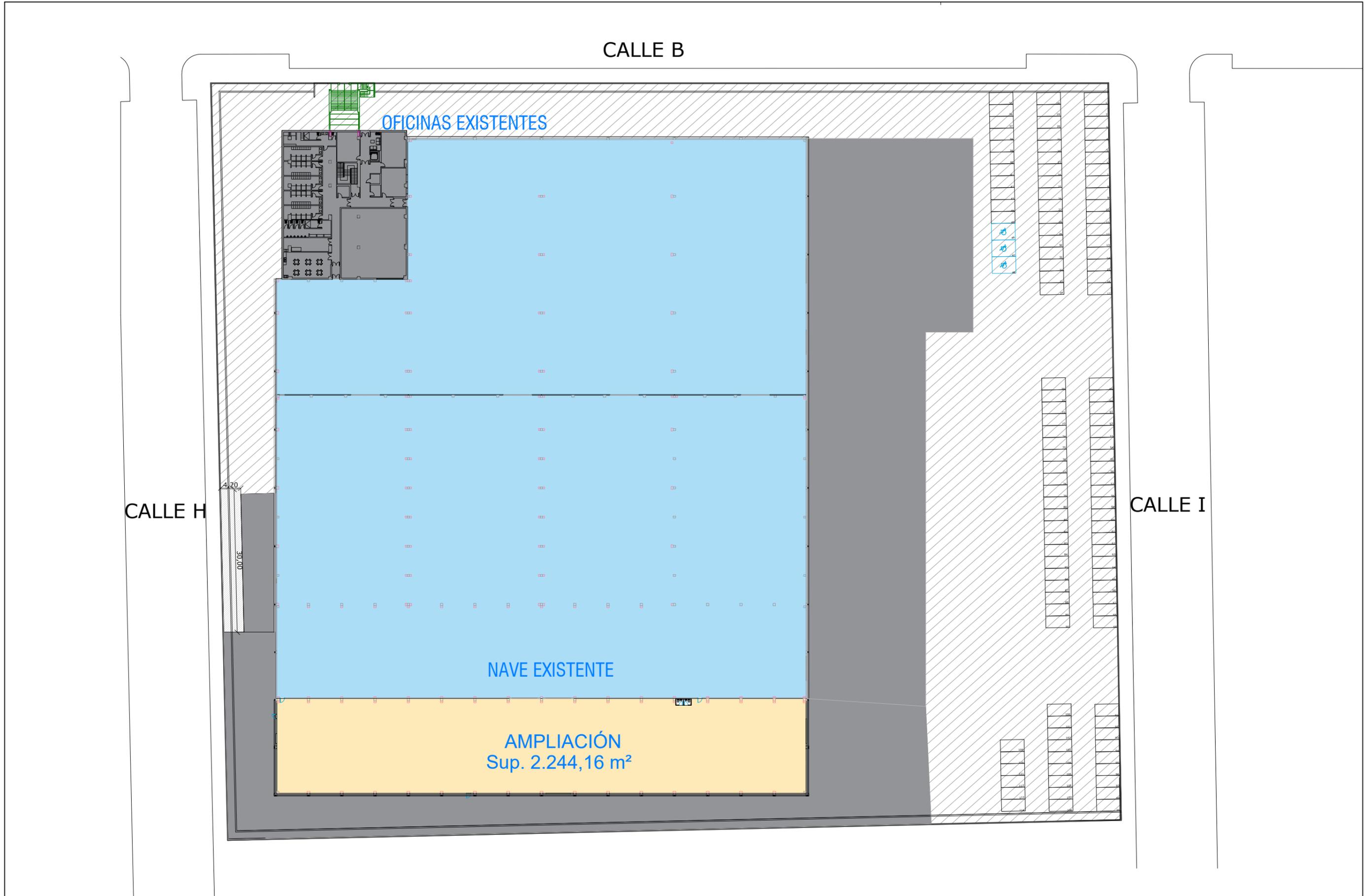
5.6 Distribución del alumbrado.

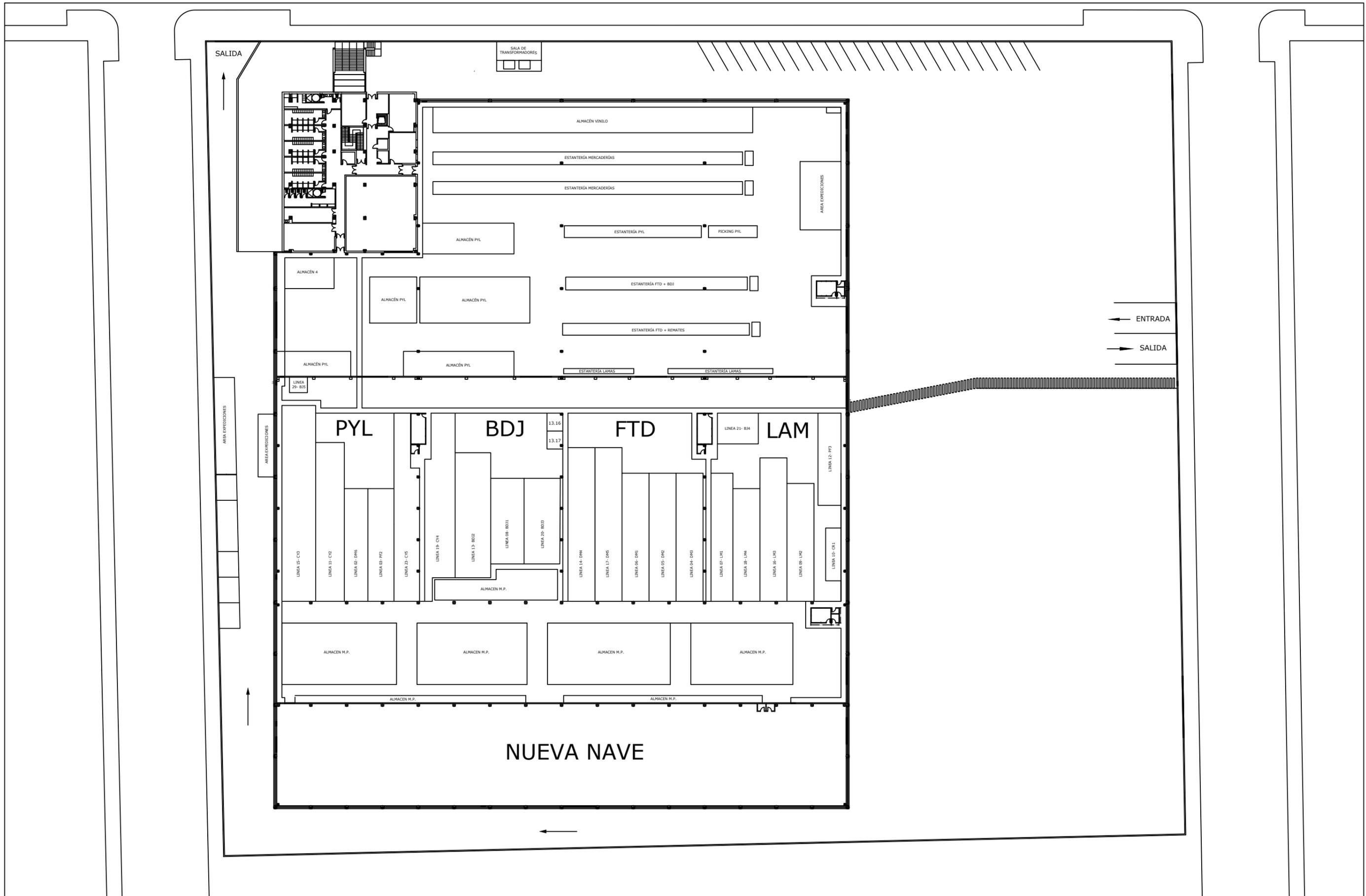
5.7 Alimentación subcuadros maquinaria y servicios auxiliares.

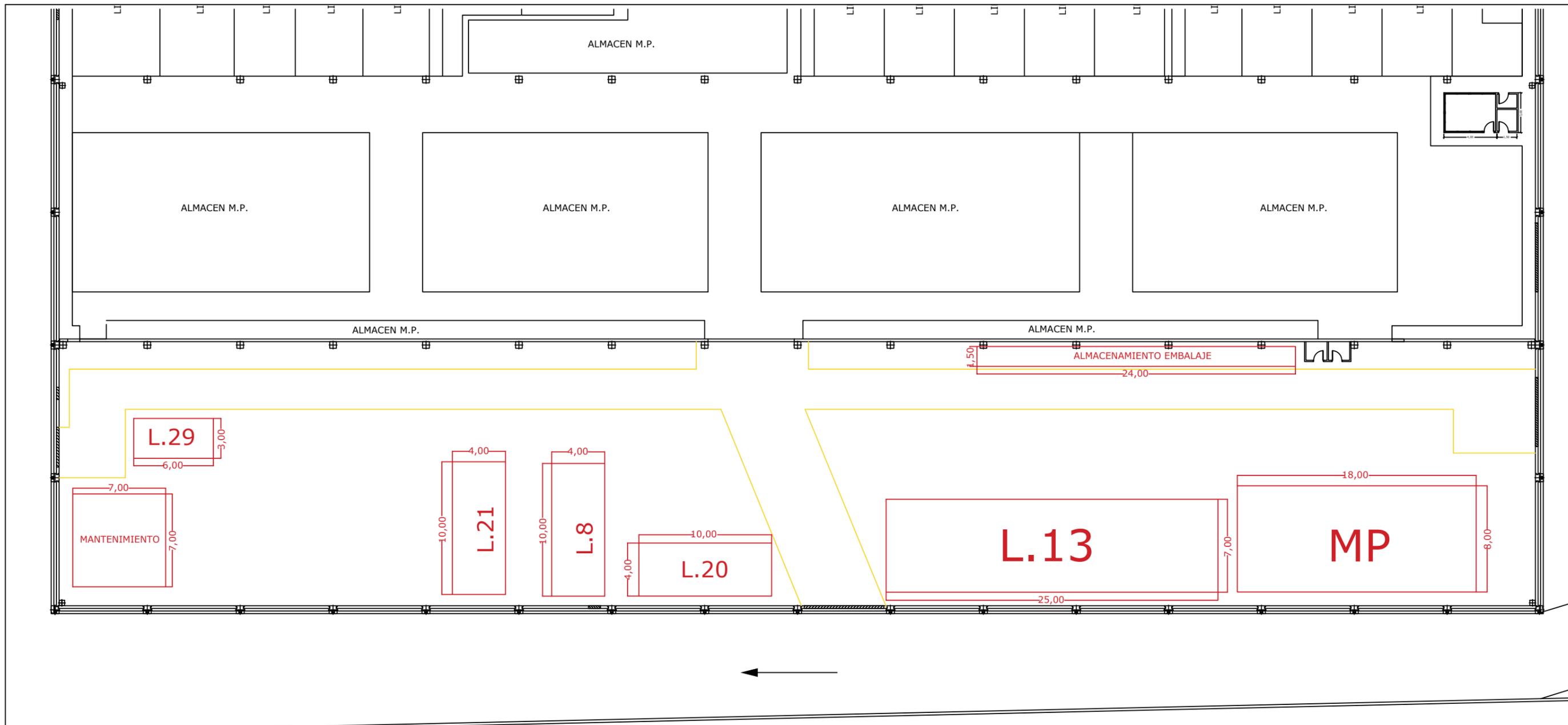
5.8 Alimentación motores puertas exteriores.

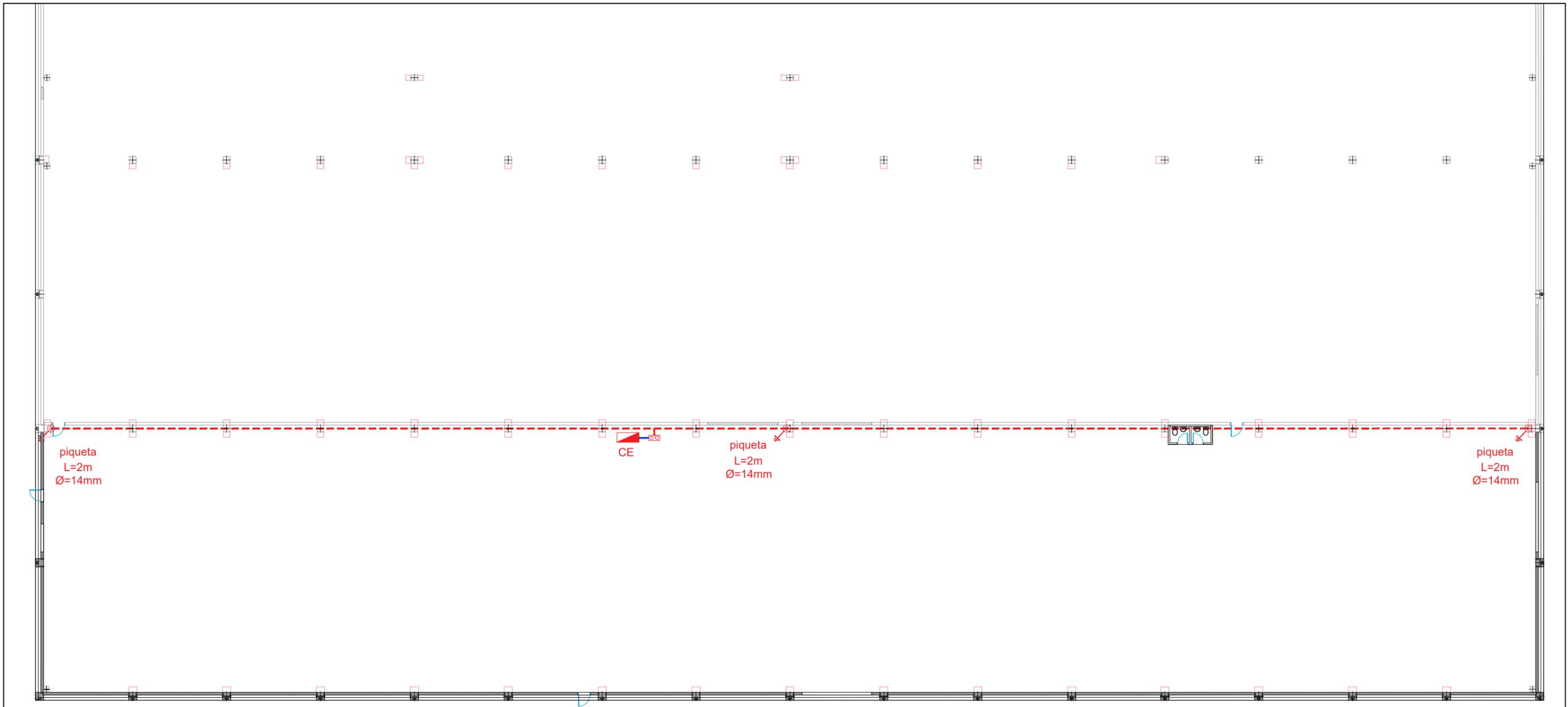
5.9 Unifilar alimentación subcuadro nueva nave.

5.10 Unifilar subcuadro nueva nave.



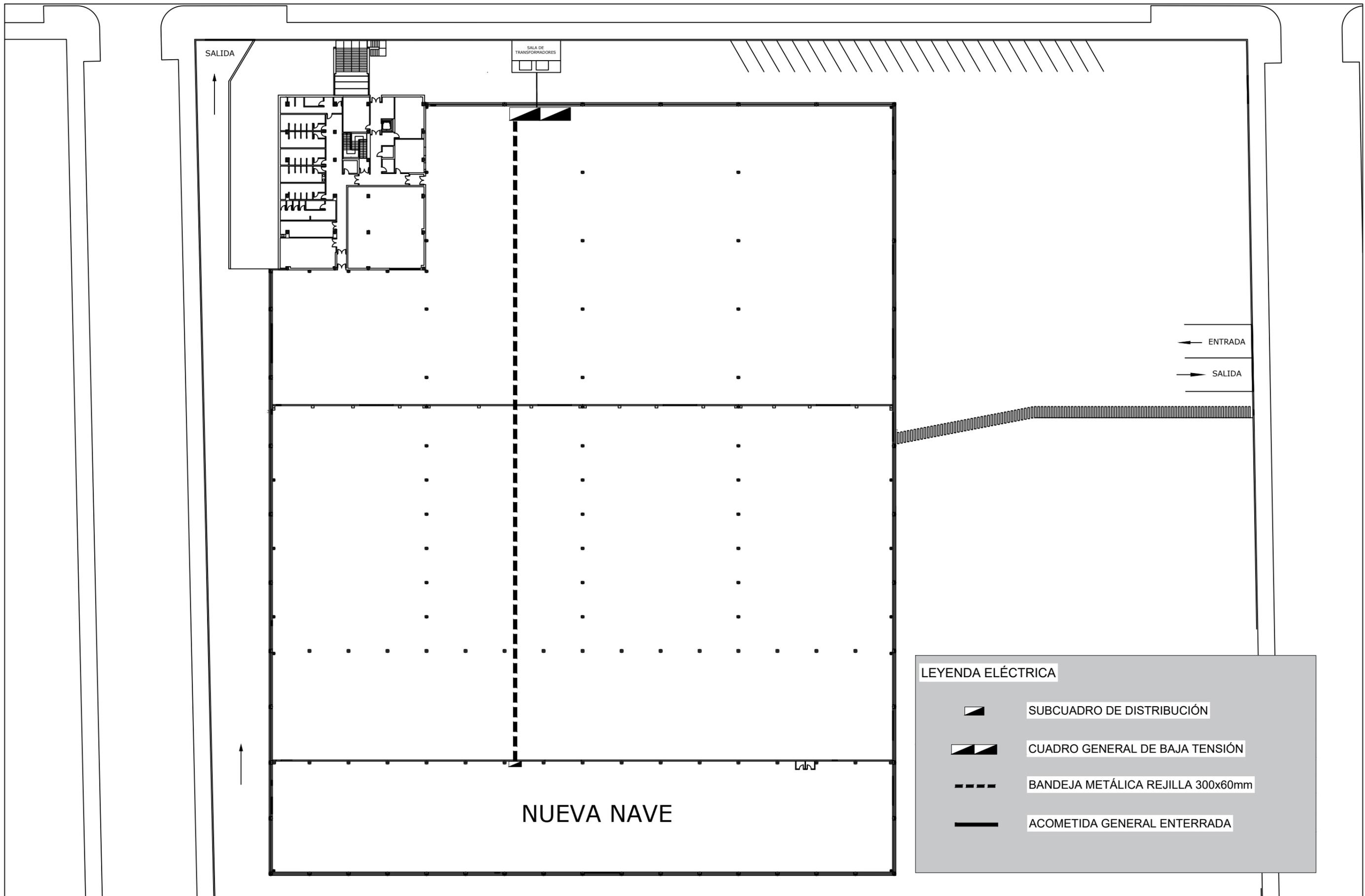






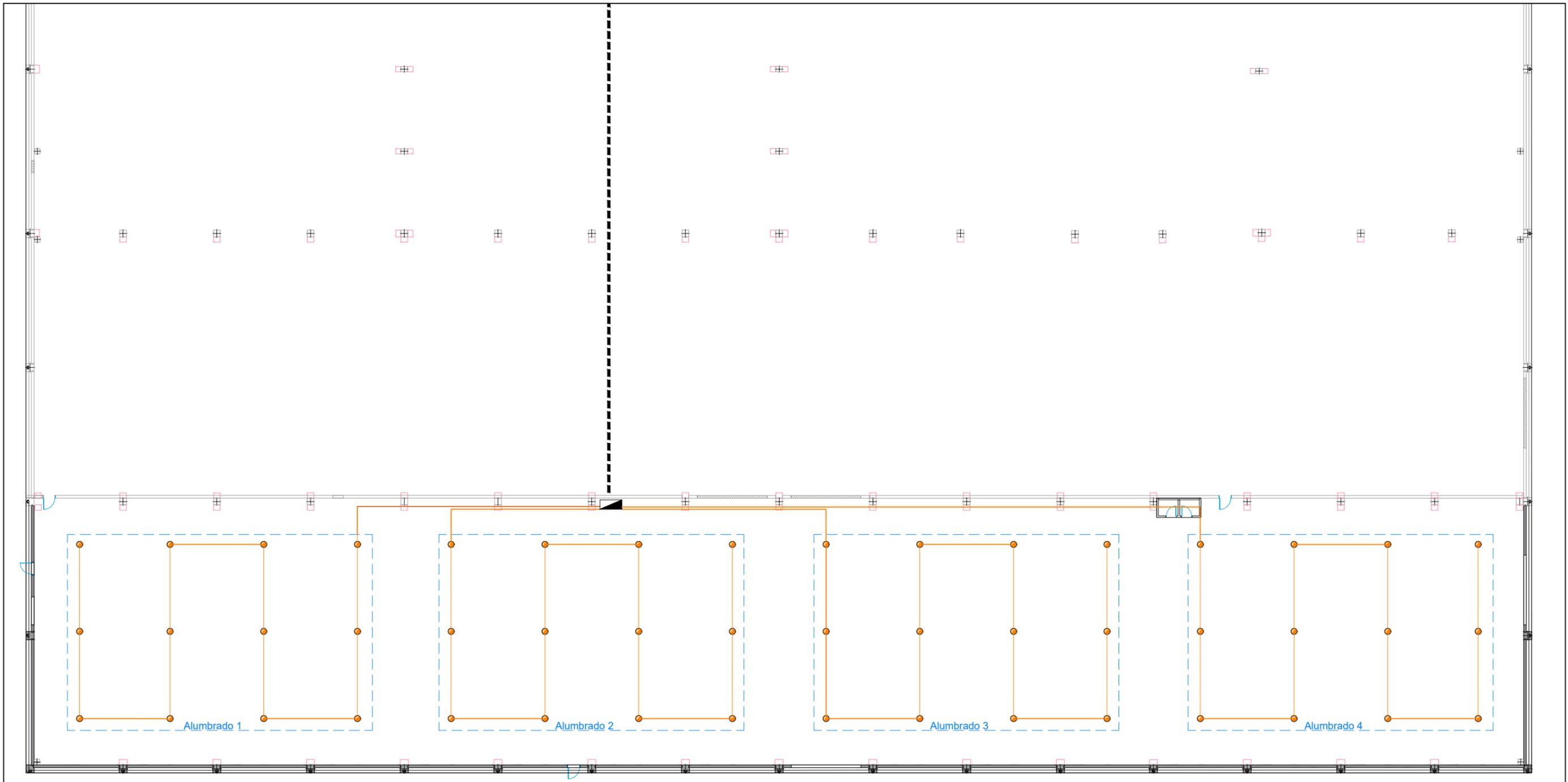
LEYENDA INSTALACIÓN DE PUESTA A TIERRA

- PIQUETA DE ACERO COBREDO PL14/2000mm
- CONDUCTOR DE PAT AISLADO Cu PVC 450/750V BAJO TUBO
- CONDUCTOR DE PAT DESNUDO RECOGIDO CLASE 2 Cu 35mm²
- CAJA PUENTE DE SECCIONAMIENTO
- UBICACIÓN DE CUADRO ELÉCTRICO



LEYENDA ELÉCTRICA

-  SUBCUADRO DE DISTRIBUCIÓN
-  CUADRO GENERAL DE BAJA TENSIÓN
-  BANDEJA METÁLICA REJILLA 300x60mm
-  ACOMETIDA GENERAL ENTERRADA

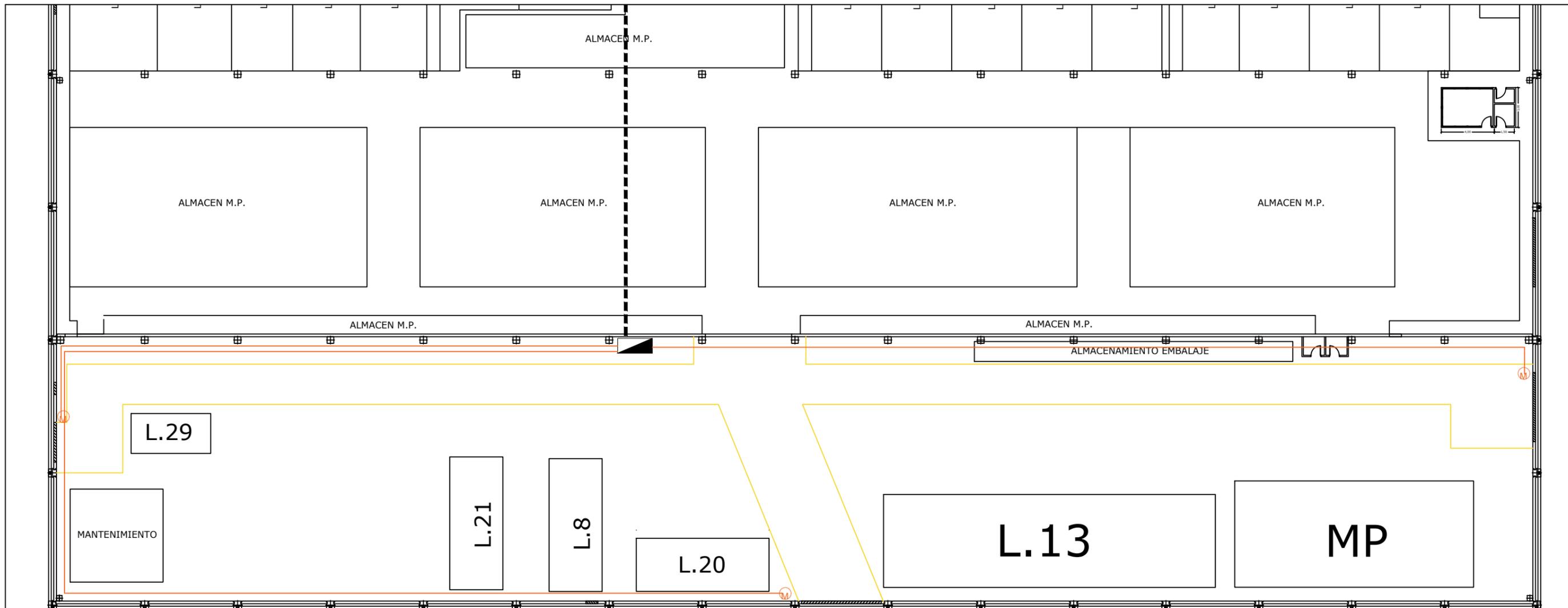


LEYENDA ELÉCTRICA	
-----	BANDEJA METÁLICA REJILLA 300x60mm
▬	SUBCUADRO DE DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA
—	TUBO RÍGIDO diámetro 25mm. PVC (libre de halógenos)
●	FOCO NIKKON Luz LED de 200 W, 230 V, 30000 lúmenes, lista DLC 5000 K



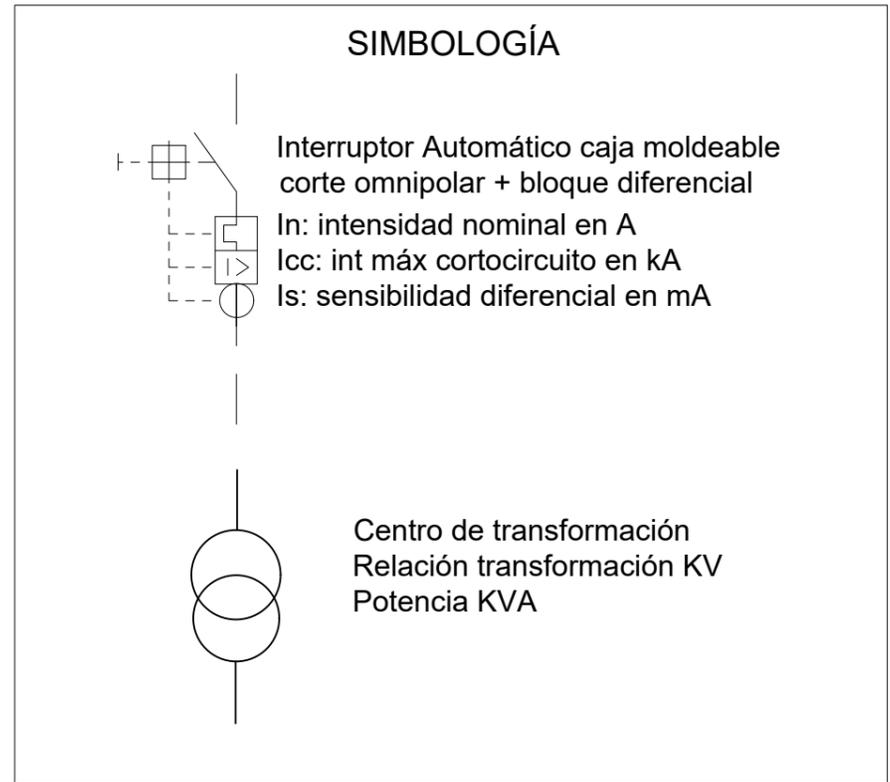
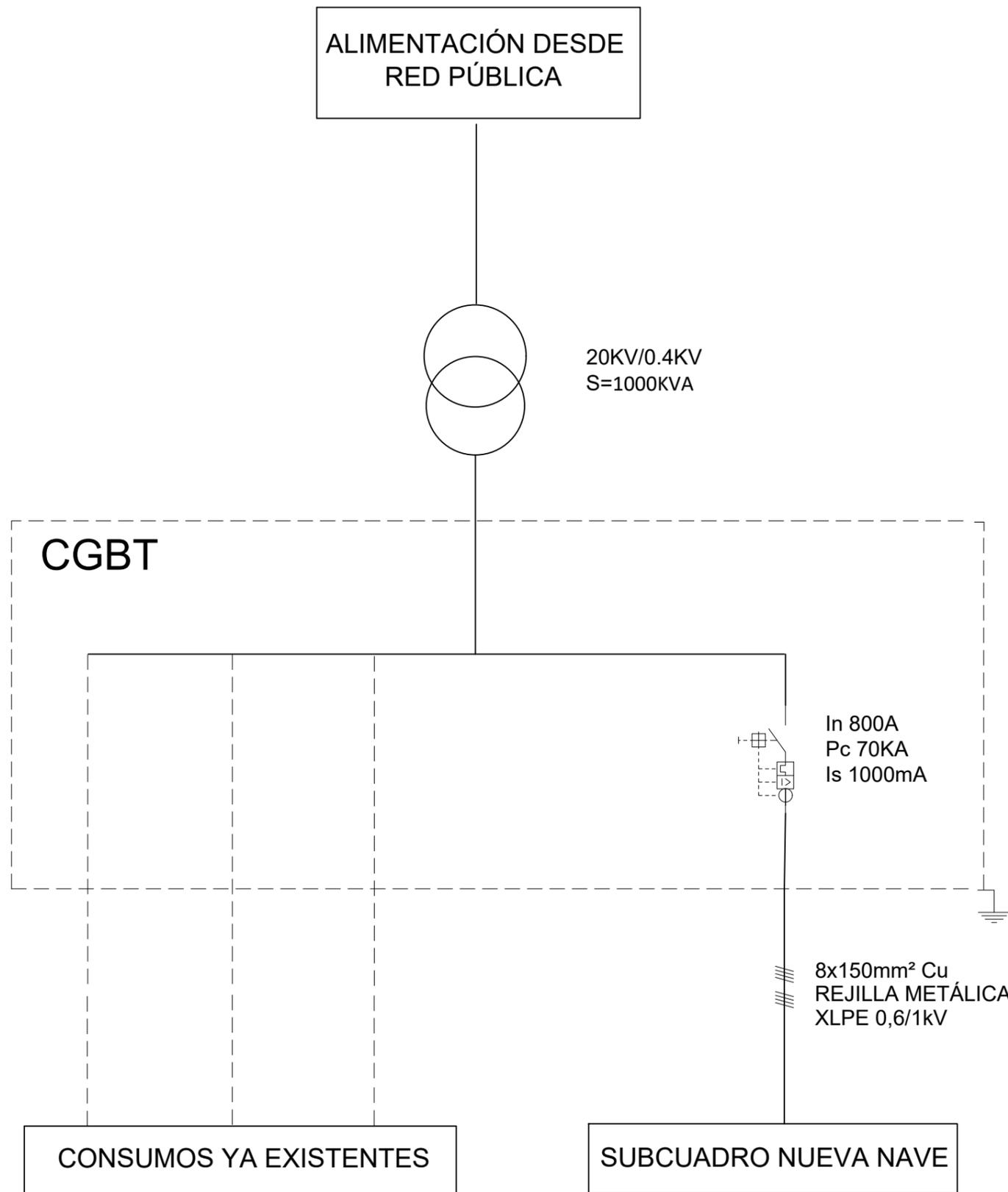
LEYENDA ELÉCTRICA

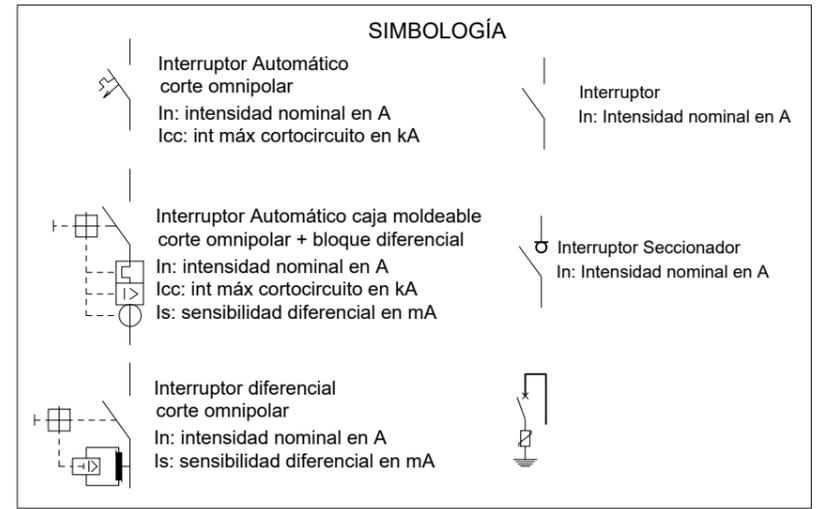
-  BANDEJA METÁLICA REJILLA 300x60mm
-  BANDEJA METÁLICA REJILLA 100x54mm
-  SUBCUADRO DE DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA
-  FUTURA LOCALIZACIÓN SUBCUADROS DE CONTROL
-  TOMA DE CORRIENTE TRIFÁSICA 32A



LEYENDA ELÉCTRICA

- BANDEJA METÁLICA REJILLA 300x60mm
- ▣ SUBCUADRO DE DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA
- TUBO RÍGIDO diámetro 25mm. PVC (libre de halógenos)
- Ⓜ POSICIÓN MOTOR PUERTA EXTERIOR





Alimentación desde
CGBT Existente

8x150mm² Cu
mediante rejilla metálica
XLPE 0,6/1kV

Tipo 2+3
4P.

In 800A

CS AMPLIACIÓN

