GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES

TRABAJO FIN DE GRADO

INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE MEDIA Y BAJA TENSIÓN EN NAVE LOGÍSTICA

Autor: Diego Arroyo de Lagasca Encinas

Director: Enrique Picatoste Calvo

Madrid, Junio de 2020

Declaro, bajo mi responsabilidad, que el Proyecto presentado con el título

Instalación Eléctrica de Media y Baja Tensión en nave logística

en la ETS de Ingeniería - ICAI de la Universidad Pontificia Comillas en el curso académico 2019/20 es de mi autoría, original e inédito y no ha sido presentado con anterioridad a otros efectos.

El Proyecto no es plagio de otro, ni total ni parcialmente y la información que ha sido tomada de otros documentos está debidamente referenciada.

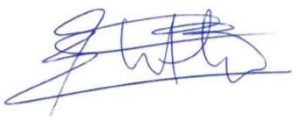
Fdo.: Diego Arroyo de Lagasca Encinas Fecha: 16/06/2020



Autorizada la entrega del proyecto

EL DIRECTOR DEL PROYECTO

Fdo.: Enrique Picatoste Calvo Fecha: 16/06/2020



AUTORIZACIÓN PARA LA DIGITALIZACIÓN, DEPÓSITO Y DIVULGACIÓN EN RED DE PROYECTOS FIN DE GRADO, FIN DE MÁSTER, TESINAS O MEMORIAS DE BACHILLERATO

1º. Declaración de la autoría y acreditación de la misma.

El autor D. Diego Arroyo de Lagasca Encinas DECLARA ser el titular de los derechos de propiedad intelectual de la obra: Instalación eléctrica de media y baja tensión en nave logística, que ésta es una obra original, y que ostenta la condición de autor en el sentido que otorga la Ley de Propiedad Intelectual.

2º. Objeto y fines de la cesión.

Con el fin de dar la máxima difusión a la obra citada a través del Repositorio institucional de la Universidad, el autor **CEDE** a la Universidad Pontificia Comillas, de forma gratuita y no exclusiva, por el máximo plazo legal y con ámbito universal, los derechos de digitalización, de archivo, de reproducción, de distribución y de comunicación pública, incluido el derecho de puesta a disposición electrónica, tal y como se describen en la Ley de Propiedad Intelectual. El derecho de transformación se cede a los únicos efectos de lo dispuesto en la letra a) del apartado siguiente.

3º. Condiciones de la cesión y acceso

Sin perjuicio de la titularidad de la obra, que sigue correspondiendo a su autor, la cesión de derechos contemplada en esta licencia habilita para:

a) Transformarla con el fin de adaptarla a cualquier tecnología que permita incorporarla a internet y hacerla accesible; incorporar metadatos para realizar el registro de la obra e incorporar "marcas de agua" o cualquier otro sistema de seguridad o de protección.
b) Reproducirla en un soporte digital para su incorporación a una base de datos electrónica, incluyendo el derecho de reproducir y almacenar la obra en servidores, a los efectos de garantizar su seguridad, conservación y preservar el formato.
c) Comunicarla, por defecto, a través de un archivo institucional abierto, accesible de modo libre y gratuito a través de internet.
d) Cualquier otra forma de acceso (restringido, embargado, cerrado) deberá solicitarse expresamente y obedecer a causas justificadas.
e) Asignar por defecto a estos trabajos una licencia Creative Commons.
f) Asignar por defecto a estos trabajos un HANDLE (URL *persistente)*.

4º. Derechos del autor.

El autor, en tanto que titular de una obra tiene derecho a:

a) Que la Universidad identifique claramente su nombre como autor de la misma
b) Comunicar y dar publicidad a la obra en la versión que ceda y en otras posteriores a través de cualquier medio.
c) Solicitar la retirada de la obra del repositorio por causa justificada.
d) Recibir notificación fehaciente de cualquier reclamación que puedan formular terceras personas en relación con la obra y, en particular, de reclamaciones relativas a los derechos de propiedad intelectual sobre ella.

5º. Deberes del autor.

El autor se compromete a:

a) Garantizar que el compromiso que adquiere mediante el presente escrito no infringe ningún derecho de terceros, ya sean de propiedad industrial, intelectual o cualquier otro.
b) Garantizar que el contenido de las obras no atenta contra los derechos al honor, a la intimidad y a la imagen de terceros.

c) Asumir toda reclamación o responsabilidad, incluyendo las indemnizaciones por daños, que pudieran ejercitarse contra la Universidad por terceros que vieran infringidos sus derechos e intereses a causa de la cesión.
d) Asumir la responsabilidad en el caso de que las instituciones fueran condenadas por infracción de derechos derivada de las obras objeto de la cesión.

6º. Fines y funcionamiento del Repositorio Institucional.

La obra se pondrá a disposición de los usuarios para que hagan de ella un uso justo y respetuoso con los derechos del autor, según lo permitido por la legislación aplicable, y con fines de estudio, investigación, o cualquier otro fin lícito. Con dicha finalidad, la Universidad asume los siguientes deberes y se reserva las siguientes facultades:

- La Universidad informará a los usuarios del archivo sobre los usos permitidos, y no garantiza ni asume responsabilidad alguna por otras formas en que los usuarios hagan un uso posterior de las obras no conforme con la legislación vigente. El uso posterior, más allá de la copia privada, requerirá que se cite la fuente y se reconozca la autoría, que no se obtenga beneficio comercial, y que no se realicen obras derivadas.
- La Universidad no revisará el contenido de las obras, que en todo caso permanecerá bajo la responsabilidad exclusive del autor y no estará obligada a ejercitar acciones legales en nombre del autor en el supuesto de infracciones a derechos de propiedad intelectual derivados del depósito y archivo de las obras. El autor renuncia a cualquier reclamación frente a la Universidad por las formas no ajustadas a la legislación vigente en que los usuarios hagan uso de las obras.
- La Universidad adoptará las medidas necesarias para la preservación de la obra en un futuro.
- La Universidad se reserva la facultad de retirar la obra, previa notificación al autor, en supuestos suficientemente justificados, o en caso de reclamaciones de terceros.

Madrid, a 16 de Junio de 2020

ACEPTA

Fdo. Diego Arroyo de Lagasca Encinas



GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES

TRABAJO FIN DE GRADO

INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE MEDIA Y BAJA TENSIÓN EN NAVE LOGÍSTICA

Autor: Diego Arroyo de Lagasca Encinas

Director: Enrique Picatoste Calvo

Madrid, Junio de 2020

INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE MEDIA Y BAJA TENSIÓN EN NAVE LOGÍSTICA

Autor: Arroyo de Lagasca Encinas, Diego.
Director: Picatoste Calvo, Enrique.
Entidad Colaboradora: Levitec Sistemas S.L

RESUMEN DEL PROYECTO

El proyecto consiste en el cálculo de la instalación eléctrica de media y baja tensión de una nave logística situada en la comunidad de Madrid. La instalación incluye centro de transformación, acometida a cuadros eléctricos de baja tensión de nave, cálculo de iluminación, fuerza, cableado de nave e instalación fotovoltaica destinada al autoconsumo, así como un estudio del impacto económico del proyecto.

Palabras clave: Instalación, Eléctrica, Cable, Protección, Media Tensión, Baja Tensión

1. Definición del proyecto

El proyecto se basa en el diseño de la instalación eléctrica en Media y Baja Tensión de una nave logística, situada en una parcela perteneciente a un polígono industrial de Madrid. En su desarrollo, trata de especificar las condiciones técnicas, normativas y económicas seguidas en su redacción, de manera que pueda ser llevado cabo.

La instalación eléctrica, completamente nueva, parte de la red de distribución eléctrica pública española, derivada a un Centro de Medida y Transformación alojado en el interior de una caseta prefabricada, desde la cual se canaliza hacia la nave. La energía distribuida desde el Centro de Transformación está destinada a la alimentación en Baja Tensión de los distintos consumos definidos en proyecto. Asimismo, se incluye una propuesta de instalación solar fotovoltaica destinada al autoconsumo, que fomenta la sostenibilidad y la eficiencia a largo plazo de la instalación.

El Centro de Transformación propio alimenta una serie de líneas eléctricas cuya función radica en derivar la potencia canalizada desde la red de distribución hacia una serie de cuadros eléctricos en Baja Tensión dispuestos a lo largo de la superficie de la nave logística. Finalmente, los citados cuadros constituyen la entrada y salida del cableado que conecta con los elementos de fuerza e iluminación que constituyen la instalación eléctrica en Baja Tensión, así como las debidas protecciones que garantizan la seguridad del conjunto proyectado.

En tanto en cuanto el proyecto satisface pueda satisfacer de un cliente, para cada elemento presente en la instalación se desarrolla tanto su diseño óptimo, en cuanto a

características técnicas, como el impacto económico derivado de su elección. En consecuencia, se elabora un presupuesto final.

2. Descripción del sistema

La instalación eléctrica cuenta con tres partes, diferenciadas, pero completamente interrelacionadas, a saber, la instalación eléctrica de media y baja tensión, y la instalación fotovoltaica. Puesto que la nave se encuentra en el interior de una parcela que comparte con otra nave, el diseño de la instalación en media tensión se realiza considerando su previsión de potencia, a pesar de no ser objeto de este proyecto.

En primer lugar, existe una instalación eléctrica en Media Tensión, que incluye tanto el proyecto de acometida subterránea de una línea de media tensión hacia el Centro de Transformación en edificio prefabricado, como el diseño de la potencia del transformador alojado en su interior, en este caso 800 kVA, así como las celdas modulares de media tensión, encargadas de las labores de medida y protección. Asimismo, las celdas actúan como puente de interconexión entre la red de distribución en media tensión y los bornes del lado primario del transformador, a partir de una línea de 12/20 kV de conductor de aluminio. Posteriormente, de los bornes de baja tensión del transformador deriva una línea, denominada línea principal, que comunica el transformador con el primer y más importante cuadro eléctrico de la instalación, ya en baja tensión. Esta línea, diseñada en conductor de aluminio, discurre de manera subterránea, en el interior de tubos de policloruro de vinilo. El citado cuadro eléctrico, llamado Cuadro General de Baja Tensión, constituye el origen de todas las líneas de la instalación, de tensión de línea 400 V, así como el punto de conexión de la misma con la instalación fotovoltaica. Tanto este, como el resto de cuadros de la instalación incluyen las debidas protecciones frente a contactos y cortocircuitos, diseñadas en forma de interruptores automáticos y diferenciales de distinto poder de corte y con la adecuada selectividad.

En segundo lugar, se encuentra la instalación eléctrica en baja tensión, formada por elementos de fuerza e iluminación, alimentados mediante conductores de cobre de distinta sección, calculada en función de la potencia demandada por el consumo al cual se conecta. La totalidad de los conductores que integran las líneas de baja tensión se encuentran aislado mediante el polímero termoestable XLPE.

La instalación de baja tensión proyectada cuenta con cuatro cuadros eléctricos, situados aguas abajo del Cuadro General de Baja Tensión clasificados en función de las características de los consumos con los que conecten. De esta manera, se diferencia entre Cuadro Secundario de Servicios Generales, destinado a alimentar principalmente el alumbrado exterior de la nave, el Cuadro Secundario de Protección Contra Incendios, que nutre los consumos encargados de ventilación, climatización y bombeo de agua, y el Cuadro General de baja Tensión de Nave, que alimenta la iluminación del almacén destinado a logística o los elementos de fuerza que permiten la

apertura de puertas para vehículos, además de actuar como puente para el cuarto y último cuadro, el Cuadro Secundario de Oficinas de Nave, encargado de alimentar los consumos proyectados en oficinas, tanto iluminación, como puestos de trabajo o demás mecanismos.

Por último, la instalación eléctrica con origen en el centro de transformación, está complementada por una instalación fotovoltaica adyacente, de 15 kW, situada en la cubierta del edificio. A partir de una serie de módulos fotovoltaicos, se genera electricidad en corriente continua, que previo paso por un inversor trifásico, conecta con el Cuadro General de Baja Tensión de Nave mediante una línea de cobre que sigue la fachada del edificio. No obstante, la instalación fotovoltaica conecta a su vez con el Cuadro General de Baja Tensión, ya que cuenta con un dispositivo electrónico que regula de manera automática la generación de las placas en función de las medidas aportadas por el contador del centro de transformación y la potencia demanda por la nave, de manera que su resta siempre corresponda por con la potencia aportada por la instalación solar.

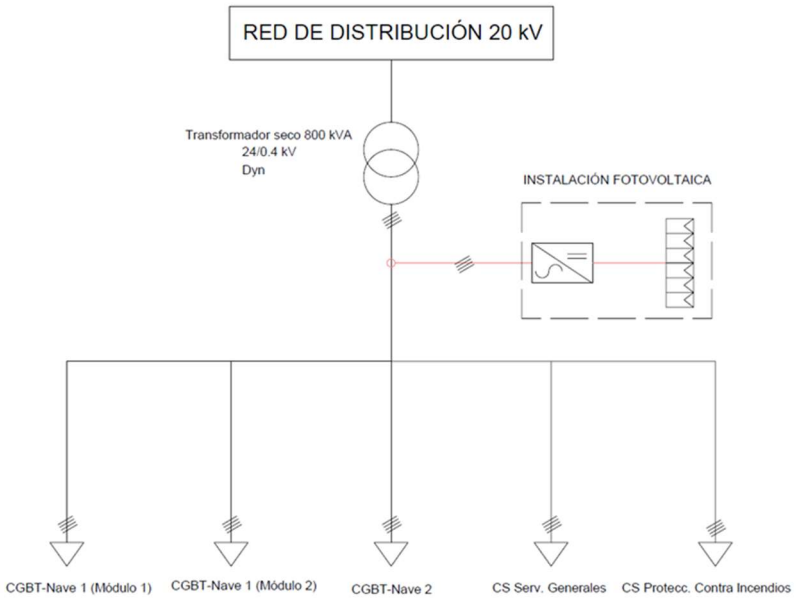


Ilustración 1. Esquema descriptivo de la instalación eléctrica

3. Resultados

La disposición final de instalación eléctrica proyectada, empleando materiales de excelente calidad, cumple con las condiciones técnicas, normativas y económicas previstas. El coste total del proyecto, asciende a 282000 €, que constituye el precio final de ejecución de obra por contrata. La instalación fotovoltaica supone un 6% del presupuesto.

Técnicamente, el cobre constituye el conductor más empleado en la instalación, concretamente en su sección de 2,5 mm, que se demuestra suficiente para la mayoría de los consumos proyectados. La intensidad nominal más habitual en las protecciones es de 25 A, siendo 15 kA el poder de corte más frecuente.

4. Conclusiones

Las principales conclusiones extraídas de la realización del proyecto se basan en su aspecto económico. De esta manera, se observa como una obra de instalación eléctrica conlleva un desembolso de material muy considerable, así como un coste de mano obra especializado de en torno al 27%. Al tratarse de una obra de nueva construcción, la normativa aplicable resulta extremadamente extensa.

En cuanto a la instalación eléctrica, la partida más importante económicamente corresponde al cableado, que presenta una extensión total varias veces proporcional al perímetro de la nave.

Por último, cabe destacar como los equipos de media tensión, dada su criticidad y su mayor dificultad de suministro e instalación, suponen el 20% del presupuesto de ejecución material, a pesar de representar el 10% de las partidas del presupuesto total.

ELECTRICAL INSTALLATION OF MEDIUM AND LOW VOLTAGE IN LOGISTICS BUILDING

Author: Arroyo de Lagasca Encinas, Diego.
Supervisor: Picatoste Calvo, Enrique.
Collaborating Entity: Levitec Sistemas S.L

ABSTRACT

The project consists of calculating the medium and low voltage electrical installation of a logistics warehouse located in the community of Madrid. The installation includes a transformation centre, connection to the low voltage electrical panels of the warehouse, calculation of lighting, power, wiring of the warehouse and photovoltaic installation for self-consumption, as well as a study of the economic impact of the project.

Keywords: Installation, Electrical, Cable, Protection, Medium Voltage, Low Voltage

1. Project definition

The project is based on the design of the electrical installation in Medium and Low Voltage of a logistics warehouse, located in a plot belonging to an industrial area of Madrid. In its development, it tries to specify the technical, normative and economic conditions followed in its drafting, so that it can be carried out.

The electrical installation, completely new, is part of the Spanish public electricity distribution network and is derived from a Measurement and Transformation Centre housed inside a prefabricated hut, from which it is channelled to the warehouse. The energy distributed from the Transformer Substation is used to supply the different consumptions defined in the project at low voltage. It also includes a proposal for a photovoltaic solar installation for self-consumption, which promotes the long-term sustainability and efficiency of the installation.

The company's own Transformer Substation feeds a series of electrical lines whose function is to derive the power channelled from the distribution network to a series of low-voltage electrical panels arranged along the surface of the logistics building. Finally, the aforementioned switchboards are the entrance and exit of the wiring that connects with the power and lighting elements that make up the Low Voltage electrical installation, as well as the proper protection that guarantees the safety of the projected set.

As long as the project satisfies the needs of a client, for each element present in the installation, both its optimal design, in terms of technical characteristics, and the

economic impact derived from its choice are developed. Consequently, a final budget is prepared that the client can evaluate.

2. System description

The electrical installation has three different but completely interrelated parts, namely the medium and low voltage electrical installation and the photovoltaic installation. Since the building is located inside a plot of land that it shares with another building, the design of the medium-voltage installation is made taking into account its power forecast, even though it is not the object of this project.

Firstly, there is a medium voltage electrical installation, which includes both the project for the underground connection of a medium voltage line to the Transformer Substation in a prefabricated building, and the design of the power of the transformer housed inside, in this case 800 kVA, as well as the medium voltage modular cells, responsible for the measurement and protection work. Likewise, the cells act as an interconnection bridge between the medium voltage distribution network and the terminals on the primary side of the transformer, from a 12/20 kV line of aluminium conductor. Subsequently, a line, called the main line, is derived from the low voltage terminals of the transformer, connecting the transformer to the first and most important electrical panel of the installation, already in low voltage. This line, designed in aluminium conductor, runs underground, inside polyvinyl chloride tubes. This electrical panel, called the General Low Voltage Panel, is the origin of all the lines of the installation, of 400 V line voltage, as well as the connection point of the same with the photovoltaic installation. This, as well as the rest of the installation's switchboards, includes the necessary protection against contacts and short circuits, designed in the form of automatic and differential switches with different breaking capacities and with the appropriate selectivity.

Secondly, there is the low voltage electrical installation, made up of power and lighting elements, fed by copper conductors of different sections, calculated according to the power demanded by the consumption to which it is connected. All the conductors that make up the low voltage lines are insulated with XLPE thermosetting polymer.

The projected low voltage installation has four electric boards, located downstream of the General Low Voltage Board, classified according to the characteristics of the consumption to which they are connected. A distinction is thus made between the Secondary Switchboard for General Services, which mainly supplies the building's exterior lighting, the Secondary Switchboard for Fire Protection, which supplies the consumption for ventilation, air conditioning and water pumping, and the General Low-Voltage Switchboard for the building, which supplies the lighting for the logistics warehouse or the power elements that allow the opening of doors for vehicles, as well as acting as a bridge for the fourth and last panel, the Secondary Panel of

Warehouse Offices, responsible for supplying the consumption projected in offices, both lighting and work stations or other mechanisms.

Finally, the electrical installation originating in the transformation centre is complemented by an adjacent 15 kW photovoltaic installation located on the roof of the building. From a series of photovoltaic modules, direct current electricity is generated, which, after passing through a three-phase inverter, is connected to the General Low Voltage Board of the building by means of a copper line that follows the building's façade. However, the photovoltaic installation is also connected to the General Low Voltage Board, since it has an electronic device that automatically regulates the generation of the panels according to the measurements provided by the meter of the transformation centre and the power demand of the building, so that the subtraction always corresponds to the power provided by the solar installation.

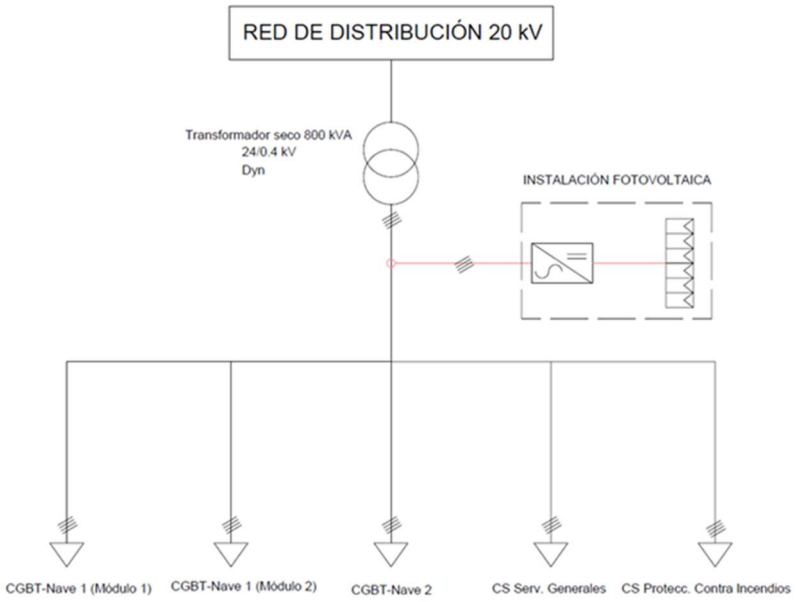


Ilustración 2. Diagram describing the installation

3. Results

The final layout of the projected electrical installation, using excellent quality materials, complies with the technical, regulatory and economic conditions foreseen. The total cost of the project is 282,000 euros, which is the final price for the execution of the work under contract. The photovoltaic installation represents 6% of the budget.

Technically, copper is the most used conductor in the installation, specifically in its section of 2.5 mm, which proves to be sufficient for most of the projected consumption. The most common nominal intensity in the protections is 25 A, being 15 kA the most frequent cutting power.

4. Conclusion

The main conclusions drawn from the implementation of the project are based on its economic aspect. Thus, it can be seen that electrical installation work entails a very considerable outlay in terms of material, as well as the cost of specialised labour of around 27%. As it is a new construction, the applicable regulations are extremely extensive, so that the guarantees for the client are total.

As for the electrical installation, the most important item economically corresponds to the wiring, which has a total extension several times proportional to the perimeter of the building.

Finally, it should be noted that medium-voltage equipment, given its critical nature and its greater difficulty in supply and installation, accounts for 20% of the material execution budget, despite representing 10% of the total budget items.

ÍNDICE GENERAL

DOCUMENTO Nº1: MEMORIA DESCRIPTIVA 20
DOCUMENTO Nº2: CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS 43
DOCUMENTO Nº3: PLANOS 118
DOCUMENTO Nº4: PLIEGO DE CONDICIONES 139
DOCUMENTO Nº5: ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD 184
DOCUMENTO Nº6: PRESUPUESTO 200
ANEXO I: PROYECTO DE INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA 238
ANEXO II: FICHAS TÉCNICAS 263

DOCUMENTO Nº1:

MEMORIA DESCRIPTIVA

ÍNDICE

1. DATOS GENERALES 24
1.1 OBJETO DEL PROYECTO 24
1.2 SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO 24
1.3 PROGRAMA DE USOS Y NECESIDADES 24
1.4 DESCRIPCIÓN DEL EDIFICIO 24
2. REGLAMENTACIÓN Y DISPOSICIONES OFICIALES 25
3. SUMINISTRO DE ENERGÍA 27
4. PREVISIÓN DE POTENCIA 28
5. DESCRIPCIÓN DE LAS INSTALACIONES DE ENLACE 29
6. CENTRO DE TRANSFORMACIÓN 30
6.1 CARACTERÍSTICAS GENERALES 30
6.2 PROGRAMA DE NECESIDADES Y POTENCIA INSTALADA EN kVA 31
6.3 DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN 31
6.3.1 Medida de energía eléctrica 31
6.3.2 Puesta a tierra 32
6.4 INSTALACIONES SECUNDARIAS 32
7. INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN BAJA TENSIÓN 33
7.1 GENERALIDADES 33
7.2 CUADROS ELÉCTRICOS 34
7.3 DISTRIBUCIÓN 35
7.3.1 Canalizaciones 35
7.3.2 Conductores 35
7.4 ILUMINACIÓN 36
7.4.1 Alumbrado interior 36
7.4.2 Alumbrado exterior 37
7.4.3 Alumbrado de emergencia 38
7.5 SISTEMA DE ALIMENTACIÓN ININTERRUMPIDA 38
7.6 PROTECCIONES ELÉCTRICAS 38
7.6.1 Protección contra Sobreintensidades 38
7.6.2 Protección contra Sobretensiones 39
7.6.3 Protección contra Contactos Directos e Indirectos 39
8. RESISTENCIA DE AISLAMIENTO Y RIGIDEZ DIELÉCTRICA 40
9. RED DE TIERRAS 41
10. INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA 42

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Desglose de superficies de Nave 2 proyectadas 25
Tabla 1.2 Previsión de cargas para el total de parcela 29
Tabla 1.3 Características de equipos auxiliares de medida del Centro de Transformación 31
Tabla 1.4 Identificación por colores de los distintos conductores 36

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 1.1 Esquema unifilar descriptivo de la instalación eléctrica 27
Fig. 1.2 Esquema de distribución de red de tierras para edificio. (Fuente: tecnicaindustrial.com) 41

1. DATOS GENERALES

1.1 OBJETO DEL PROYECTO

El objeto del presente proyecto es el diseño de la instalación eléctrica en Media y Baja Tensión de una nave logística. El documento especifica las condiciones técnicas, normativas y económicas seguidas en la ejecución del proyecto, de una manera concisa.

La instalación eléctrica será completamente nueva, partiendo de un Centro de Medida y Transformación alojado en el interior de una caseta prefabricada, desde la cual se canaliza la energía procedente de la red de distribución eléctrica en Media Tensión. La energía distribuida desde el Centro de Transformación está destinada a la alimentación en Baja Tensión de los distintos consumos definidos en proyecto. Se incluye una propuesta de instalación solar fotovoltaica destinada al autoconsumo, que fomenta la sostenibilidad y la eficiencia a largo plazo de la instalación.

1.2 SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO

La nave logística se proyecta en la Avenida de Timoteo Mendieta nº11, situada en el paraje Vaciabotas, perteneciente al término municipal de San Fernando de Henares, Madrid.

1.3 PROGRAMA DE USOS Y NECESIDADES

El programa de necesidades, que constituye la base en torno a la cual se proyecta el edificio, está definido por el cliente. Básicamente, consiste en la construcción de dos naves, completamente nuevas, destinadas al almacenamiento de productos para su posterior distribución. Adicionalmente, se solicita la construcción de locales técnicos, aparcamientos, vallado y, por último, viales de tráfico pesado y ligero.

La primera nave, denominada Nave 1, está proyectada para una superficie de 9500 m^2, mientras que la segunda nave, la Nave 2, abarca 5750 m^2, según las demandas del cliente.

El presente proyecto académico incluye los elementos previamente mencionados para la segunda de estas naves, la nave 2.

1.4 DESCRIPCIÓN DEL EDIFICIO

Se contempla la construcción de dos naves logísticas, incluidas en la misma parcela, aunque divididas en distintos módulos o espacios. Los módulos incluyen tanto espacio destinados a almacenamiento de productos como locales técnicos, en los cuales los empleados de la propiedad de la nave puedan desarrollar sus funciones.

La primera de estas naves se divide en dos módulos, denominados módulo 1 y módulo 2, cuya instalación eléctrica no se diseña en el presente proyecto.

La segunda nave, cuya instalación eléctrica se está proyectando en este documento, está compuesta por una superficie de almacén, denominado módulo 3, una segunda superficie destinada a alojar locales técnicos u oficinas y un local de bombeo. El presente proyecto se centra en el diseño de la instalación eléctrica del almacén, del local de bombas y de la planta baja de las oficinas de esta segunda nave.

A continuación, se recoge un desglose de la extensión de las distintas zonas para las cuales se proyecta la instalación eléctrica en Baja Tensión. Las superficies que integran la nave 2, objeto del proyecto, son las siguientes:

Zona	Superficie (m^2)
Almacén	4557,25
Oficinas Planta Baja	272,25
Local de bombas	247,8
Total proyectado	5077,3

Tabla 1.1 Desglose de superficies de Nave 2 proyectadas

El total proyectado no coincide con la superficie total de la Nave 2, que es de 5750 m^2. Esto se debe a que el diseño de la planta primera de oficinas y el altillo, ambos solicitados por la propiedad, no están contemplados en este proyecto académico. No obstante, el diseño incluye margen suficiente para su realización, en forma de reservas de carga contempladas en los cuadros eléctricos correspondientes.

El edificio cuenta con una altura máxima de almacenamiento de 11,50 metros y una altura máxima de edificio de 13,70 metros.

2. REGLAMENTACIÓN Y DISPOSICIONES OFICIALES

La reglamentación aplicable a este proyecto se diferencia en dos grandes bloques, puesto que incluye diseños de instalaciones eléctricas tanto en Media como en Baja Tensión.

Reglamentación aplicable a Instalación en Media Tensión

- Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión, aprobada por Real Decreto 337/2014 de 9 de mayo de 2014.
- Instrucciones Técnicas Complementarias ITC-RAT 01 a 23.
- Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión y sus instrucciones técnicas complementarias ITC-LAT 01 a 09, aprobado por RD 223/2008.
- Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión e Instrucciones Técnicas Complementarias.
- Reglamento Unificado de Puntos de Medida del Sistema Eléctrico Español (RPM).
- Ley 24/2013 de 26 de diciembre de Regulación del Sector Eléctrico.
- Normas UNE/IEC y Recomendaciones UNESA que sean de aplicación, en especial las siguientes:

- UNE-EN 60027-1:2009 Símbolos literales utilizados en electrotecnia. Parte 1. Generalidades.

- UNE-EN 60617-2:1997 Símbolos gráficos para esquemas. Parte 2: Elementos de símbolos, símbolos distintivos y otros símbolos de aplicación general.

- UNE-EN 60617-3:1997 Símbolos gráficos para esquemas. Parte 3: Conductores y dispositivos de conexión.

- UNE-EN 60617-6:1997 Símbolos gráficos para esquemas. Parte 6: Producción, transformación y conversión de la energía eléctrica.

- UNE 207020:2012 IN Procedimiento para garantizar la protección de la salud y la seguridad de las personas en instalaciones eléctricas de ensayo y de medida de alta tensión

- UNE-EN 62271-1:2009 UNE-EN 62271-1/A1:2011 Aparamenta de alta tensión. Parte 1: Especificaciones comunes.

- UNE-EN 62271-200:2012 Aparamenta de alta tensión. Parte 200: Aparamenta bajo envolvente metálica de corriente alterna para tensiones asignadas superiores a 1 kV e inferiores o iguales a 52 kV.

- UNE-EN 62271-203:2013 Aparamenta de alta tensión. Parte 203: Aparamenta bajo envolvente metálica con aislamiento gaseoso para tensiones asignadas superiores a 52 kV.

- UNE 20324:1993 Grados de protección proporcionados por las envolventes (Código IP).

- UNE-EN 50102:1996 Grados de protección proporcionados por las envolventes de materiales eléctricos contra los impactos mecánicos externos (código IK).

- UNE-EN 60076-1:2013 Transformadores de potencia. Parte 1: Generalidades.

- UNE-EN 50482:2009 Transformadores de medida. Transformadores de tensión inductivos trifásicos con Um hasta 52 kV.

- UNE-EN 61869-1:2010 Transformadores de medida. Parte 1: Requisitos generales.

- UNE-EN 61869-2:2013 Transformadores de medida. Parte 2: Requisitos adicionales para los transformadores de intensidad.

- UNE-EN 61869-3:2012 Transformadores de medida. Parte 3: Requisitos adicionales para los transformadores de tensión inductivos.

- UNE-EN 60228:2005 Conductores de cables aislados.

- UNE 211006:2010 Ensayos previos a la puesta en servicio de sistemas de cables eléctricos de alta tensión en corriente alterna.

- UNE 211027:2013 Accesorios de conexión. Empalmes y terminaciones para redes subterráneas de distribución con cables de tensión asignada hasta 18/30 (36 kV).

- UNE 211028:2013 Accesorios de conexión. Conectores separables apantallados enchufables y atornillables para redes subterráneas de distribución con cables de tensión asignada hasta 18/30 (36 kV).

- UNE-EN 60282-1:2011 Fusibles de alta tensión. Parte 1: Fusibles limitadores de corriente.

- Normas particulares de IBERDROLA.
- Ordenanzas municipales del ayuntamiento correspondiente.
- Condiciones impuestas por las entidades públicas afectadas.

- UNE 21186:1996 Protecciones de estructuras, edificaciones y zonas abiertas mediante pararrayos con dispositivo de cebado.

Reglamentación aplicable a Instalación en Baja Tensión

- Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión e Instrucciones Técnicas Complementarias, aprobado por Real Decreto 842/2002 de 2 de agosto de 2002, B.O.E. no 224, de 18 de septiembre de 2002.
- Normas UNE, de aplicación.
- R.D 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación, con sus Documentos Básicos (DB).

3. SUMINISTRO DE ENERGÍA

El suministro de energía es común a toda la parcela, y se realiza a través de un Centro de Transformación propio. A continuación, se adjunta un esquema unifilar de la instalación, que recoge la acometida en Media Tensión de la red de distribución y sus derivaciones hacia los principales cuadros eléctricos que integran el proyecto. Asimismo, el esquema recoge el punto de conexión en el cual la instalación solar se incorpora al conjunto de la instalación general.

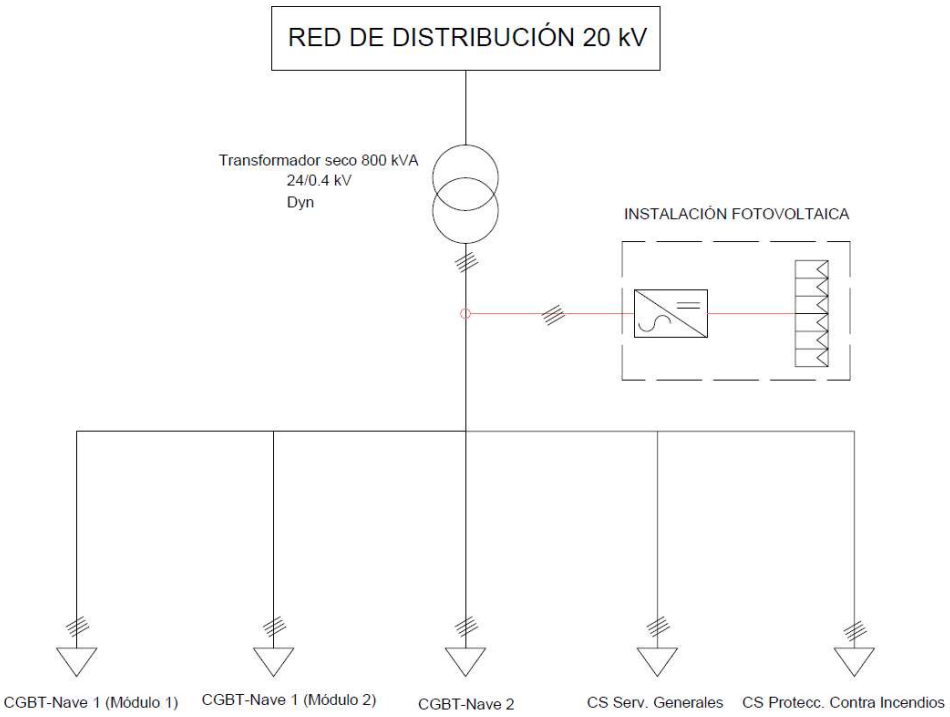


Fig. 1.1 Esquema unifilar descriptivo de la instalación eléctrica

Las designaciones “CBGT” y “CS” empleadas en la Fig 1.1 se refieren a Cuadro General de Baja Tensión y Cuadro Secundario, respectivamente. En la práctica, estos consumos, prácticamente en su totalidad, se encuadran en la categoría de cargas pasivas, al tratarse de circuitos de alumbrado o de fuerza, con la salvedad del Cuadro Secundario de Protección Contra Incendios, que incluye motores de bombas o equipos de climatización.

El proceso de suministro de energía, se basa en el siguiente recorrido. La energía proporcionada por la red de distribución de Media Tensión, a cargo de IBERDROLA S.A, se canaliza a través de un transformador de 800 kVA hacia un Cuadro General de Baja Tensión, desde el cual la energía es derivada hacia los distintos cuadros eléctricos destinados a abastecer los consumos en Baja Tensión.

4. PREVISIÓN DE POTENCIA

Cabe destacar como, a pesar de que la instalación eléctrica en Baja Tensión diseñada en este proyecto sólo incluye la segunda nave, el diseño del Centro de Transformación tiene en cuenta la potencia previsiblemente consumida por ambas naves. De esta manera, los diseños del proyecto en Media Tensión recogidos en el documento Nº2 “Cálculos”, se realiza de acuerdo con la demanda de potencia total de la parcela, incluyendo las naves 1 y 2.

Este es el motivo por el cual en este apartado se ha de recoger la previsión de potencia de ambas naves. Sin embargo, puesto que el proyecto en Baja Tensión sólo hace referencia a la Nave 2, el desglose de consumos de ésta se desarrolla de manera más exhaustiva.

El Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión recoge en su ITC-BT-10 las cargas mínimas correspondientes a edificios comerciales, de oficinas o destinadas a una o varias industrias. En este caso, el proyecto consiste en una instalación eléctrica de una nave logística y una planta de oficinas, de esta manera, existen dos estudios de previsión de cargas diferenciados.

En primer lugar, la previsión de cargas de los edificios comerciales y oficinas se calculan considerando un mínimo de 100W por metro cuadrado y planta, con un mínimo por local de 3450W a 230V y coeficiente de simultaneidad de 1.

Por otra parte, la nave logística, se encuadra en el grupo de garajes, dado que está destinada al almacenamiento, por lo que su previsión de cargas se realiza para un mínimo de 20W por metro cuadrado y planta.

La superficie de oficinas cuya instalación eléctrica se estudia en el proyecto es de 272,25 m^2, lo que supone una previsión mínima de cargas de 27,2 kW.

La superficie de nave logística es de 4557,25 m^2, que fija la previsión de cargas en un mínimo de 91,1 kW.

La superficie del local de bombas es de 247,8 m^2, que fija la previsión de cargas en un mínimo de 4,9 kW.

El total de previsión de cargas será como mínimo de 123,2 kW. No obstante, dicha potencia aumenta en el proyecto hasta un mínimo de 125,397 kW, de acuerdo con el Pliego de Condiciones.

Asimismo, se calculan los niveles mínimos de potencia a instalar en ambos módulos de la nave 1, puesto que, a pesar de que su instalación eléctrica en Baja Tensión no es objeto de este proyecto académico, su previsión de cargas es clave para el diseño del Centro de Transformación.

La superficie de la nave logística 1 es de 7541,38 m^2, que fija la potencia mínima a instalar en 150,8 kW. Concretamente, la parte correspondiente al módulo 1, que abarca 3670,14 m^2, presenta un nivel mínimo de potencia de 73,4 kW, mientras que el módulo 2, de 3871,24 m^2, debe contar con una potencia instalada mayor de 77,4 kW.

La superficie del edificio de oficinas de Nave 1 es de 203,49 m^2, para el módulo 1, y de 210,95 m^2, para el módulo 2. De esta manera, la potencia mínima instalada asciende a 20,3 y 21,1 kW, respectivamente.

De acuerdo con los requisitos de potencia mínima definidos por el REBT, se establece la potencia prevista en proyecto que demanda la instalación.

A continuación, se recoge la potencia demanda por el total de la parcela, incluyendo ambas naves, debido a que estos valores de potencia son imprescindibles para el dimensionado del Centro de Transformación.

CONSUMOS	Potencia instalada (kW)	Potencia relativa (%)	Factor de simultaneidad	Potencia estimada consumida (kW)
Nave 1-Módulo1	282,76	30,7	0,6	169,66
Nave 1-Módulo 2	276,14	30	0,6	165,68
Nave 2	305,07	33,12	0,6	183,04
Protección Contra Incendios	18,1	1,96	1	18
Servicios Generales	38,91	4,22	0,8	31,128
Total Cuadro General de Baja Tensión	920,98	100	0,62	561,8

Tabla 1.2 Previsión de cargas para el total de parcela

El total de potencia demandado por el conjunto de la parcela asciende presumiblemente a 591 kW. Este es el parámetro principal empleado en el dimensionado del transformador de potencia destinado canalizar la energía hacia los distintos consumos. De esta manera, se selecciona un transformador de 800 kVA, que cumple con las condiciones requeridas y proporciona un margen de operación suficientemente amplio en caso de que el consumo real de potencia sea algo superior al proyectado.

5. DESCRIPCIÓN DE LAS INSTALACIONES DE ENLACE

La acometida eléctrica se realiza de forma subterránea, teniendo en cuenta que debe tratar de seguir el trayecto más corto posible y discurrir en línea recta, en la medida de lo posible.

Los cruces y paralelismos de canalizaciones de agua, gas, telecomunicaciones y conductores eléctricos se adecuan a las separaciones mínimas reglamentarias.

La sección de conductor en las líneas y circuitos eléctricos se establecen en función de los siguientes criterios:

- Máxima carga prevista según el aparatado 4 de esta Memoria Descriptiva.
- Tensión de suministro.
- Intensidades máximas admisibles según el tipo de conductor.
- La caída máxima de tensión admisible, definida en un 4,5% para circuitos de alumbrado y un 6,5% en circuitos de fuerza.

6. CENTRO DE TRANSFORMACIÓN

6.1 CARACTERÍSTICAS GENERALES

El Centro de Transformación (CT) está compuesto por un edificio prefabricado que se sitúa en el borde de la parcela. En cuanto a su aparellaje, emplea celdas prefabricadas bajo envolvente metálica, de acuerdo con la norma UNE-EN 62271-200.

El CT está formado por cuatro componentes principales, que se combinan para realizar las labores de medida, protección y canalización de energía hacia la nave. Estos elementos son los siguientes:

- Celda de Remonte
- Celda de Protección General con Ruptofusible
- Celda de Medida
- Transformador de 800 kVA

La compañía eléctrica suministradora es IBERDROLA DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA, S.L.U. La tensión de servicio son 20 kV y la frecuencia nominal es de 50 Hz.

El edificio del CT incorpora el Centro de Seccionamiento (CS), cuyas celdas se fabrican asimismo bajo envolvente metálica compartimentada y tienen las siguientes características mínimas:

- Tensión asignada: 24 kV $\pm$ 2.5%
- Corriente asignada: 400 A
- Corriente admisible de corta duración: 12,5 kA

La conexión entre las celdas y el transformador de potencias se lleva a cabo mediante los denominados puentes de media tensión, cuya sección mínima es de 50 mm^2, de aislamiento 12/20 kV.

La corriente admisible de corta duración, o corriente de cortocircuito, está indicada en las condiciones de suministro de IBERDROLA DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA. La propia compañía establece dicho valor máximo, bajo criterio propio, en los 12,5 kA que se comentan anteriormente.

El transformador, de aislamiento seco, presenta las siguientes características técnicas:

- Tensión compuesta primaria: 24 kV
- Tensión compuesta secundaria: 400 V
- Grupo de conexión: Dyn

En el Anexo II: "Fichas Técnicas", se recoge la totalidad de las características del transformador de potencia seleccionada finalmente.

6.2 PROGRAMA DE NECESIDADES Y POTENCIA INSTALADA EN kVA

El suministro de energía se solicita a una tensión de línea de 20000 V.

De acuerdo con la previsión de cargas indicada anteriormente en el aparatado 4 de la Memoria Descriptiva, la potencia total instalada en el Centro de Transformación asciende a 800 kVA.

6.3 DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN

El CT se aloja en el interior de un edificio prefabricado de hormigón, lo suficientemente amplio como para alojar las celdas a las que se hacía referencia en el apartado 6.1 de esta Memoria Descriptiva. Las características de los equipos que integran el CT se muestran en las fichas técnicas mostradas en el Anexo II: "Fichas Técnicas".

6.3.1 Medida de energía eléctrica

La energía eléctrica se mide a partir de un cuadro de contadores que se conecta al secundario de los tres transformadores de intensidad y tres transformadores de tensión de la Celda de Medida.

La potencia contratada es mayor de 450 kW y menor de 10 MW, por lo que el punto de medida se clasifica como tipo 2, de acuerdo con el Real Decreto 1110/2007, de 24 de agosto.

Los equipos empleados en la medida de energía, transformadores de tensión e intensidad, tienen las siguientes características, determinadas por el punto de medida definido anteriormente.

Equipo	Relación de transformación	Potencia (VA)	Clase de precisión mínima
Transformador de tensión	$\left(22000/\sqrt{3}\right) / \left(110/\sqrt{3}\right)$ V	10	0,5
Transformador de intensidad	$15 - 35/5$ A	10	0,5

Tabla 1.3 Características de equipos auxiliares de medida del Centro de Transformación

El contador es del tipo tarificador integral electrónico multifunción, y se incluye un registrador electrónico y una regleta de verificación. Los tres equipos se alojan en el interior de un armario metálico homologado.

De acuerdo con normas propias de IBERDROLA, los contadores son de precisión mínima C para potencia activa y 1 para potencia reactiva, de acuerdo con el tipo de punto de medida.

6.3.2 Puesta a tierra

Existen tres tipos de protección en forma de puesta a tierra: la tierra de protección y la tierra de servicio. A continuación, se desarrollan en mayor detalle.

Tierra de protección

Los elementos metálicos de la instalación que no tengan tensión de forma habitual, pero que puedan energizarse en caso de avería, se conectan a la tierra de protección exterior. Esta conexión se realiza a partir de una pletina de tierra, que discurre entre las celdas.

Tierra de servicio

Los transformadores del equipo de medida y el neutro del transformador de potencia se conectan a la tierra de servicio en sus secundarios, según las justificaciones numéricas del apartado 1.10.4 del documento Nº2 “Cálculos”.

6.4 INSTALACIONES SECUNDARIAS

Principalmente las instalaciones secundarias se centran en maximizar la seguridad del CT. En este sentido, se recogen las características de equipos de protección contra incendios, ventilación, señalizaciones y otras protecciones como las de carácter eléctrico.

Protección Contra Incendios

Se dispone un extintor, de acuerdo con la ITC-RAT-14. La eficacia equivalente del equipo, se dimensiona en categoría 89 B, según el citado reglamento, al no ser previsible la utilización de dieléctricos de punto de combustión inferior a 300ºC.

Ventilación

La correcta ventilación se garantiza a partir de rejas de entrada y salida de aire, cuyas dimensiones y características de diseño se recogen en el aparatado 1.8 del documento Nº2 “Cálculos”.

Seguridad en las celdas

Las celdas del CT deben incluir una serie de restricciones de funcionamiento definidas por la norma UNE-EN 62271-200.

1. Las zonas energizadas sólo pueden ser accesibles a un operario en caso de estar debidamente puestas a tierra. De esta manera, existe un enclavamiento interno que afecta al seccionador de puesta a tierra y a las tapas de acceso a los cables.
2. El seccionador de puesta a tierra sólo se puede maniobrar con el interruptor abierto.

3. La salida de los gases de escape no puede estar dirigida hacia la zona en la que se encuentran los cables, para evitar su incidencia en ellos en caso de arco interno.
4. Todas las puertas que den acceso a los recintos que alojen equipos de Alta Tensión deben estar provistas con la señal normalizada de riesgo eléctrico.
5. La conexión de los cables y fusibles deben ser accesibles a los operarios que realicen tareas de mantenimiento, con el fin de evitar la falta de visibilidad en las operaciones.

Protecciones eléctricas

La protección general del transformador de potencia, y en consecuencia del total de la instalación se realiza mediante ruptofusible.

Adicionalmente, el transformador incorpora equipos propios de protección tales como sondas de temperatura PT100.

7. INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN BAJA TENSIÓN

7.1 GENERALIDADES

La norma UNE 20460-3 define las reglas generales de aplicación en el diseño de instalaciones interiores en Baja Tensión.

La totalidad de las líneas de alimentación se calculan con el objetivo de que soporten la intensidad máxima prevista en cada caso, de acuerdo con los requisitos determinados por los receptores o cargas que alimentan. En función del tipo de instalación, estas intensidades máximas toman unos valores u otros. De acuerdo con la norma UNE 20460-5-523, dichas intensidades se deben considerar a una temperatura ambiente del aire de 40ºC, en el caso de que los conductores empleados sean de cobre, como es el caso del 100% de los circuitos interiores proyectados.

Las secciones de los conductores están condicionadas, además de por la intensidad del consumo, por la caída de tensión máxima entre el punto de alimentación, es decir, el transformador, y el punto de conexión del receptor a su línea de alimentación. El Reglamento Electrotécnico en Baja Tensión, en su ITC-BT-19, define las caídas de tensión máximas, diferenciando entre circuitos de alumbrado y circuitos de fuerza.

Las caídas de tensión máximas, según la instrucción técnica complementaria, vienen dadas como porcentaje respecto de la tensión del circuito o línea. De esta manera, se establece un valor del 4,5% en circuitos de alumbrado y de 6,5% en circuitos de fuerza.

El cálculo de caída de tensión en cada línea tiene en cuenta tanto la propia como la suma de aquellas que se sitúen aguas arriba, hasta el punto de alimentación principal de la instalación, situado en el Centro de Transformación.

La corriente es alterna trifásica, en la mayoría de los casos, o monofásica, para ciertos consumos. En todo caso, la frecuencia es de 50 Hz.

La tensión de línea de suministro se fija en 400 V o 230 V, en el caso de considerar el valor fase-neutro. Por lo tanto, las tensiones asignadas son 400 V para consumos trifásicos y 230 V para consumos monofásicos.

Cabe destacar como se plantea distribuir los consumos monofásicos entre las tres fases de alimentación, con el objetivo de equilibrar las cargas.

7.2 CUADROS ELÉCTRICOS

La distribución en Baja Tensión parte desde el Cuadro General de Baja Tensión (CGBT) situado junto al Centro de Transformación. Desde él parten las líneas hacia los distintos cuadros secundarios. Este es el motivo por el cual se hace referencia a estas líneas como líneas de alimentación secundarias en el documento Nº2 “Cálculos”.

Cada uno de los cuadros eléctricos se sitúan en el interior de los locales cuyos consumos alimentan, haciéndose necesario, por tanto, recurrir a canalizaciones subterráneas que proporcionen un camino a las líneas que discurren desde el CGBT a los distintos cuadros secundarios. Estas canalizaciones se proyectan como subterráneas bajo tubo.

Los cuadros tendrán una capacidad de ampliación de un 30%, con el fin de garantizar la posibilidad de aumentar los consumos en sucesivos proyectos.

En cuanto a sus características constructivas, dispondrán de un interruptor general de corte omnipolar y contarán con los correspondientes certificados de ensayo y el correspondiente marcado CE, según norma IEC 614391.

El CGBT merece especial mención, y se ajusta a las normas UNE 20451 y UNE-EN 60439-3, contando con un grado de protección IP-30 según UNE 20234 e IK07 según UNE-EN 50102. Está situado junto al CT, como se ha mencionado anteriormente, y contará con los siguientes mecanismos adicionales con respecto al resto de cuadros, de acuerdo con la ITC-BT-17, sobre elementos de mando y protección:

- Interruptor de control de potencia.
- Interruptor general automático.

Los circuitos de salida de los cuadros protegen contra sobrecargas y cortocircuitos a través de interruptores de caja moldeada, para circuitos de gran potencia, e interruptores magnetotérmicos en el resto de los casos.

La protección contra corrientes de defecto a tierra se garantiza mediante interruptores diferenciales de sensibilidad adecuada, según la ITC-BT-24 del REBT. La selectividad de las protecciones se ha seleccionado para conseguir la total seguridad ante contactos a partir del menor número de equipos posible.

Todos los conductores de protección se conectan a una barra de cobre desde la cual se derivan de manera conjunta hacia las cajas de seccionamiento de tierras independientes de cada cuadro, de manera que la protección sea la adecuada manteniendo un nivel de eficiencia alto en la distribución del cableado.

7.3 DISTRIBUCIÓN

Las prescripciones de las instrucciones técnicas complementarias ITC-BT 19, 20 y 21 del REBT se deben cumplir rigurosamente, tal y como se desarrolla en el documento Nº2 “Cálculos”.

Las canalizaciones eléctricas no se colocarán bajo otras que puedan dar lugar a condensaciones, tales como conductos de calefacción o agua caliente.

7.3.1 Canalizaciones

Los conductores se distribuyen a lo largo de la instalación a partir de dos tipos de canalización, fundamentalmente:

- Bandejas de rejilla perforadas.
- Tubos rígidos de PVC.

Las bandejas de rejilla serán galvanizadas y contarán con una amplitud suficiente como para garantizar la ampliación del volumen ocupado por el cableado en un 35%.

Los tubos se disponen en línea recta, horizontales o verticales, siempre que sea posibles. En caso contrario, se ha de garantizar la continuidad de la canalización en el caso de que la canalización presente curvas debido a las características del terreno o la disposición física de los elementos de la parcela. Puesto que en el proyecto únicamente se emplean tubos rígidos de PVC que discurren enterrados, cumplen con los parámetros definidos en el apartado 1.2.4 de la ITC-BT-21, para canalizaciones enterradas, dimensionándose según las tablas 8 y 9 de la instrucción a la que se ha hecho referencia.

Los tubos asegurarán la no propagación de llama y serán libres de halógenos, además de cumplir con la norma UNE-EN 50086-4.

Los conductores destinados a alimentación de circuitos de oficinas discurren en el interior de su falso techo.

7.3.2 Conductores

Los conductores constituyen la parte fundamental del proyecto, por lo que su correcto diseño y protección es de especial interés.

La instalación eléctrica en Baja Tensión combina conductores unipolares y multipolares, no propagadores de incendio y con emisión de humos y opacidad reducida.

Los conductores de cobre se encuentran aislados con una tensión asignada de 0,6/1 kV, en polietileno reticulado XLPE (termoestable). Adicionalmente, cuentan con una cubierta de compuesto termoplástico a base de poliolefina. La denominación de alta seguridad es imprescindible para todos los cables instalados en proyecto. Finalmente, estas características se resumen en la designación RZ1-K (AS) 0,6/1 kV y están sujetas a norma UNE 21123-4.

Por otra parte, resulta imprescindible identificar los conductores de manera sencilla. De esta manera, se asignan distintos colores a las distintas fases, así como a los conductores de neutro y protección que integran el circuito. Los colores de identificación siguen el código establecido en la ITC-BT-19:

Conductor	Color normalizado
Fase R	Negro
Fase S	Marrón
Fase T	Gris
Neutro	Azul
Protección	Amarillo-Verde

Tabla 1.4 Identificación por colores de los distintos conductores

Los conductores, en su entrada y salida de cada interruptor automático o caja de conexión se marcan con etiquetas, que recogen bien las letras distintivas de cada fase, o bien la "N" o "PE" que hacen referencia a neutro y protección, respectivamente. Estas etiquetas serán indelebles.

Las líneas que incluyan varios conductores por fase emplearán conductores unipolares, los cuales se ordenan de forma simétrica para garantizar la distribución uniforme de las corrientes y del campo eléctrico. La justificación se encuentra en el nivel de potencia que estas líneas transportan, dado que ésta es elevada. El número de conductores por fase debe ser par, y se distribuye en el interior de tubos independientes, uno por cada grupo de conductores.

7.4 ILUMINACIÓN

7.4.1 Alumbrado interior

El Real Decreto 486/1997, de 14 de abril, establece las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo (anexo IV) y la Guía Técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relativos a la utilización de lugares de trabajo (artículo 8), establecen los requisititos a cumplir en el estudio de iluminación.

El diseño de iluminación interior, que tiene en cuenta la norma UNE-EN 12464-1, determina la utilización de lámparas fluorescentes, tanto para locales como para vías de evacuación, tales como pasillos. Estos equipos se conectarán a la red de tierra equipotencial de la instalación.

Los niveles de iluminación mínimos definidos en la norma UNE 12464-1 se deben cumplir por defecto. No obstante, el diseño para este proyecto persigue unos objetivos más ambiciosos en algunos casos, para procurar la comodidad del cliente. De esta manera, los cálculos de iluminación, recogidos en detalle en el aparatado 4 del documento Nº2 "Cálculos" se realizan para una uniformidad media de 0.7 (cociente entre iluminancia mínima y media). En este mismo sentido, la altura de medida de los niveles de iluminación se fija en 1 metro.

Las luminarias seleccionadas son tipo LED, de la marca TriLux, con capacidad de regulación controlado mediante sensores fotométricos. Las derivaciones a los distintos receptores desde

cada uno de los circuitos principales de alumbrado se realizan mediante la caja de derivación más próxima, alimentando de esta manera el carril electrificado tipo CANALIS.

El encendido se realiza mediante interruptores calibrados a 1,8 veces como mínimo respecto a la carga prevista, de acuerdo con la ITC-BT-44 del REBT

Los equipos elegidos se muestran en el documento Nº3 “Planos”.

7.4.2 Alumbrado exterior

El proyecto de iluminación exterior no se recoge en este proyecto académico, más allá del diseño de los conductores destinados a alimentar las cargas y de la red de tierras propia, a partir de los datos de partida proporcionados. No obstante, en esta memoria se recogen los aspectos principales relacionados con la normativa aplicable a este tipo de instalaciones.

El nivel de iluminación se fija en 50 lux, para garantizar la visibilidad adecuada en zonas de aparcamiento y trabajo continuo. Para conseguir este objetivo, se proyectan dos tipos de equipos: lámparas LED colocadas en fachada y proyectores sobre báculo.

El encendido se produce de manera automática, gracias a la medida proporcionada por células fotosensibles cuyo diseño no se incluye en este proyecto.

La alimentación de los circuitos de alumbrado exterior parte del Cuadro Secundario de Servicios Generales, y se dimensionan en el apartado 2.3.5 del documento Nº2 “Cálculos”, en base a la ITC-BT-07 del REBT. La tensión asignada a estos circuitos es de 230 V, tratándose por lo tanto de una alimentación monofásica. La caída de tensión de diseño toma un valor especial en este caso, situándose en un 3%. Adicionalmente, la sección mínima se fija en 6 mm^2.

La distribución de los circuitos de alumbrado exterior se realiza mediante tubo protector, enterrados a una profundidad mínima de 0,4 metros. El recorrido de estos tubos se señaliza mediante una cinta, que advierte de la presencia de cables eléctricos. Cada tubo, como medida de seguridad, aloja un único circuito.

El alumbrado exterior cuenta con su propia red de tierras, de acuerdo con la ITC-BT-09 del REBT. Esta red de tierras, diseñada en el aparatado 3.2.2 del documento Nº2 “Cálculos”, está sujeta a una serie de condiciones:

- Está formada por una serie de picas de cobre de longitud 2 m.
- La unión entre picas se realiza mediante cable de tensión asignada 450/750 V, verde-amarillo de 16 mm^2.
- El aislamiento de los conductores es de policloruro de vinilo H07V-K.

La disposición de las lámparas y el trayecto seguido por el cable que constituye la red de tierras de alumbrado exterior se recoge en el documento Nº3 “Planos”.

7.4.3 Alumbrado de emergencia

El alumbrado de emergencia es crucial para garantizar la rápida y ordenada evacuación de los distintos locales en caso de ser necesario, por ejemplo, en caso de corte del suministro eléctrico. Por este motivo, su accionamiento es automático y de tipo electrónico.

Los circuitos que alimentan las lámparas de alumbrado de emergencia serán necesariamente independientes de los destinados a alimentar el alumbrado de uso habitual, por el motivo mencionado unas líneas arriba. Su disposición y modelo se detalla en el documento Nº3 “Planos”.

El mismo circuito, de acuerdo con el MIE.BT025 no debe alimentar más de 12 puntos de luz.

Adicionalmente, se establece un mínimo de 1 lux de iluminación en todos los puntos de la superficie de diseño de las lámparas, salvo en el caso de los elementos de protección contra incendios, tales como extintores, que deben ser visibles con una iluminación de 5 lux. Asimismo, se coloca una lámpara en cada una de las salidas de la nave u oficina en la que se disponga el equipo, para facilitar una posible evacuación.

La entrada en funcionamiento del alumbrado de emergencia se puede producir por dos motivos. En primer lugar, se define un umbral de tensión de alimentación, que se fija al 70% del valor nominal de los circuitos. Por otra parte, está previsto que el sistema pase a funcionar automáticamente en caso de fallo en el alumbrado general.

Las normas de referencia particulares para los equipos son la norma UNE 60598-2-22 y la norma 20392-75.

7.5 SISTEMA DE ALIMENTACIÓN ININTERRUMPIDA

El Sistema de Alimentación Ininterrumpida (SAI) está concebido como una reserva de potencia situada en las oficinas, que entra en funcionamiento en caso de fallo en la red de alimentación. Consiste en una serie de puestos de trabajo cuyo servicio está garantizado en cualquier circunstancia.

Los detonantes que pueden producir la actuación del SAI son muy variados, aunque en su inmensa mayoría están relacionados con problemas de alimentación en los consumos de las oficinas. Fallos tales como bajadas o subidas de tensión y/o frecuencia, ruido eléctrico, distorsiones armónicas o conmutaciones transitorias pueden implicar la entrada en funcionamiento de este servicio, cuya utilización tiene en definitiva un carácter excepcional.

7.6 PROTECCIONES ELÉCTRICAS

7.6.1 Protección contra Sobreintensidades

La protección de los circuitos frente a sobreintensidades se garantiza a partir de los interruptores automáticos. En este proyecto se seleccionan dos tipos de equipos, los interruptores automáticos de caja moldeada, encargados de la protección de las líneas de mayor potencia, tales como las

líneas de salida del Cuadro General de Baja Tensión, y los interruptores automáticos magnetotérmicos, para los circuitos restantes.

Los interruptores automáticos serán de corte omnipolar, de manera que garanticen la protección de la totalidad del circuito, sea éste monofásico, en cuyo caso se proyecta la instalación de un interruptor de dos polos, o trifásico, optando en esta ocasión por un interruptor tetrapolar.

Las características de los equipos de protección deben cumplir lo estipulado en la ITC-BT-22.

7.6.2 Protección contra Sobretensiones

Principalmente, las sobretensiones se producen como consecuencia de las descargas atmosféricas. Sin embargo, en ocasiones pueden ser transmitidas por la red de distribución, en forma de sobretensiones por maniobra en la red de Alta Tensión, de 20 kV en este caso.

El equipo destinado a la protección frente a sobretensiones es el pararrayos. En este proyecto, se define un nivel de protección 3 frente a descargas atmosféricas, de acuerdo con el apartado 3.3 del documento Nº2 “Cálculos”. El pararrayos instalado cumplirá con las características definidas en el Código Técnico de la Edificación en su sección SU8.

Se proyecta la instalación de un pararrayos tipo PDC, que incluye dispositivo de cebado. En cuanto a sus características constructivas, se basa en un esqueleto de acero acabado en punta, que incorpora un dispositivo electrónico a base de diodos, bobinas y condensadores. Se caracteriza por su inmediatez en la actuación, ya que tiene la capacidad de anticipar la captura del rayo una vez el dispositivo de excitación se carga.

El principio de funcionamiento del modelo de pararrayos seleccionado se basa en canalizar la diferencia de potencial entre la nube que produce la descarga y el cabezal del pararrayos a través de la toma de tierra. Una vez se detecta la diferencia de potencial, la electrónica del pararrayos facilita un camino para la descarga del denominado fenómeno rayo.

La norma técnica de referencia es la norma UNE 21186:1996, en basa a la cual se propone el modelo del equipo a instalar. Finalmente, el pararrayos proyectado se corresponde con el modelo Flash Captor 60- PDC. Los criterios numéricos de selección se recogen en el apartado 3.3 del documento Nº2 “Cálculos”.

En caso de producirse la descarga eléctrica, se recomienda la revisión del equipo.

7.6.3 Protección contra Contactos Directos e Indirectos

La ITC-BT-24 del REBT, define las características y requisitos que deben cumplir los equipos destinados a la protección frente a contactos directos e indirectos. A continuación, se realiza una distinción entre ambos tipos, desarrollando cada uno de ellos en detalle.

Protección Contra Contactos Directos

Se definen como el contacto entre las partes activas de la instalación, tales como conductores o elementos metálicos energizados, y la persona. La protección se realiza mediante los siguientes medios:

- Protecciones por aislamiento de partes activas. Garantizado a partir del aislamiento propio de los conductores, que debe ser adecuado. Se ha de seleccionar alguno de los niveles normalizados, bien 750 V o 0,6/1 kV, en el caso de instalaciones en Baja Tensión. En este proyecto el aislamiento habitual se ha definido como 0,6/ 1 kV.
- Protección por envolvente. Referida a los armarios o cofrets que aseguran la separación entre los elementos en tensión y el personal especializado en las tareas de maniobra o mantenimiento. El grado de protección mínimo proyectado se fija en IP-30, que garantiza la protección de la envolvente frente a cuerpos sólidos de más de 2,5 mm y sin protección particular contra el agua, puesto que se instalan en interior, de acuerdo con la Guía-BT-ANEXO 1.

Adicionalmente, la medida de protección fundamental se basa en limitar la accesibilidad a los equipos entrañen riesgo para las personas. En este sentido, se trata de evitar su colocación en lugares dónde se realicen actividades cotidianas.

Protección Contra Contactos Indirectos

La protección de tierra se encuadra en el régimen del neutro definido (TT), de acuerdo con la ITC-BT-08 del REBT. El equipo encargado de garantizar la seguridad frente a contactos indirectos es el interruptor diferencial, cuya sensibilidad se ha proyectado en 30, 300 o 500 mA, dependiendo del circuito, para maximizar la eficiencia en su selectividad.

La instalación de la red de tierras, al que se conectan las masas de todos los receptores que incluye la instalación y los conductores de protección de los cables, asegura la protección frente a contactos con elementos que no deberían estar energizados. Esta protección se consigue facilitando un camino de baja resistencia para la corriente de fuga que se pueda producir por defectos eléctricos.

8. RESISTENCIA DE AISLAMIENTO Y RIGIDEZ DIELÉCTRICA

La resistencia de aislamiento de la instalación eléctrica en Baja Tensión ha de cumple con lo estipulado en la ITC-BT-19 del REBT, concretamente en lo referido en el punto 2.9.

La rigidez dieléctrica debe garantizar su resistencia a una prueba de tensión de más del doble de su tensión nominal más de 1000 V a 50 Hz.

9. RED DE TIERRAS

La red de tierras proyectada para el edificio cumple con lo descrito en la ITC-BT-18 del REBT.

La protección de los circuitos interiores de nave, oficinas y local de bombas comparten una red de tierras compuesta por un anillo equipotencial en forma de conductor de cobre de 35 mm^2, dispuesto en torno al perímetro del edificio, tal y como se recogen en el documento Nº3 "Planos". El acceso de los conductores de protección al punto de tierra se produce a partir de una arqueta de registro, cuya situación se recoge asimismo en dicho documento.

El anillo equipotencial constituye el punto de conexión de las masas de los receptores y los conductores de protección. Los cuadros eléctricos, estructuras metálicas, tomas de corriente y demás masas metálicas se han de conectar a la red de tierra integrada por el anillo para garantizar su protección.

En el caso específico de la red de tierras propia con la que cuenta según normativa el alumbrado exterior, se proyecta la instalación de ocho picas de puesta a tierra que actúa como enlace para el conductor de cobre al que se hacía referencia en el aparatado 7.4.3 de esta Memoria Descriptiva. Las picas seleccionadas corresponden al tipo 20NU146 de 2000x14,6 milímetros y se dispone enterradas a 0,5 metros de profundidad. Su longitud mínima se fija en 2 metros. El diseño de las picas se realiza según la recomendación UNESA 6501.

Se incluye una representación visual de una red de tierra modelo, cuyas características pueden extrapolarse a este proyecto.

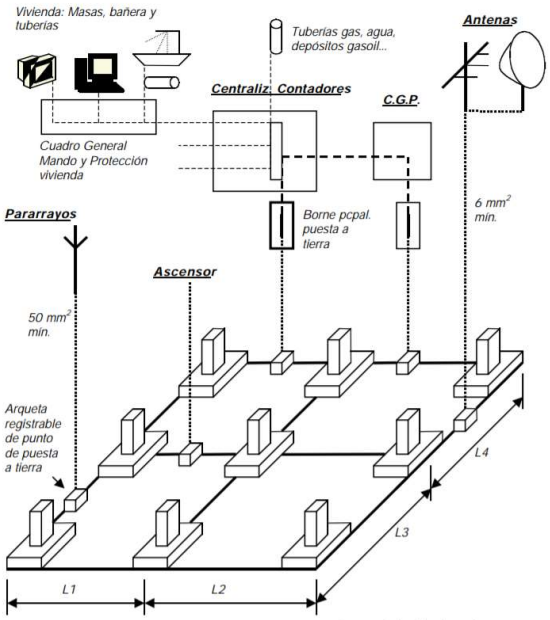


Fig. 1.2 Esquema de distribución de red de tierras para edificio. (Fuente: tecnicaindustrial.com)

10. INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA

Los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) del presente proyecto se traducen en forma de un subproyecto basado en una instalación fotovoltaica de 15 kW, desarrollada en toda profundidad y detalle en el Anexo I: "Instalación fotovoltaica" de este mismo documento.

A continuación, se recogen los aspectos más importantes del subproyecto de instalación solar. La totalidad de los materiales y equipos instalados corresponden a primeras marcas de mercado.

En primer lugar, se proyecta la instalación de un inversor trifásico, 15 kW, de características descritas en el Anexo II: "Fichas Técnicas", en este anexo se encuentran asimismo las características de los módulos fotovoltaicos instalados. Los módulos se soportan de manera fija, mediante bloques de hormigón que eviten su volcado frente a las inclemencias meteorológicas.

La instalación se proyecta sobre la cubierta de la nave logística, para una superficie de 78 m^2, compuesta por 4 *strings* de 12 módulos, haciendo un total de 48 módulos instalados. La generación prevista, debidamente justificada por las condiciones climatológicas de la región donde se sitúa la nave, asciende a 28 MWh/año.

La principal característica distintiva de esta instalación, radica en la existencia de un dispositivo electrónico de control de inyección de potencia a red, que regula la generación de los módulos fotovoltaica, a partir de medidas tomadas previa y posteriormente a la conexión de la instalación fotovoltaica a la línea principal de alimentación en Baja Tensión.

La potencia generada por la instalación fotovoltaica se incorpora a la instalación eléctrica general en el lado de baja tensión del transformador de potencia, tal y como se muestra en la Fig. 1.1. La conexión de equipos en los cuadros eléctricos correspondientes, en este caso en el Cuadro General de Baja Tensión y el Cuadro General de Baja Tensión de Nave 2 se muestran en detalle en el Documento Nº3: "Planos".

DOCUMENTO Nº2:

CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS

ÍNDICE

1. CÁLCULO DE INSTALACIÓN EN MEDIA TENSIÓN 46
1.1 CÁLCULO DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN 49
1.1.1 Intensidad de media tensión 49
1.1.2 Intensidad de baja tensión 49
1.2 CORTOCIRCUITOS 50
1.2.1 Cálculo de intensidades de cortocircuito 50
1.2.2 Cortocircuito en el lado de Alta Tensión 50
1.2.3 Cortocircuito en el lado de Baja Tensión 51
1.3 DIMENSIONADO DEL EMBARRADO 51
1.4 COMPROBACIÓN POR DENSIDAD DE CORRIENTE 51
1.5 COMPROBACIÓN POR SOLICITACIÓN ELECTRODINÁMICA 51
1.6 COMPROBACIÓN POR SOLICITACIÓN TÉRMICA. SOBREINTENSIDAD TÉRMICA ADMISIBLE 52
1.7 SELECCIÓN DE LAS PROTECCIONES DE ALTA Y BAJA TENSIÓN 52
1.8 DIMENSIONADO DE LA VENTILACIÓN DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN 52
1.9 DIMENSIONES DEL POZO ATRAPAFUEGOS 53
1.10 CÁLCULO DE LAS INSTALACIONES DE PUESTA A TIERRA DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN 53
1.10.1 Investigación de las características del suelo 53
1.10.2 Determinación de las corrientes máximas de puesta a tierra y el tiempo máximo correspondiente a la eliminación del defecto 53
1.10.3 Diseño preliminar de la instalación de puesta a tierra 55
1.10.4 Cálculo de la resistencia del sistema de puesta a tierra 56
1.10.5 Cálculo de las tensiones en el exterior de la instalación 60
1.10.6 Cálculo de las tensiones en el interior de la instalación 60
1.10.7 Cálculo de las tensiones aplicadas 61
1.10.8 Investigación de las tensiones transferibles al exterior 63
1.10.9 Corrección y ajuste del diseño inicial 64
1.11 LIMITACIÓN DEL NIVEL DE RUIDO EMITIDO POR INSTALACIONES DE ALTA TENSIÓN 64
1.12 LIMITACIÓN DE LOS CAMPOS MAGNÉTICOS EN LA PROXIMIDAD DE INSTALACIONES DE ALTA TENSIÓN 68
1.12.1 Introducción 68

1.12.2 Cálculo de los campos electromagnéticos generados por circuitos de corriente alterna 69
1.12.3 Resultados del cálculo de campo magnético 71

2. CÁLCULOS DE CABLEADO EN BAJA TENSIÓN 77
2.1 CRITERIO TÉRMICO 77
2.2 CRITERIO DE LA MÁXIMA CAÍDA DE TENSIÓN 79
2.3 CÁLCULO DE SECCIONES 80
2.3.1 Línea principal 81
2.3.2 Línea secundaria 1 84
2.3.3 Línea secundaria 2 85
2.3.4 Línea secundaria 3 87
2.3.5 Desglose de circuitos 88

3. PROTECCIONES ELÉCRICAS 95
3.1 PROTECCIÓN CONTRA SOBREINTENSIDADES 95
3.1.1 Interruptores automáticos 95
3.1.2 Cálculo de las corrientes de cortocircuito 98
3.1.3 Desglose de circuitos 103
3.2 PROTECCIÓN CONTRA CONTACTOS DIRECTOS E INDIRECTOS 108
3.2.1 Interruptor Diferencial 108
3.2.2 Instalación de tierras 108
3.3 PROTECCIÓN CONTRA SOBRETENSIONES 110

4. CÁLCULOS LUMINOTÉCNICOS 115

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Intensidades máximas de puesta a tierra e impedancias equivalentes para cada nivel de tensión y tipo de puesta a tierra de ST. (Fuente: Iberdrola S.A) 54

Tabla 2.2. Característica de actuación de las protecciones en caso de defecto a tierra. (Fuente: Iberdrola S.A) 55

Tabla 2.3. Tensión de contacto máxima aplicada en función de la duración de falta. (Fuente: RAT) 61

Tabla 2.4. Objetivos de calidad acústica para ruido aplicables a áreas urbanizadas existentes. (Fuente: BOE núm. 254) 65

Tabla 2.5. Valores límite de inmisión de ruido aplicables a infraestructuras portuarias y a actividades. (Fuente: BOE núm. 254) 66

Tabla 2.6. Niveles de aislamiento de los distintos elementos constructivos para distintas frecuencias de sonido en el edificio prefabricado de CT PF4 marca Ormazábal. (Fuente: Ormazábal S.A) 67

Tabla 2.7. Nivel de inmisión sonora en el exterior del edificio prefabricado del Centro de Transformación 68

Tabla 2.8. Parámetros constructivos del transformador de 800 kVA marca TESAR necesarios para el cálculo de campos magnéticos 71

Tabla 2.9. Parámetros para el cálculo del campo magnético en zona transversal al transformador 73

Tabla 2.10. Resultados cálculo de campo magnético en línea transversal al transformador para cableado de AT y BT 74

Tabla 2.11. Parámetros para el cálculo del campo magnético en zona longitudinal al transformador 74

Tabla 2.12. Resultados cálculo de campo magnético en línea longitudinal al transformador para cableado de AT y BT 75

Tabla 2.13. Parámetros para el cálculo de la sección de conductor de línea CT-CGBT 81

Tabla 2.14. Características de la línea CT-CGBT 84

Tabla 2.15. Parámetros para el cálculo de la sección de conductor de línea CGBT-CGBT N2 84

Tabla 2.16. Características de la línea CGBT-CGBT N2 85

Tabla 2.17. Parámetros para el cálculo de la sección de conductor de línea CGBT-CS PCI ... 86

Tabla 2.18. Características de la línea CGBT-CGBT N2 87

Tabla 2.19. Parámetros para el cálculo de la sección de conductor de línea CGBT-CS SSGG 87

Tabla 2.20. Características de la línea CGBT-CS SSGG 88

Tabla 2.21. Desglose de cableado de circuitos alimentados desde Cuadro General de Baja Tensión de Nave 2 89

Tabla 2.22. Desglose de cableado de circuitos alimentados desde Cuadro Secundario de Protección Contra Incendios (CS PCI) 90

Tabla 2.23. Desglose de cableado de circuitos alimentados desde Cuadro Secundario de Servicios Generales (CS SSGG) *91*

Tabla 2.24. Desglose de cableado de circuitos alimentados desde Cuadro Secundario de Oficinas de Nave 2 (CS Oficinas N2) *92*

Tabla 2.25. Desglose de protecciones de circuitos alimentados desde Cuadro General de Baja Tensión de Nave 2 (CGBT N2) *104*

Tabla 2.26. Desglose de protecciones de circuitos alimentados desde Cuadro Secundario de Protección Contra Incendios (CS PCI) *105*

Tabla 2.27. Desglose de protecciones de circuitos alimentados desde Cuadro Secundario de Servicios Generales (CS SSGG) *106*

Tabla 2.28. Desglose de protecciones de circuitos alimentados desde Cuadro Secundario de Oficinas de Nave 2 (CS Oficinas N2) *107*

Tabla 2.29. Coeficiente C_1 para cálculo de PCD (Fuente: Código Técnico de la Edificación) *112*

Tabla 2.30. Coeficientes C_2, C_3, C_4 y C_5 para cálculo de PCD (Fuente: Código Técnico de la Edificación) *113*

Tabla 2.31. Nivel de protección de PDC (Fuente: Código Técnico de la Edificación) *114*

Tabla 2.32. Resultados de cálculo de niveles de iluminación de locales *116*

Tabla 2.33. Comparativo de potencia consumida y número de luminarias en su disposición final *116*

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 2.1. Representación de vistas de planta y de perfil del transformador TESAR de 800 kVA y su situación en el Centro de Transformación 72

Fig. 2.2. Representación de vistas de planta y de perfil del transformador TESAR 800 kVA para cálculo de campo magnético en línea transversal 73

Fig. 2.3. Representación de vistas de planta y de perfil del transformador TESAR 800 kVA para cálculo de campo magnético en línea longitudinal 75

Fig. 2.4. Zonas de la curva de disparo de para IA magnetotérmico. (Fuente: Schneider Electric) 97

Fig. 2.5. Curvas de disparo para IA Magnetotérmico. (Fuente: Catálogo de interruptores automáticos modelo DX Legrand) 97

Fig. 2.6. Curvas de disparo para IA Magnetotérmico regulable. (Fuente: Cuadernos de divulgación Técnica. Aenor) 98

Fig. 2.7. Mapa de densidad de impactos de descarga atmosférica sobre el terreno. (Fuente: Código Técnico de la Edificación) 111

1. CÁLCULO DE INSTALACIÓN EN MEDIA TENSIÓN

1.1 CÁLCULO DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN

1.1.1 Intensidad de media tensión

Se refiere a la intensidad del primario del transformador. Al ser un transformador trifásico, se calcula de acuerdo a la siguiente expresión:

$$I_p = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot U_p} \tag{1.1}$$

Siendo:

I_p: intensidad nominal primaria del transformador [A]

S: potencia aparente nominal del transformador [kVA]

U_p: tensión nominal primaria del transformador [kV]

La potencia del transformador es de 800 kVA, y la tensión de alimentación procedente de la red es de 20 kV.

Sustituyendo en la ecuación (1.1), la intensidad primaria resulta:

$$I_p = \mathbf{23.09\ A}$$

1.1.2 Intensidad de baja tensión

Se refiere a la intensidad del secundario de transformador, calculada a partir de la siguiente ecuación:

$$I_s = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U_s} \tag{1.2}$$

Siendo:

I_p: intensidad nominal primaria del transformador [A]

P: potencia del transformador [kVA]

U_s: tensión nominal secundaria del transformador [kV]

La potencia del transformador es de 800 kVA, y la tensión secundaria de vacío es de 0.42 kV.

Sustituyendo en la ecuación (1.2), la intensidad secundaria resulta:

$$I_s = \mathbf{1099.7\ A}$$

1.2 CORTOCIRCUITOS

1.2.1 Cálculo de intensidades de cortocircuito

Para el cálculo de la corriente de cortocircuito de la instalación, en el lado de alta tensión del transformador, se emplea la siguiente expresión:

$$I_{ccp} = \frac{S_{cc}}{\sqrt{3} \cdot U_p} \tag{1.3}$$

Siendo:

I_{ccp}: corriente de cortocircuito [kA]

U_p: tensión de servicio [kV]

S_{cc}: potencia de cortocircuito de la red [MVA]

Para el cálculo de corrientes de cortocircuito secundarias se desprecia la impedancia de la red de media tensión, adoptando así un criterio conservador.

La corriente de cortocircuito del secundario de un transformador, se calcula de acuerdo a la ecuación:

$$I_{ccs} = \frac{100 \cdot S}{\sqrt{3} \cdot U_{cc} \cdot U_s} \tag{1.4}$$

Siendo:

I_{ccs}: corriente de cortocircuito secundaria del transformador [kA]

U_s: tensión de servicio secundaria [kV]

S: potencia del transformador [kVA]

U_{cc}: tensión de cortocircuito del transformador [%]

1.2.2 Cortocircuito en el lado de Alta Tensión

El cálculo de la intensidad de cortocircuito de la instalación requiere el dato de potencia de cortocircuito de la red de media tensión, proporcionado por IBERDROLA DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA. En este caso, la empresa distribuidora proporciona en su lugar un límite de intensidad de 12,5 kA.

$$I_{ccp} = \mathbf{12.5\ kA}$$

1.2.3 Cortocircuito en el lado de Baja Tensión

La potencia aparente nominal del transformador es de 800 kVA, la tensión secundaria es de 0.42 kV y la tensión de cortocircuito del transformador es del 6%.

Sustituyendo los valores en la ecuación (1.4), el resultado de intensidad de cortocircuito resulta:

$$I_{ccs} = \mathbf{19.25\ kA}$$

1.3 DIMENSIONADO DEL EMBARRADO

Las celdas del centro de transformación ya han sido sometidas a los ensayos pertinentes, por lo tanto, no se necesitan cálculos teóricos para justificar los valores de sus placas características.

1.4 COMPROBACIÓN POR DENSIDAD DE CORRIENTE

La comprobación por densidad de corriente tiene como objeto verificar que no se supera la máxima densidad de corriente admisible por el elemento conductor cuando por él circule una corriente igual a la corriente nominal máxima.

Las celdas utilizadas en este proyecto cumplen con las especificaciones descritas, como se recoge en los datos de su ficha técnica, recogida en el Anexo II: “Fichas técnicas”.

La intensidad utilizada en el ensayo será la intensidad del bucle, algo mayor que la nominal, para disponer de un margen de seguridad suficiente.

1.5 COMPROBACIÓN POR SOLICITACIÓN ELECTRODINÁMICA

La comprobación por solicitación electrodinámica tiene como objeto verificar que los elementos conductores de las celdas incluidas en este proyecto soportan el esfuerzo mecánico derivado de un defecto de cortocircuito entre fase.

La intensidad dinámica de cortocircuito se valora en aproximadamente 2,5 veces la intensidad eficaz de cortocircuito, por lo que:

$$I_{cc(din)} = 12.5 \cdot 2.5 = \mathbf{31.25\ kA}$$

Se comprueba como las celdas seleccionadas cumplen con esta especificación.

1.6 COMPROBACIÓN POR SOLICITACIÓN TÉRMICA. SOBREINTENSIDAD TÉRMICA ADMISIBLE

La comprobación térmica tiene como objeto comprobar que no se producirá un calentamiento excesivo de la aparamenta por efecto de un cortocircuito. Existen dos maneras de comprobar este requisito, mediante cálculos teóricos o a partir de ensayos. En este caso, la certificación de las celdas seleccionadas cumple con las especificaciones definidas en ensayos de inmersión, estanqueidad, frecuencia industrial, resistencia de cortocircuito principal o ensayo de endurancia mecánica, recogidos en la ficha técnica correspondiente adjunta en el Anexo II: "Fichas técnicas", conforme a IEC 62271-200.

La intensidad empleada en el ensayo será la eficaz de cortocircuito.

1.7 SELECCIÓN DE LAS PROTECCIONES DE ALTA Y BAJA TENSIÓN

Los transformadores, el elemento clave del centro de transformación, se protegerá tanto en alta como en baja tensión. Las protecciones de AT se encuentran en las denominadas celdas de protección, mientras que en BT se incorporan en los cuadros de salida de línea.

La celda asegura la protección del transformador bien sea por sobrecargas, faltas a tierra o cortocircuitos, en este caso mediante un interruptor automático de corte en vacío en serie con un interruptor-seccionador de tres posiciones, de acuerdo con normativa definida por la empresa suministradora IBERDROLA para potencias de cliente superiores a 630 kVA en su MT 2.00.03 de septiembre de 2013.

1.8 DIMENSIONADO DE LA VENTILACIÓN DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN

Se calculan la superficie mínima que deben tener las rejillas de ventilación del CT, considerando que ambas rejillas, a saber, la de entrada y salida de aire, son iguales.

La superficie de cada una de las rejillas de ventilación se calcula de acuerdo a la siguiente expresión, proporcionada por la empresa distribuidora Iberdrola S.A:

$$S = \frac{W_T}{0.24 \cdot Cr \cdot \sqrt{H \cdot \Delta t^3}} \tag{1.5}$$

Siendo:

S: superficie mínima de la reja tanto de entrada como de salida de ventilación [m^2]

W_T: pérdidas en el transformador [kW]

H: distancia vertical entre los ejes de las rejillas [m]

Δt: salto térmico permitido [ºC]

Cr: coeficiente de forma de la rejilla de ventilación.

Las pérdidas del transformador se refieren a las pérdidas en carga, cuando circula intensidad nominal en el secundario. El valor de las pérdidas se obtiene a partir de la ficha técnica (valores Ecodesign) de la siguiente manera:

$$P_{pérdidas} = P_o + P_{cc}(125ºC) \tag{1.6}$$

Las pérdidas en el transformador ascienden a 9.3 kW, el salto térmico se considera de 20 ºC, el valor del coeficiente Cr normalizado es de 0.4 y, por último, en el caso de este edificio y transformador, la altura será de 1.4 m.

Utilizando estos datos se obtiene el siguiente valor de sección mínima:

$$S = \mathbf{0.92\ m^2}$$

1.9 DIMENSIONES DEL POZO ATRAPAFUEGOS

En el caso de este proyecto, la ventilación del transformador se realiza por aire y por convección natural. De esta manera, al no utilizarse dieléctricos líquidos como refrigerante, no será necesario disponer de un pozo atrapafuegos para la absorción de fluidos.

1.10 CÁLCULO DE LAS INSTALACIONES DE PUESTA A TIERRA DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN

1.10.1 Investigación de las características del suelo

El Reglamento de Alta Tensión, en su instrucción ITC-RAT 13, las instalaciones de menos de 30 kV (tercera categoría) y con una corriente de cortocircuito menor de 16 kA no están obligadas a realizar la investigación previa de resistividad del terreno, pudiéndose estimar su resistividad a partir de un examen visual.

Según la investigación previa del terreno donde se va a instalar el Centro de Transformación, se determina una resistividad media superficial de 150 Ω·m.

1.10.2 Determinación de las corrientes máximas de puesta a tierra y el tiempo máximo correspondiente a la eliminación del defecto

En las instalaciones de MT de tercera categoría, existen dos parámetros fundamentales de la red que determinan los cálculos de faltas a tierra:

- Tipo de neutro. El neutro de la red puede estar aislado, rígidamente unido a tierra unido a esta mediante resistencias o impedancias. Esto producirá una limitación de la corriente de la falta, en función de las longitudes de líneas o de los valores de impedancias en cada caso.

- Tipo de protecciones. Cuando se produce un defecto, éste se eliminará mediante la apertura de un elemento de corte que actúa por indicación de un dispositivo relé de intensidad, que puede actuar en un tiempo fijo (tiempo fijo), o según una curva de tipo inverso (tiempo dependiente). Adicionalmente, pueden existir reenganches posteriores al primer disparo, que sólo influirán en los cálculos si se producen en un tiempo inferior a los 0,5 segundos.

A continuación, se muestra una tabla de datos proporcionada por la empresa distribuidora en las que se recogen los valores de intensidad máxima de puesta a tierra en función del nivel de tensión de la red de alimentación y el tipo de puesta a tierra.

Tensión nominal de la red U_N (kV)	Tipo de puesta a tierra	Reactancia equivalente X_{LTH} (Ω)	Intensidad máxima de corriente de defecto a tierra* (A)
13,2	Rígido	1,863	4500
13,2	Reactancia 4 Ω	4,5	1863
15	Rígido	2,117	4500
15	Reactancia 4 Ω	4,5	2117
20	Zig-Zag 500A	25,4	500
20	Zig-Zag 1000A	12,7	1000
20	Reactancia 5,2 Ω	5,7	2228
30	Zig-Zag 1000A	2,117	9000

Tabla 2.1 Intensidades máximas de puesta a tierra e impedancias equivalentes para cada nivel de tensión y tipo de puesta a tierra de ST. (Fuente: Iberdrola S.A)

**Intensidades máximas que se pueden dar en la red. Los diseños de puesta a tierra descritos en este MT son válidos para la mayoría de las situaciones descritas en la tabla 5. No obstante, en algunos casos en los que se den una o varias de las condiciones siguientes, intensidades de defecto a tierra elevadas, resistividades del terreno altas o un número pequeño de centros de transformación conectados a través de las pantallas de los cables subterráneos, pueden ser necesarios diseños específicos para la configuración de los electrodos.*

En el caso de este proyecto, la red de MT de alimentación es de 20 kV, con el neutro puesto a tierra a través de una impedancia en Zig-Zag de 1000A.

Por otra parte, según los datos de la compañía suministradora en su normativa MT 2.00.03, el tiempo máximo de aislamiento del defecto viene dado por el tiempo de actuación de las protecciones, según la siguiente tabla:

Característica de actuación de las protecciones (*) (**)	Tensión nominal de la red U_N (kV)	Máximo valor de resistencia de puesta a tierra (Ω) (*)
$I'_{1F} \cdot t = 400$	≤20	50
$I'_{1F} \cdot t = 2200$	30	30
$I'_{1F} \cdot t = 2500$	45	50

$I'_{1F} \cdot t = 2500$	66	70
t = 0.5	132	-

Tabla 2.2. Característica de actuación de las protecciones en caso de defecto a tierra. (Fuente: Iberdrola S.A)
** Las protecciones actúan en tiempos iguales o inferiores a los resultantes de las fórmulas, para cada intensidad, siempre que las resistencias de puesta a tierra sean inferiores a los valores indicados para cada nivel de tensión. En algunas circunstancias que se especifican en cada proyecto tipo de instalación, tales como apoyos no frecuentados en líneas aéreas, estos valores pueden ser superiores.*

*** Siendo I´1F, la intensidad de la corriente de defecto en amperios y t el tiempo de actuación de las protecciones en segundos.*

Por tanto, para este proyecto, con tensión de red de 20 kV y corriente de defecto de 1000A, el tiempo máximo de defecto será de 400 ms, calculado a partir de la tabla 2.

1.10.3 Diseño preliminar de la instalación de puesta a tierra

El diseño preliminar de la instalación de puesta a tierra se basa en las expresiones y procedimientos según el "Método de cálculo y proyecto de instalaciones de puesta a tierra para centros de transformación de tercera categoría", editado por UNESA, de acuerdo a las características del centro de transformación objeto de estudio.

En primer lugar, se recogen los valores de una serie de parámetros que aparecen con frecuencia en el diseño del sistema de puesta a tierra.

Características de la red de alimentación:

- Tensión de servicio: $U_R = 20000V$
- Limitación de la intensidad de puesta a tierra: $I_{dm} = 1000A$

Nivel de aislamiento de las instalaciones de Baja Tensión:

- $V_{bt} = 10000V$

Características del terreno:

- Resistencia del terreno: $\rho = 100\ \Omega \cdot m$
- Resistencia del hormigón: $\rho_h = 3000\Omega$

Son necesarios dos diseños distintos, puesta a tierra de protección y puesta a tierra de servicio. El diseño preliminar de ambos se recoge a continuación.

<u>Tierra de protección</u>

Las partes de la instalación que se conectan la red de tierras de protección serán aquellas que, a pesar de no estar normalmente en tensión, puedan energizarse por causas fortuitas. Estas partes que se conectan al sistema son fundamentalmente metálicas, tales como chasis y bastidores de aparatos de maniobra, envolventes metálicas de las cabinas prefabricadas y carcasas de los transformadores.

Se elige un electrodo que cuenta con la siguiente configuración:

- Identificación: 50-25/5/42
- Geometría del sistema: Rectángulo

- Distancia de la red: 5.0x2.5 m
- Número de picas: 4
- Profundidad de la red: 0.5 m
- Longitud de las picas: 2 m
- Diámetro de las picas: 14 mm

Que presenta los siguientes parámetros:

- De la resistencia K_r: 0.097
- De la tensión de paso K_p: 0.0221
- De la tensión de contacto K_c: 0.0483

Tierra de servicio

El sistema de tierras de servicio está conectado en este caso al neutro del transformador.

El criterio de selección se basa en no ocasionar en el electrodo una tensión de 24V cuando existe un defecto a tierra en una instalación de BT protegida contra contactos indirectos por un diferencial de 650 mA. Por ello, la resistencia de puesta a tierra de servicio debe ser inferior a 37Ω, de acuerdo con la Ley de Ohm.

La conexión desde el CT hasta la primera de las picas del sistema de tierras de servicio, se realiza con cable de cobre aislado de 0.6/1 kV protegido contra daños mecánicos.

Las características del sistema de tierras de servicio elegido son las siguientes:

- Identificación: 5/62
- Geometría del sistema: Picas alineadas
- Distancia de la red: 5.0x2.5 m
- Número de picas: 6
- Longitud entre picas: 3 m
- Longitud de las picas: 2 m
- Diámetro de las picas: 14 mm

Que presenta los siguientes parámetros:

- De la resistencia K_r: 0.073
- De la tensión de paso K_p: 0.012
- De la tensión de contacto K_c: 0

1.10.4 Cálculo de la resistencia del sistema de puesta a tierra

Siguiendo el esquema del aparatado 1.6.3, el cálculo del sistema de puesta a tierra se divide en dos partes: el diseño de la tierra de protección y el diseño de la tierra de servicio:

Tierra de protección:

La resistencia de puesta a tierra de protección del edificio, y la intensidad de defecto se calculan de la siguiente manera:

- Intensidad del defecto:

$$I_d = I_{dm} \tag{1.7}$$

Siendo:

I_d: intensidad de falta a tierra [A]

I_{dm}: limitación de la intensidad de falta a tierra [A]

- Resistencia máxima de puesta a tierra:

$$I_d \cdot R_t \leq V_{bt} \tag{1.8}$$

Siendo:

I_d: intensidad de falta a tierra [A]

R_t: resistencia total de puesta a tierra [Ω]

V_{bt}: tensión de aislamiento en Baja Tensión [V]

Los resultados límites obtenidos son, por tanto:

$$I_d = \mathbf{1000A} \qquad R_t \leq \mathbf{10\Omega}$$

Se ha de seleccionar a su vez el electrodo tipo (de entre los normalizados en tablas para este caso concreto de aplicación), que presente un valor unitario de resistencia de puesta a tierra menor al que se calcula a continuación.

- Valor unitario de resistencia de puesta a tierra del electrodo:

$$K_r \leq \frac{R_t}{\rho} \tag{1.9}$$

Siendo:

K_r: coeficiente del electrodo
R_t: resistencia total de puesta a tierra [Ω]
ρ: resistividad del terreno [Ω·m]

Según, los valores indicados anteriormente:

$$K_r \leq 0.1$$

De esta manera, se comprueba como el parámetro K_r, es mayor que el valor seleccionado en el diseño preliminar.

Por otra parte, se calcula el valor real de la resistencia de puesta a tierra del edificio. Este cálculo se realiza de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$R_t' = K_r \cdot \rho \tag{1.10}$$

Siendo:

K_r: coeficiente del electrodo
ρ: resistividad del terreno [Ω·m]
R_t': resistencia total de puesta a tierra [Ω]

Por lo tanto, para el centro de transformación resulta ser de:

$$R_t' = \mathbf{9.7\Omega}$$

La intensidad de defecto de la instalación se calcula de acuerdo a la siguiente expresión:

$$I_d = \frac{U_s}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{(R_n + R_t')^2 + X_n^2}} \tag{1.11}$$

Siendo:

I_d: intensidad de falta a tierra [A]

U_s: tensión de servicio [V]

R_n: resistencia equivalente del neutro de la red [Ω]

R_t': resistencia total de puesta a tierra [Ω]
X_n: reactancia equivalente del neutro de la red [Ω]

Sustituyendo los valores especificados anteriormente para cada uno de los parámetros de la ecuación (1.11), se obtiene:

$$I_d = \mathbf{722.6\ A}$$

La intensidad de falta a tierra es menor que el límite impuesto, por lo que el diseño resulta correcto.

Se comprueba la tensión de aislamiento de la instalación, que debe ser superior a la tensión de defecto, definida por la ecuación:

$$U_d = I_d \cdot R_t' \tag{1.12}$$

Siendo:

U_d: tensión de defecto [V]

I_d: intensidad de falta a tierra [A]

R_t ´: resistencia total de puesta a tierra [Ω]

El valor de tensión de defecto resulta:

$$U_d = \mathbf{7000\ V}$$

Al ser menor de 10000V, se comprueba como el aislamiento normalizado de la instalación en Baja Tensión es suficiente. De esta manera, se evita que las sobretensiones que aparezcan al producirse un defecto en la parte de Alta Tensión deterioren los elementos de Baja Tensión del centro de transformación, protegiendo la red de Baja Tensión de la instalación.

Tierra de servicio

En primer lugar, cabe destacar como el coeficiente K_r debe cumplir la condición de ser inferior a 0.1. Dicho límite se calcula en la primera sección de este mismo apartado.

Para el cálculo de la resistencia de puesta a tierra de servicio, se emplea la siguiente expresión:

$$R_{ts} = K_{rs} \cdot \rho \qquad (1.13)$$

Siendo:

K_{rs}: coeficiente del electrodo de puesta a tierra de servicio

ρ: resistividad del terreno [Ω·m]

R_{ts}: resistencia total de puesta a tierra de servicio [Ω]

Al sustituir los valores de coeficiente del electrodo y resistividad del terreno, que son de 0.073 y 100Ω·m, se obtiene el siguiente resultado para el diseño:

$$R_{ts} = \mathbf{10.95\ \Omega}$$

Por lo tanto, la resistencia obtenida a partir del cálculo es inferior a los 37 Ω mencionados en el apartado 7.3.

1.10.5 Cálculo de las tensiones en el exterior de la instalación

Tensión de contacto

Las puertas y rejas de ventilación metálicas que dan al exterior del CT no tendrán contacto eléctrico alguno con masas conductoras que sean susceptibles de quedar sometidas a tensión a causa de averías, con el fin de evitar la aparición de tensiones de contacto elevadas.

$$U_c' = \mathbf{0\ V}$$

Siendo:

U_c': tensión de paso en el exterior [V]

Tensión de paso

La tensión de paso en el exterior vendrá determinada por las características del electrodo y de la resistividad del terreno, de acuerdo a la expresión:

$$U_p' = K_p \cdot I_d \cdot \rho \qquad (1.14)$$

Siendo:

U_p': tensión de paso en el exterior [V]

I_d: intensidad de falta a tierra [A]

ρ: resistividad del terreno [Ω·m]
K_p: coeficiente

por lo que se obtiene en el CT una tensión de:

$$U_p' = \mathbf{1597\ V}$$

1.10.6 Cálculo de las tensiones en el interior de la instalación

El suelo del Centro estará constituido por un mallazo electrosoldado con redondos de diámetro no inferior a 4 mm. formando una retícula no superior a 0,30 x 0,30 m. Este mallazo se conectará como mínimo en dos puntos preferentemente opuestos a la puesta a tierra de protección del Centro. Con esta disposición se consigue que la persona que deba acceder a una parte que pueda quedar en tensión de forma eventual. Está sobre una superficie equipotencial, con lo que desaparece el riesgo inherente a la tensión de contacto y de paso interior. Este mallazo se cubrirá con una capa de hormigón de 10 cm de espesor, como mínimo.
El edifico prefabricado de hormigón estará construido de tal manera que, una vez fabricado, su interior sea una superficie equipotencial. Todas las varillas metálicas embebidas en el hormigón que constituyan la armadura del sistema equipotencial estarán unidas entre sí mediante soldadura eléctrica.
Así pues, no será necesario el cálculo de las tensiones de paso y contacto en el interior de la instalación, puesto que su valor será prácticamente nulo.

Al existir dicha malla equipotencial, se considera según el Reglamento de Alta Tensión, en su ITC-RAT 13, que la tensión de paso en el acceso será igual a la tensión de defecto. De esta manera:

$$U_{p,acc}{}' = \mathbf{7000\ V}$$

Siendo:

$U_{p,acc}{}'$: tensión de paso aplicada en el acceso al CT [V]

1.10.7 Cálculo de las tensiones aplicadas

La tensión máxima de contacto aplicada aceptable, se obtiene de acuerdo a la instrucción ITC-RAT 13 del Reglamento de Alta Tensión, mostrada a continuación:

Duración de la corriente de falta, t_f (s)	Tensión de contacto aplicada admisible U_{CA}(V)
0,05	735
0,1	633
0,2	528
0,3	420
0,4	310
0,5	204
1	107

Tabla 2.3. Tensión de contacto máxima aplicada en función de la duración de falta. (Fuente: RAT)

La compañía suministradora establece un tiempo de duración de corriente de falta hasta despeje de 400 ms, por lo tanto, la tensión máxima de contacto admisible es:

$$U_{ca} = \mathbf{310\ V}$$

Siendo:

U_{ca}: tensión máxima de contacto admisible [V]

Para el cálculo de los valores máximos admisibles de tensión de paso y de contacto tanto en el exterior como en el acceso al Centro de Transformación, se emplean las siguientes expresiones, proporcionadas por el Reglamento de Alta Tensión en su ITC-RAT 13.

Tensión de contacto máxima admisible en el exterior del CT:

$$U_{c,máx} = U_{ca} \cdot \left(1 + \frac{R_{a1} + R_{a2}}{2 \cdot Z_B}\right) \quad (1.15)$$

Siendo:

U_{ca}: tensión de contacto aplicada [V]

R_{a1}: resistencia equivalente del calzado de un pie cuya suela sea aislante [Ω]

R_{a2}: resistencia a tierra del punto de contacto con el terreno de un pie [Ω]

Z_B: impedancia del cuerpo humano [Ω]

Tensión de paso máxima admisible en el exterior del CT:

$$U_{p,máx} = U_{pa} \cdot \left(1 + \frac{2 \cdot R_{a1} + 2 \cdot R_{a2}}{Z_B}\right) \quad (1.17)$$

Siendo:

U_{ca}: tensión de contacto aplicada [V]

R_{a1}: resistencia equivalente del calzado de un pie cuya suela sea aislante [Ω]

R_{a2}: resistencia a tierra del punto de contacto con el terreno de un pie [Ω]

Z_B: impedancia del cuerpo humano [Ω]

Tensión de paso máxima admisible en el acceso al CT:

$$U_{p,máx,acc} = U_{pa} \cdot \left(1 + \frac{2 \cdot R_{a1} + 3 \cdot \rho_s + 3 \cdot \rho_s^*}{Z_B}\right) \quad (1.18)$$

Siendo:

U_{ca}: tensión de contacto aplicada [V]

R_{a1}: resistencia equivalente del calzado de un pie cuya suela sea aislante [Ω]

R_{a2}: resistencia a tierra del punto de contacto con el terreno de un pie [Ω]

Z_B: impedancia del cuerpo humano [Ω]

ρ_s*: resistividad del material constituyente de la acera perimetral [Ω·m]

ρ_s: resistividad del suelo del edificio [Ω·m]

Los valores de resistencia de calzado de suela aislante y de impedancia del cuerpo humano están normalizados en unos valores típicos de 2000Ω y 1000Ω, respectivamente.

La resistencia del punto de contacto con el terreno se sustituye por tres veces la resistividad de la superficie de contacto. En este caso, la superficie de contacto será hormigón cuya resistividad se considera de 3000Ω·m.

Al sustituir el valor de tensión de contacto aplicada adecuada en este proyecto, 310V, obtenido de la tabla 2.3, y los valores normalizados de resistencia de calzado y resistividad del hormigón, se obtiene:

$$U_{c,máx} = \mathbf{2015\ V}$$

El valor de tensión de paso aplicada adecuada para este proyecto es de 3100V, que se considera diez veces mayor que el valor de tensión de contacto aplicada, típicamente. Sustituyendo en la ecuación (1.18) junto a los valores normalizados para resistencia de calzado y resistividad del hormigón, se obtiene:

$$U_{p,máx} = \mathbf{71300\ V}$$

En el caso del acceso, se emplean los mismos valores que en la tensión de paso máxima admisible en el exterior, añadiendo 3000Ω·m como resistividad del hormigón, que será el material empleado tanto en el suelo del edificio como en la acera perimetral. Sustituyendo en la ecuación, se observa como los valores de tensión máxima admisible de paso en el acceso y en el exterior coinciden.

Por último, se comprueba que los valores de tensión de paso y contacto calculados en el apartado 1.6.5 son inferiores que los máximos admisibles:

- Tensión de contacto en el exterior del CT:

$$U_c{}' = 0\ V < U_{c,máx} = 2015\ V$$

- Tensión de paso en el exterior del CT:

$$U_p{}' = 1597\ V < U_{p,máx} = 71300\ V$$

- Tensión de paso en el acceso al CT:

$$U_{p,acc}{}' = 7000\ V < U_{p,máx} = 71300\ V$$

1.10.8 Investigación de las tensiones transferibles al exterior

El objetivo de este apartado es garantizar que el sistema de tierras de protección no transfiera tensiones al sistema de puesta a tierra de servicio, de manera que se evite que los usuarios se vean afectados. Para cumplir con este requisito, se debe establecer una separación entre los electrodos más próximos a otros sistemas, siempre que la tensión de defecto supere los 1000V.

En este caso es imprescindible mantener dicha separación, al ser la tensión de defecto superior a los 1000V indicados.

La distancia mínima de separación entre los sistemas de tierras viene dada por la expresión:

$$D_{min} = \frac{\rho \cdot I_d}{2000 \cdot \pi} \quad (1.19)$$

Siendo:

ρ: resistividad del terreno en [Ω·m]

I_d: intensidad de defecto [A]

D_{min}: distancia mínima de separación [m]

Los valores correspondientes a intensidad de defecto y resistividad del terreno, son de 722.6A y 100Ω·m, respectivamente. Sustituyendo en la ecuación () se obtiene:

$$D_{min} = \mathbf{11.51\ m}$$

1.10.9 Corrección y ajuste del diseño inicial

No se considera necesario la corrección del sistema proyectado, dado que todos los parámetros de diseño se han comprobado dentro de límites y de acuerdo a normativa.

No obstante, si el valor medido de las tomas a tierra resultara elevado en la práctica, se corregirían estas mediante, por ejemplo, una alfombra aislante en el suelo del CT, para evitar tensiones de paso y de contacto excesivas.

Asimismo, se podrían ejecutar otras configuraciones de puesta a tierra, de acuerdo con el Método de Cálculo de Tierras de UNESA, con valores de coeficiente de electrodo K_r inferiores a los presentes, dado que, para la misma geometría, dimensiones, número de picas o profundidad de enterramiento darían lugar a tensiones dentro de límites, al alejarse del límite superior.

1.11 LIMITACIÓN DEL NIVEL DE RUIDO EMITIDO POR INSTALACIONES DE ALTA TENSIÓN

El Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Instalaciones Eléctricas de Alta Tensión indica, en su instrucción técnica complementaria ITC-RAT 14 indica de manera explícita:

"Con objeto de limitar el ruido originado por las instalaciones de alta tensión, éstas se dimensionarán y diseñarán de forma que los índices de ruidos medidos en el exterior de las instalaciones se ajusten a los niveles de calidad acústica establecidos en el Real Decreto 1367/2007, de 19 de octubre, por el que se desarrolla la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido, en lo referente a zonificación acústica, objetivos de calidad y emisiones acústicas".

Existen diferentes zonas acústicas, definidas en el citado reglamento, en función de la actividad que se desempeña. En el caso del presente proyecto, aplica la zona B, cuya descripción se recoge a continuación:

Área acústica de tipo b).- Sectores de territorio de uso industrial:
Se incluirán todos los sectores del territorio destinados o susceptibles de ser utilizados para los usos relacionados con las actividades industrial y portuaria incluyendo; los procesos de producción, los parques de acopio de materiales, los almacenes y las actividades de tipo logístico, estén o no afectas a una explotación en concreto, los espacios auxiliares de la actividad industrial como subestaciones de transformación eléctrica etc.

En el Boletín Oficial del Estado (BOE) núm. 254, del martes 23 octubre de 2007, se recogen los objetivos de calidad acústica para ruido aplicables a distintas áreas en función de la actividad que en ellas se realice. Los niveles de ruido que se persiguen como objetivo y que limitan el diseño del presente proyecto se muestran en las tablas a continuación, extraída de Anexo II y Anexo III del documento oficial mencionado.

Tipo de área acústica		Índices de ruido		
		L_d	L_e	L_n
e	Sectores del territorio con predominio de suelo de uso sanitario, docente y cultural que requiera una especial protección contra la contaminación acústica	50	50	40
a	Sectores del territorio con predominio de suelo de uso residencial	55	55	45
d	Sectores del territorio con predominio de suelo de uso terciario distinto del contemplado en c.	60	60	50
c	Sectores del territorio con predominio de suelo de suelo de uso recreativo y de espectáculos	63	63	53
b	Sectores del territorio con predominio de suelo de uso industrial	65	65	55
f	Sectores del territorio afectados a sistemas generales de infraestructuras de transporte, u otros equipamientos públicos que los reclamen. (1)	Sin determinar	Sin determinar	Sin determinar

Tabla 2.4. Objetivos de calidad acústica para ruido aplicables a áreas urbanizadas existentes. (Fuente: BOE núm. 254)

(1) En estos sectores del territorio se adoptarán las medidas adecuadas de prevención de la contaminación acústica, en particular mediante la aplicación de las tecnologías de menor incidencia acústica de entre las mejores técnicas disponibles, de acuerdo con el apartado a), del artículo 18.2 de la Ley 37/2003, de 17 de noviembre.

Nota 1: Los objetivos de calidad aplicables a las áreas acústicas están referenciados a una altura de 4 m.

Nota 2: los subíndices d, e, n hacen referencia a "día", "tarde" y "noche", respectivamente

Tipo de área acústica		Índices de ruido		
		$L_{K,d}$	$L_{K,e}$	$L_{K,n}$
e	Sectores del territorio con predominio de suelo de uso sanitario, docente y cultural que requiera una especial protección contra la contaminación acústica	50	50	40
a	Sectores del territorio con predominio de suelo de uso residencial	55	55	45
d	Sectores del territorio con predominio de suelo de uso terciario distinto del contemplado en c.	60	60	50
c	Sectores del territorio con predominio de suelo de suelo de uso recreativo y de espectáculos	63	63	53
b	Sectores del territorio con predominio de suelo de uso industrial	65	65	55

Tabla 2.5. Valores límite de inmisión de ruido aplicables a infraestructuras portuarias y a actividades. (Fuente: BOE núm. 254)

Como se ha mencionado anteriormente, la zona que aplica en este proyecto es la zona B. De la *tabla 3*, se obtienen los valores que limitan el nivel de ruido para estas actividades, que son:

- $L_{K,d}$: 65 dB – Índice de ruido corregido a largo plazo del periodo temporal DÍA, de 07:00 a 19:00 h.
- $L_{K,a}$: 65 dB – Índice de ruido corregido a largo plazo del periodo temporal TARDE, de 19:00 a 23:00 h.
- $L_{K,p}$: 55 dB – Índice de ruido corregido a largo plazo del periodo temporal NOCHE, de 23:00.

Se elige como límite el más restrictivo de todos ellos, que es de 55 dB, correspondiente al periodo temporal NOCHE.

La inmisión de ruido Centro de Transformación, se debe realizar considerando el conjunto transformador y edificio prefabricado.

Las características del edificio, se calculan de acuerdo a las dimensiones del mismo proporcionadas por el fabricante en la ficha técnica.

El parámetro fundamental que se ha de calcular para comprobar que el conjunto del Centro de Transformación cumple con la normativa de ruidos anteriormente comentada es el nivel de aislamiento, en forma de coeficiente de reducción acústica. Concretamente, se considera el nivel de aislamiento de una pared simple homogénea, definido por la denominada Ley de Masas y Frecuencias, que sigue la siguiente expresión:

$$A_i = 20 \cdot \log(M_i \cdot f) - 47 \qquad (1.20)$$

Siendo:

M_i: masa de superficie del elemento i [kg/m^2]

f: frecuencia del sonido [Hz]

A_i: aislamiento acústico específico del elemento i [dB]

Habitualmente, por no decir en la inmensa mayoría de los casos, en la edificación se emplean elementos formados por elementos constructivos distintos. Por ejemplo, en el caso del Centro de Transformación del presente proyecto, como es lógico, el edificio prefabricado está formado por puertas, rejilla, techo… cada uno de los cuales con un aislamiento acústico distinto. Al tener en cuenta la heterogeneidad en cuanto al aislamiento acústico del CT, se debe considerar la reducción acústica desde un punto de vista global, de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$A_g = 10 \cdot \log\left(\frac{\sum S_i}{\sum\left(\frac{S_i}{10^{0.1 \cdot A_i}}\right)}\right) \quad (1.21)$$

Siendo:

S_i: área del elemento constructivo i [m^2]

A_i: aislamiento específico del elemento i [dB]

A_g: aislamiento acústico global [dB]

Los resultados tanto de nivel de aislamiento acústico específico de cada elemento que constituye el CT, como de aislamiento acústico global, se recogen en la tabla a continuación.

Elemento constructivo		Superficie (m^2)	Masa de superficie (kg/m^2)	Nivel de aislamiento (dB)				
				125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz
Techo		10.6	320	45	51.1	57.1	63.1	69.1
Paredes		21.9	320	45	51.1	57.1	63.1	69.1
Fachada	Muro	10.6	320	45	51.1	57.1	63.1	69.1
	Rejilla	-	5	8,9	14,9	21,0	27,0	33,0
	Puerta	-	90	34,0	40,0	46,1	52,1	58,1
Suelo		10.6	350	45.8	51.8	57.9	63.9	69.9
Total		53.7	-	26,3	32,3	36,1	42,6	49.3

Tabla 2.6. Niveles de aislamiento de los distintos elementos constructivos para distintas frecuencias de sonido en el edificio prefabricado de CT PF4 marca Ormazábal. (Fuente: Ormazábal S.A)

Una vez se obtienen los valores de aislamiento acústico en el centro de transformación para distintas frecuencias, se ha de comprobar que el edifico consigue aislar el nivel de ruido del transformador para cada una de las distintas frecuencias. El ruido que produce el transformador se puede consultar en la ficha técnica y se recoge en la siguiente tabla, junto con la inmisión de sonido final en el exterior del CT.

Inmisión Exterior según RD 337/2014						
Frecuencia (Hz)	125	250	500	1000	2000	TOTAL*
Ruido Transformador 800 kVA (dB)	40.6	43	46.4	41.9	39.5	49.98
Aislamiento edificio prefabricado (dB)	26.3	32.3	36.1	42.6	49.3	50.43
Inmisión (dB)	30.4	19.3	13.5	-0.7	-11	**30.84**

Tabla 2.7. Nivel de inmisión sonora en el exterior del edificio prefabricado del Centro de Transformación
** El total se calcula a partir de una suma logarítmica, de acuerdo a la ecuación (1.21)*

De acuerdo a los cálculos realizados, se puede observar que la inmisión sonora en el exterior del edificio prefabricado (30.84 dB) es inferior al límite de contaminación acústica fijado anteriormente (55 dB).

En conclusión, los elementos propuestos, transformador y edificio prefabricado, cumplen con la normativa vigente.

1.12 LIMITACIÓN DE LOS CAMPOS MAGNÉTICOS EN LA PROXIMIDAD DE INSTALACIONES DE ALTA TENSIÓN

1.12.1 Introducción

La preocupación por efecto de los campos electromagnéticos (CEM) generados por las líneas de alta tensión y los centros de transformación está aumentando, debido a los posibles efectos nocivos sobre la salud.

Los campos electromagnéticos se dividen en dos componentes, el campo magnético y el campo eléctrico. En cuanto a los posibles efectos sobre la salud, la mayor controversia se centra en el campo magnético.

El campo magnético se origina por el movimiento de cargas eléctricas en función del consumo de energía, es decir, cuanto mayor sea la intensidad de la corriente, mayor es la magnitud del campo magnético. Como es lógico, la intensidad del campo magnético es mayor en su punto de origen y disminuye conforme aumenta la distancia. Los materiales de construcción comunes, como las paredes del Centro de Transformación, no bloquen los campos magnéticos.

El Real Decreto 1066/2001, de 28 de septiembre, establece las condiciones de protección del dominio público radioeléctrico, restricciones a las emisiones radioeléctricas y medidas de protección sanitaria frente a emisiones radioeléctricas.

El límite de exposición máximo para campos electromagnéticos de frecuencia 50 Hz (la componente fundamental del campo producido por el transformador) es de 100 microteslas, según el cuadro 2 del artículo 3.1, “Niveles de referencia para campos eléctricos, magnéticos y electromagnéticos (0 Hz-300 Ghz, valores rms imperturbados)”.

Según la instrucción técnica complementaria ITC-RAT 14 del Reglamento de Alta Tensión, en el diseño de las instalaciones de Alta Tensión se adoptarán las medidas para minimizar, los campos electromagnéticos creados por la circulación de corrientes a 50 Hz en los diferentes elementos de una instalación de Alta Tensión.

1.12.2 Cálculo de los campos electromagnéticos generados por circuitos de corriente alterna

Al no existir apantallamiento magnético se puede emplear la Ley de Biot-Savart para calcular el campo magnético en un punto.

A lo largo de este aparatado se muestran una serie de ecuaciones para el cálculo de campo magnético. Cabe destacar el hecho de que, en todas ellas, los valores de intensidad y campo magnético se refieren a valores de pico, no eficaces.

De esta manera, el valor del campo magnético en un punto P (x_i, y_i), puede ser determinada mediante la expresión:

$$B = \mu_0 \cdot H = 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} \cdot \frac{I}{2 \cdot \pi \cdot r} \tag{1.22}$$

Siendo:

μ_0: constante de permeabilidad magnética del vacío [H/m]

I: intensidad por el conductor [A]

r: vector distancia entre el conductor y el punto P [m]

H: vector intensidad de campo magnético [A/m]

B: vector campo magnético en el punto P [T]

La dirección del vector campo magnético es perpendicular a la línea que el conductor con el punto P, que es el lugar donde se busca calcular el campo. La ecuación (1.22) proporciona un vector campo magnético, que resulta interesante descomponer en sus componentes x e y en un sistema cartesiano, de acuerdo a las siguientes expresiones:

$$B_t = \sqrt{B_x^2 + B_y^2 + B_z^2} \tag{1.23}$$

$$r = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2} \tag{1.24}$$

Siendo:

x: distancia en el eje x al punto P [m]

y: distancia en el eje y al punto P [m]

z: distancia en el eje z al punto P [m]

r: vector distancia entre el conductor y el punto P [m]

B_x: valor de pico de la componente en eje de x del vector campo magnético [T]

B_y: valor de pico de la componente en eje de y del vector campo magnético [T]

B_z: valor de pico de la componente en eje z del vector campo magnético [T]

B: valor de pico del vector campo magnético en el punto P [T]

La expresión del campo magnético se debe generalizar para varios conductores, calculando por superposición de los campos de cada conductor el campo magnético total, de acuerdo a las ecuaciones:

$$B_x = \frac{\mu_0}{2 \cdot \pi} \cdot \sum_{i=1}^{k} \frac{I_i \cdot x_i}{x_i^2 + y_i^2 + z_i^2} \tag{1.25}$$

$$B_y = \frac{\mu_0}{2 \cdot \pi} \cdot \sum_{i=1}^{k} \frac{I_i \cdot y_i}{x_i^2 + y_i^2 + z_i^2} \tag{1.26}$$

$$B_z = \frac{\mu_0}{2 \cdot \pi} \cdot \sum_{i=1}^{k} \frac{I_i \cdot z_i}{x_i^2 + y_i^2 + z_i^2} \tag{1.27}$$

Siendo:

x_i: distancia del conductor i en el eje x al punto P [m]

y_i: distancia del conductor i en el eje y al punto P [m]

z_i: distancia del conductor i en el eje z al punto P [m]

μ_0: constante de permeabilidad magnética del vacío [H/m]

I_i: intensidad de pico por el conductor i [A]

k: número de conductores

B_x: valor de pico de la componente en eje de x del vector campo magnético [T]

B_y: valor de pico de la componente en eje de y del vector campo magnético [T]

B_z: valor de pico de la componente en eje z del vector campo magnético [T]

1.12.3 Resultados del cálculo de campo magnético

El estudio se centra en los principales elementos de la instalación de alta tensión que pueden generar campo magnético de forma permanente, según el orden que sigue la potencia hasta la llegada a la nave, son los siguientes:

- Cableado de Media Tensión de acometida al CT
- Cableado de Baja Tensión entre el Transformador y el cuadro de Baja Tensión

El punto de funcionamiento del transformador para el cual se realiza el estudio se considera en el 100% de su potencia nominal, caso más desfavorable.

La acometida se realiza a partir de un conjunto de tres cables unipolares, uno cada fase, por los cuales circula una corriente que se considera como la nominal del lado de alta tensión del transformador, dado que se estima que este trabaja al 100% de carga. De la misma manera ocurre en el caso de la línea que discurre entre transformador y cuadro de Baja Tensión, en este caso con corriente nominal del lado de baja tensión del transformador. En ambos casos se utilizarán intensidades de pico, de acuerdo a las ecuaciones (1.25), (1.26) y (1.27), considerando dichas intensidades como sinusoides.

Las características del transformador y su situación en el edificio prefabricado, que se extraen de las fichas técnicas, se recogen a continuación:

Parámetros del transformador	
Potencia del transformador	800 kVA
Tensión nominal primario	20 kV
Tensión nominal secundario	0.42 kV
Altura de bornes AT	0.85 m
Altura de borne BT	1.7 m
Interdistancia fases AT	0.55 m
Interdistancia fases BT	0.55 m
Fase central a pared exterior	1.2 m
Fases MT a pared exterior	0.5 m
Fases BT a pared exterior	1 m

Tabla 2.8. Parámetros constructivos del transformador de 800 kVA marca TESAR necesarios para el cálculo de campos magnéticos

A continuación, se muestra una imagen simplificada del transformador, en sus vistas de alzado y perfil, en la que se acotan los valores de distancia que se presentan en la tabla 2.7, para contribuir a la claridad en el cálculo de los campos magnéticos, dado que estos están basados fundamentalmente en la disposición física del transformador.

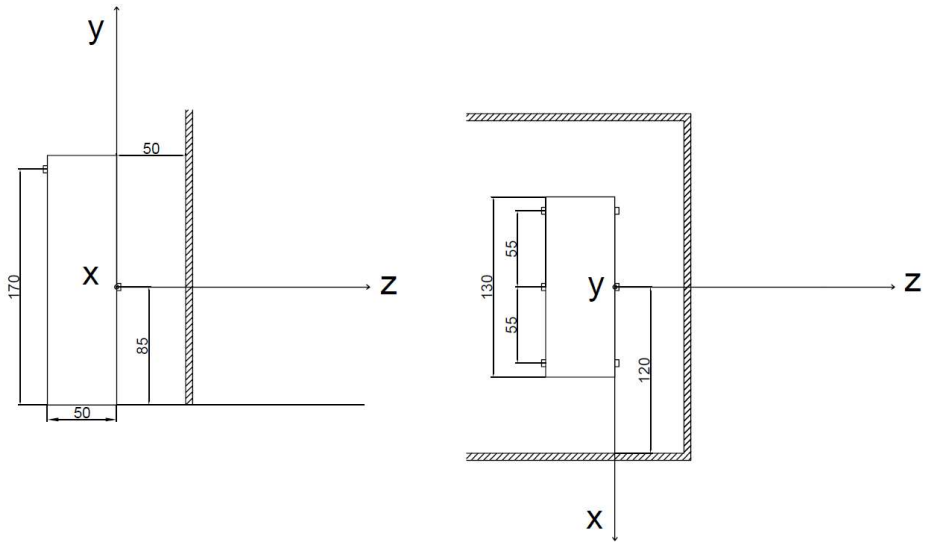


Fig. 2.1. Representación de vistas de planta y de perfil del transformador TESAR de 800 kVA y su situación en el Centro de Transformación

El punto de cálculo de campo magnético se sitúa a un metro de distancia de la pared del edificio prefabricado hacia el exterior, que es lugar donde presumiblemente puede existir público. Se han de diferenciar dos distancias de cálculo, en función de si la zona de campo magnético más intenso (más desfavorable) se encuentra transversal o longitudinal al transformador. Ambas situaciones se estudian a continuación.

Cálculo en línea transversal al trasformador

La primera situación de análisis corresponde a un punto P situado a un metro de distancia con respecto a la pared del Centro de Transformación, en dirección transversal al transformador, y un metro de altura respecto al suelo.

A continuación, se recoge una tabla en la que se muestran las medidas de distancia que se emplean en el cálculo de los campos magnéticos producidos por las líneas tanto de Alta como de Baja Tensión, de acuerdo a unos ejes cartesiano situados en la borna central del lado del primario del transformador.

		x(m)	y(m)	z(m)	r(m)
AT	Fase U	-0.55	0.15	1.5	1.605
	Fase V	0	0.15	1.5	1.507
	Fase W	0.55	0.15	1.5	1.605
BT	Fase U´	-0.55	-0.7	2	2.189
	Fase V´	0	-0.7	2	2.119
	Fase W´	0.55	-0.7	2	2.189

Tabla 2.9. Parámetros para el cálculo del campo magnético en zona transversal al transformador

Los valores recogidos en la tabla 2.8 se extraen de la ficha técnica del transformador seleccionado en el proyecto. No obstante, no se proporcionan de manera inmediata, sino que son necesarios una serie de estudios para obtener las distancias en metros que realmente se necesitan para el cálculo del campo magnético.

En la Fig. 2.2, se ha diseñado un modelo en el que se representan de forma clara la situación real de los parámetros mostrados anteriormente en la tabla 2.8. El diseño se ha realizado teniendo en cuenta los datos de la ficha técnica del transformador seco TESAR de 800 kVA, aunque la mayoría se han obtenido de manera no inmediata.

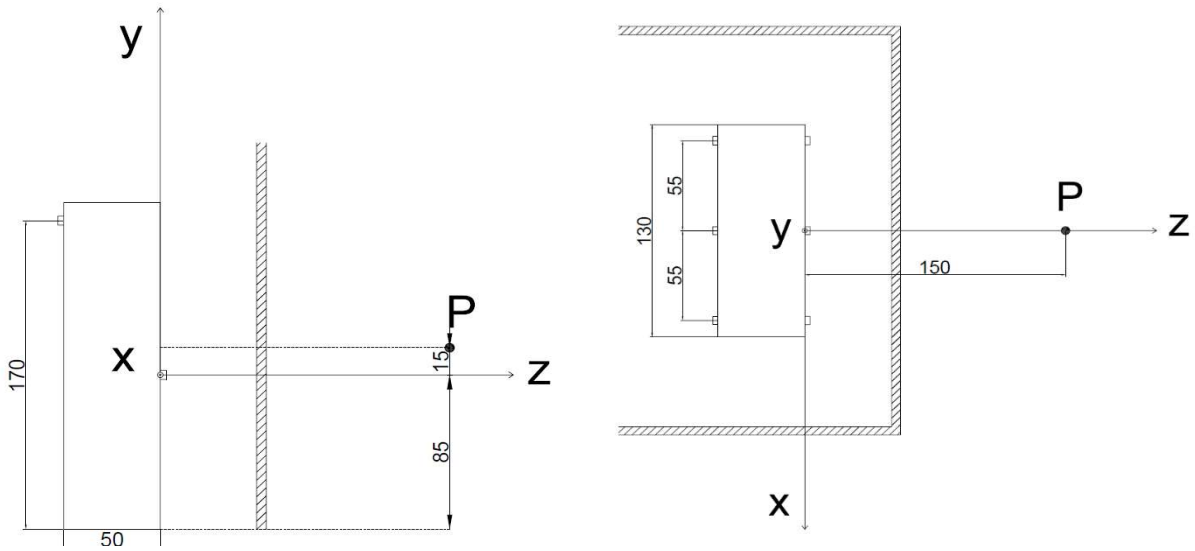


Fig. 2.2. Representación de vistas de planta y de perfil del transformador TESAR 800 kVA para cálculo de campo magnético en línea transversal

Una vez se tienen los valores de distancia entre el punto P y los conductores por los que circula corriente, se procede al cálculo del campo magnético en dicho punto, de acuerdo con las ecuaciones (1.24), (1.25), (1.26) y (1.27), según el eje cartesiana objeto de estudio. Los resultados se recogen en la siguiente tabla:

		r(m)	$I_{conductor}$*	$I \cdot x/r^2$	$I \cdot y/r^2$	$I \cdot z/r^2$	Bx(μT)	By(μT)	Bz(μT)	B_{TOTAL}(μT)
AT	Fase U	1.605	32.7	-6,98	1,90	19,03	-2,093	-2,533	-2,533	2.11
	Fase V	1.507	-16.3	0,00	-1,08	-10,78				
	Fase W	1.605	-16.3	-3,49	-0,95	-9,51				
BT	Fase U´	2.189	1555.2	-178,48	-227,16	649,03	-53,54	15,3	-43,73	53,74
	Fase V´	2.119	-777.6	0,00	121,23	-346,38				
	Fase W´	2.189	-777.6	-89,24	113,58	-324,51				

Tabla 2.10. Resultados cálculo de campo magnético en línea transversal al transformador para cableado de AT y BT

Los resultados están dentro del límite de 100 μT establecido por el Real Decreto 1066/2001, de 28 de septiembre, al obtenerse un valor de 54μT en el caso más desfavorable, que es para el cableado de Baja Tensión, es decir, entre las bornas de baja tensión del transformador y el cuadro de baja tensión del Centro de Transformación.

Como es lógico, El campo magnético generado por el cableado de baja tensión es mayor que el de media tensión debido a la magnitud de las corrientes que circula el secundario del transformador, que son del orden de 500 veces más grandes, al serla relación de transformación de 20000/420.

Por otra parte, se ha considerado que la intensidad que circula por los cables tanto de alta como de baja tensión es trifásica equilibrada. Debido a esto, la corriente homopolar será nula, al ser nula la suma de los corrientes por los tres conductores, que son iguales en módulo y desfasadas 120º.

Cálculo en línea longitudinal al transformador

La segunda situación de análisis corresponde a un punto Q situado a un metro de distancia con respecto a la pared del Centro de Transformación, en dirección longitudinal al transformador, y un metro de altura respecto al suelo.

A continuación, se recoge una tabla en la que se muestran las medidas de distancia que se emplean en el cálculo de los campos magnéticos producidos por las líneas tanto de Alta como de Baja Tensión, de acuerdo a unos ejes cartesiano situados en la primera borna del primario del transformador.

		x(m)	y(m)	z(m)	r(m)
AT	Fase U	1.65	0.15	0	1.657
	Fase V	2.2	0.15	0	2.205
	Fase W	2.75	0.15	0	2.754
BT	Fase U´	1.65	-0.7	-0.5	1.861
	Fase V´	2.2	-0.7	-0.5	2.362
	Fase W´	2.75	-0.7	-0.5	2.881

Tabla 2.11. Parámetros para el cálculo del campo magnético en zona longitudinal al transformador

Los valores recogidos en la tabla 2.11 se extraen de la ficha técnica del transformador seleccionado en el proyecto. En este caso, para las fases de AT, las distancias en el eje cartesiano z son nulas, al tratarse de un punto perteneciente al eje longitudinal del transformador.

Por otra parte, se muestra una imagen, la Fig.1.3., en la que se recoge un modelo en el que se representan de forma clara la situación real de los parámetros mostrados anteriormente en la

tabla 2.11. El diseño se ha realizado teniendo en cuenta los datos de la ficha técnica del transformador seco TESAR de 800 kVA, aunque la mayoría se han obtenido de manera no inmediata.

Con el objetivo de facilitar la visualización del estudio del campo magnético en el punto Q, longitudinal al transformador, se adjunta el siguiente diseño, que, como en el caso de cálculo de campo magnético en zona transversal al transformador, trata de aclarar la obtención de los parámetros recogidos, en este caso, en la tabla 2.9.

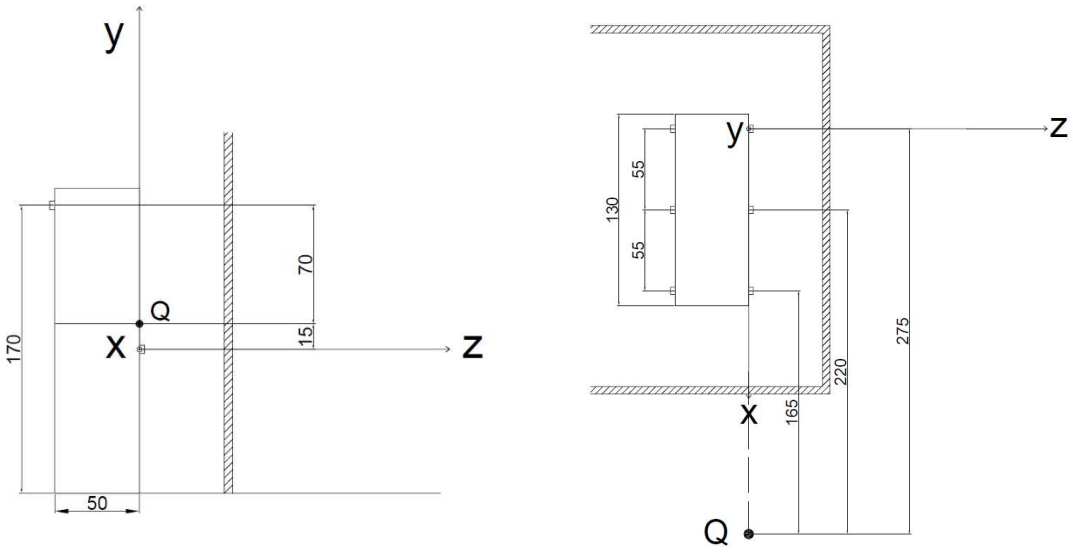


Fig. 2.3. Representación de vistas de planta y de perfil del transformador TESAR 800 kVA para cálculo de campo magnético en línea longitudinal

Una vez se tienen los valores de distancia entre el punto Q y los conductores por los que circula corriente, se procede al cálculo del campo magnético en dicho punto, de acuerdo con las ecuaciones (1.24), (1.25), (1.26) y (1.27), según el eje cartesiano objeto de estudio. Los resultados se recogen en la siguiente tabla:

		r(m)	$I_{conductor}$*	$I \cdot x/r^2$	$I \cdot y/r^2$	$I \cdot z/r^2$	Bx(μT)	By(μT)	Bz(μT)	B_{TOTAL}(μT)
AT	Fase U	1.657	32.7	19,66	1,79	0	1,27	0,19	0	1,29
	Fase V	2.205	-16.3	-7,37	-0,50	0				
	Fase W	2.754	-16.3	-5,91	-0,32	0				
BT	Fase U´	1.861	1555.2	-178,48	-227,16	649,03	35,39	-30,26	21,61	51,34
	Fase V´	2.362	-777.6	0,00	121,23	-346,38				
	Fase W´	2.881	-777.6	-89,24	113,58	-324,51				

Tabla 2.12. Resultados cálculo de campo magnético en línea longitudinal al transformador para cableado de AT y BT

Los resultados están dentro del límite de 100 μT establecido por el Real Decreto 1066/2001, de 28 de septiembre, al obtenerse un valor de 51.34 μT en el caso más desfavorable, que es para el

cableado de Baja Tensión, es decir, entre las bornas de baja tensión del transformador y el cuadro de baja tensión del Centro de Transformación.

Conclusión

El campo magnético calculado para el caso más desfavorable en régimen permanente es inferior a los valores máximos de campo magnético permitidos por la legislación vigente, en este caso el Real Decreto 1066/2001, de 28 de septiembre. De esta manera, no es necesario realizar ningún protocolo especial para reducir el campo magnético emitido.

No obstante, para reducir la contaminación magnética, se decide la utilización de bandejas de cable con tapa, con su consecuente puesta a tierra, para apantallar los campos magnéticos. Por otra parte, la acometida de media tensión está configurada de manera que los cables se agrupen en tresbolillo.

2. CÁLCULOS DE CABLEADO EN BAJA TENSIÓN

Tradicionalmente existen tres métodos para el cálculo de secciones: el criterio térmico, el criterio de la máxima caída de tensión y el criterio de la corriente de cortocircuito. En este proyecto se consideran, y por lo tanto se desarrollan en detalle, los dos primeros, dado que en Baja Tensión el diseño por corriente de cortocircuito no es determinante.

A lo largo de este aparatado se presentan los fundamentos teóricos de ambos criterios, térmico y de máxima caída de tensión, y se calculan las secciones de conductor necesarias para abastecer los consumos que se han definido en el proyecto.

Los resultados se presentan de manera conjunta sin hacer referencia al detalle del cálculo, salvo en las alimentaciones a los principales cuadros eléctricos y un ejemplo de cálculo de circuito interior del tipo monofásico y trifásico, para ilustrar sus diferencias en cuanto a diseño.

2.1 CRITERIO TÉRMICO

La condición térmica se basa en evitar sobrepasar la máxima intensidad admisible por un conductor sin que su aislante se caliente en exceso y pueda deteriorarse o incluso dañarse irreversiblemente.

El calentamiento de los conductores está producido por el efecto Joule, por el cual se considera la potencia disipada en una resistencia que se opone al paso de una corriente. Estas pérdidas de potencia son directamente proporcionales a la resistencia del conductor y la intensidad que circula por su sección. Por lo tanto, se deduce que reducir la intensidad consumida y/o la resistencia de conductor reduciría dichas pérdidas.

No obstante, la corriente que atraviesa el conductor depende del consumo que alimenta, de manera que el grado de libertad se encuentra en la resistencia del cable. Esta resistencia es inversamente proporcional a la sección de conductor que lo integra, de acuerdo a la expresión:

$$R_{cond} = \frac{\rho \cdot L}{n \cdot S} \tag{2.1}$$

Siendo:

ρ: resistividad del material conductor del cable [Ω]

L: longitud de la línea [m]

n: número de conductores por fase

S: sección de material conductor [mm^2]

R_{cond}: resistencia equivalente del conductor [Ω]

El objetivo que se persigue en el diseño de la sección de conductor es garantizar las mínimas pérdidas por calentamiento, mientras se satisfaga la demanda eléctrica en el circuito. El diseño del conductor se basa, por lo tanto, en la elección de una sección de cable y un aislante cuya intensidad máxima admisible supere la corriente demanda por el consumo que alimenta.

Los valores de intensidad máxima admisible se encuentran en el Reglamento Electrotécnico en Baja Tensión y dependen de cinco factores fundamentalmente:

- La temperatura máxima a la que puede estar sometido el aislante.
- El tipo de aislante utilizado, típicamente termoplástico o termoestable.
- El material conductor, típicamente aluminio o cobre.
- El tipo de instalación, habiendo de diferenciar entre enterradas, al aire libre y sus distintos subtipos.
- El tipo de alimentación, a saber, trifásica o monofásica, dependiendo del consumo.

Al tener en cuenta estas intensidades se garantiza que el conductor no supera la temperatura máxima admisible por el aislante, cumpliendo con la norma UNE HD 60364-5-32:2014 y el Reglamento Electrotécnico en Baja Tensión en su ITC-BT-07, sobre redes subterráneas, e ITC-BT-19, sobre conductores no enterrados, a temperatura ambiente.

La corriente de diseño está determinada por el consumo que alimenta. En términos de expresiones de cálculo, la única diferenciación se realiza en cuanto al tipo de línea, haciéndose necesario utilizar expresiones distintas de cálculo en circuitos monofásicos y trifásicos.

La corriente de diseño para conductores monofásicos se calcula según la expresión:

$$I = \frac{P}{U \cdot \cos(\varphi)} \tag{2.2}$$

Siendo:

U: tensión de la línea [V]

cos(φ): factor de potencia de la línea

P: potencia activa demandada prevista [W]

I: intensidad de consumo monofásica [A]

La corriente de diseño para conductores trifásicos se calcula de acuerdo a la expresión:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos(\varphi)} \tag{2.3}$$

Siendo:

U: tensión de la línea [V]

cos(ϕ): factor de potencia de la línea

P: potencia activa demandada prevista [W]

I: intensidad de consumo trifásica [A]

Cabe destacar como la potencia de cálculo no es necesariamente la nominal del consumo, debido a la frecuente utilización de los llamados factores de simultaneidad. Estos factores, cuyo valor es necesariamente menor que la unidad, determinan el valor real de potencia consumida por las cargas. En el dimensionado de la sección se debe tener en cuenta la potencia real de consumo, para evitar un sobredimensionamiento.

2.2 CRITERIO DE LA MÁXIMA CAÍDA DE TENSIÓN

Los materiales conductores que constituyen las líneas presentan una cierta resistencia, que se traduce en una caída de tensión cuando por la línea circula una intensidad, de acuerdo con la ley de Ohm. Esta caída de tensión en los conductores es el motivo por el cual la tensión en los receptores conectados a una línea la tensión no sea la misma que en el origen. Si la caída de tensión en la línea es excesiva, se puede producir una disfunción en los consumos, por lo que ha de ser tenida muy en cuenta en el diseño del conductor.

El Reglamento Electrotécnico en Baja Tensión establece unas caídas de tensión máximas admitidas que no se han de sobrepasar, las cuales sirven como punto de partida para el diseño según este criterio. Dichos límites, recogidos en la ITC-BT-19, dependen de la parte de la instalación. En el caso de este proyecto, al tratarse de una instalación alimentada directamente a partir de un transformador de distribución propio, los límites son de 4,5% en alumbrado y de 6,5% en fuerza.

Nuevamente la expresión de cálculo de la sección de conductor mínima es distinta para conductores monofásicos y conductores trifásicos. La sección en el caso de un conductor monofásico se calcula de la siguiente manera:

$$S = \frac{2 \cdot P \cdot L}{\sigma \cdot e \cdot U} \tag{2.4}$$

Siendo:

U: tensión de la línea [V]

e: caída de tensión máxima admisible [V]

σ: conductividad del material conductor a temperatura de diseño [Ω·m/mm^2]

P: potencia activa demandada prevista [W]

L: longitud de la línea [m]

S: sección mínima de cálculo por caída de tensión [mm^2]

La sección mínima de conductor para circuitos trifásicos se obtiene a partir de la expresión:

$$S = \frac{P \cdot L}{\sigma \cdot e \cdot U} \tag{2.5}$$

Siendo:

U: tensión de la línea [V]

e: caída de tensión máxima admisible [V]

σ: conductividad del material conductor a temperatura de diseño [Ω·m/mm^2]

P: potencia activa demandada prevista [W]

L: longitud de la línea [m]

S: sección mínima de cálculo por caída de tensión [mm^2]

Cabe destacar como la conductividad del material conductor depende de la temperatura a la que se encuentre, siendo inversamente proporcional a esta. El proyecto siempre considera la conductividad del material conductor a la temperatura máxima del aislante, puesto que al ser valor que da lugar a una mayor sección, constituye el caso más desfavorable.

Las ecuaciones (2.4) y (2.5) consideran despreciable la inductancia de las líneas, tal y como se establece en el Anexo 2 de la Guía de BT del Reglamento Electrotécnico en Baja Tensión. Este anexo determina como despreciable la inductancia de líneas para secciones menores o iguales a 120 mm^2, un valor que difícilmente se supera en un proyecto en BT.

El cálculo de sección a partir del criterio de caída de tensión proporciona un valor de sección mínima concreto. La estrategia consiste en la elección de la sección comercial inmediatamente superior al resultado teórico obtenido.

Por último, se ha de tener en cuenta que el valor de caída de tensión de las distintas líneas debe considerar las caídas de tensión de las líneas que la preceden. Por lo tanto, los valores máximos de caída de tensión deben respetarse considerando la caída de tensión total, es decir, la suma de la caída de tensión parcial de la línea que se está diseñando y las caídas de tensión de las líneas en serie aguas arriba.

2.3 CÁLCULO DE SECCIONES

El cálculo de la sección de conductor necesaria para realizar la alimentación de cada consumo se realiza combinando los dos criterios expuestos anteriormente, tanto térmico como de máxima caída de tensión. La sección se selecciona de manera que ambos criterios se cumplan.

La longitud de las líneas es clave al determinar qué criterio es el más restrictivo. Por una parte, en líneas de poca longitud la caída de tensión no será tan determinante como el térmico. Por otra, en el caso de diseño de líneas largas, la caída de tensión se hace más notable y por lo tanto el criterio de máxima caída de tensión es el determinante.

En los aparatados siguientes se muestran los resultados y elecciones para el tendido de líneas de este proyecto.

Los circuitos de alimentación a motores se dimensionan en base a una potencia de cálculo de un 25% superior al valor de potencia instalada, de acuerdo con el REBT. De acuerdo con este criterio, los valores de potencia asignados en la previsión de cargas difieren de las potencias de cálculo que se recogen en los siguientes aparatados.

2.3.1 Línea principal

Se trata de la línea que alimenta el Cuadro General de Baja Tensión (CGBT) desde el Centro de Transformación. El diseño se realiza considerando la mayor demanda de potencia que el transformador puede abastecer.

Los conductores empleados están sujetos a la ITC-BT-07 del REBT, dado que se encuentran enterrados en el interior de tubos, constituyendo así una red subterránea. La alimentación es trifásica, de tensión de línea o compuesta de 400V, mientras que la potencia de cálculo es la potencia aparente del transformador, 800 kVA.

A continuación, se presentan los parámetros necesarios para dimensionar la sección de conductor en forma de tabla.

Línea	σ (Ω·m/mm^2)	cos(φ)	L (m)	Tipo de cables	Reactancia (mΩ/m)
CT-CGBT	28	0.8	10	Unipolares	0.1

Tabla 2.13. Parámetros para el cálculo de la sección de conductor de línea CT-CGBT

La línea principal de alimentación necesita de una gran sección de material conductor, dado que transporta una potencia elevada. En consecuencia, el material conductor seleccionado es el aluminio, que resulta más económico que el cobre. Bajo el mismo criterio se opta por instalar cables unipolares, para maximizar la corriente de cable admisible por el conductor. Por último, como aislamiento se elige el polietileno reticulado XLPE, dado que se trata de un material termoestable y por lo tanto no pierde propiedades con el calentamiento. La elección del aislante determina la temperatura a la que se evalúa la conductividad del metal, 90°C, de acuerdo con la norma UNE HD 60364-5-52:2014.

El cálculo de intensidad admisible se realiza de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$I = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot U} \tag{2.6}$$

Siendo:

U: tensión de la línea [V]

S: potencia aparente del transformador [VA]

I: intensidad de consumo [A]

Al aplicar los valores de la tabla 2.13 a la expresión (2.6) se obtienen el siguiente valor de corriente de diseño:

$$I = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot U} = \frac{800 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 400} = \mathbf{1154.7\ A}$$

En este caso, la máxima intensidad admisible se obtiene de una manera peculiar, dado que no existe ninguna sección de conductor que soporte tal cantidad de corriente, haciéndose necesario instalar varios conductores por fase. Al instalar más de un conductor por fase se aumenta la sección equivalente para que la intensidad que soporte el cable sea mayor, partiendo de una sección normalizada, en este caso de 240 mm^2.

La intensidad máxima equivalente del cable se calcula con la siguiente expresión:

$$I_{adm} = I_{sn} \cdot n \cdot f_c \qquad (2.7)$$

Siendo:

I_{sn}: intensidad máxima admisible para la sección de conductor normalizada [A]

n: número de conductores por fase

f_c: factor de corrección

I_{adm}: intensidad admisible para la sección de conductor equivalente [A]

La intensidad máxima para la sección normalizada se obtiene de la tabla 4 de la ITC-BT-07 del REBT, obteniendo un valor de 430A para 240 mm^2. Los factores de corrección vienen determinados en función del número de conductores por fase y la distancia entre los tubos por los que discurre el conductor, según la tabla H de la ITC-BT-19 del REBT.

Finalmente se obtiene una intensidad de:

$$I_{adm} = 430 \cdot 4 \cdot 0.7 = \mathbf{1204\ A}$$

La corriente admisible equivalente es superior a la corriente de la línea, luego se decide instalar conductores unipolares de 240 mm^2, con cuatro conductores por fase.

Una vez seleccionada la sección de conductor que se instala, se debe calcular la caída de tensión real en la línea, puesto que es imprescindible en el cálculo de caída de tensión de todas las líneas que derivan de ella.

En la tabla 2.13 se observa cómo se está considerando la reactancia de la línea para el cálculo de caída de tensión, por lo que éste se realiza a partir de la expresión:

$$e = \frac{P \cdot L}{\sigma \cdot n \cdot S \cdot U} + \frac{P \cdot L \cdot X_u \cdot sen(\varphi)}{1000 \cdot n \cdot U \cdot \cos(\varphi)} \quad (2.8)$$

Siendo:

U: tensión de la línea [V]

σ: conductividad del material conductor a temperatura de diseño [Ω·m/mm^2]

P: potencia activa demandada prevista [W]

L: longitud de la línea [m]

n: número de conductores por fase

S: sección del conductor [mm^2]

X_u: reactancia de la línea [mΩ/m]

cos(φ): factor de potencia

e: caída de tensión máxima admisible [V]

Al sustituir los valores de la tabla 2.13 y los valores de número de conductores por fase y sección de conductor calculado de acuerdo con la ecuación (2.8) se obtiene el siguiente valor de caída de tensión en la línea:

$$e = \mathbf{0.9\,V}$$

Este valor de caída de tensión absoluto supone un 0.22% de la tensión de la línea, que resulta menor del 4,5% y se sitúa dentro de los límites establecidos por la ITC-BT-19 del REBT.

Por otra parte, al tratarse de una red subterránea, se instalan tubos para asegurar la protección del cable. El diámetro del tubo elegido es de 225 mm, de acuerdo con la tabla 9 de la ITC-BT-21 del REBT.

El conductor de protección se calcula según la tabla 1 de la ITC-BT-07, resultando una sección de 120 mm^2.

Por último, a modo de resumen, se recogen las características de la línea y del cable elegido en la siguiente tabla:

Línea	Tensión (V)	Potencia (kVA)	Aislamiento	Conductor	Canalización
CT-CGBT	400	800	XLPE	4(4x240) mm^{2}Al+TT 120 mm^2 Al	Tubo PVC 225 mm

Tabla 2.14. Características de la línea CT-CGBT

2.3.2 Línea secundaria 1

Se trata de la línea desde Cuadro General de Baja Tensión a Cuadro General de Baja Tensión de la Nave 2 (CGBT N2).

Los conductores empleados están sujetos a la ITC-BT-07 del REBT, dado que se encuentran enterrados en el interior de tubos, constituyendo así una red subterránea. La alimentación es trifásica, de tensión de línea o compuesta de 400V, y se calcula para una potencia activa de 194000 W, obtenida en base a la previsión de cargas para el CGBT N2, recogido el apartado 4 de la Memoria del Proyecto. Asimismo, se tiene en cuenta el coeficiente de sobredimensionado para circuitos de alimentación a motores determinado en el aparatado 2.3.

A continuación, se presentan los parámetros necesarios para dimensionar la sección de conductor en forma de tabla.

Línea	σ (Ω·m/mm^2)	cos(φ)	L (m)	Tipo de cables
CGBT-CGBT N2	28	0.8	215	Unipolares

Tabla 2.15. Parámetros para el cálculo de la sección de conductor de línea CGBT-CGBT N2

El conductor seleccionado es aluminio y el material aislante el polímero termoestable XLPE, de manera que la temperatura a la que se evalúa la temperatura del conductor es de 90°, según la norma UNE HD 60364-5-52:2014.

El cálculo de intensidad admisible y de sección mínima de conductor se realizan de acuerdo a las expresiones (2.3) y (2.5), respectivamente. Al aplicar los valores de la tabla 2.15 a dichas expresiones se obtienen los siguientes valores de corriente y sección de diseño:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos(\varphi)} = \frac{194000}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0.8} = \mathbf{350\ A}$$

$$S = \frac{P \cdot L}{\sigma \cdot e \cdot U} = \frac{(194000) \cdot 215}{28 \cdot \frac{4.5}{100} \cdot 400 \cdot 400} = \mathbf{206.9\ mm^2}$$

Como era de esperar, al tratarse de una línea larga, el diseño por criterio de máxima caída de tensión resulta muy significativo, y debe ser tenido en cuenta junto al criterio térmico. La sección de conductor mínima resulta de 185 mm^2 según criterio térmico, y de 240 mm^2 según criterio de máxima caída de tensión, de acuerdo con la tabla 4 de la ITC-BT-07 del REBT. Se selecciona la sección más restrictiva, en este caso de 240 mm^2.

La caída de tensión en la línea para una sección de 240 mm^2 según la ecuación (2.8) resulta del 3.8%, que sumada a la caída de tensión de la línea de derivación individual supone un valor de caída de tensión del 4,1%. Al existir un límite de un 4,5% en circuitos de alumbrado y de un

6,5% en circuitos de fuerza, conviene aumentar la sección del conductor para garantizar que la caída de tensión de las líneas que se van a alimentar desde el CGBT N2 se encuentran dentro de límites. Se opta por añadir un nuevo conductor por fase en lugar de aumentar la sección nominal del conductor para que resulte más sencillo el acceso al material, dado que 240 mm^2 es una sección muy habitual en industria.

Por lo tanto, se aplica la ecuación (2.7), para dos conductores por fase y un factor de corrección de 0.85, según la tabla H de la ITC-BT-19 del REBT. El valor de intensidad admisible obtenido es:

$$I_{adm} = 430 \cdot 2 \cdot 0.85 = \mathbf{731\ A}$$

La intensidad máxima para la sección normalizada se obtiene de la tabla 4 de la ITC-BT-07 del REBT, obteniendo un valor de 430A para 240 mm^2.

La corriente admisible equivalente es superior a la corriente de la línea, luego se decide instalar conductores unipolares de 240 mm^2, con dos conductores por fase. La caída de tensión total que resulta con esta selección es del 2,16%, dentro de límites, de acuerdo con la ecuación (2.5).

Nuevamente, al tratarse de una red subterránea, se instalan tubos para asegurar la protección del cable. El diámetro del tubo elegido es de 225 mm, de acuerdo con la tabla 9 de la ITC-BT-21 del REBT.

El conductor de protección se calcula según la tabla 1 de la ITC-BT-07, resultando una sección de 120 mm^2.

A modo de resumen, se recogen las características de la línea y del cable elegido en la siguiente tabla:

Línea	Tensión (V)	Potencia (W)	Aislamiento	Conductor	Canalización
CT-CGBT	400	320000	XLPE	2(4x240) mm^2 Al + TT 120mm^2 Al	Tubo PVC 225 mm

Tabla 2.16. Características de la línea CGBT-CGBT N2

2.3.3 Línea secundaria 2

Se trata de la línea que discurre entre el Cuadro General de Baja Tensión y el Cuadro Secundario de Protección Contra Incendios (CS PCI).

Los conductores empleados están sujetos a la ITC-BT-19 del REBT, dado que se encuentran enterrados sin estar alojados en tubos y por lo tanto siguen la norma UNE 20460-5-523, para Instalaciones Enterradas.

La alimentación es trifásica, de tensión de línea o compuesta de 400V, y se calcula para una potencia activa de 20000 W, dado que se estima un factor de simultaneidad de 1, según el apartado

4 de la Memoria del Proyecto. Asimismo, se tiene en cuenta el coeficiente de sobredimensionado para circuitos de alimentación a motores determinado en el aparatado 2.3.

A continuación, se presentan en forma de tabla los parámetros necesarios para dimensionar la sección de conductor.

Línea	σ (Ω·m/mm^2)	cos(φ)	L (m)	Tipo de cables
CGBT-CS PCI	28	0.8	350	Unipolares

Tabla 2.17. Parámetros para el cálculo de la sección de conductor de línea CGBT-CS PCI

El conductor seleccionado es aluminio y el material aislante el polímero termoestable XLPE, de manera que la temperatura a la que se evalúa la temperatura del conductor es de 90°, según la norma UNE HD 60364-5-52:2014.

El cálculo de intensidad admisible y de sección mínima de conductor se realizan de acuerdo a las expresiones (2.3) y (2.5), respectivamente. Al aplicar los valores de la tabla 2.17 a dichas expresiones se obtienen los siguientes valores de corriente y sección de diseño:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos(\varphi)} = \frac{20000}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0.8} = \mathbf{36\ A}$$

$$S = \frac{P \cdot L}{\sigma \cdot e \cdot U} = \frac{20000 \cdot 350}{28 \cdot \frac{6.5}{100} \cdot 400 \cdot 400} = \mathbf{26.04\ mm^2}$$

La sección de conductor mínima resulta de 16 mm^2 según criterio térmico, y de 35 mm^2 según criterio de máxima caída de tensión, de acuerdo con la tabla 4 de la ITC-BT-07 del REBT. Se selecciona la sección más restrictiva, en este caso de 35 mm^2.

La caída de tensión resultante para la sección seleccionada resulta, sustituyendo en la expresión (2.5), de:

$$e = 0.22 + 4.46 = \mathbf{4.68}\ \%$$

La caída de tensión se sitúa dentro de límites, por lo que la sección elegida es de 35 mm^2, en forma de cables unipolares.

El conductor de protección se calcula según la tabla 1 de la ITC-BT-07, resultando una sección de 16 mm^2.

A modo de resumen, se recogen las características de la línea y del cable elegido en la siguiente tabla:

Línea	Tensión (V)	Potencia instalada (W)	Aislamiento	Conductor	Canalización
CGBT-CS PCI	400	20000	XLPE	4x35mm^2 Al + TT 16 mm^2 Al	Ninguna

Tabla 2.18. Características de la línea CGBT-CGBT N2

2.3.4 Línea secundaria 3

Se trata de la línea que discurre desde el Cuadro General de Baja Tensión al Cuadro Secundario de Servicios Generales (CS SSGG).

Los conductores empleados están sujetos a la ITC-BT-19 del REBT, puesto que se trata de una Instalación al aire y por lo tanto sigue la norma UNE-HD 60364-5-52. La distribución de la línea se realiza sobre bandeja perforada.

La alimentación es trifásica, de tensión de línea o compuesta de 400V, y se calcula para una potencia activa de 33000 W, dado que se estima un factor de simultaneidad de 0.8 de acuerdo con el apartado 4 de la Memoria del Proyecto. Asimismo, se tiene en cuenta el coeficiente de sobredimensionado para circuitos de alimentación a motores determinado en el aparatado 2.3.

A continuación, se presentan los parámetros necesarios para dimensionar la sección de conductor en forma de tabla.

Línea	σ (Ω·m/mm^2)	cos(φ)	L (m)	Tipo de cables
CGBT-CS SSGG	44	0.8	10	Unipolares

Tabla 2.19. Parámetros para el cálculo de la sección de conductor de línea CGBT-CS SSGG

El conductor seleccionado es cobre y el material aislante el polímero termoestable XLPE, de manera que la temperatura a la que se evalúa la temperatura del conductor es de 90°, según la norma UNE HD 60364-5-52:2014.

El cálculo de intensidad admisible y de sección mínima de conductor se realizan de acuerdo a las expresiones (2.3) y (2.5), respectivamente. Al aplicar los valores de la tabla 2.19 a dichas expresiones se obtienen los siguientes valores de corriente y sección de diseño:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos(\varphi)} = \frac{33000}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0.8} = \mathbf{59.54A}$$

$$S = \frac{P \cdot L}{\sigma \cdot e \cdot U} = \frac{33000 \cdot 10}{44 \cdot \frac{4.5}{100} \cdot 400 \cdot 400} = \mathbf{1.04\ mm^2}$$

La sección de conductor mínima resulta de 10 mm^2 según criterio térmico, y de 2.5 mm^2 según criterio de máxima caída de tensión, de acuerdo con la tabla 4 de la ITC-BT-07 del REBT. Se selecciona la sección más restrictiva, en este caso de 10 mm^2.

La caída de tensión resultante para la sección seleccionada resulta, sustituyendo en la expresión (2.5), de:

$$e = 0.22 + 0.47 = \mathbf{0.69}\ \%$$

La caída de tensión se sitúa dentro de límites, por lo que la sección elegida es de 10 mm^2, en forma de cables unipolares.

El conductor de protección se calcula según la tabla 2 de la ITC-BT-19, resultando una sección de 10 mm^2.

A modo de resumen, se recogen las características de la línea y del cable elegido en la siguiente tabla:

Línea	Tensión (V)	Potencia de cálculo (W)	Aislamiento	Conductor	Canalización
CGBT-CS SSGG	400	33000	XLPE	4x10mm^2 Cu + TT 10 mm^2 Cu	Bandeja perforada

Tabla 2.20. Características de la línea CGBT-CS SSGG

2.3.5 Desglose de circuitos

En este apartado se recogen las características de los circuitos alimentados desde cada cuadro, tales como la sección de conductor de las líneas y sus intensidades máximas admisibles

Cuadro General de Baja Tensión de Nave 2

Línea	Tipo	Aisl./Aliment.	U (V)	Pcálculo (W)	cos(φ)	Ic (A)	emáx (%)	L (m)	σ (90°)	e(%)	etotal(%)	Sfinal(mm2)	Sneutro (mm2)	Tipo	Iadm (A)	D (mm)
CS-CT	Terna unipolares	3x XLPE	400	640000	0,8	1154,70	4,5	10	28	0,22	0,22	4x(4x240)	120	Unipolar	1204	4(225)
CGBT-N2	Terna unipolares	3x XLPE	400	193841,4	0,8	349,73	4,5	215	28	1,94	2,16	2x(4x240)	120	Unipolar	731	2(225)
Maniobra	E-Mult.Aire	2x XLPE	230,94	100	0,8	0,54	6,5	10	44	0,02	2,18	2x2,5	2,5	Bipolar	32	NO
Det. Presencia	E-Mult.Aire	2x XLPE	230,94	300	0,8	1,62	6,5	150	44	0,77	2,93	2x2,5	2,5	Bipolar	32	NO
Circuito de alumbrado 1	E-Bandeja	3x XLPE	400	3336	1	4,82	4,5	100	44	1,90	4,05	4x2,5	2,5	Tetrapolar	28	NO
Circuito de alumbrado 2	E-Bandeja	3x XLPE	400	2919	1	4,21	4,5	110	44	1,82	3,98	4x2,5	2,5	Tetrapolar	28	NO
Circuito de alumbrado 3	E-Bandeja	3x XLPE	400	2780	1	4,01	4,5	130	44	2,05	4,21	4x2,5	2,5	Tetrapolar	28	NO
Circuito de alumbrado 4	E-Bandeja	3x XLPE	400	2919	1	4,21	4,5	150	44	1,55	3,71	4x2,5	2,5	Tetrapolar	28	NO
Circuito de alumbrado 5	E-Bandeja	3x XLPE	400	2919	1	4,21	4,5	170	44	1,76	3,92	4x2,5	2,5	Tetrapolar	28	NO
Circuito de emergencias 1	E-Bandeja	2x XLPE	230,94	200	1	0,87	4,5	110	44	0,63	2,78	2x1,5	1,5	Bipolar	23	NO
Circuito de emergencias 2	E-Bandeja	2x XLPE	230,94	200	1	0,87	4,5	170	44	0,97	3,12	2x1,5	1,5	Bipolar	23	NO
Toma de corriente monofásica	E-Mult.Aire	3x XLPE	400	1500	0,8	2,71	6,5	80	44	0,68	2,84	4x2,5	2,5	Tetrapolar	28	NO
Muelles 1-2-3	E-Mult.Aire	3x XLPE	400	4500	0,8	8,12	6,5	40	44	1,02	3,18	4x2,5	2,5	Tetrapolar	28	NO
Rampa/Puerta	E-Mult.Aire	3x XLPE	400	1500	0,8	2,71	6,5	90	44	0,77	2,93	4x2,5	2,5	Tetrapolar	28	NO
Compactador	E-Mult.Aire	3x XLPE	400	30000	0,8	54,13	6,5	60	44	2,56	4,71	4x10	10	Tetrapolar	68	NO
Cuadro de tomas 1	E-Mult.Aire	3x XLPE	400	16000	0,8	28,87	6,5	120	44	2,73	4,89	4x6	6	Tetrapolar	49	NO
Cuadro de tomas 2	E-Mult.Aire	3x XLPE	400	16000	0,8	28,87	6,5	100	44	3,79	5,95	4x4	4	Tetrapolar	38	NO
Cuadro de tomas 3	E-Mult.Aire	3x XLPE	400	16000	0,8	28,87	6,5	130	44	2,95	5,11	4x6	6	Tetrapolar	49	NO
Cuadro de tomas 4	E-Mult.Aire	3x XLPE	400	16000	0,8	28,87	6,5	140	44	3,18	5,34	4x6	6	Tetrapolar	49	NO
Cuadro de tomas 5	E-Mult.Aire	3x XLPE	400	16000	0,8	28,87	6,5	100	44	2,27	4,43	4x4	4	Tetrapolar	38	NO
Central exutorios	E-Bandeja	2x XLPE	230,94	1000	0,8	5,41	6,5	100	44	1,70	3,86	2x2,5	2,5	Bipolar	32	NO
Compresor exutorios	E-Bandeja	3x XLPE	400	10000	0,8	18,04	6,5	100	44	3,55	5,71	4x2,5	2,5	Tetrapolar	28	NO
Central incendios	E-Bandeja	2x XLPE	230,94	1500	0,8	8,12	6,5	20	44	0,51	2,67	2x2,5	2,5	Bipolar	32	NO
Control de acceso	E-Bandeja	2x XLPE	230,94	1500	0,8	8,12	6,5	80	44	2,05	4,20	2x2,5	2,5	Bipolar	32	NO
Reserva sala de baterías	E-Bandeja	3x XLPE	400	50000	0,8	90,21	6,5	80	44	3,55	5,71	4x16	16	Tetrapolar	91	NO
Reserva vehículos eléctricos	E-Bandeja	3x XLPE	400	33330	0,8	60,13	6,5	40	44	1,89	4,05	4x10	10	Tetrapolar	68	NO
Fotovoltaica	E-Bandeja	3x XLPE	400	15000	1	21,65	6,5	50	44	2,66	4,82	4x4	4	Tetrapolar	38	NO
Reserva altillo	E-Bandeja	3x XLPE	400	16000	1	23,09	6,5	70	44	3,98	6,14	4x4	4	Tetrapolar	38	NO
Rótulo	E-Bandeja	2x XLPE	230,94	200	1	0,87	4,5	10	44	0,06	2,21	2x1,5	1,5	Bipolar	23	NO
SAI	B2-Tubos Sup.Empot.	3x XLPE	400	5000	0,8	9,02	6,5	10	44	0,28	2,44	4x2,5	2,5	Tetrapolar	28	20

Tabla 2.21. Desglose de cableado de circuitos alimentados desde Cuadro General de Baja Tensión de Nave 2 (CGBT N2)

Cuadro Secundario de Protección Contra Incendios

Línea	Tipo	Aisl./Aliment.	U (V)	Pcálculo (W)	cos(φ)	Ic (A)	emáx (%)	L (m)	σ	S (mm2)	e(%)	etotal(%)	Sfinal(mm2)	Sneutro (mm2)	Tipo	Iadm (A)	D (mm)
CS-CT	Terna unipolares	3x XLPE	400	640000	0,8	1154,70	4,5	10	28	240	0,22	0,22	4x(4x240)	120	Unipolar	1204	4(225)
CS PCI	D1-Unip. o Mult.Conduct.Ent	3x XLPE	400	20000	0,8	36,08	4,5	350	28	35	4,46	4,68	4x35	16	Unipolar	90	NO
Maniobra	E-Mult.Aire	2x XLPE	230,94	100	0,8	0,54	4,5	25	44	2,5	0,09	4,77	2x2,5	2,5	Bipolar	32	NO
Alumbrado 1	E-Mult.Aire	2x XLPE	230,94	900	1	3,90	4,5	20	44	2,5	0,61	5,30	2x2,5	2,5	Bipolar	32	NO
Emergencia	E-Mult.Aire	2x XLPE	230,94	540	1	2,34	6,5	20	44	2,5	0,37	5,05	2x2,5	2,5	Bipolar	32	NO
Extractor	E-Mult.Aire	3x XLPE	400	1000	0,8	1,80	6,5	30	44	2,5	0,17	4,85	4x2,5	2,5	Tetrapolar	28	NO
Toma de corriente	E-Mult.Aire	2x XLPE	230,94	1500	0,8	8,12	6,5	35	44	2,5	1,79	6,47	2x2,5	2,5	Bipolar	32	NO
Aerotermo	B1-Tubos empotrados	3x XLPE	400	6250	0,8	11,28	6,5	40	44	2,5	1,42	6,10	4x2,5	2,5	Tetrapolar	24	20
Bomba 1	E-Mult.Aire	3x XLPE	400	5000	0,8	9,02	6,5	30	44	2,5	0,85	5,54	4x2,5	2,5	Tetrapolar	28	NO
Bomba 2	E-Mult.Aire	2x XLPE	230,94	3125	0,8	9,77	6,5	30	44	4	1,33	6,02	2x4	4	Bipolar	44	NO
Bomba Jockey	E-Mult.Aire	2x XLPE	230,94	3125	0,8	9,77	6,5	30	44	4	1,33	6,02	2x4	4	Bipolar	44	NO
Rejillas motoriz.	E-Mult.Aire	2x XLPE	230,94	375	0,8	2,03	6,5	30	44	2,5	0,38	5,07	2x2,5	2,5	Bipolar	32	NO
Niveles Deposito P	E-Mult.Aire	2x XLPE	230,94	375	0,8	2,03	6,5	50	44	2,5	0,64	5,32	2x2,5	2,5	Bipolar	32	NO
Central PCI	E-Mult.Aire	2x XLPE	230,94	375	0,8	2,03	6,5	30	44	2,5	0,38	5,07	2x2,5	2,5	Bipolar	32	NO

Tabla 2.22. Desglose de cableado de circuitos alimentados desde Cuadro Secundario de Protección Contra Incendios (CS PCI)

Cuadro Secundario de Servicios Generales

Línea	Aisl./Aliment.	U (V)	Pcálculo (W)	cos(φ)	Ic (A)	emáx (%)	L (m)	e(%)	etotal(%)	Sfinal(mm2)	Stt (mm2)	Tipo	Iadm (A)	D (mm)
CS-CT	Terna unipolares	400	640000	0,8	1154,70	4,5	10	0,22	0,22	4x(4x240)	120	Unipolar	1204	4(225)
CS SSGG	E-Mult.Aire	400	33009,6	0,8	59,56	4,5	10	0,47	0,69	4x10	10	Unipolar	68	NO
Maniobra	E-Mult.Aire	230,94	100	0,8	0,54	6,5	25	0,14	0,83	2x1,5	1,5	Bipolar	23	NO
Al. Exterior 1	D1-Mult.Enterr.	400	1176	1	1,70	4,5	100	0,28	0,97	4x6	6	Tetrapolar	44	25
Al. Exterior 2	D1-Mult.Enterr.	400	784	1	1,13	4,5	200	0,37	1,06	4x6	6	Tetrapolar	44	25
Al. Exterior 3	D1-Mult.Enterr.	230,94	392	1	1,70	4,5	300	1,67	2,36	2x6	6	Bipolar	53	16
Al. Fachada 1	E-Mult.Bandeja	400	4704	1	6,79	4,5	180	3,01	3,70	4x4	4	Tetrapolar	38	NO
Al. Fachada 2	E-Mult.Bandeja	400	4900	1	7,07	4,5	180	3,13	3,82	4x4	4	Tetrapolar	38	NO
Al. Fachada 3	E-Mult.Bandeja	400	3724	1	5,38	4,5	270	3,57	4,26	4x4	4	Tetrapolar	38	NO
Al. Fachada 4	E-Mult.Bandeja	400	3332	1	4,81	4,5	270	3,19	3,88	4x4	4	Tetrapolar	38	NO
Totem	D1-Mult.Enterr.	400	3600	1	5,20	4,5	200	1,70	2,39	4x6	6	Tetrapolar	44	25
Puerta exterior 1	D1-Mult.Enterr.	400	1875	0,8	3,38	6,5	200	0,89	1,58	4x6	6	Tetrapolar	44	25
Puerta exterior 2	D1-Mult.Enterr.	400	1875	0,8	3,38	6,5	180	0,80	1,49	4x6	6	Tetrapolar	44	25
CS Caseta guardia 1	D1-Mult.Enterr.	400	7000	0,8	12,63	6,5	150	2,49	3,17	4x6	6	Tetrapolar	44	25
CS Caseta guardia 2	D1-Mult.Enterr.	400	7000	0,8	12,63	6,5	300	4,97	5,66	4x6	6	Tetrapolar	44	25
Agua recuperada	D1-Mult.Enterr.	400	800	0,8	1,44	6,5	50	0,09	0,78	4x6	6	Tetrapolar	44	25

Tabla 2.23. Desglose de cableado de circuitos alimentados desde Cuadro Secundario de Servicios Generales (CS SSGG)

Cuadro Secundario de Oficinas de Nave 2

Línea	Tipo	Aisl./Aliment.	U (V)	Pcálculo (W)	cos(φ)	Ic (A)	emáx (%)	L (m)	σ (90°)	e(%)	etotal(%)	Sfinal(mm2)	Stt (mm2)	Tipo	Iadm (A)	D (mm)
CS-CT	Terna unipolares	3x XLPE	400	640000	0,8	1154,70	4,5	10	28	0,22	0,22	4x(4x240)	120	Unipolar	1204	4(225)
CGBT-N2	Terna unipolares	3x XLPE	400	193841,4	0,8	349,73	4,5	215	28	1,94	2,16	2x(4x240)	120	Unipolar	602	2(225)
CS Oficinas N2	E-Mult. Bandeja	3x XLPE	400	42606,2	0,8	76,87	4,5	30	44	1,13	3,29	4x16	16	Unipolar	91	NO
Alumbrado 1	E-Mult. Bandeja	2x XLPE	230,94	792	1	3,43	4,5	25	44	1,13	3,28	2x1,5	1,5	Bipolar	23	NO
Alumbrado 2	E-Mult. Bandeja	2x XLPE	230,94	864	1	3,74	4,5	25	44	1,23	3,39	2x1,5	1,5	Bipolar	23	NO
Alumbrado 3	E-Mult. Bandeja	2x XLPE	230,94	510	1	2,21	4,5	30	44	0,87	3,03	2x1,5	1,5	Bipolar	23	NO
Emergencias 1	E-Mult. Bandeja	2x XLPE	230,94	200	1	0,87	4,5	40	44	0,45	2,61	2x1,5	1,5	Bipolar	23	NO
Secamanos 1	E-Mult. Bandeja	2x XLPE	230,94	1750	0,8	9,47	6,5	20	44	1,19	3,35	2x2,5	2,5	Bipolar	32	NO
Secamanos 2	E-Mult. Bandeja	2x XLPE	230,94	1750	0,8	9,47	6,5	20	44	1,19	3,35	2x2,5	2,5	Bipolar	32	NO
Secamanos 3	E-Mult. Bandeja	2x XLPE	230,94	1750	0,8	9,47	6,5	25	44	1,49	3,65	2x2,5	2,5	Bipolar	32	NO
Secamanos 4	E-Mult. Bandeja	2x XLPE	230,94	1750	0,8	9,47	6,5	30	44	1,79	3,95	2x2,5	2,5	Bipolar	32	NO
Secamanos 5	E-Mult. Bandeja	2x XLPE	230,94	1750	0,8	9,47	6,5	30	44	1,79	3,95	2x2,5	2,5	Bipolar	32	NO
Reserva	E-Mult. Bandeja	2x XLPE	230,94	500	0,8	2,71	6,5	50	44	0,85	3,01	2x2,5	2,5	Bipolar	32	NO
Toma de corriente	E-Mult. Bandeja	2x XLPE	230,94	2000	0,8	10,83	6,5	40	44	2,73	4,89	2x2,5	2,5	Bipolar	32	NO
Reserva	E-Mult. Bandeja	2x XLPE	230,94	500	0,8	2,71	6,5	40	44	0,68	2,84	2x2,5	2,5	Bipolar	32	NO
Puesto de trabajo 1	E-Mult. Bandeja	2x XLPE	230,94	2000	0,8	10,83	6,5	30	44	2,05	4,20	2x2,5	2,5	Bipolar	32	NO
Puesto de trabajo 2	E-Mult. Bandeja	2x XLPE	230,94	2000	0,8	10,83	6,5	35	44	2,39	4,54	2x2,5	2,5	Bipolar	32	NO
Puesto de trabajo 3	E-Mult. Bandeja	2x XLPE	230,94	2000	0,8	10,83	6,5	40	44	2,73	4,89	2x2,5	2,5	Bipolar	32	NO
Puesto de trabajo 4	E-Mult. Bandeja	2x XLPE	230,94	2000	0,8	10,83	6,5	45	44	3,07	5,23	2x2,5	2,5	Bipolar	32	NO
Previsión ascensor	E-Mult. Bandeja	3x XLPE	400	7500	0,8	13,53	6,5	45	44	1,92	4,08	4x2,5	2,5	Tetrapolar	38	NO
Reserva	E-Mult. Bandeja	2x XLPE	230,94	500	0,8	2,71	6,5	50	44	0,85	3,01	2x2,5	2,5	Bipolar	32	NO
Unidad exterior	E-Mult. Bandeja	3x XLPE	400	12500	0,8	22,55	6,5	60	44	4,26	6,42	4x2,5	2,5	Tetrapolar	38	NO
Unidad interior	E-Mult. Bandeja	2x XLPE	230,94	1500	0,8	8,12	6,5	40	44	2,05	4,20	2x2,5	2,5	Bipolar	32	NO
Recuperador	E-Mult. Bandeja	2x XLPE	230,94	200	0,8	1,08	6,5	40	44	0,27	2,43	2x2,5	2,5	Bipolar	32	NO
Convector	E-Mult. Bandeja	2x XLPE	230,94	800	0,8	4,33	6,5	40	44	1,09	3,25	2x2,5	2,5	Bipolar	32	NO
Extracción	E-Mult. Bandeja	2x XLPE	230,94	750	0,8	4,06	6,5	40	44	1,02	3,18	2x2,5	2,5	Bipolar	32	NO
Bomba solar	E-Mult. Bandeja	2x XLPE	230,94	500	0,8	2,71	6,5	40	44	0,68	2,84	2x2,5	2,5	Bipolar	32	NO
Acumulador	E-Mult. Bandeja	2x XLPE	230,94	2000	0,8	10,83	6,5	40	44	2,73	4,89	2x2,5	2,5	Bipolar	32	NO
SAI	C-Mult. Sobre Pared	3x XLPE	400	12500	0,8	18,04	6,5	10	44	0,71	2,87	4x2,5	2,5	Tetrapolar	27	NO
P.Trab. Superficie 1	E-Mult. Bandeja	2x XLPE	230,94	2000	0,8	10,83	6,5	30	44	2,05	4,91	2x2,5	2,5	Bipolar	32	NO
P.Trab. Superficie 2	E-Mult. Bandeja	2x XLPE	230,94	2000	0,8	10,83	6,5	35	44	2,39	5,25	2x2,5	2,5	Bipolar	32	NO
P.Trab. Superficie 3	E-Mult. Bandeja	2x XLPE	230,94	2000	0,8	10,83	6,5	40	44	2,73	5,60	2x2,5	2,5	Bipolar	32	NO
P.Trab. Superficie 4	E-Mult. Bandeja	2x XLPE	230,94	2000	0,8	10,83	6,5	45	44	3,07	5,94	2x2,5	2,5	Bipolar	32	NO
Reserva	E-Mult. Bandeja	2x XLPE	230,94	500	0,8	2,71	6,5	45	44	0,77	3,64	2x2,5	2,5	Bipolar	32	NO
RACK	E-Mult. Bandeja	2x XLPE	230,94	2000	0,8	10,83	6,5	20	44	1,36	4,23	2x2,5	2,5	Bipolar	32	NO

Tabla 2.24. Desglose de cableado de circuitos alimentados desde Cuadro Secundario de Oficinas de Nave 2 (CS Oficinas N2)

2.3.5.5 Ejemplos de cálculo

A continuación se recogen, a modo de ejemplo, los procedimientos detallados de cálculo para dos de los circuitos cuyos resultados se muestran en el apartado 2.3.5.1, el circuito de alumbrado 1 y el circuito destinado a alimentar la unidad de control correspondiente a la central de incendios.

La profundidad en el desarrollo de los cálculos presentados en este apartado tiene como objeto enfatizar las peculiaridades normativas en el diseño de circuitos interiores frente a líneas secundarias e ilustrar las diferencias entre el cálculo de circuitos monofásicos y trifásicos y circuitos de alumbrado y de fuerza.

En primer lugar, se debe destacar que el conductor empleado en todos los circuitos alimentados desde los cuadros es cobre y que el aislamiento de los cables se realiza con polímero termoestable XLPE. Los criterios de diseño utilizados son el criterio térmico y el criterio de máxima caída de tensión.

En segundo lugar, se debe establecer la normativa a seguir en el dimensionado de los circuitos.

Los valores de sección mínima según criterio térmico se obtienen a partir de la tabla 52-B1 de la norma UNE-HD 60364-5-52, sobre Instalaciones al aire (40°C), que sustituye a la norma UNE 20460-5-523, recogida en la ITC-BT-19 del REBT. Las instalaciones al aire incluyen las categorías A, B1, B2, C, E y F, cuyos detalles se desarrollan en la propia norma UNE.

Adicionalmente, en la comentada última actualización de la norma UNE 20460-5-523, se incluye la categoría de Instalaciones enterradas (25°C), tanto enterradas bajo tubo (D1) como enterradas directamente (D2).

Por otra parte, la sección mínima según criterio de máxima caída de tensión se elige como la inmediatamente superior al valor de cálculo de entre las secciones normalizadas utilizadas en la industria.

Por último, se deben considerar dos requisitos de diseño adicionales:

- De acuerdo con la ITC-BT-09, se establece un límite para caída de tensión en circuitos de alumbrado exterior de un 3% y una sección mínima de 6 mm^2 para líneas enterradas destinadas a alumbrado exterior.
- El REBT establece un valor mínimo de sección de conductor para circuitos de fuerza de 2,5 mm^2.

En tercer lugar, teniendo en cuenta todos los criterios de diseño y la normativa comentados, junto a los parámetros característicos de los circuitos objeto de estudio, se obtienen los resultados.

- Circuito de alumbrado 1:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos(\varphi)} = \frac{3336}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0.8} = \mathbf{6\ A}$$

$$S = \frac{P \cdot L}{\sigma \cdot e \cdot U} = \frac{3336 \cdot 100}{44 \cdot \frac{4.5}{100} \cdot 400 \cdot 400} = \mathbf{1.05\ mm^2}$$

La sección de conductor mínima por criterio térmico, obtenida de la tabla 52-B1 de la norma UNE-HD 60364-5-52, para tipo de instalación E, es de 1,5 mm^2. Por otra parte, según el criterio de caída de tensión, la sección normalizada resulta nuevamente de 1,5 mm^2. No obstante, al comprobar la caída de tensión total de la línea, ésta se encuentra fuera de límites, por lo que se ha de aumentar la sección para cumplir con el requisito de caída de tensión máxima de 4,5% para circuitos de alumbrado. La sección mínima que cumple con la condición de caída de tensión máxima total es 2,5 mm^2.

La sección del conductor de neutro será como mínimo igual a la de las fases, según la ITC-BT-19, seleccionándose de esta manera una sección de 2,5 mm^2 para el conductor de neutro.

Al ser circuitos de sección reducida, se decide instalar cables tetrapolares de cobre.

El conductor de protección se calcula según la tabla 2 de la ITC-BR-19 del REBT, resultando un conductor de 2,5 mm^2

- Central de incendios:

$$I = \frac{P}{U \cdot \cos(\varphi)} = \frac{1500}{400 \cdot 0.8} = \mathbf{4.69\ A}$$

$$S = \frac{2 \cdot P \cdot L}{\sigma \cdot e \cdot U} = \frac{2 \cdot 1500 \cdot 100}{44 \cdot \frac{6.5}{100} \cdot 230.94 \cdot 230.94} = \mathbf{1.97\ mm^2}$$

La sección de conductor mínima por criterio térmico, obtenida de la tabla 52-B1 de la norma UNE-HD 60364-5-52, para tipo de instalación E, es de 1,5 mm^2. Por otra parte, según el criterio de caída de tensión, la sección normalizada resulta de 2,5 mm^2. Eligiendo la más restrictiva, se demuestra que la caída de tensión total, según la ecuación (2.5), es de 2,67%, menor del límite del 6,5% para los circuitos de fuerza.

La sección del conductor de neutro será como mínimo igual a la de las fases, según la ITC-BT-19, seleccionándose de esta manera una sección de 2,5 mm^2 para el conductor de neutro.

Al ser circuitos de sección reducida, se decide instalar cables bipolares de cobre.

El conductor de protección se calcula según la tabla 2 de la ITC-BR-19 del REBT, resultando un conductor de 2,5 mm^2

3. PROTECCIONES ELÉCRICAS

3.1 PROTECCIÓN CONTRA SOBREINTENSIDADES

3.1.1 Interruptores automáticos

Los principales elementos de protección de una instalación eléctrica en Baja Tensión son los interruptores automáticos (IA) y los fusibles (F). En este proyecto se decide instalar IA, puesto que, al contrario de los fusibles, no se han de sustituir una vez actúan. Adicionalmente, los IA presentan una versatilidad superior, ya que ofrecen funciones como protección diferencial, frente a sobrecargas, maniobra o seccionamiento.

Los IA se clasifican en función de su ámbito de aplicación, distinguiendo entre IA modulares, para instalaciones domésticas y análogas, e IA industriales, destinados a instalaciones industriales y similares.

Interruptores Automáticos Modulares

Los IA modulares, también denominados como PIA (Pequeños Interruptores Automáticos) o MCB (del inglés *Miniature Circuit Breaker*), emplean relés de protección magnetotérmicos no regulables, de manera que garantizan la doble protección frente a sobrecargas y cortocircuitos.

Su principal diferencia frente a los IA industriales radica en sus limitaciones en cuanto a nivel protección se refiere, dado que su corriente nominal está establecida en 125 A y su tensión máxima de empleo es 440 V.

La norma aplicable a estos dispositivos es la norma UNE-EN 60898-1, una adaptación española de la norma internacional IEC 60898-1.

Interruptores Automáticos de Caja Moldeada

La principal ventaja de los IA de caja moldeada o MCCB (del inglés *Molded Case Circuit Breaker)* se encuentra en su ausencia de limitaciones, más allá de las constructivas, en cuanto a corriente asignada, que puede alcanzar miles de amperios. La tensión alcanza valores de hasta 1500 V (en CC) y 1000 V (en CA).

Adicionalmente, estos IA incorporan relés regulables, mejorando la selectividad del dispositivo.

La norma aplicable a estos dispositivos es la norma UNE-EN 60898-2, nuevamente una adaptación española de la norma internacional IEC 60898-2.

Ambos modelos de IA presentan características comunes, tales como la corriente asignada (I_n) y el poder de corte de cortocircuito asignado (I_c). El cálculo de dichos valores nominales se realiza de forma idéntica en ambos casos.

Particularmente, se define un parámetro conocido como intensidad de regulación (I_r), para IA industriales. El valor de intensidad de regulación es inferior o igual a la intensidad nominal del IA y permite variar el límite de actuación del relé térmico.

En primer lugar, de acuerdo con la norma, el interruptor debe tener un poder de corte superior a la máxima corriente de cortocircuito prevista en el punto de instalación del equipo. Matemáticamente:

$$I_{cn} \geq I_{cc} \tag{3.1}$$

Siendo:

I_{cn}: poder de corte asignado del IA [A]

I_{cc}: corriente de cortocircuito máxima en el punto de instalación del IA [A]

En segundo lugar, la protección contra sobrecargas debe satisfacer las siguientes condiciones, de acuerdo con la norma UNE EN 60947-2. La condición que se deduce de la norma determina la intensidad nominal del IA, que matemáticamente se define según la siguiente expresión:

$$I_B \leq I_n \leq I_z \tag{3.2}$$

Siendo:

I_B: intensidad de diseño del circuito [A]

I_n: intensidad nominal del IA [A]

I_z: intensidad máxima admisible del conductor [A]

La elección del IA se realiza de manera que se cumplan las condiciones definidas en las expresiones (3.1) y (3.2). Sin embargo, éstas no son los únicos condicionantes para el diseño. En este sentido, se incluyen dos nuevas restricciones.

El IA debe ser de corte omnipolar, es decir, tener un número de polos igual al número de conductores de fase y neutro de la línea que protege, para poder cortar la corriente en cada uno de ellos cuando sea necesario. Por último, la tensión nominal del IA debe ser la misma que la del circuito que protege.

La actuación del IA, está determinada por las propias características de los relés de protección, que son los responsables del cierre o la apertura. En este sentido, se diferencia entre relés magnetotérmicos (MT) sin regulación, para IA modulares, y con regulación, para IA industriales.

El disparo de los relés está definido por gráficas constituidas a partir de una relación entre el tiempo de disparo y la intensidad que atraviesa el IA. Estas representaciones, conocidas como curvas de disparo, se basan en la combinación de dos zonas de actuación fundamentales, ilustradas en la siguiente imagen.

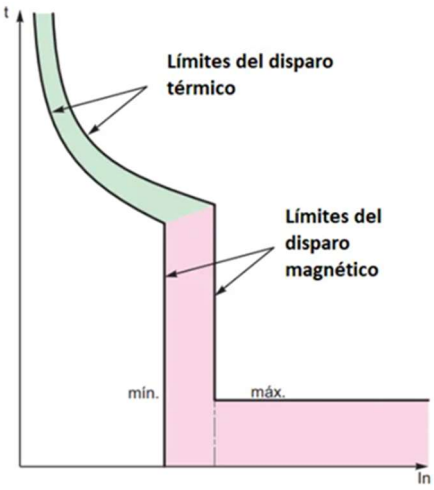


Fig. 2.4. Zonas de la curva de disparo de para IA magnetotérmico. (Fuente: Schneider Electric)

Tanto los IA modulares como IA industriales comparten el modelo de doble zona de actuación, al ser dispositivos magnetotérmicos. A pesar de ello, las curvas de disparo de ambos grupos son distintas, ya que los IA industriales cuentan con la posibilidad de variar la una corriente de actuación del relé, facilitando la selectividad del IA al incluir una regulación de sus valores nominales.

Los IA modulares o PIA, especifican tres grados de sensibilidad para el IA. En otras palabras, definen el umbral de intensidad y tiempo de disparo de los relés térmico y magnético, del orden de segundos, en un caso, y de milisegundos, en el otro. Los fabricantes distinguen entre varios tipos de curvas de disparo magnético en un IA modular, en función del equipo al que están destinados a proteger. Los distintos modelos de curvas se ilustran a continuación.

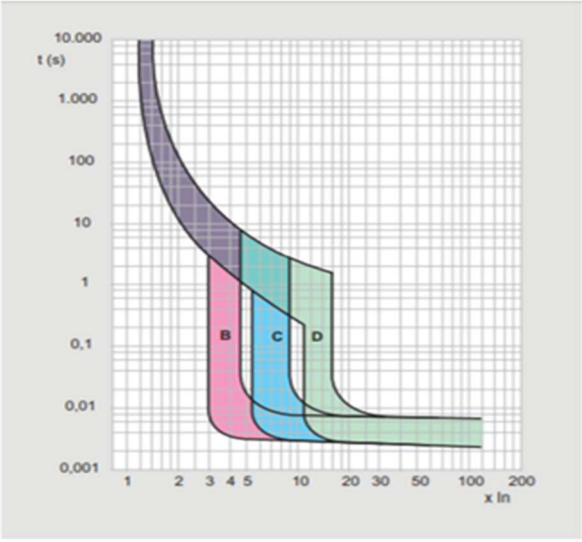


Fig. 2.5. Curvas de disparo para IA Magnetotérmico. (Fuente: Catálogo de interruptores automáticos modelo DX Legrand)

En segundo lugar, se muestra un ejemplo de curva de disparo de un IA industrial.

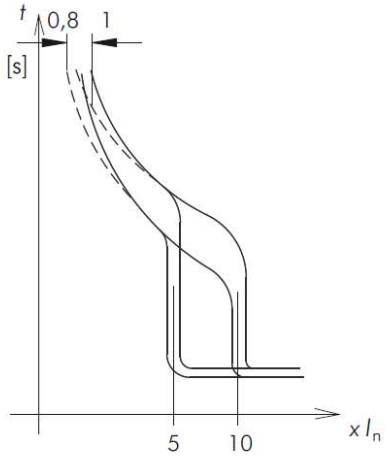


Fig. 2.6. Curvas de disparo para IA Magnetotérmico regulable. (Fuente: Cuadernos de divulgación Técnica. Aenor)

La Fig. 2.6. deja patente la capacidad de regulación del IA, que estable unos márgenes de regulación tanto para disparo térmico como magnético. En la parte superior de la imagen se establece el margen de regulación para el relé térmico, que oscila entre un 80 y 100% de la intensidad nominal del IA. Por otra parte, el relé magnético se puede ajustar entre valores de 5 y 10 veces de intensidad nominal.

3.1.2 Cálculo de las corrientes de cortocircuito

Las corrientes de cortocircuito, a diferencia de las corrientes de sobrecarga, se caracterizan por un incremento de intensidad varias veces superior a su valor nominal. Entre sus efectos más notables se encuentran los sobreesfuerzos térmicos y dinámicos que producen en los distintos componentes de la instalación, de ahí que deban ser eliminados rápidamente.

Para elegir adecuadamente el dispositivo de protección de una línea, se deben tener en cuenta dos intensidades de cálculo: la corriente de cortocircuito máxima y la corriente de cortocircuito mínima.

En primer lugar, la corriente de cortocircuito máxima corresponde a un cortocircuito en bornes de salida del dispositivo de protección, considerando el cortocircuito más desfavorable, que en general en redes de Baja Tensión es el trifásico. Determina el poder de corte del interruptor. Su valor debe ser corregido según el factor de tensión correspondiente de acuerdo a la tabla 1 de la norma IEC 60909-0.

En segundo lugar, se ha de calcular la corriente de cortocircuito producida por una falta en el extremo del circuito protegido, la corriente de cortocircuito mínima. Para el cálculo se considera

la falta fase-neutro, que es la de menor aporte en redes en Baja Tensión. Determina el ajuste de los dispositivos de protección.

La corriente de diseño para las protecciones depende por lo tanto del tipo de falta que se produzca. En todo caso, se emplea como referencia la norma IEC 60781. Las expresiones para el cálculo de las corrientes de cortocircuito son las siguientes.

La intensidad de cortocircuito ante falta monofásica se calcula según la ecuación:

$$I_{cc,1\phi} = 3 \cdot \frac{U}{3 \cdot (Z_Q + Z_{cc} + Z_l + Z_n)} \tag{3.3}$$

Siendo:

U: tensión fase-neutro [V]

Z_Q: impedancia equivalente de cortocircuito de la red [Ω]

Z_{cc}: impedancia de cortocircuito del transformador [Ω]

Z_l: impedancia serie de la línea [Ω]

Z_n: impedancia serie del conductor de neutro de la línea [Ω]

$I_{cc,1\phi}$: intensidad de cortocircuito monofásico [A]

La intensidad de cortocircuito ante falta bifásica se calcula según la ecuación:

$$I_{cc,2\phi} = \sqrt{3} \cdot \frac{U}{(2 \cdot (Z_Q + Z_{cc} + Z_l)} \tag{3.4}$$

Siendo:

U: tensión fase-neutro [V]

Z_Q: impedancia equivalente de cortocircuito de la red [Ω]

Z_{cc}: impedancia de cortocircuito del transformador [Ω]

Z_l: impedancia serie de la línea [Ω]

$I_{cc,2\phi}$: intensidad de cortocircuito bifásico [A]

La intensidad de cortocircuito ante falta trifásica se calcula según la ecuación:

$$I_{cc,3\phi} = \frac{U}{(Z_Q + Z_{cc} + Z_l)} \tag{3.5}$$

Siendo:

U: tensión fase-neutro [V]

Z_Q: impedancia equivalente de cortocircuito de la red [Ω]

Z_{cc}: impedancia de cortocircuito del transformador [Ω]

Z_l: impedancia serie de la línea [Ω]

$I_{cc,3\phi}$: intensidad de cortocircuito trifásico [A]

Las expresiones (3.3), (3.4) y (3.5) se obtienen a partir de una serie de hipótesis aplicables a las instalaciones en Baja Tensión, que se resumen en los siguientes aspectos:

- Las capacidades de las líneas y las admitancias paralelo de las líneas que alimentan elementos pasivos son despreciables.
- La resistencia de falta es nula.
- La corriente previa al cortocircuito es despreciable.

3.1.2.1 Impedancias equivalentes de los elementos eléctricos

La aplicación del procedimiento de cálculo de las corrientes de cortocircuito requiere conocer los valores de impedancia de la red de distribución, del transformador y de las líneas aguas arriba del punto en el que se produce la falta.

Impedancia de la Red de Distribución

La empresa distribuidora habitualmente proporciona el valor de potencia, o en su defecto la corriente, de cortocircuito de la Red de Distribución en el punto de conexión. La impedancia equivalente se calcula de acuerdo a la expresión:

$$Z_Q = \frac{U_{nQ}}{\sqrt{3} \cdot I''_{kQ}} \tag{3.6}$$

Siendo:

U_{nQ}: tensión nominal eficaz de línea de la red [V]

I_{kQ}'': corriente de cortocircuito simétrica [A]

Z_Q: impedancia equivalente de cortocircuito de la red [Ω]

El valor de impedancia que se obtiene de la ecuación (3.6) corresponde con el módulo de dicha impedancia. Aunque es fundamentalmente inductiva, para un cálculo exacto se pueden considerar la parte resistiva e inductiva como un 1 y 99,5% del total del módulo de la impedancia equivalente de la red.

La corriente de cortocircuito de la red proporcionada por la empresa distribuidora IBERDROLA S.L es de 12,5 kA, y la tensión nominal es de 20 kV. No obstante, se ha de tener en cuenta que la impedancia se debe reflejar al lado de Baja Tensión del transformador para emplearse en las fórmulas (3.3), (3.4) y (3.5). De esta manera, la impedancia de red obtenida según la ecuación (3.6) se debe corregir con la relación de transformación del transformador al cuadrado, obteniendo:

$$Z_Q = 3.7 \cdot 10^{-4}\ \Omega$$

Por lo tanto, los valores de resistencia y reactancia resultan:

$$R_Q = \mathbf{3.7 \cdot 10^{-5}\ \Omega}$$

$$X_Q = \mathbf{3.7 \cdot 10^{-4}\ \Omega}$$

Impedancia del Transformador

El valor de impedancia del transformador se obtiene de los ensayos de cortocircuito y de vacío, que se recogen en la ficha técnica adjunta en el Anexo II "Fichas técnicas". Sin embargo, al despreciarse la rama magnetizante del esquema equivalente del transformador, los únicos valores necesarios son la tensión de cortocircuito y las pérdidas de cortocircuito según el ensayo.

Los valores de resistencia y reactancia de cortocircuito se obtienen a partir de dos expresiones distintas. En todo momento se considera la corriente de cortocircuito como la nominal, de acuerdo con la ficha técnica.

La resistencia de cortocircuito se calcula de acuerdo a la ecuación:

$$R_{cc} = \frac{\left({}^{p_{cc}}/_{S}\right)}{i_{cc}^2} \cdot \frac{U_{nb}^2}{S} \qquad (3.7)$$

Siendo:

U_{nb}: tensión nominal del lado de baja tensión del transformador [Ω]

p_{cc}: potencia de pérdidas de cortocircuito del transformador [pu]

S: potencia aparente nominal del transformador [VA]

i_{cc}: intensidad de cortocircuito del transformador [pu]

R_{cc}: resistencia de cortocircuito del transformador [Ω]

El módulo de la impedancia del transformador se calcula según la siguiente expresión:

(3.8)

$$Z_{cc} = \frac{(u_{cc}/100)}{i_{cc}} \cdot \frac{U_{nb}^2}{S}$$

Siendo:

U_{nb}: tensión nominal del lado de baja tensión del transformador [Ω]

u_{cc}: tensión de cortocircuito del transformador [%]

S: potencia aparente nominal del transformador [VA]

i_{cc}: intensidad de cortocircuito del transformador [pu]

Z_{cc}: impedancia de cortocircuito del transformador [Ω]

Por último, la reactancia de cortocircuito se obtiene a partir de la siguiente expresión:

$$X_{cc} = \sqrt{Z_{cc}^2 - R_{cc}^2} \tag{3.9}$$

Siendo:

R_{cc}: resistencia de cortocircuito del transformador [Ω]

Z_{cc}: impedancia de cortocircuito del transformador [Ω]

X_{cc}: reactancia de cortocircuito del transformador [Ω]

La ficha técnica del transformador proporciona los valores de tensión nominal de baja tensión, potencia aparente del transformador, tensión de cortocircuito y potencia de cortocircuito, siendo de 400V, 800 kVA, 6% y 7200W, respectivamente. Al sustituir dichos valores en las ecuaciones (3.7), (3.8) y (3.9), se obtienen los siguientes resultados:

$$R_{cc} = \mathbf{0.0018\ \Omega}$$

$$X_{cc} = \mathbf{0.0119\ \Omega}$$

$$Z_{cc} = \mathbf{0.012\ \Omega}$$

Impedancia de la Línea

La impedancia de la línea se define como la suma de impedancias de las líneas en serie desde el punto en el que se produce el cortocircuito hasta el punto de conexión a red de la instalación. Como se ha mencionado anteriormente, al tratarse de una línea en Baja Tensión, se desprecian las impedancias de las líneas en paralelo.

3.1.3 Desglose de circuitos

En este apartado se recogen las elecciones de equipos para las distintas líneas diseñadas en el proyecto, en función de sus características, tales como la sección de conductor y las intensidades de consumo y máximas admisibles.

Prácticamente la totalidad de las líneas se protegen mediante IA modulares, excepto aquellas de mayor potencia, que incorporan IA industriales, de caja moldeada.

Cuadro General de Baja Tensión de Nave 2

Línea	U (V)	L (m)	ρ (20°)	S(mm2)	Ib (A)	Iz (A)	In (A)	Icc,máx (kA)	Icc,mín (kA)	P. de Corte (kA)	Im,C (A)	Int. Magnetotérmico
CS-CT	400	10	0,029	4x(4x240)	1154,70	1204	1200	19,53	17,40	20	12	1250 4P+N 10In
CGBT-N2	400	215	0,029	2x(4x240)	349,73	602	400	19,53	13,95	20	4	400 4P+N 10In
Maniobra	230,94	10	0,018	2x2,5	0,54	32	16	5,58	1,93	6,0	0,16	16C 1P+N
Det. Presencia	230,94	150	0,018	2x2,5	1,62	32	16	5,58	0,20	6,0	0,16	16C 1P+N
Circuito de alumbrado 1	400	100	0,018	4x2,5	4,82	28	16	12,46	0,29	15	0,16	16C 3P+N
Circuito de alumbrado 2	400	110	0,018	4x2,5	4,21	28	16	12,46	0,26	15	0,16	16C 3P+N
Circuito de alumbrado 3	400	130	0,018	4x2,5	4,01	28	16	12,46	0,22	15	0,16	16C 3P+N
Circuito de alumbrado 4	400	150	0,018	4x2,5	4,21	28	16	12,46	0,31	15	0,16	16C 3P+N
Circuito de alumbrado 5	400	170	0,018	4x2,5	4,21	28	16	12,46	0,27	15	0,16	16C 3P+N
Circuito de emergencias 1	230,94	110	0,018	2x1,5	0,87	23	16	5,58	0,16	6,0	0,16	16C 1P+N
Circuito de emergencias 2	230,94	170	0,018	2x1,5	0,87	23	16	5,58	0,11	6,0	0,16	16C 1P+N
Toma de corriente monofásica	400	80	0,018	4x2,5	2,71	28	16	12,46	0,36	15	0,16	16C 3P+N
Muelles 1-2-3	400	40	0,018	4x2,5	8,12	28	16	12,46	0,67	15	0,16	16C 3P+N
Rampa/Puerta	400	90	0,018	4x2,5	2,71	28	16	12,46	0,32	15	0,16	16C 3P+N
Compactador	400	60	0,018	4x10	54,13	68	63	12,46	1,47	15	0,63	63C 3P+N
Cuadro de tomas 1	400	120	0,018	4x6	28,87	49	32	12,46	0,85	15	0,32	32C 3P+N
Cuadro de tomas 2	400	100	0,018	4x4	28,87	38	32	12,46	0,64	15	0,32	32C 3P+N
Cuadro de tomas 3	400	130	0,018	4x6	28,87	49	32	12,46	0,80	15	0,32	32C 3P+N
Cuadro de tomas 4	400	140	0,018	4x6	28,87	49	32	12,46	0,75	15	0,32	32C 3P+N
Cuadro de tomas 5	400	100	0,018	4x4	28,87	38	32	12,46	0,99	15	0,32	32C 3P+N
Central exutorios	230,94	100	0,018	2x2,5	5,41	32	16	5,58	0,29	6,0	0,16	16C 1P+N
Compresor exutorios	400	100	0,018	4x2,5	18,04	28	20	12,46	0,45	15	0,20	20C 3P+N
Central incendios	230,94	20	0,018	2x2,5	8,12	32	16	5,58	1,18	6,0	0,16	16C 1P+N
Control de acceso	230,94	80	0,018	2x2,5	8,12	32	16	5,58	0,36	6,0	0,16	16C 1P+N
Reserva sala de baterías	400	80	0,018	4x16	90,21	91	100	12,46	1,67	15	1,00	100C 3P+N
Reserva vehículos eléctricos	400	40	0,018	4x10	60,13	68	63	12,46	1,93	15	0,63	63C 3P+N
Fotovoltaica	400	50	0,018	4x4	21,65	38	25	12,46	0,82	15	0,25	25C 3P+N
Reserva altillo	400	70	0,018	4x4	23,09	38	25	12,46	0,62	15	0,25	25C 3P+N
Rótulo	230,94	10	0,018	2x1,5	0,87	23	16	5,58	1,36	6,0	0,16	16C 1P+N
SAI	400	10	0,018	4x2,5	9,02	28	16	12,46	1,93	15	0,16	16C 3P+N

Tabla 2.25. Desglose de protecciones de circuitos alimentados desde Cuadro General de Baja Tensión de Nave 2 (CGBT N2)

Cuadro Secundario de Protección Contra Incendios

Línea	U (V)	L (m)	ρ (20°)	S(mm2)	Ib (A)	Iz (A)	In (A)	Icc,máx(kA)	Icc,mín (kA)	P. de Corte (kA)	Im,C (A)	Int. Magnetotérmico
CS-CT	400	10	0,029	4x(4x240)	1154,70	1204	1200	19,53	17,40	20	12	1250 4P+N 10In
CS PCI	400	350	0,029	4x35	36,08	90	40	19,53	0,75	20	0,4	40C 3P+N
Maniobra	230,94	25	0,018	2x2,5	0,54	32	10	0,26	0,20	4,5	0,1	10C 1P+N
Alumbrado 1	230,94	20	0,018	2x2,5	3,90	32	10	0,26	0,20	4,5	0,1	10C 1P+N
Emergencia	230,94	20	0,018	2x2,5	2,34	32	10	0,26	0,20	4,5	0,1	10C 1P+N
Extractor	400	30	0,018	4x2,5	1,80	28	10	0,83	0,19	4,5	0,1	10C 3P+N
Toma de corriente	230,94	35	0,018	2x2,5	8,12	32	10	0,26	0,19	4,5	0,1	10C 1P+N
Aerotermo	400	40	0,018	4x2,5	11,28	24	16	0,83	0,18	4,5	0,16	16C 3P+N
Bomba 1	400	30	0,018	4x2,5	9,02	28	10	0,83	0,19	4,5	0,1	10C 3P+N
Bomba 2	230,94	30	0,018	2x4	9,77	44	10	0,26	0,21	4,5	0,1	10C 1P+N
Bomba Jockey	230,94	30	0,018	2x4	9,77	44	10	0,26	0,21	4,5	0,1	10C 1P+N
Rejillas motoriz.	230,94	30	0,018	2x2,5	2,03	32	10	0,26	0,19	4,5	0,1	10C 1P+N
Niveles Deposito P	230,94	50	0,018	2x2,5	2,03	32	10	0,26	0,17	4,5	0,1	10C 1P+N
Central PCI	230,94	30	0,018	2x2,5	2,03	32	10	0,26	0,19	4,5	0,1	10C 1P+N

Tabla 2.26. Desglose de protecciones de circuitos alimentados desde Cuadro Secundario de Protección Contra Incendios (CS PCI)

Cuadro Secundario de Servicios Generales

Línea	U (V)		L (m)		ρ (20°)	S(mm2)	Ib (A)	Iz (A)	In (A)	Icc,máx (kA)	Icc,mín (kA)	P. de Corte (kA)	Im,C (A)	Int. Magnetotérmico
CS-CT	400		10		0,029	4x(4x240)	1154,70	1204	1200	19,53	17,40	20	12	1250 4P+N 10In
CS SSGG	400		10		0,018	4x10	59,56	68	63	19,53	10,58	15	0,63	63C 3P+N
Maniobra	230,94		25		0,018	2x1,5	0,54	23	16	5,97	0,65	10	0,16	16C 1P+N
Al. Exterior 1	400		100		0,018	4x6	1,70	44	10	11,02	0,65	15	0,1	10C 3P+N
Al. Exterior 2	400		200		0,018	4x6	1,13	44	10	11,02	0,34	15	0,1	10C 3P+N
Al. Exterior 3	230,94		300		0,018	2x6	1,70	53	10	5,97	0,23	10	0,1	10C 1P+N
Al. Fachada 1	400		180		0,018	4x4	6,79	38	10	11,02	0,26	15	0,1	10C 3P+N
Al. Fachada 2	400		180		0,018	4x4	7,07	38	10	11,02	0,26	15	0,1	10C 3P+N
Al. Fachada 3	400		270		0,018	4x4	5,38	38	10	11,02	0,17	15	0,1	10C 3P+N
Al. Fachada 4	400		270		0,018	4x4	4,81	38	10	11,02	0,17	15	0,1	10C 3P+N
Totem	400		200		0,018	4x6	5,20	44	10	11,02	0,34	15	0,1	10C 3P+N
Puerta exterior 1	400		200		0,018	4x6	3,38	44	10	11,02	0,34	15	0,1	10C 3P+N
Puerta exterior 2	400		180		0,018	4x6	3,38	44	10	11,02	0,38	15	0,1	10C 3P+N
CS Caseta guardia 1	400		150		0,018	4x6	12,63	44	16	11,02	0,45	15	0,16	10C 3P+N
CS Caseta guardia 2	400		300		0,018	4x6	12,63	44	16	11,02	0,23	15	0,16	10C 3P+N
Agua recuperada	400		50		0,018	4x6	1,44	44	10	11,02	1,16	15	0,1	10C 3P+N

Tabla 2.27. Desglose de protecciones de circuitos alimentados desde Cuadro Secundario de Servicios Generales (CS SSGG)

Cuadro Secundario de Oficinas de Nave 2

Línea	U (V)	L (m)	ρ (20°)	S(mm2)	Ib (A)	Iz (A)	In (A)	Icc,máx(kA)	Icc,mín (kA)	P. de Corte (kA)	Im,C (A)	Int. Magnetotérmico
CS-CT	400	10	0,029	4x(4x240)	1154,70	1204	1200	19,53	17,40	20	12	1250 4P+N 10In
CGBT-N2	400	215	0,029	2x(4x240)	349,73	602	400	19,53	13,95	20	4	400 4P+N 10In
CS Oficinas N2	400	30	0,018	4x16	76,87	91	80	12,46	2,18	15	0,8	80 4P+N 10In
Alumbrado 1	230,94	25	0,018	2x1,5	3,43	23	10	2,90	0,57	4,5	0,1	10C 1P+N
Alumbrado 2	230,94	25	0,018	2x1,5	3,74	23	10	2,90	0,57	4,5	0,1	10C 1P+N
Alumbrado 3	230,94	30	0,018	2x1,5	2,21	23	10	2,90	0,50	4,5	0,1	10C 1P+N
Emergencias 1	230,94	40	0,018	2x1,5	0,87	23	10	2,90	0,39	4,5	0,1	10C 1P+N
Secamanos 1	230,94	20	0,018	2x2,5	9,47	32	16	2,90	0,97	4,5	0,16	16C 1P+N
Secamanos 2	230,94	20	0,018	2x2,5	9,47	32	16	2,90	0,97	4,5	0,16	16C 1P+N
Secamanos 3	230,94	25	0,018	2x2,5	9,47	32	16	2,90	0,84	4,5	0,16	16C 1P+N
Secamanos 4	230,94	30	0,018	2x2,5	9,47	32	16	2,90	0,73	4,5	0,16	16C 1P+N
Secamanos 5	230,94	30	0,018	2x2,5	9,47	32	16	2,90	0,73	4,5	0,16	16C 1P+N
Reserva	230,94	50	0,018	2x2,5	2,71	32	16	2,90	0,50	4,5	0,16	16C 1P+N
Toma de corriente	230,94	40	0,018	2x2,5	10,83	32	16	2,90	0,59	4,5	0,16	16C 1P+N
Reserva	230,94	40	0,018	2x2,5	2,71	32	16	2,90	0,59	4,5	0,16	16C 1P+N
Puesto de trabajo 1	230,94	30	0,018	2x2,5	10,83	32	16	2,90	0,73	4,5	0,16	16C 1P+N
Puesto de trabajo 2	230,94	35	0,018	2x2,5	10,83	32	16	2,90	0,66	4,5	0,16	16C 1P+N
Puesto de trabajo 3	230,94	40	0,018	2x2,5	10,83	32	16	2,90	0,59	4,5	0,16	16C 1P+N
Puesto de trabajo 4	230,94	45	0,018	2x2,5	10,83	32	16	2,90	0,54	4,5	0,16	16C 1P+N
Previsión ascensor	400	45	0,018	4x2,5	13,53	38	16	4,81	0,54	6	0,16	16C 3P+N
Reserva	230,94	50	0,018	2x2,5	2,71	32	16	2,90	0,50	4,5	0,16	16C 1P+N
Unidad exterior	400	60	0,018	4x2,5	22,55	38	25	4,81	0,43	6	0,25	25C 3P+N
Unidad interior	230,94	40	0,018	2x2,5	8,12	32	16	2,90	0,59	4,5	0,16	16C 1P+N
Recuperador	230,94	40	0,018	2x2,5	1,08	32	16	2,90	0,59	4,5	0,16	16C 1P+N
Convector	230,94	40	0,018	2x2,5	4,33	32	16	2,90	0,59	4,5	0,16	16C 1P+N
Extracción	230,94	40	0,018	2x2,5	4,06	32	16	2,90	0,59	4,5	0,16	16C 1P+N
Bomba solar	230,94	40	0,018	2x2,5	2,71	32	16	2,90	0,59	4,5	0,16	16C 1P+N
Acumulador	230,94	40	0,018	2x2,5	10,83	32	16	2,90	0,59	4,5	0,16	16C 1P+N
SAI	400	10	0,018	4x2,5	18,04	27	20	4,81	1,42	4,5	0,2	20C 3P+N
P.Trab. Superficie 1	230,94	30	0,018	2x2,5	10,83	32	16	1,25	0,54	4,5	0,16	16C 1P+N
P.Trab. Superficie 2	230,94	35	0,018	2x2,5	10,83	32	16	1,25	0,49	4,5	0,16	16C 1P+N
P.Trab. Superficie 3	230,94	40	0,018	2x2,5	10,83	32	16	1,25	0,46	4,5	0,16	16C 1P+N
P.Trab. Superficie 4	230,94	45	0,018	2x2,5	10,83	32	16	1,25	0,42	4,5	0,16	16C 1P+N
Reserva	230,94	45	0,018	2x2,5	2,71	32	16	1,25	0,42	4,5	0,16	16C 1P+N
RACK	230,94	20	0,018	2x2,5	10,83	32	16	1,25	0,65	4,5	0,16	16C 1P+N

Tabla 2.28. Desglose de protecciones de circuitos alimentados desde Cuadro Secundario de Oficinas de Nave 2 (CS Oficinas N2)

3.2 PROTECCIÓN CONTRA CONTACTOS DIRECTOS E INDIRECTOS

El REBT en su ITC-BT-24 describe las medidas que aseguran la protección de las personas ante los choques eléctricos. En este sentido, la protección se basa en interruptores diferenciales y una instalación de tierras.

La instalación de tierras debe corresponder al esquema TT, de acuerdo con la ITC-BT-08 del REBT, puesto que el proyecto hace referencia a una alimentación desde red de distribución en Baja Tensión.

3.2.1 Interruptor Diferencial

La instalación de interruptores diferenciales, conocidos como dispositivos de corriente diferencial-residual, según la ITC-BT-24 del REBT, está destinado a complementar otras medidas de protección contra contactos directos.

La totalidad de los circuitos del proyecto incluyen una protección diferencial junto al interruptor automático correspondiente, para garantizar la protección de las líneas y los consumos que constituyen la instalación eléctrica.

El criterio de selección adoptado en este proyecto se basa en establecer una sensibilidad menor en los dispositivos destinados a proteger aquellos circuitos en los que sea más probable que se produzca un contacto o una fuga de corriente. La norma UNE-EN 61008 define unos valores normalizados de dicha corriente diferencial-residual, los cuales son los empleados en el diseño de las protecciones esta instalación.

Los valores de sensibilidad más empleados en industria son 0.03, 0.3 y 0.5 A. Estos valores determinan el diseño de las protecciones de los distintos cuadros, en circuitos de alumbrado se selecciona una sensibilidad de 30 mA, mientras que en circuitos de fuerza la elección es 300 mA. Por último, para evitar disparos intempestivos y mejorar la selectividad, se utilizan interruptores diferenciales de 500 mA.

La elección de las protecciones se muestra en los esquemas unifilares de la instalación, recogidos en el apartado Planos del Proyecto.

3.2.2 Instalación de tierras

El REBT establece en su ITC-BT-24 las características de los dispositivos de protección de una instalación de tierra.

En primer lugar, cabe destacar como todas las masas de los equipos protegidos por el mismo sistema deben estar conectadas entre sí y unidas a la misma toma de tierra. Los conductores de protección de los cables son los encargados de realizar esta conexión.

La tensión máxima diferencia entre las masa y tierra no puede exceder los 24 V, de acuerdo con la ITC-BT-18 del REBT. Por otra parte, el valor de resistividad del terreno considerada es aproximadamente 300 Ω·m.

Los valores de tensión máxima de contacto y la sensibilidad de los dispositivos de protección diferencial permiten obtener la resistencia máxima del de puesta a tierra, de acuerdo a la siguiente expresión:

$$R_A \cdot I_a \leq U \tag{3.10}$$

Siendo:

R_A: suma de las resistencias de la toma de tierra y de los conductores de protección de masas [Ω]

I_a: corriente diferencial-residual asignada del dispositivo de protección [A]

U: tensión de contacto límite convencional [V]

La instalación está formada por varios dispositivos que protegen diferentes equipos, por lo que, según la ITC-BT-24 el valor de intensidad residual-diferencial se define como la mayor de entre todos los equipos instalados, en este caso 500 mA, de manera que el valor de resistencia sea el más restrictivo posible. La resistencia máxima resulta:

$$R_A \leq \mathbf{48\ \Omega}$$

Los conductores de puesta a tierra se distribuyen de manera horizontal, de acuerdo con la ITC-BT-26, que indica que la instalación de tierra debe discurrir en forma de cable rígido de cobre desnudo, formando un anillo que abarque el perímetro del edificio. A este anillo se pueden conectar electrodos o picas, verticalmente.

La Guía Técnica de Aplicación del REBT, basada en la Norma Tecnológica de la Edificación (NTE) recomienda realizar la instalación de puesta a tierra según su tabla 4. En ella, se establece un número mínimo de picas de 2 m que deben unirse al anillo de conductor desnudo. La NTE recomienda que la resistencia de puesta a tierra sea como máximo de 15 Ω, para edificios con pararrayos, como es el caso. Al ser un límite más restrictivo que el establecido por la ecuación (3.10), es el elegido para el diseño.

Según la tabla 5 de la ITC-BT-18, la resistencia de una instalación de tierra con conductor enterrado horizontalmente se calcula de acuerdo a la expresión:

$$R_{an} = \frac{2 \cdot \rho}{L} \tag{3.11}$$

Siendo:

ρ: resistividad del terreno (Ω·m)

L: longitud de zanja ocupada por el conductor (m)

R_{an}: resistencia de tierra equivalente del anillo (Ω)

La longitud está definida por el perímetro del edificio, que asciende a 330 m. No obstante, ante la previsión de que haya zonas en las que la instalación del conductor en zig-zag sea preferente, se dimensiona para una longitud de 350 m.

Al sustituir los valores de longitud y de resistividad del terreno, definido anteriormente, en la ecuación (3.11), se obtiene:

$$R_{an} = \mathbf{1.81\ \Omega}$$

La resistencia de del anillo ya cumple con el límite, por lo que no es necesario instalar picas. El anillo se conecta a la estructura metálica del edificio mediante soldadura. La sección del conductor de cobre desnudo se puede obtener a partir de la tabla 1 de la ITC-BT-18, aunque en la práctica se selecciona una sección de 35 mm^2.

Por otra parte, el REBT en su ITC-BT-09, determina que es necesario instalar una red de tierras independiente para la red de alumbrado exterior. En este caso, el reglamento obliga a instalar un electrodo de puesta a tierra cada cinco soportes de luminarias.

Los electrodos deben estar unidos mediante cables de tensión asignada 450/750 V, de color verde-amarillo, de sección mínima 16 mm^2, y de igual sección que los conductores de fase para las redes posadas. El conductor de protección que une cada soporte con el electrodo o red de tierra, comparte las mismas características.

La longitud de cable necesario es de 330 m y se instalan 8 picas. La disposición final se muestra en el documento Nº3 “Planos”.

Los conductores de protección, tanto de la línea de alimentación principal como del resto de líneas secundarias y circuitos se han calculado anteriormente en el apartado 2.3.5, de acuerdo con la ITC-BT-18.

La línea principal de tierras discurre desde la caja de seccionamiento de tierras del CGBT hacia los distintos cuadros, bifurcándose hacia los distintos cuadros secundarios y el CGBT de Nave 2. Estas líneas están constituidas por cables unipolares de cobre de 50 mm^2, aislados mediante polímero termoestable XLPE, de tensión asignada 0.6/1 kV.

3.3 PROTECCIÓN CONTRA SOBRETENSIONES

El principal sistema de protección frente a sobretensiones es el pararrayos, cuyas características están regidas por la ITC-BT-23 del REBT. Se opta por un pararrayos de tipo PDC (Pararrayos con Dispositivo de Cebado), un sistema de protección de alta tecnología.

El principal parámetro que condiciona el diseño del PDC es el nivel de protección necesario, que determina el radio de cobertura del pararrayos. El Código Técnico de la Edificación (CTE)

en su sección SU8 proporciona un procedimiento para el cálculo de la capacidad de protección del equipo.

El modelo de cálculo se basa en tres parámetros: frecuencia esperada de impactos (N_e), riesgo admisible (N_a) y eficiencia necesaria (E). La normativa define la instalación de un pararrayos como obligatoria en aquellos casos en los que la frecuencia esperada de impactos sea superior al riesgo admisible.

Frecuencia esperada de impactos (N_e):

Estimar el número de posibles descargas atmosféricas es crucial para el dimensionado del sistema de protección. Esta frecuencia de impactos se puede calcular según la siguiente expresión:

$$N_e = N_g \cdot A_e \cdot C_1 \cdot 10^{-6} \tag{3.12}$$

Siendo:

N_g: densidad de impactos sobre el terreno (n° impactos/año·km^2)

A_e: superficie de captura equivalente del edificio (m^2)

C_1: coeficiente relacionado con el entorno

N_e: frecuencia esperada de impactos (n° impactos/año)

La densidad de impactos sobre el terreno está determinada por la situación geográfica del edificio que acoge la instalación eléctrica. El CTE proporciona una serie de estimaciones, en función de la zona de España que se estudie, de acuerdo con la siguiente imagen.

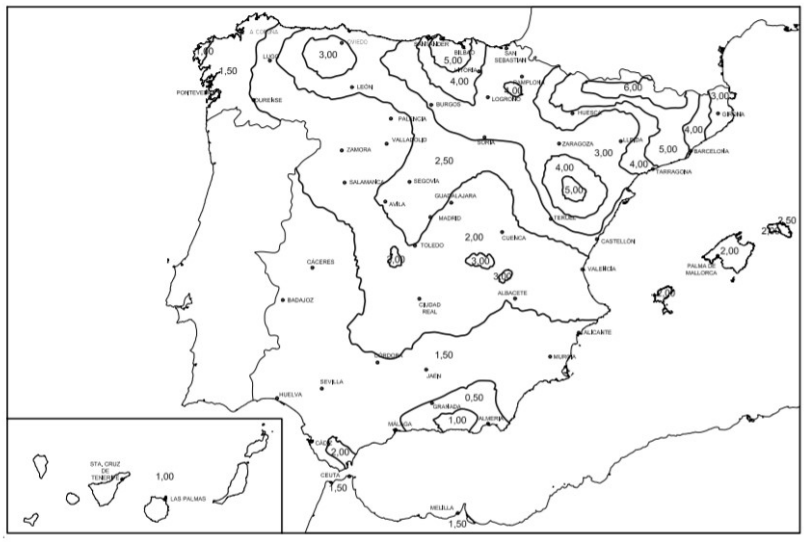


Fig. 2.7. Mapa de densidad de impactos de descarga atmosférica sobre el terreno. (Fuente: Código Técnico de la Edificación)

La nave está situada en Madrid, de manera que la previsión de descargas atmosféricas es de 2,5.

La superficie de captura equivalente corresponde al interior de una línea razada a una distancia de tres veces la altura de cada uno de los puntos del edificio. En este caso resulta un área de aproximadamente 24400 m^2, considerando una altura de 13 m en todos sus puntos.

El parámetro C1 se obtiene a partir de la siguiente tabla:

Situación del edificio	C_1
Próximo a otros edificios o árboles de la misma altura o más altos	0.5
Rodeadas de edificios más bajos	0.75
Aislado	1
Aislado sobre una colina o promontorio	2

Tabla 2.29. Coeficiente C_1 para cálculo de PCD (Fuente: Código Técnico de la Edificación)

Se considera que el edifico está próximo a edificios de altura similar e incluso más alto, puesto que se sitúa en un polígono industrial, por lo que el coeficiente toma un valor de 0.5.

Al sustituir los valores de los parámetros N_g, A_e y C_1 en la ecuación (3.12), se obtiene el valor de frecuencia esperada de impactos para el edificio correspondiente a la Nave 2.

$$N_e = \mathbf{0.0305\ impactos/año}$$

Riesgo admisible (Na):

El riesgo admisible condiciona el nivel de protección de PDC requerido. Se determina de acuerdo a la siguiente expresión:

$$N_a = \frac{5.5}{C_2 \cdot C_3 \cdot C_4 \cdot C_5} \cdot 10^{-3} \qquad (3.13)$$

Siendo:

C_2: coeficiente en función del tipo de construcción

C_3: coeficiente en función del contenido del edificio

C_4: coeficiente en función del uso del edificio

C_5: coeficiente en función de la necesidad de continuidad en las actividades que se desarrollan en el edificio.

N_a: riesgo admisible

Los coeficientes C_2 a C_5 se obtienen la siguiente tabla:

Coeficiente C_2			
	Cubierta metálica	Cubierta de hormigón	Cubierta de madera
Estructura metálica	0.5	1	2
Estructura de hormigón	1	1	2,5
Estructura de madera	2	2.5	3
Coeficiente C_3			
Edificio con contenido inflamable			3
Otros contenidos			1
Coeficiente C_4			
Edificios no ocupados normalmente			0,5
Usos Pública Concurrencia, Sanitario, Comercial, Docente			3
Resto de edificios			1
Coeficiente C_5			
Edificios cuyo deterioro pueda interrumpir un servicio imprescindible (hospitales, bomberos…) o pueda ocasionar un impacto ambiental grave			5
Resto edificios			1

Tabla 2.30. Coeficientes C_2, C_3, C_4 y C_5 para cálculo de PCD (Fuente: Código Técnico de la Edificación)

Puesto que el edificio está construido en hormigón, no tiene alberga contenido inflamable, está ocupado sin ser de pública concurrencia y su deterioro no interrumpiría un servicio imprescindible, todos los parámetros toman el valor 1.

En conclusión, el valor de riesgo admisible, sustituyendo los parámetros C en la ecuación (3.13) resulta:

$$N_a = \mathbf{0.0055}$$

De esta manera se comprueba que la instalación del equipo es necesaria según normativa vigente, puesto que el riesgo admisible resulta inferior a la frecuencia esperada de impacto.

Eficiencia necesaria (E):

Conforme a los apartados anteriores, se determina la eficiencia necesaria de la protección, de acuerdo con la siguiente expresión:

$$E = 1 - \frac{N_a}{N_e} \qquad (3.14)$$

Siendo:

N_a: riesgo admisible

N_e: frecuencia esperada de impactos (n° impactos/año)

E: eficiencia necesaria

El valor de eficiencia necesaria resulta, por tanto:

$$E = \mathbf{0.82}$$

Una vez obtenido, el valor del parámetro determina el nivel de protección de la instalación, según la siguiente tabla:

Eficiencia requerida	Nivel de protección
E≥0,98	1
0,95≤E<0,98	2
0,8≤E<0,95	3
0≤E<0,8	4

Tabla 2.31. Nivel de protección de PDC (Fuente: Código Técnico de la Edificación)

En conclusión, el sistema debe proporcionar a la instalación un nivel de protección 3.

4. CÁLCULOS LUMINOTÉCNICOS

Los cálculos de nivel de iluminación, tanto en nave como en oficinas, se realiza a partir del software DiaLux, muy habitual en el diseño de instalaciones eléctricas. A partir de un modelo en CAD de la nave, exportable a DiaLux, se consigue proyectar de una manera muy precisa la disposición de alumbrado de los distintos locales que integran el conjunto de la parcela.

Los niveles de iluminación en los que se basa el número de luminarias instalado se obtienen a partir de los requisitos proporcionados por la norma UNE 12464-1. En este caso, la normativa aplicable determina un nivel mínimo de iluminancia, es decir, lúmenes por unidad de superficie, de 500 lux para oficinas, 200 lux para la nave logística o almacén, y 200 lux para vestuarios y aseos.

A continuación, se recogen los resultados de cálculo de las distintas zonas y locales del proyecto, tanto de iluminación habitual como de iluminación de emergencia, de acuerdo con norma UNE 12464-1.

Los resultados de cálculo para iluminación de nave, oficinas y local de bombas o PCI, se muestran en la siguiente tabla:

Local	Em (lux)	Superficie (m^2)	Luminaria	Número de luminarias	Potencia total instalada (W)
NAVE LOGÍSTICA					
Nave	237	4613,07	Trilux E-Line 200-840 LVN	82	10332
OFICINAS					
Despacho 1	542	14,33	Threeline P60x60 EUGR	3	119,4
Despacho 2	535	14,33	Threeline P60x60 EUGR	3	119,4
Office	452	15,38	Threeline P60x60 EUGR	2	79,6
Sala de reuniones 1	661	8,98	Threeline P60x60 EUGR	3	119,4
Sala de reuniones 2	598	11,63	Threeline P60x60 EUGR	3	119,4
Open Space	549	91,29	Threeline P60x60 EUGR	14	557,2
Archivo	367	3,72	Threeline DG20R BF	3	54
Informática	365	3,72	Threeline DG20R BF	3	54
Aseo adaptado	210	8,25	Threeline DG20R BF	3	54
Aseo hombres	174	5,78	Threeline DG20R BF	2	36
Aseo mujeres	233	5,78	Threeline DG20R BF	2	36
Vestuario hombres	218	14,11	Threeline DG20R BF	6	108
Vestuario mujeres	225	9,56	Threeline DG20R BF	5	90
Almacén de residuos	125	13,54	Threeline DG20R BF	2	36
Recepción	366	25	Threeline P60x60 EUGR	3	119,4
PCI					
Local de PCI	264	69,89	Disano 55W RODA	9	495
ALUMBRADO DE EMERGENCIA					
Nave	2,38	4613,07	Aerlux 20-800	46	87,4
Oficinas (Open Space)	4,47	91,29	Aerlux 20-300	5	9,5
Local de PCI	8,41	69,89	Aerlux 20-300	2	3,8

Tabla 2.32. Resultados de cálculo de niveles de iluminación de locales

El número de luminarias utilizado, así como su modelo y consumo de potencia, se recoge en la siguiente tabla. La disposición final de las luminarias se muestra en detalle en el documento Nº3: "Planos".

Modelo de luminaria	Número de luminarias	Potencia (W)	Potencia total instalada (W)
Trilux E-Line 200-840 LVN	82	126	10332
Threeline P60x60 EUGR	37	39,8	1472,6
Threeline DG20R BF	27	18	486
Disano 55W RODA	9	55	495
Aerlux 20-300	7	1,9	13,3
Aerlux 20-800	46	1,9	87,4
TOTAL	-	-	**12886,3**

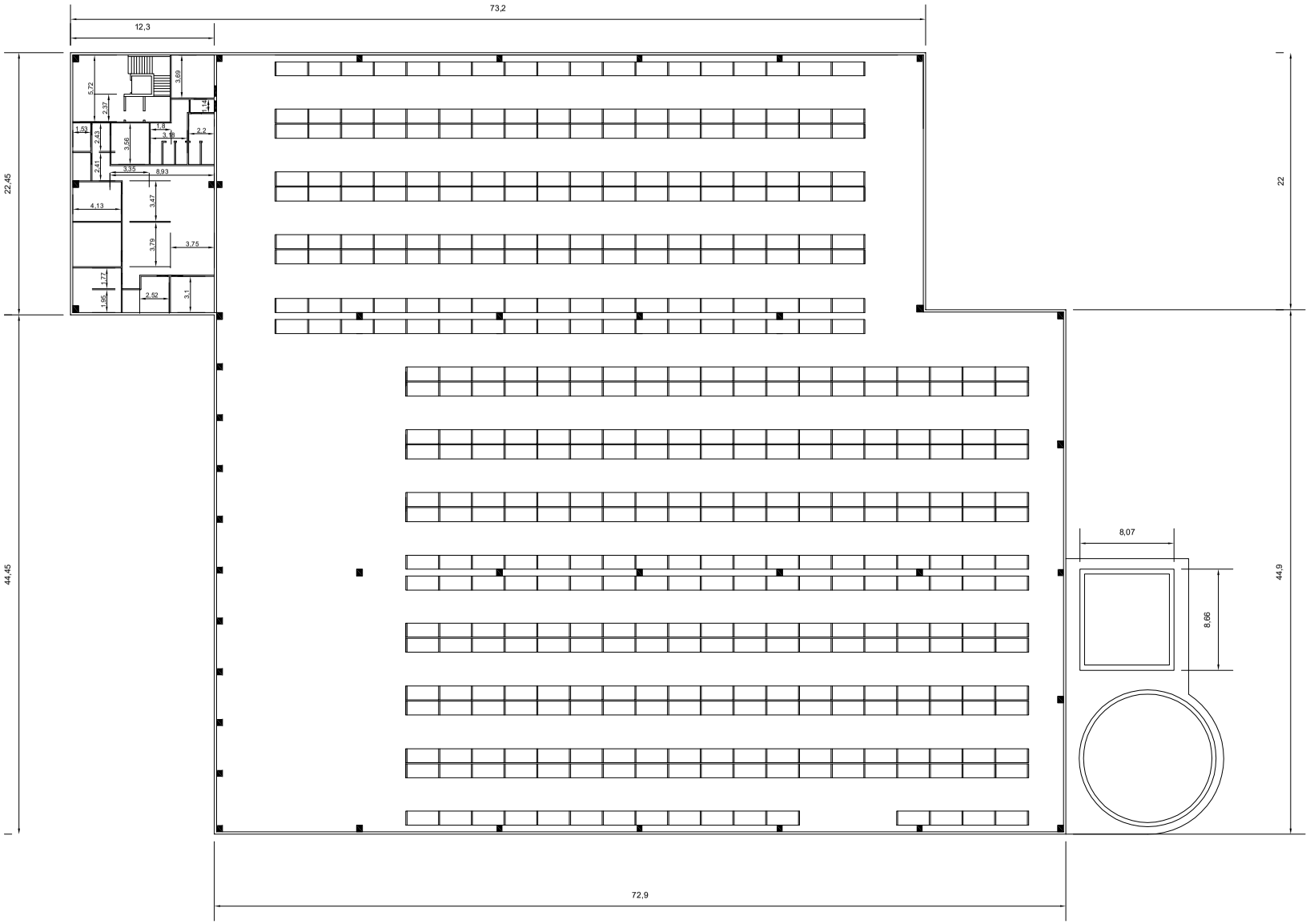
Tabla 2.33. Comparativo de potencia consumida y número de luminarias en su disposición final

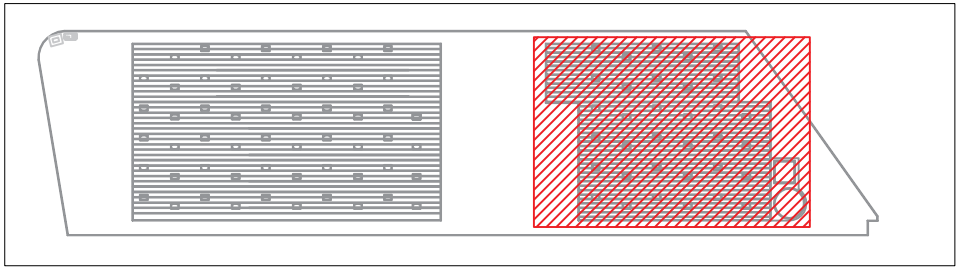
DOCUMENTO Nº3:

PLANOS

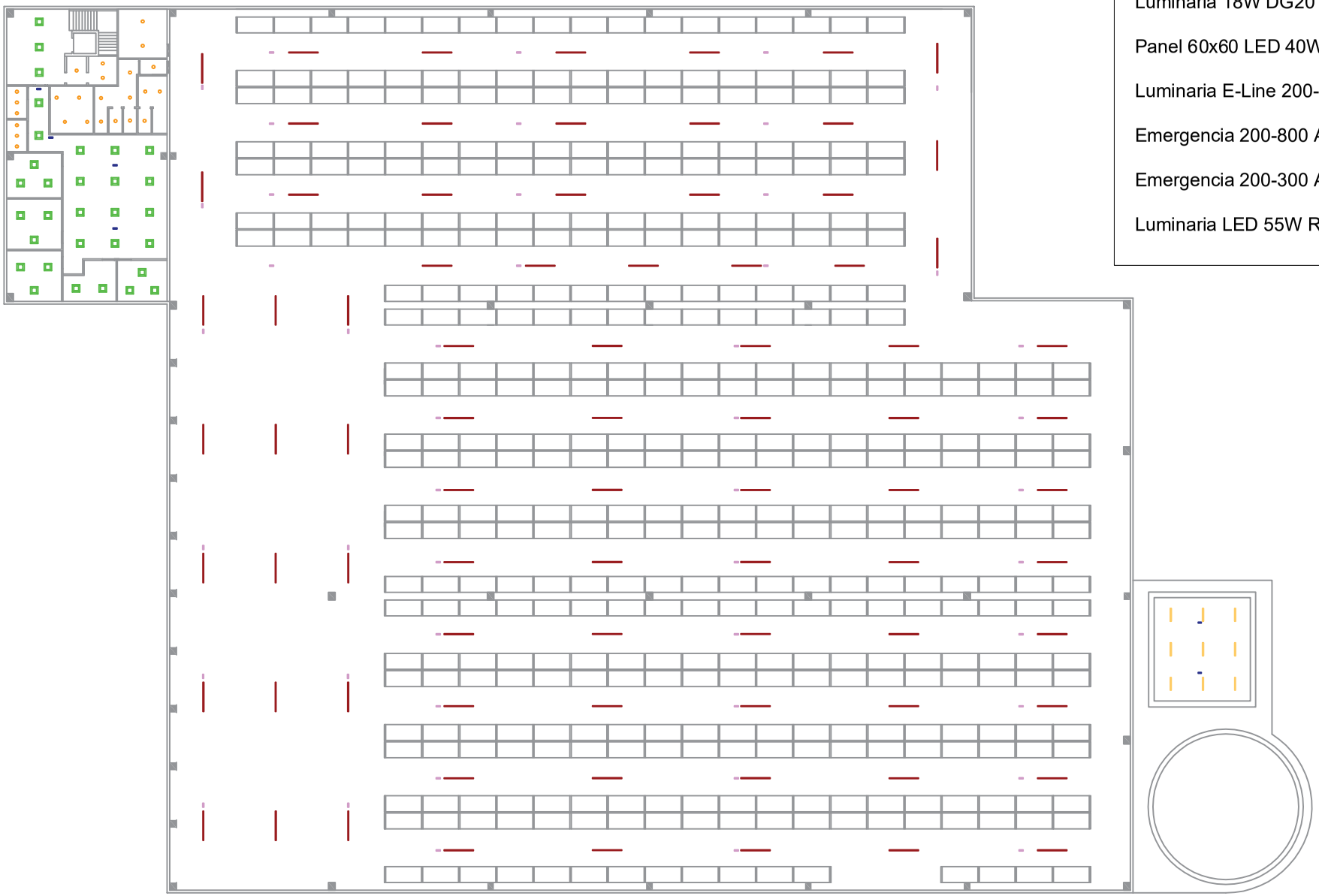
ÍNDICE

1. PLANTA DE LA NAVE 121
2. ALUMBRADO DE OFICINAS, NAVE Y LOCAL DE PCI 122
3. DISPOSICIÓN DE BANDEJA PORTACABLES 123
4. DISTRIBUCIÓN DE CUADROS ELÉCTRICOS 124
5. DISTRIBUCIÓN DE ELEMENTOS DE FUERZA 125
6. DISPOSICIÓN DE RED DE TIERRAS EN BAJA TENSIÓN 126
7. INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA. PLANTA 127
8. EDIFICIO PREFABRICADO DE CENTRO DE TRANSFORMACIÓN 128
9. DISPOSICIÓN DE RED DE TIERRAS EN MEDIA TENSIÓN 129
10. ESQUEMA DE ACOMETIDA DESDE RED DE DISTRIBUCIÓN 130
11. ESQUEMA DE INSTLACIÓN EN MEDIA TENSIÓN 131
12. ESQUEMA UNIFILAR DE INSTALACIÓN EN BAJA TENSIÓN 132
13. ESQUEMA UNIFILAR DE SUBCUADRO DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS 133
14. ESQUEMA UNIFILAR DE SUBCUADRO DE SERVICIOS GENERALES 134
15. ESQUEMA UNIFILAR DE CUADRO GENERAL DE BAJA TENSIÓN DE NAVE 2 . 135
16. ESQUEMA UNIFILAR DE SUBCUADRO DE OFICINAS DE NAVE 2 136
17. INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA. ESQUEMA UNIFILAR 137

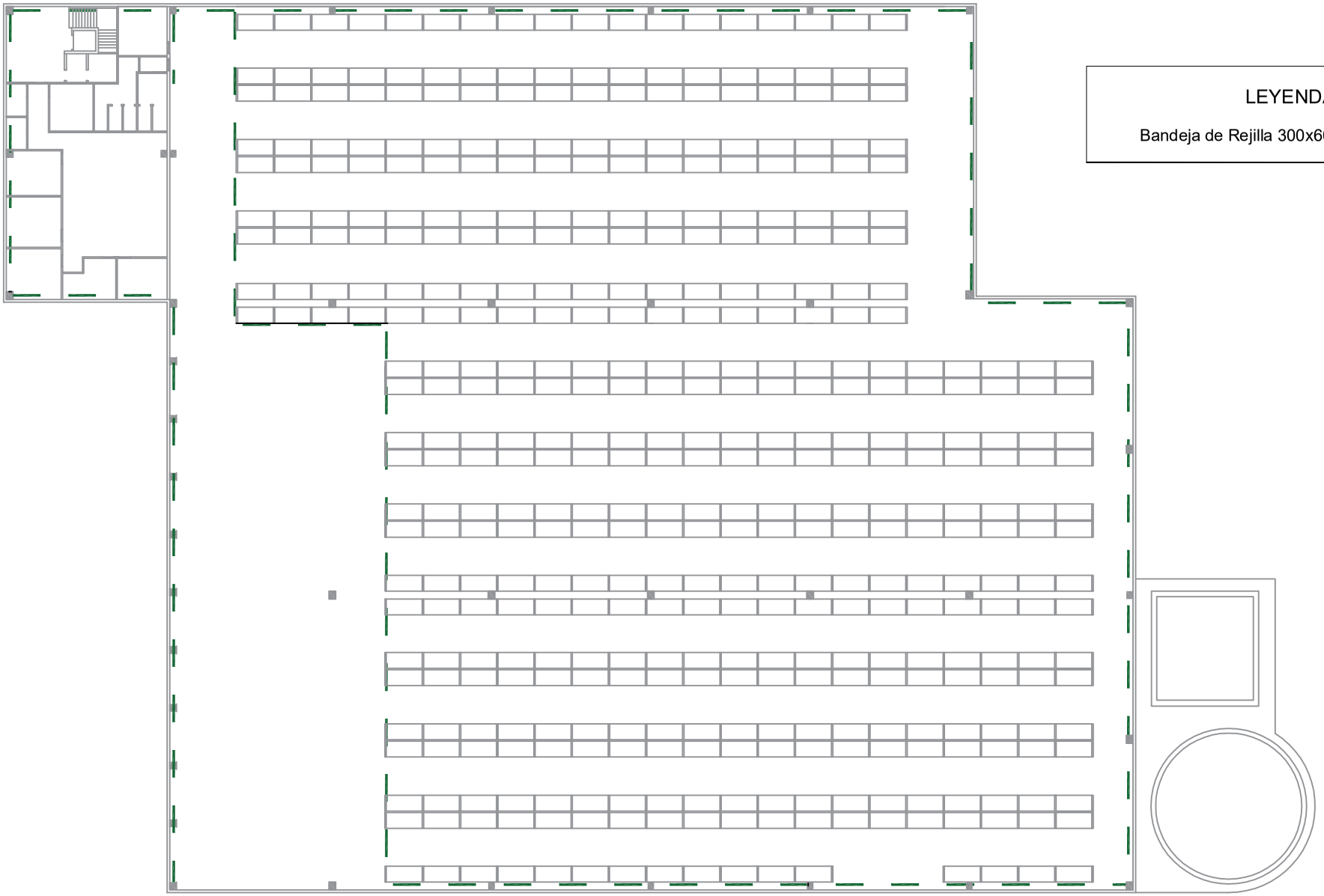




MATERIAL			DESCRIPCIÓN:
TOLERANCIA			Planta de la nave
		FECHA	PROYECTO:
DIBUJADO	DIEGO ARROYO DE LAGASCA ENCINAS	09/06/2020	Instalación eléctrica de media y baja tensión en nave logística
COMPROBADO	E. PICATOSTE	09/06/2020	
ESCALA:	FIRMA:	I.C.A.I	Nº LÁMINA: 0.1



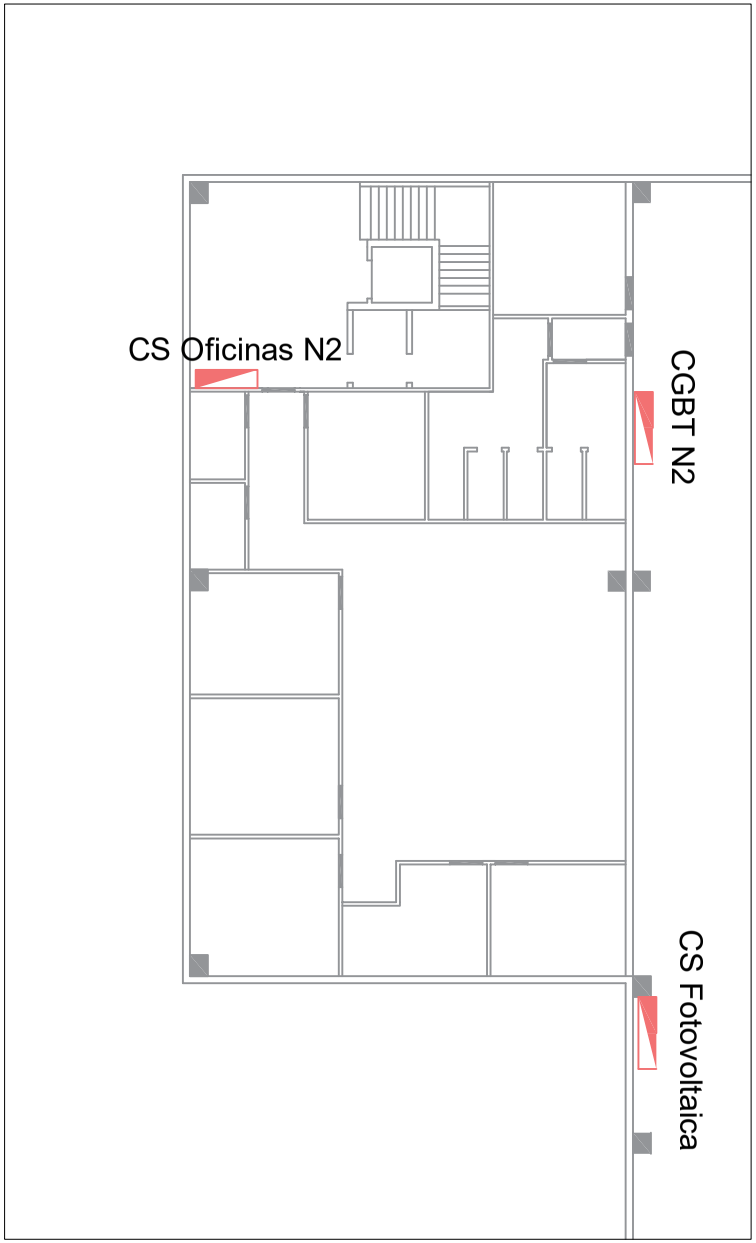
MATERIAL			DESCRIPCIÓN:
TOLERANCIA			Alumbrado de oficinas, nave y local de PCI
		FECHA	PROYECTO:
DIBUJADO	DIEGO ARROYO DE LAGASCA ENCINAS	09/06/2020	Instalación eléctrica de media y baja tensión en nave logística
COMPROBADO	E. PICATOSTE	09/06/2020	
ESCALA:	FIRMA:		I.C.A.I
			Nº LÁMINA: 0.2

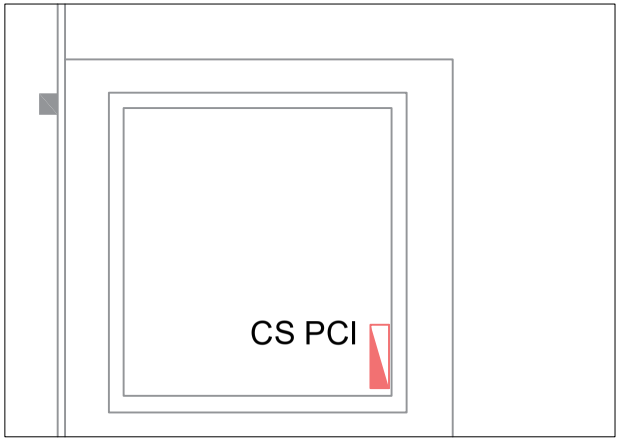


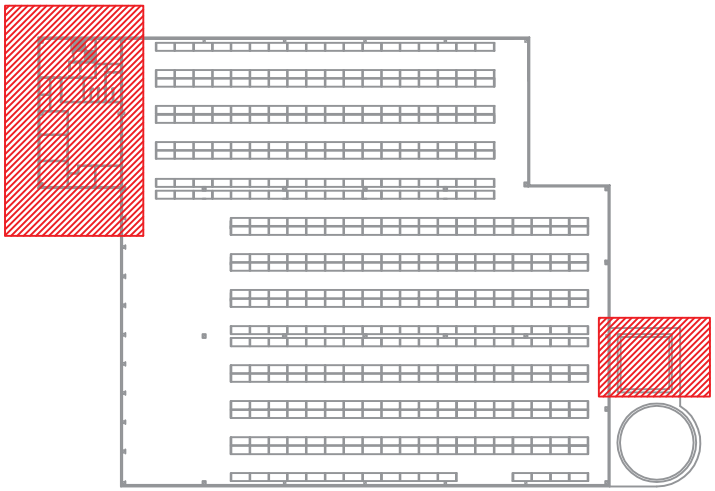
LEYENDA:

Bandeja de Rejilla 300x60 mm

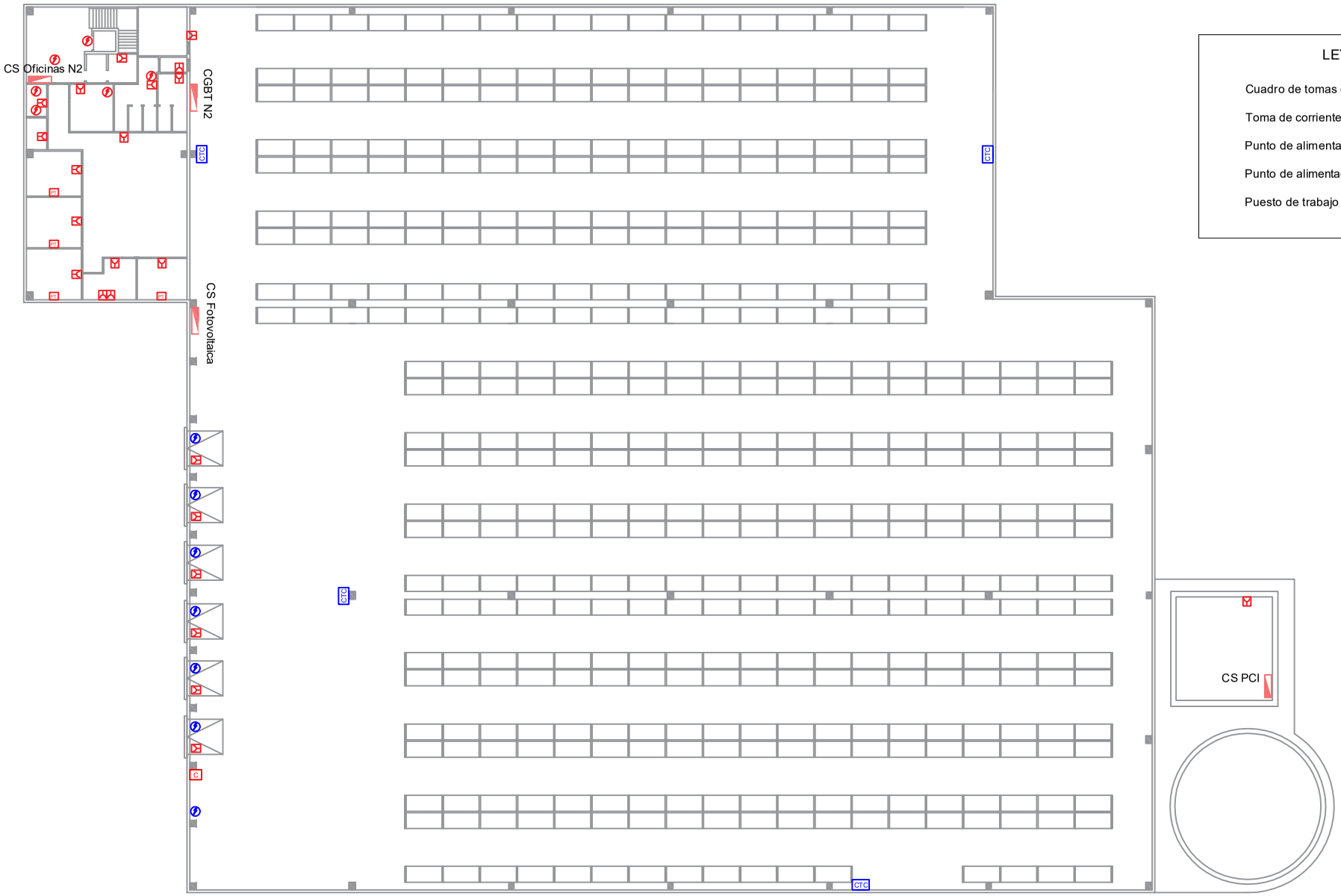
MATERIAL			DESCRIPCIÓN:
TOLERANCIA			Disposición de bandeja portacables
		FECHA	PROYECTO:
DIBUJADO	DIEGO ARROYO DE LAGASCA ENCINAS	09/06/2020	Instalación eléctrica de media y baja tensión en nave logística
COMPROBADO	E. PICATOSTE	09/06/2020	
ESCALA:	FIRMA:	I.C.A.I	Nº LÁMINA: 0.3







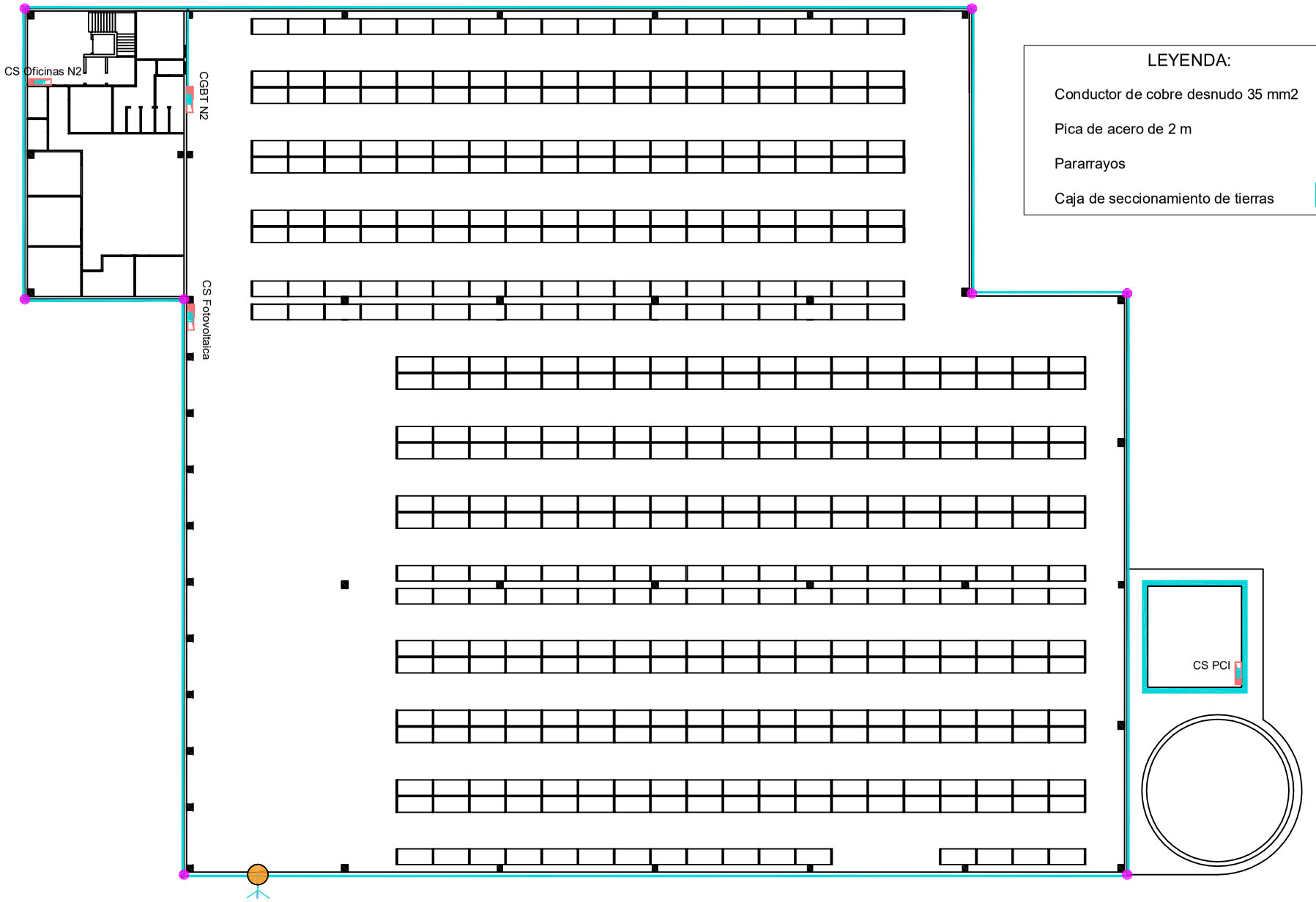
MATERIAL			DESCRIPCIÓN:
TOLERANCIA			Distribución de cuadros eléctricos
		FECHA	PROYECTO:
DIBUJADO	DIEGO ARROYO DE LAGASCA ENCINAS	09/06/2020	Instalación eléctrica de media y baja tensión en nave logística
COMPROBADO	E. PICATOSTE	09/06/2020	
ESCALA:	FIRMA:	I.C.A.I	Nº LÁMINA: 0.4



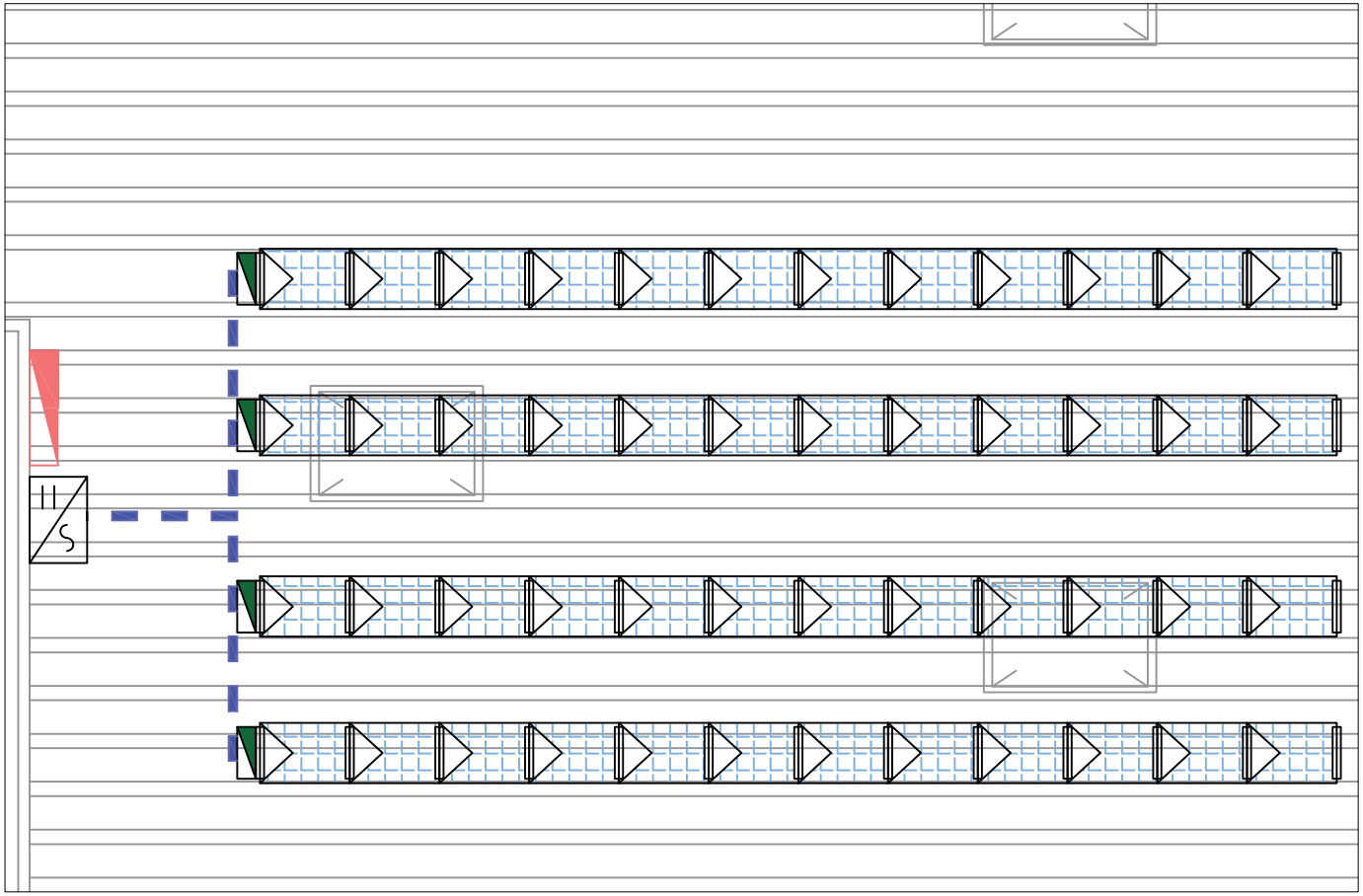
LEYENDA:

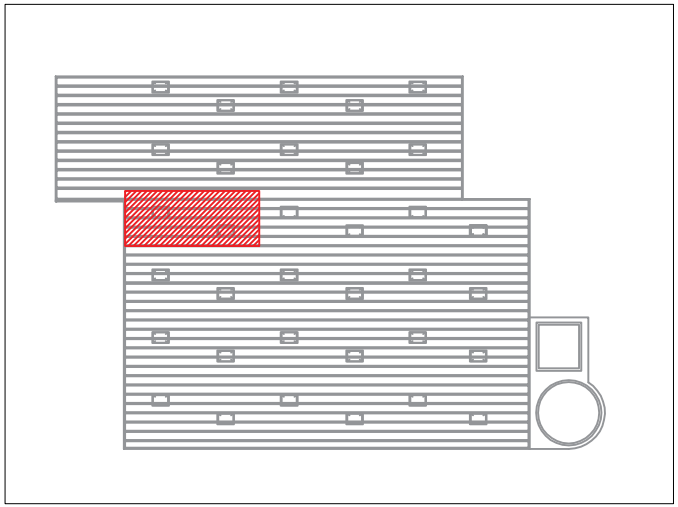
- Cuadro de tomas de corriente — CTC
- Toma de corriente
- Punto de alimentación a muelle
- Punto de alimentación
- Puesto de trabajo en suelo — PT

MATERIAL			DESCRIPCIÓN:
TOLERANCIA			Distribución de elementos de fuerza
		FECHA	PROYECTO:
DIBUJADO	DIEGO ARROYO DE LAGASCA ENCINAS	09/06/2020	Instalación eléctrica de media y baja tensión en nave logística
COMPROBADO	E. PICATOSTE	09/06/2020	
ESCALA:	FIRMA:		I.C.A.I — Nº LÁMINA: 0.5

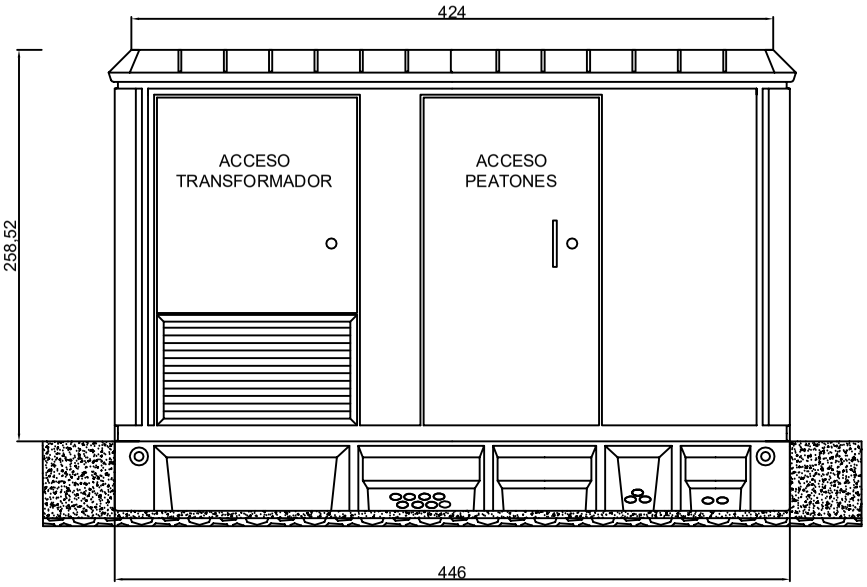


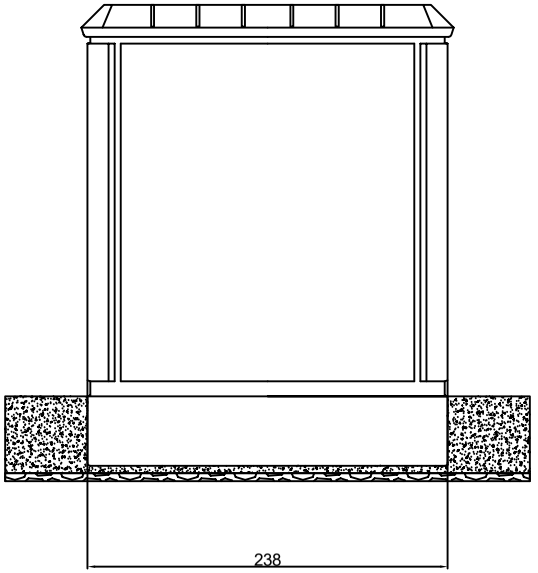
MATERIAL			DESCRIPCIÓN:
TOLERANCIA			Disposición de red de tierras
		FECHA	PROYECTO:
DIBUJADO	DIEGO ARROYO DE LAGASCA ENCINAS	09/06/2020	Instalación eléctrica de media y baja tensión en nave logística
COMPROBADO	E. PICATOSTE	09/06/2020	
ESCALA:	FIRMA:		I.C.A.I
			Nº LÁMINA: 0.6

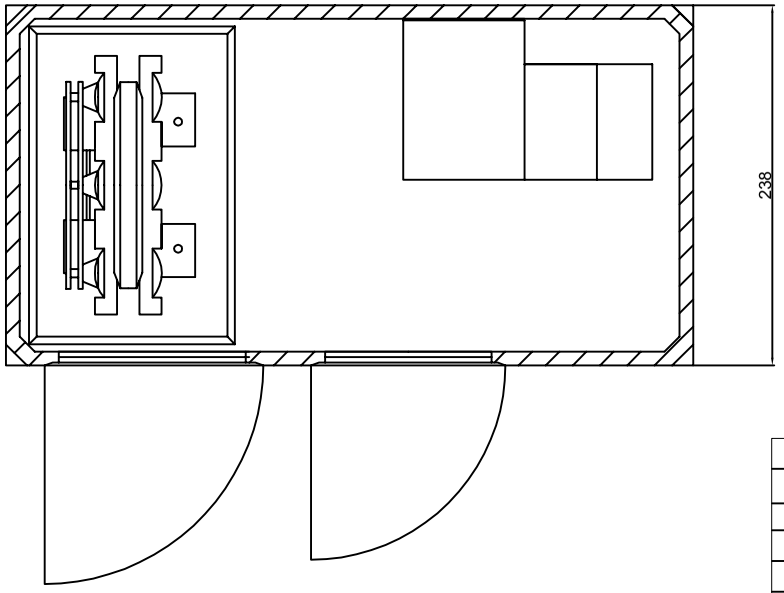




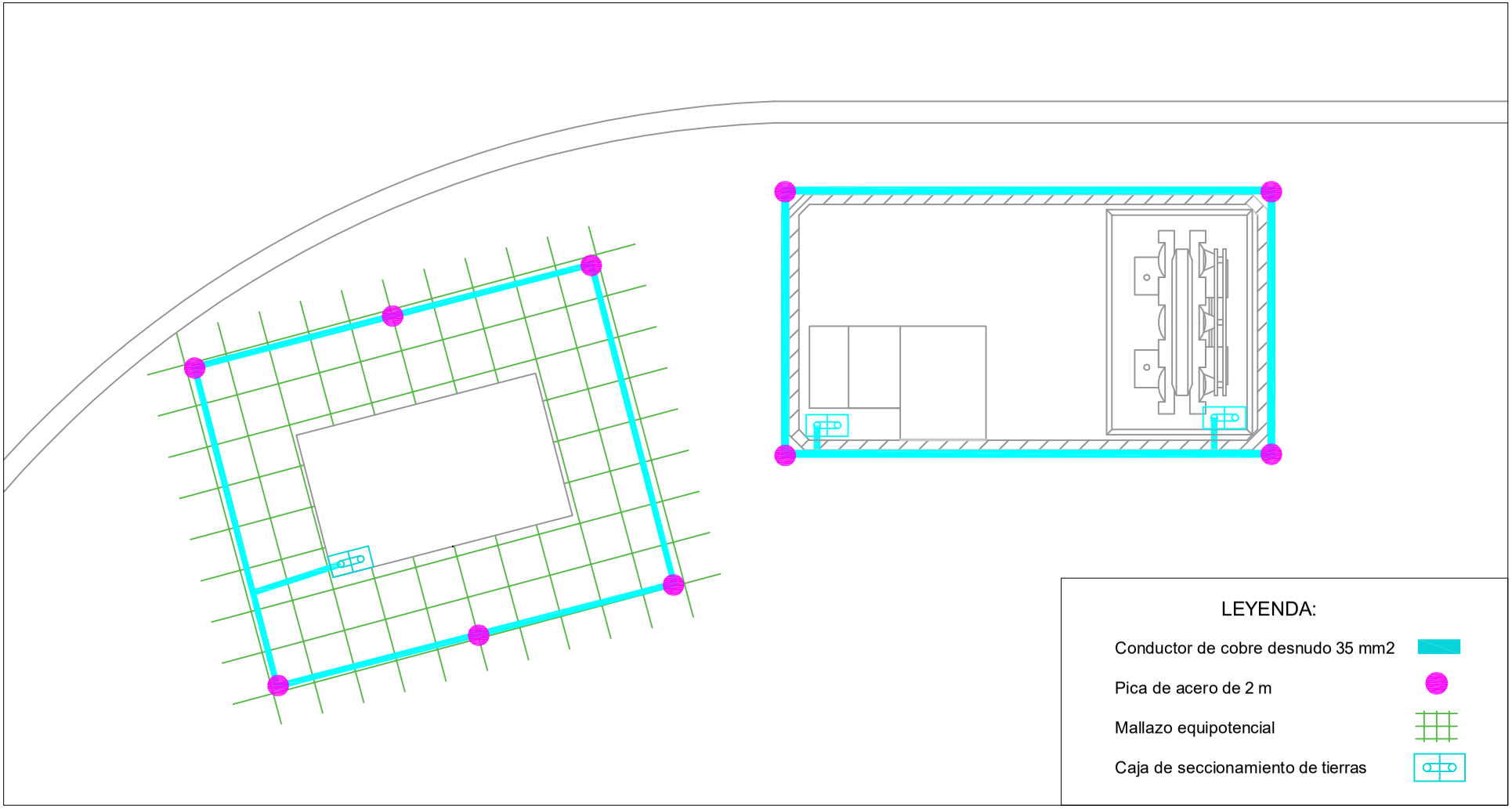
MATERIAL			DESCRIPCIÓN:
TOLERANCIA			Instalación fotovoltaica. Planta
		FECHA	PROYECTO:
DIBUJADO	DIEGO ARROYO DE LAGASCA ENCINAS	09/06/2020	Instalación eléctrica de media y baja tensión en nave logística
COMPROBADO	E. PICATOSTE	09/06/2020	
ESCALA:	FIRMA:	I.C.A.I	Nº LÁMINA: 0.7

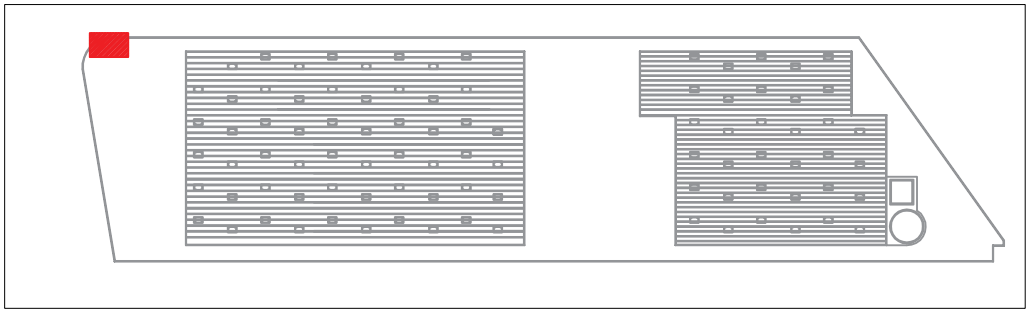




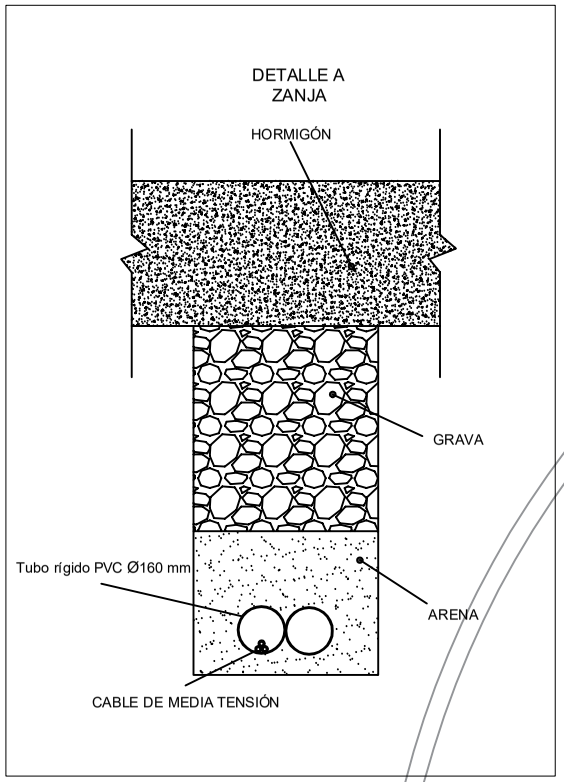


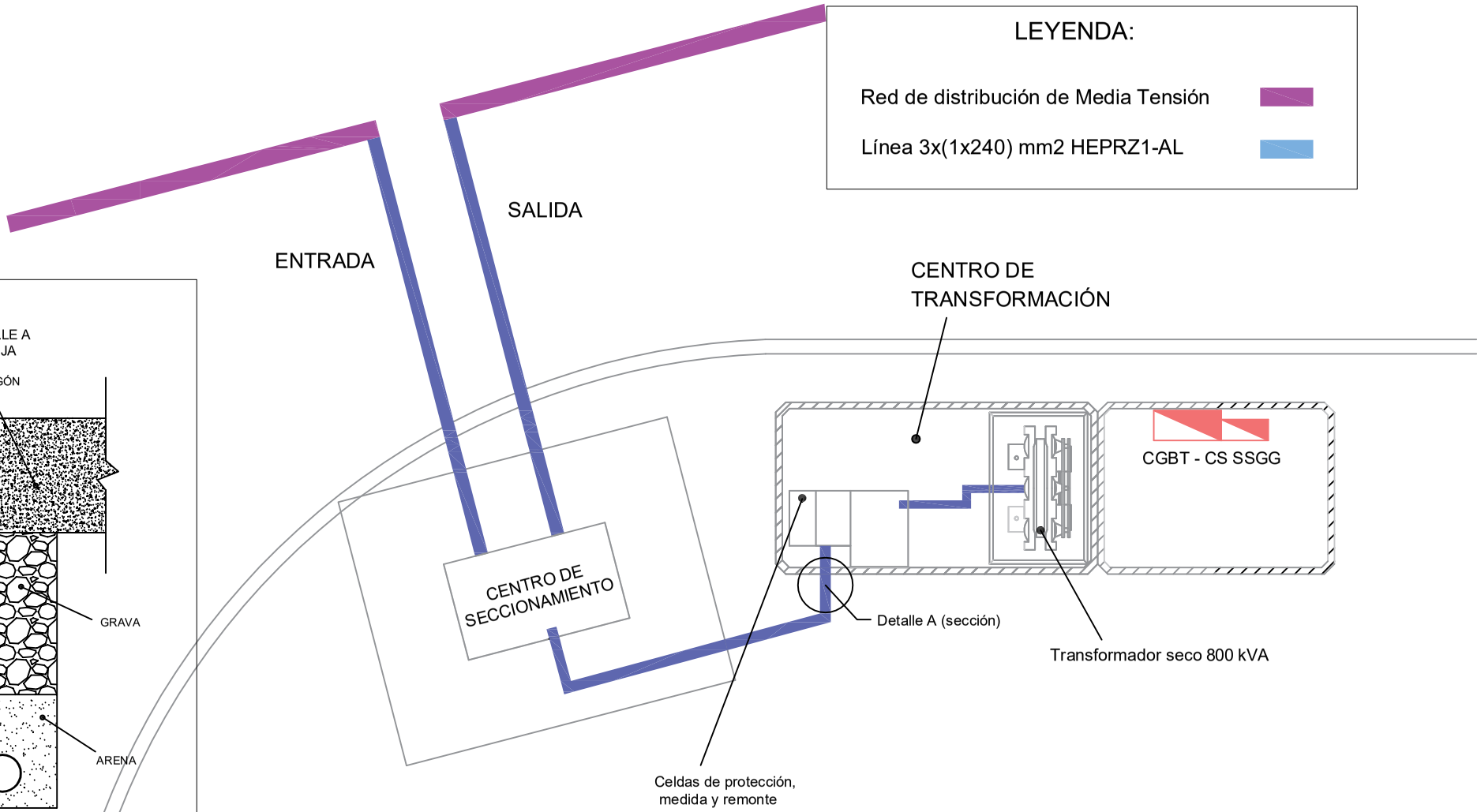
MATERIAL			DESCRIPCIÓN:
TOLERANCIA			Edificio prefabricado de Centro de Transformación
		FECHA	PROYECTO:
DIBUJADO	DIEGO ARROYO DE LAGASCA ENCINAS	09/06/2020	Instalación eléctrica de media y baja tensión en nave logística
COMPROBADO	E. PICATOSTE	09/06/2020	
ESCALA:	FIRMA:	I.C.A.I	Nº LÁMINA: 1.1



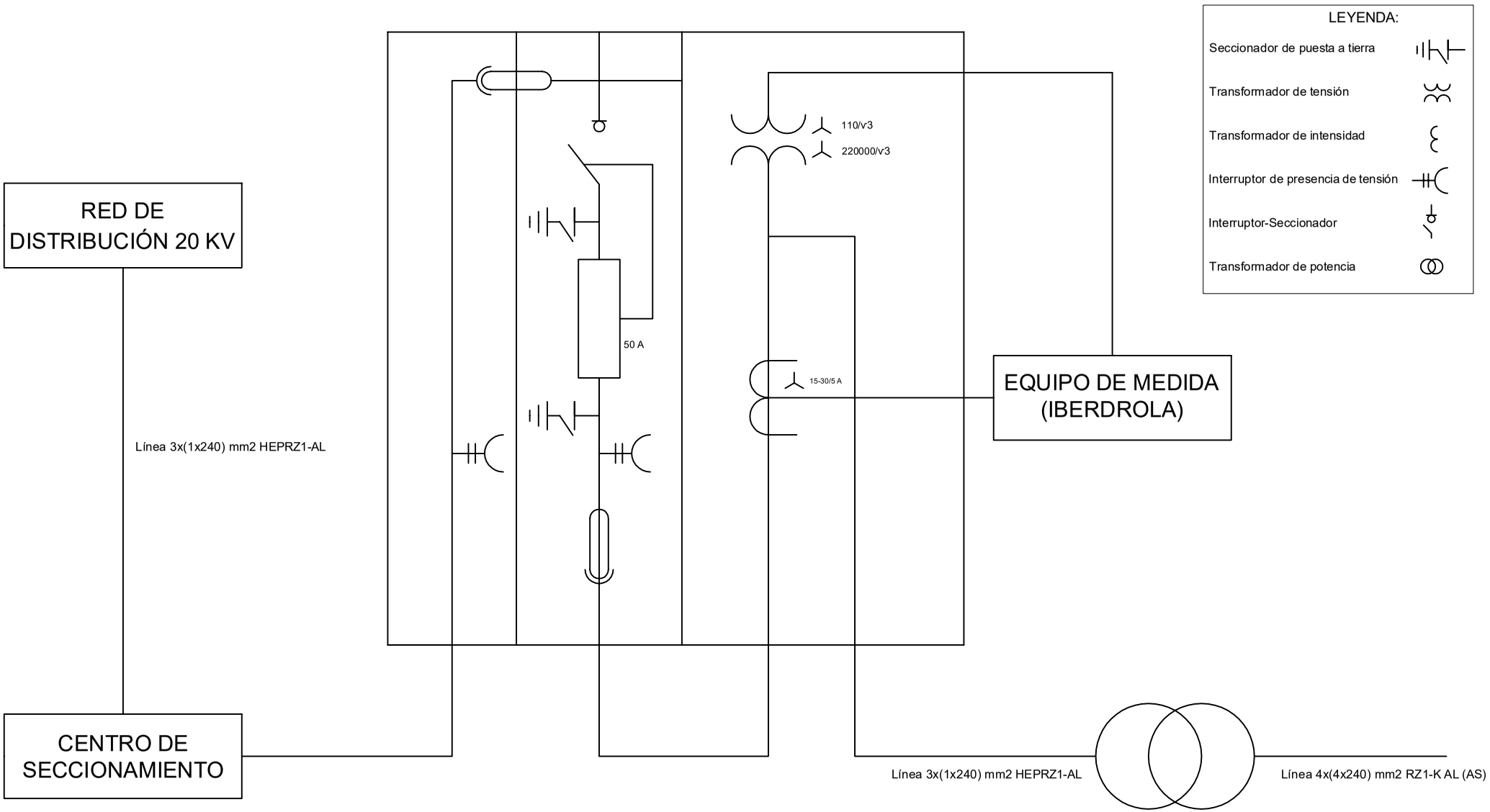


MATERIAL			DESCRIPCIÓN:
TOLERANCIA			Disposición de red de tierras
		FECHA	PROYECTO:
DIBUJADO	DIEGO ARROYO DE LAGASCA ENCINAS	09/06/2020	Instalación eléctrica de media y baja tensión en nave logística
COMPROBADO	E. PICATOSTE	09/06/2020	
ESCALA:	FIRMA:		I.C.A.I
			Nº LÁMINA: 1.2

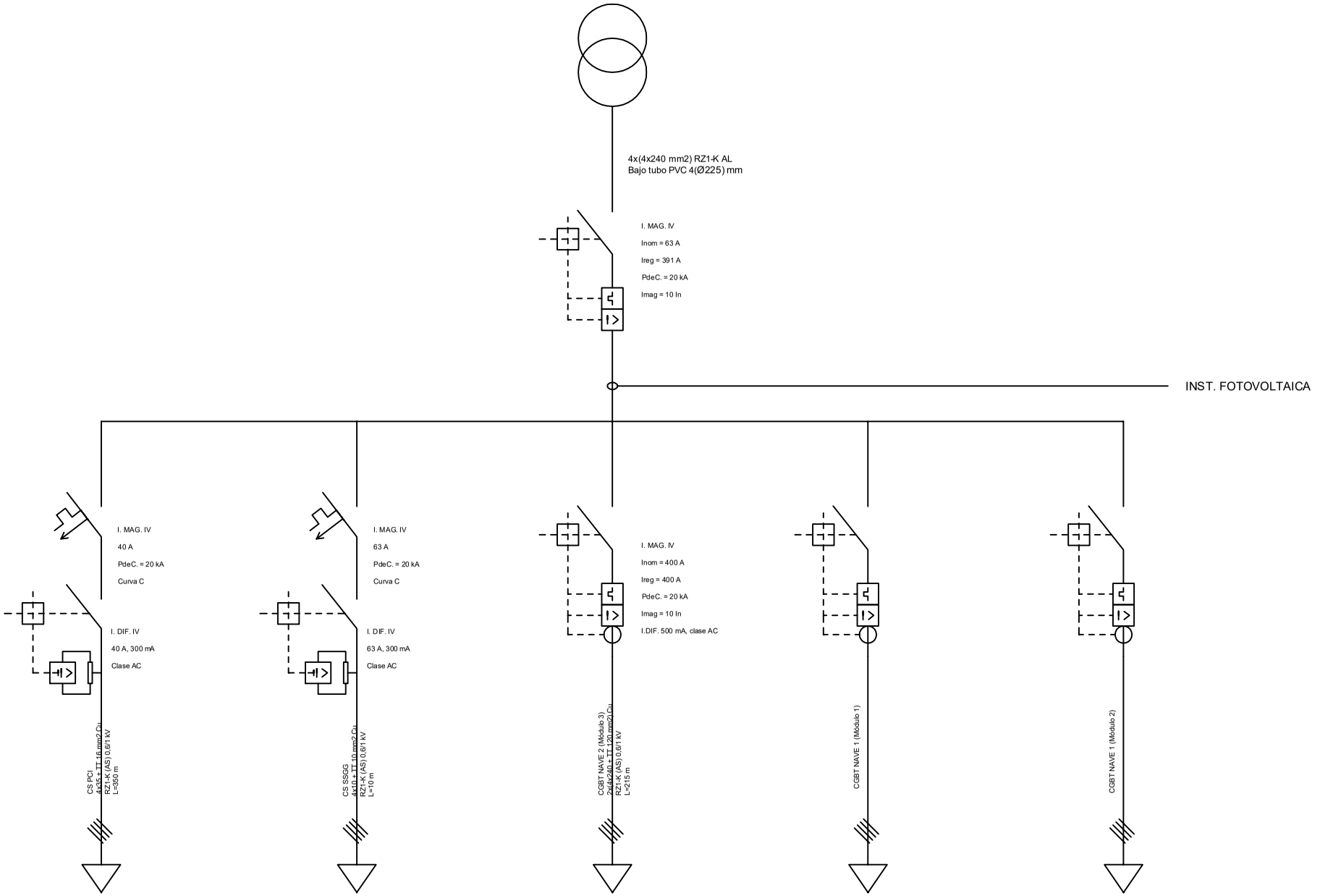




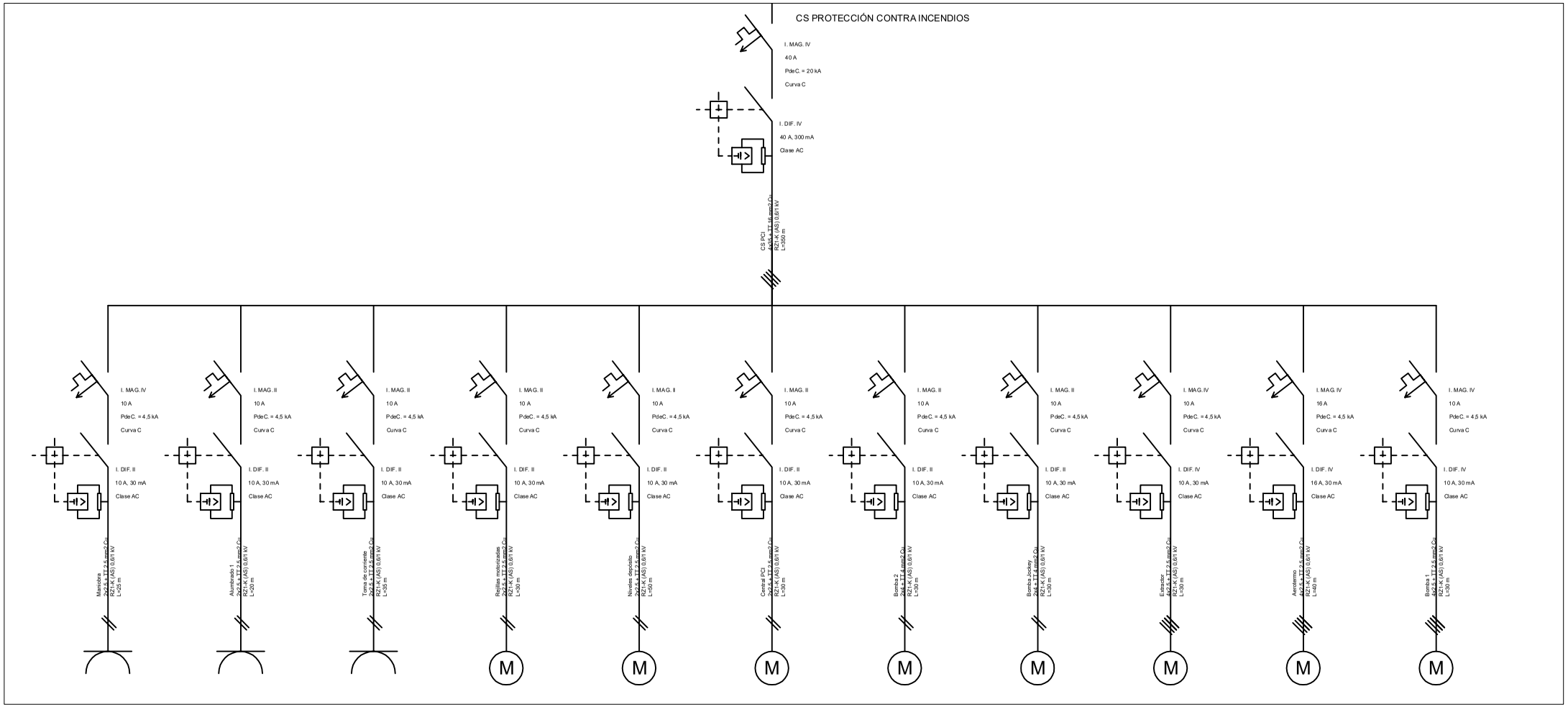
MATERIAL			DESCRIPCIÓN:
TOLERANCIA			Esquema de acometida desde red de distribución
		FECHA	PROYECTO:
DIBUJADO	DIEGO ARROYO DE LAGASCA ENCINAS	09/06/2020	Instalación eléctrica de media y baja tensión en nave logística
COMPROBADO	E. PICATOSTE	09/06/2020	
ESCALA:	FIRMA:	I.C.A.I	Nº LÁMINA: 1.3



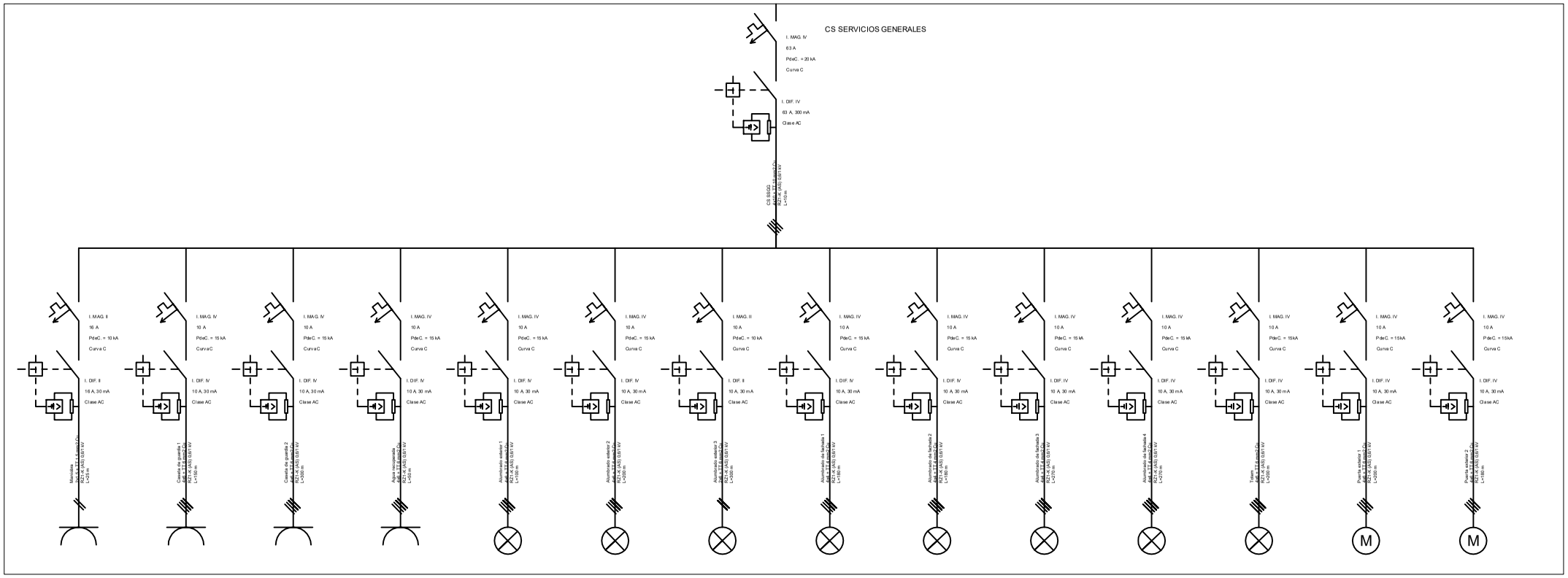
MATERIAL			DESCRIPCIÓN:
TOLERANCIA			Esquema de instalación en Media Tensión
		FECHA	PROYECTO:
DIBUJADO	DIEGO ARROYO DE LAGASCA ENCINAS	09/06/2020	Instalación eléctrica de media y baja tensión en nave logística
COMPROBADO	E. PICATOSTE	09/06/2020	
ESCALA:	FIRMA:	I.C.A.I	Nº LÁMINA: 2.1



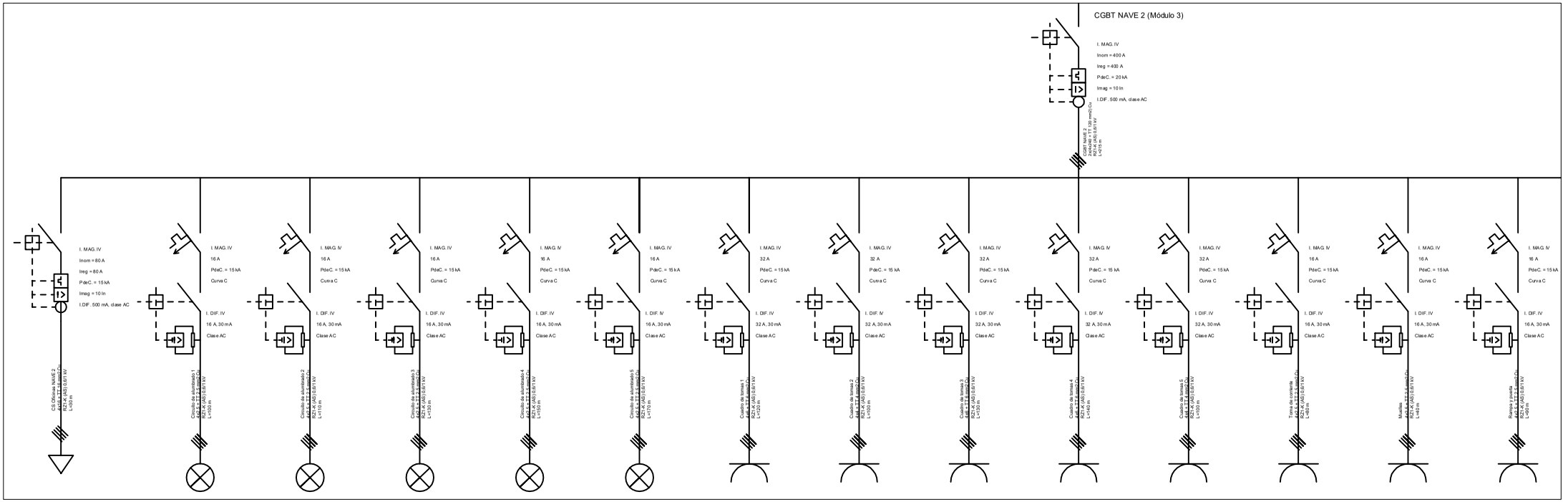
MATERIAL			DESCRIPCIÓN:
TOLERANCIA			Esquema unifilar de Instalación en Baja Tensión
		FECHA	PROYECTO:
DIBUJADO	DIEGO ARROYO DE LAGASCA ENCINAS	09/06/2020	Instalación eléctrica de media y baja tensión en nave logística
COMPROBADO	E. PICATOSTE	09/06/2020	
ESCALA:	FIRMA:	I.C.A.I	Nº LÁMINA: 2.1

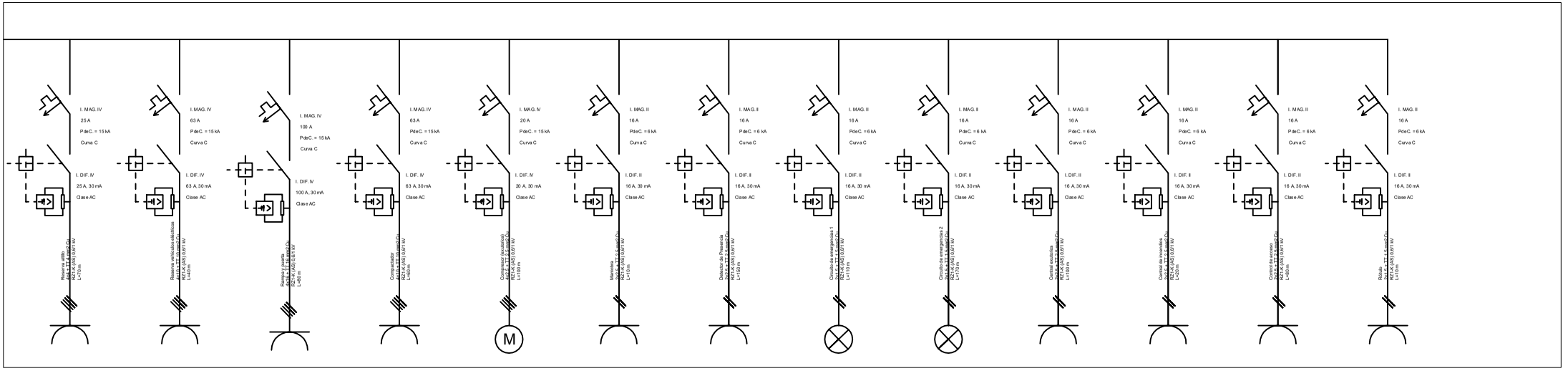


MATERIAL			DESCRIPCIÓN:
TOLERANCIA			Esquema unifilar de subcuadro de Protección Contra Incendios
		FECHA	PROYECTO:
DIBUJADO	DIEGO ARROYO DE LAGASCA ENCINAS	09/06/2020	Instalación eléctrica de media y baja tensión en nave logística
COMPROBADO	E. PICATOSTE	09/06/2020	
ESCALA:	FIRMA:	I.C.A.I	Nº LÁMINA: 2.2.1

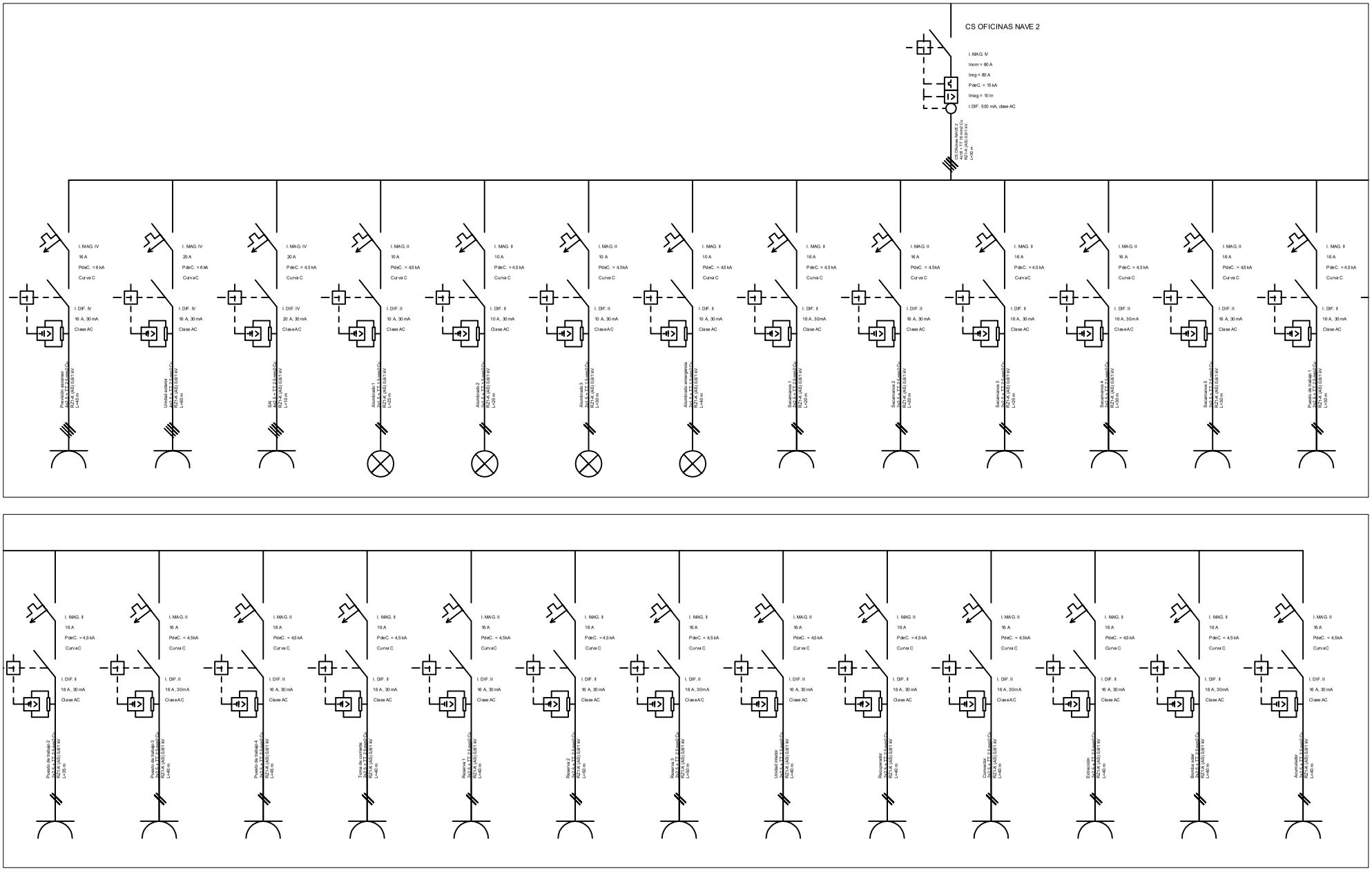


MATERIAL			DESCRIPCIÓN:
TOLERANCIA			Esquema unifilar de subcuadro de Servicios Generales
		FECHA	PROYECTO:
DIBUJADO	DIEGO ARROYO DE LAGASCA ENCINAS	09/06/2020	Instalación eléctrica de media y baja tensión en nave logística
COMPROBADO	E. PICATOSTE	09/06/2020	
ESCALA:	FIRMA:	I.C.A.I	Nº LÁMINA: 2.2.2

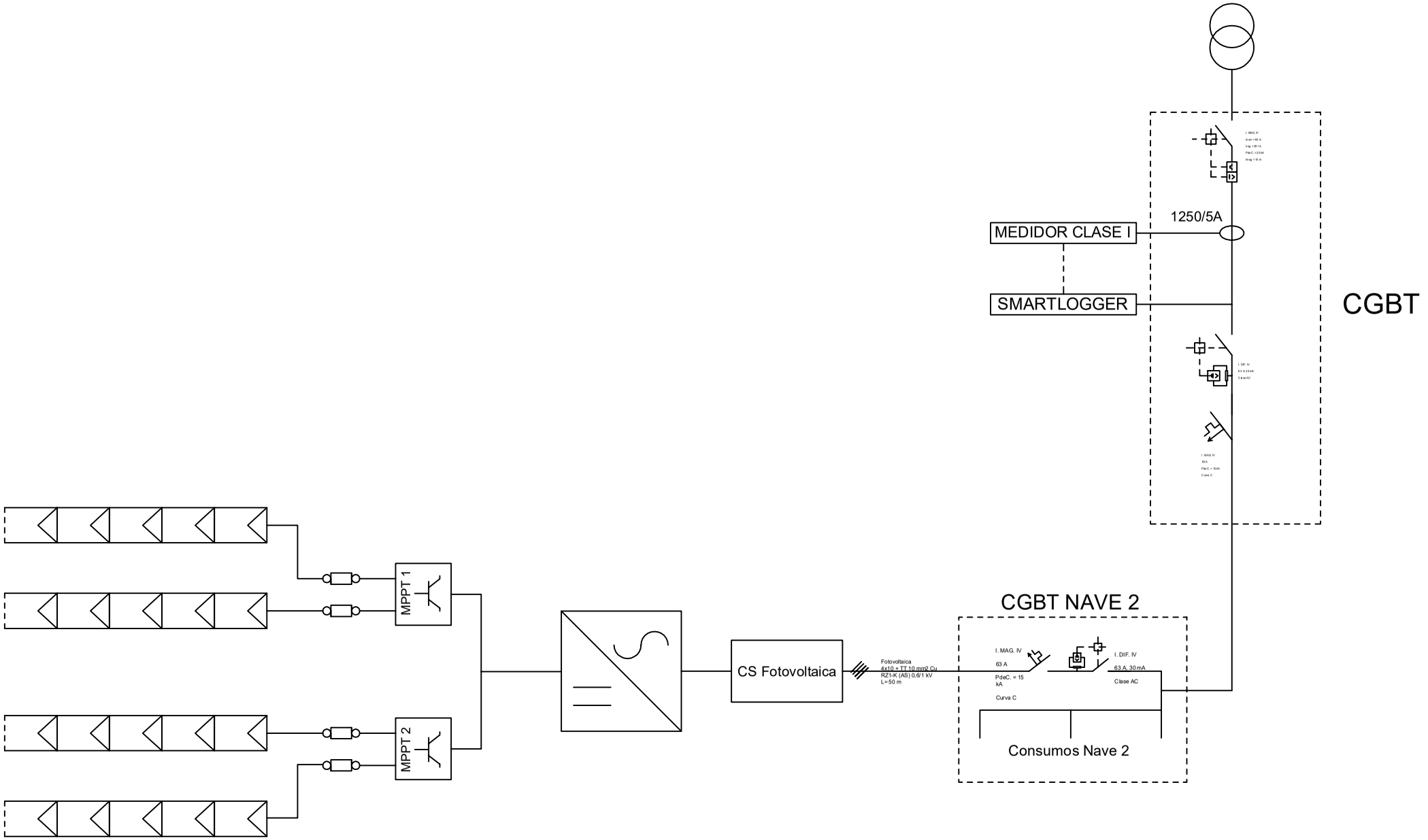




MATERIAL			DESCRIPCIÓN:
TOLERANCIA			Esquema unifilar de Cuadro General de Baja Tensión de Nave 2
		FECHA	PROYECTO:
DIBUJADO	DIEGO ARROYO DE LAGASCA ENCINAS	09/06/2020	Instalación eléctrica de media y baja tensión en nave logística
COMPROBADO	E. PICATOSTE	09/06/2020	
ESCALA:	FIRMA:	I.C.A.I	Nº LÁMINA: 2.2.3



MATERIAL			DESCRIPCIÓN:
TOLERANCIA			Esquema unifilar de subcuadro de oficinas de Nave 2
		FECHA	PROYECTO:
DIBUJADO	DIEGO ARROYO DE LAGASCA ENCINAS	09/06/2020	Instalación eléctrica de media y baja tensión en nave logística
COMPROBADO	E. PICATOSTE	09/06/2020	
ESCALA:	FIRMA:	I.C.A.I	Nº LÁMINA: 2.2.4



MATERIAL			DESCRIPCIÓN:
TOLERANCIA			Instalación fotovoltaica. Esquema unifilar
		FECHA	PROYECTO:
DIBUJADO	DIEGO ARROYO DE LAGASCA ENCINAS	09/06/2020	Instalación eléctrica de media y baja tensión en nave logística
COMPROBADO	E. PICATOSTE	09/06/2020	
ESCALA:	FIRMA:	I.C.A.I	Nº LÁMINA: 2.3

DOCUMENTO Nº4:

PLIEGO DE CONDICIONES

ÍNDICE

1. PLIEGO DE CONDICIONES GENERALES 144
1.1 ÁMBITO DE APLICACIÓN 144
1.2 DISPOSICIONES GENERALES 144
1.3 CONDICIONES FACULTATIVAS LEGALES 144
1.4 SEGURIDAD EN EL TRABAJO 145
1.5 SEGURIDAD PÚBLICA 145
1.6 ORGANIZACIÓN DEL TRABAJO 145
1.6.1 Datos de la obra 145
1.6.2 Replanteo de la obra 146
1.6.3 Condiciones generales 146
1.7 PLANIFICACIÓN Y COORDINACIÓN 147
1.8 ACOPIO DE MATERIALES 147
1.9 INSPECCIÓN Y MEDIDAS PREVIAS AL MONTAJE 147
1.10 PLANOS, CATÁLOGOS Y MUESTRAS 147
1.11 VARIACIONES DE PROYECTO Y CAMBIO DE MATERIALES 148
1.12 COOPERACIÓN CON OTROS INSTALADORES 148
1.13 PROTECCIÓN 148
1.14 LIMPIEZA DE LA OBRA 148
1.15 ANDAMIOS Y APAREJOS 149
1.16 OBRAS DE ALBAÑILERÍA 149
1.17 ENERGÍA ELÉCTRICA Y AGUA 149
1.18 RUIDOS Y VIBRACIONES 149
1.19 ACCESIBILIDAD 150
1.20 CANALIZACIONES 150
1.21 MANGUITOS PASAMUROS 150
1.22 PROTECCIÓN DE PARTES EN MOVIMIENTO 151
1.23 PROTECCIÓN DE LOS ELEMENTOS A TEMPERATURA ELEVADA 151
1.24 CUADROS Y LÍNEAS ELÉCTRICAS 151
1.25 PINTURAS Y COLORES 151
1.26 IDENTIFICACIÓN 151
1.27 PRUEBAS PARCIALES 152
1.28 PRUEBAS FINALES 152
1.29 RECEPCIÓN PROVISIONAL 152

1.30 PERIODOS DE GARANTÍA 153
1.31 RECEPCIÓN DEFINITIVA 153
1.32 PERMISOS 153
1.33 ENTRENAMIENTO 154
1.34 REPUESTOS, HERRAMIENTAS Y ÚTILES ESPECÍFICOS 154
1.35 SUBCONTRATACIÓN DE LA OBRA 154
1.36 RIESGOS 154
1.37 RESCISIÓN DEL CONTRATO 154
1.38 PAGO DE OBRA 155
1.39 ABONO DE MATERIALES ACOPIADOS 155
1.40 DISPOSICIÓN FINAL 155
2. PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS DE INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE BAJA TENSIÓN 156
2.1 CONDICIONES GENERALES 156
2.2 CANALIZACIONES ELÉCTRICAS 156
2.2.1 Conductores aislados bajo tubos protectores 156
2.2.2 Conductores aislados fijados directamente en pared 162
2.2.3 Conductores aislados enterrados 163
2.2.4 Conductores aislados directamente empotrados en estructuras 163
2.2.5 Conductores aislados en el interior de la construcción 163
2.2.6 Conductores aislados bajo canales protectoras 164
2.2.7 Conductores aislados bajo molduras 165
2.2.8 Conductores aislados en bandeja 165
2.2.9 Normas de instalación en presencia de canalizaciones no eléctricas 166
2.2.10 Accesibilidad de las instalaciones 166
2.3 CONDUCTORES 166
Materiales 166
2.3.1 Dimensionado 167
2.3.2 Identificación de las instalaciones 168
2.3.3 Resistencia de aislamiento y rigidez dieléctrica 168
2.4 CAJAS DE EMPALME 168
2.5 MECANISMOS Y TOMAS DE CORRIENTE 169
2.6 APARAMENTA DE MANDO Y PROTECCIÓN 169
2.6.1 Cuadros eléctricos 169
2.6.2 Interruptores automáticos 170
2.6.3 Guardamotores 171

2.6.4 Fusibles 171
2.6.5 Interruptores diferenciales 171
2.6.6 Seccionadores 172
2.6.7 Embarrados 173
2.6.8 Prensaestopas y etiquetas 173
2.7 RECEPTORES DE ALUMBRADO 173
2.8 RECEPTORES A MOTOR 174
2.9 PUESTAS A TIERRA 176
2.10 SEGURIDAD 178
2.11 LIMPIEZA 179
2.12 MANTENIMIENTO 179
2.13 CRITERIOS DE MEDICIÓN 179
3. PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS CENTRO DE TRANSFORMACIÓN 180
3.1 OBRA CIVIL 180
3.2 APARAMENTA DE MEDIA TENSIÓN 180
3.3 TRANSFORMADOR 180
3.4 EQUIPOS DE MEDIDA 180
3.5 NORMAS DE EJECUCIÓN DE LAS INSTALACIONES 181
3.6 PRUEBAS REGLAMENTARIAS 181
3.7 CONDICIONES DE USO, MANTENIMIENTO Y SEGURIDAD 181
3.8 CERTIFICADOS Y DOCUMENTACIÓN 182

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 4.1. Características mínimas de tubos en canalizaciones fijas en superficie 158
Tabla 4.2. Características mínimas de tubos en canalizaciones empotradas en obras de fábrica 158
Tabla 4.3. Características mínimas de tubos en canalizaciones empotradas en hormigón o canalizaciones precableadas 159
Tabla 4.4. Características mínimas de tubos en canalizaciones aéreas o con tubos al aire 160
Tabla 4.5. Características mínimas de tubos en canalizaciones enterradas 161
Tabla 4.6. Características mínimas de canales protectores en instalaciones superficiales ordinarias 164
Tabla 4.7. Características mínimas de aislamiento de las instalaciones 168
Tabla 4.8. Características de la sección de conductores de puesta a tierra 177
Tabla 4.9. Características de la sección de conductores de protección de la puesta a tierra 178

1. PLIEGO DE CONDICIONES GENERALES

1.1 ÁMBITO DE APLICACIÓN

Este pliego de condiciones determina los requisitos a que se debe ajustar la ejecución de las instalaciones cuyas características técnicas estarán especificadas en
el correspondiente proyecto.

1.2 DISPOSICIONES GENERALES

El instalador está obligado al cumplimiento de la Reglamentación del Trabajo correspondiente, la contratación del Seguro Obligatorio, Subsidio familiar y de vejez, Seguro de Enfermedad y todas aquellas reglamentaciones de carácter socia vigentes o que en lo sucesivo se dicten. En particular, deberá cumplir lo dispuesto en la Norma UNE 24042 “Contratación de Obras. Condiciones Generales”, siempre que no lo modifique el presente Pliego de Condiciones.
El Instalador deberá estar clasificado, según Orden del Ministerio de Hacienda, en el Grupo, Subgrupo y Categoría correspondientes al Proyecto y que se fijará en el Pliego de Condiciones Particulares, en caso de que proceda.
Igualmente deberá ser Instalador, provisto del correspondiente documento de calificación empresarial.

1.3 CONDICIONES FACULTATIVAS LEGALES

Las instalaciones del Proyecto, además de lo prescrito en el presente Pliego de Condiciones, se regirán por lo especificado en la siguiente normativa:

- R.D. nº 8442/2002, por el que se aprueba el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión.
- R.D. 3275/1982 de 12 de noviembre sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación, así como las Órdenes de 6 de julio de 1984, de 18 de octubre de 1984 y de 27 de noviembre de 1987, por las que se aprueban y actualizan las Instrucciones Técnicas Complementarias sobre dicho reglamento.
- R.D. 1955/2000 de 1 de Diciembre, por el que se regulan las actividades de Transporte, Distribución, Comercialización, Suministro y procedimientos de Autorización de Instalaciones de Energía Eléctrica.
- Decreto 363/2004, de 24 de Agosto por el cual se regula el procedimiento administrativo para la aplicación del reglamento electrotécnico de baja tensión.
- Normas particulares y normalización de la Empresa Suministradora de Energía Eléctrica.
- Normas tecnológicas de la edificación, instalaciones: IEB: Baja Tensión; IEI Alumbrado interior; IEP: Puestas a tierra.
- R.D. 486/1997, de 14 Abril Anexo IV: Reglamentación de iluminación en los lugares de trabajo.
- R.D. 2267/2004 De 3 de diciembre de 2004, sobre seguridad contra incendios en los establecimientos industriales.

- R.D 1942/1993, Reglamento de instalaciones de protección contra incendios
- R.D. 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación. BOE nº 74, de 28 de marzo.
- Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales.
- R.D.1627/1997 de 24 de octubre de 1.997, sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras.
- R.D. 485/1997 de 14 de abril de 1997, sobre Disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.
- R.D.1215/1997 de 18 de julio de 1997, sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.
- R.D. 773/1997 de 30 de mayo de 1997, sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.

1.4 SEGURIDAD EN EL TRABAJO

El Instalador está obligado a cumplir las condiciones que se indican en la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales y cuantas en esta materia fueran de pertinente aplicación.
Asimismo, deberá proveer cuanto fuese preciso para el mantenimiento de las máquinas, herramientas, materiales y útiles de trabajo en debidas condiciones de seguridad.
Mientras los operarios trabajen en circuitos o equipos en tensión o en su proximidad, usarán ropa sin accesorios metálicos y evitarán el uso innecesario de objetos de metal; los metros, reglas, mangos de aceiteras, útiles limpiadores, etc., que se utilicen no deben ser de material conductor. Se llevarán las herramientas o equipos en bolsas y se utilizará calzado aislante o al menos sin herrajes ni clavos en suelas.
El personal de la Contrata viene obligado a usar todos los dispositivos y medios de protección personal, herramientas y prendas de seguridad exigidos para eliminar o reducir los riesgos profesionales tales como casco, gafas, guantes, etc., pudiendo el Director de Obra suspender los trabajos, si estima que el personal de la Contrata está expuesto a peligros que son corregibles.

1.5 SEGURIDAD PÚBLICA

El Instalador deberá tomar todas las precauciones máximas en todas las operaciones y usos de equipos para proteger a las personas, animales y cosas de los peligros procedentes del trabajo, siendo de su cuenta las responsabilidades que por tales accidentes se ocasionen.
El Instalador mantendrá póliza de Seguros que proteja suficientemente a él y a sus empleados u obreros frente a las responsabilidades por daños, responsabilidad civil, etc., que en uno y otro pudieran incurrir para el Instalador o para terceros, como consecuencia de la ejecución de los trabajos.

1.6 ORGANIZACIÓN DEL TRABAJO

El Instalador ordenará los trabajos en la forma más eficaz para la perfecta ejecución de los mismos y las obras se realizarán siempre siguiendo las indicaciones del Director de Obra, al amparo de las condiciones siguientes:

1.6.1 Datos de la obra

Se entregará al Instalador una copia de los planos y pliegos de condiciones del Proyecto, así como cuantos planos o datos necesite para la completa ejecución de la Obra. Éste no podrá

tomar nota o sacar copia a su costa de la Memoria, Presupuesto y Anexos del Proyecto, así como segundas copias de todos los documentos.
Además, se hará responsable de la buena conservación de los originales de donde obtenga las copias, los cuales serán devueltos al Director de Obra después de su utilización.
No se harán por el Instalador alteraciones, correcciones, omisiones, adiciones o variaciones sustanciales en los datos fijados en el Proyecto, salvo aprobación previa por escrito del Director de Obra.

1.6.2 Replanteo de la obra

El Director de Obra, una vez que el Instalador esté en posesión del Proyecto y antes de comenzar las obras, deberá hacer el replanteo de las mismas, con especial atención en los puntos singulares, entregando al Instalador las referencias y datos necesarios para fijar completamente la ubicación de los mismos.
Se levantará por duplicado Acta, en la que constarán, claramente, los datos entregados, firmado por el Director de Obra y por el representante del Instalador.
Los gastos de replanteo serán de cuenta del Instalador.

1.6.3 Condiciones generales

El Instalador deberá suministrar todos los equipos y materiales indicados en los Planos, de acuerdo al número, características, tipos y dimensiones y, eventualmente, en los cuadros de características de los Planos.
En caso de discrepancias de cantidades entre Planos y Presupuesto, prevalecerá lo que esté indicado en los Planos. En caso de discrepancias de calidades, este documento tendrá preferencia sobre cualquier otro.
En caso de dudas sobre la interpretación técnica de cualquier documento del Proyecto, la Dirección de obra hará prevalecer su criterio. Materiales complementarios de la instalación, usualmente omitidos en Planos y Presupuesto, pero necesarios para el correcto funcionamiento de la misma, como oxígeno, acetileno, electrodos, minio, pinturas, patillas, estribos, manguitos pasamuros, lubricantes, bridas, tornillos, tuercas, toda clase de soportes, etc, deberán considerarse incluidos en los trabajos a realizar.
Todos los materiales y equipos suministrados por el Instalador deberán ser nuevos y de la calidad exigida por este pliego de condiciones, salvo cuando en otra parte del Proyecto, p.e. el Pliego de Condiciones Particulares, se especifique la utilización de material usado.
La oferta incluirá el transporte de los materiales a pié de obra, así como la mano de obra para el montaje de materiales y equipos y para las pruebas de recepción, equipada con las debidas herramientas, utensilios e instrumentos de medida.
El Instalador suministrará también los servicios de un Técnico competente que estará a cargo de la instalación y será el responsable ante la Dirección Facultativa o Dirección de Obra, o la persona delegada, de la actuación de los técnicos y operarios que llevarán a cabo la labor de instalar, conectar, ajustar, arrancar y probar cada equipo, sub-sistema y el sistema en su totalidad hasta la recepción.
La Dirección facultativa se reserva el derecho de pedir al Instalador, en cualquier momento, la sustitución del Técnico responsable, sin alegar justificaciones. En cualquier caso, los trabajos objeto del presente Proyecto alcanzarán el objetivo de realizar una instalación completamente terminada, probada y lista para funcionar.

1.7 PLANIFICACIÓN Y COORDINACIÓN

A los quince días de la adjudicación de la obra y en primera aproximación, el Instalador deberá presentar los plazos de ejecución de al menos las siguientes partidas principales de la obra:

- Planos definitivos, acopio de materiales y replanteo.
- Montaje y pruebas parciales de las redes de alimentación de, electricidad y protección contra incendios.
- Montaje de cuadros eléctricos, equipos de control, elementos de alumbrado y fuerza, sistemas contra incendios y de gestión de energía eléctrica.
- Ajustes, puestas en marcha y pruebas finales.

Sucesivamente y antes del comienzo de la instalación, el Instalador, previo estudio detallado de los plazos de entrega de equipos, aparatos y materiales, colaborará con la Dirección facultativa para asignar fechas exactas a las distintas fases de la obra.
La coordinación con otros instaladores correrá a cargo de la Dirección facultativa, o persona o entidad delegada por la misma.

1.8 ACOPIO DE MATERIALES

De acuerdo con el plan de obra, el Instalador irá almacenando en lugar preestablecido todos los materiales necesarios para ejecutar la obra, de forma escalonada según necesidades.
Los materiales quedarán protegidos contra golpes, malos tratos y elementos climatológicos, en la medida que su constitución o valor económico lo exijan.
El Instalador quedará responsable de la vigilancia de sus materiales durante el almacenaje y el montaje, hasta la recepción provisional. La vigilancia incluye también las horas nocturnas y los días festivos, si en el Contrato no se estipula lo contrario.
La Dirección facultativa tendrá libre acceso a todos los puntos de trabajo y a los lugares de almacenamiento de los materiales para su reconocimiento previo, pudiendo ser aceptados o rechazados según su calidad y estado, siempre que la calidad no cumpla con los requisitos marcados por este pliego de condiciones y/o el estado muestre claros signos de deterioro.
Cuando algún equipo, aparato o material ofrezca dudas respecto a su origen, calidad, estado y aptitud para la función, la Dirección facultativa tendrá el derecho de recoger muestras y enviarlas a un laboratorio oficial, para realizar los ensayos pertinentes con gastos a cargo del Instalador. Si el certificado obtenido es negativo, todo el material no idóneo será rechazado y sustituido, a expensas del Instalador, por material de la calidad exigida.
Igualmente, la Dirección facultativa podrá ordenar la apertura de calas cuando sospeche la existencia de vicios ocultos en la instalación, siendo por cuenta del instalador todos los gastos ocasionados.

1.9 INSPECCIÓN Y MEDIDAS PREVIAS AL MONTAJE

Antes de comenzar los trabajos de montaje, el Instalador deberá efectuar el replanteo de todos y cada uno de los elementos de la instalación, equipos, aparatos y conducciones. En caso de discrepancias entre las medidas realizadas en obra y las que aparecen en Planos, que impidan la correcta realización de los trabajos de acuerdo a la Normativa vigente y a las buenas reglas del arte, el instalador deberá notificar las anomalías a la dirección facultativa para las oportunas rectificaciones.

1.10 PLANOS, CATÁLOGOS Y MUESTRAS

Los Planos de Proyecto en ningún caso deben considerarse de carácter ejecutivo, sino solamente indicativo de la disposición general del sistema mecánico y del alcance del trabajo incluido en el

Contrato. Para la exacta situación de aparatos, equipos y conducciones el instalador deberá examinar atentamente los planos y detalles del Proyecto técnico de instalaciones.
El instalador deberá comprobar que la situación de los equipos y el trazado de las conducciones no interfieran con los elementos de otros instaladores. En caso de conflicto, la decisión será la que la Dirección facultativa considere.
Ningún equipo o aparato podrá ser entregado en obra sin obtener la aprobación por escrito de la Dirección facultativa. El Instalador deberá someter los planos de detalle, catálogos y muestras a la aprobación de la Dirección facultativa con suficiente antelación para que no se interrumpa el avance de los trabajos de la propia instalación o de los otros Instaladores.
La aprobación por parte de la Dirección facultativa de planos, catálogos y muestras no exime al Instalador de su responsabilidad en cuanto al correcto funcionamiento de la instalación se refiere.

1.11 VARIACIONES DE PROYECTO Y CAMBIO DE MATERIALES

El Instalador podrá proponer, al momento de presentar la oferta, cualquier variante sobre el presente Proyecto que afecte al sistema y/o a los materiales especificados, debidamente justificada.
La aprobación de tales variantes queda a criterio de la Dirección facultativa, que las aprobará solamente si presentan un mayor beneficio económico de inversión sin disminuir la calidad de la instalación.
Las variaciones sobre el proyecto pedidas por la Dirección facultativa que impliquen cambios de cantidades, calidades o el desmontaje de una parte de la obra realizada, deberán ser efectuadas por el Instalador.

1.12 COOPERACIÓN CON OTROS INSTALADORES

El Instalador deberá cooperar plenamente con otras empresas, bajo la supervisión de la Dirección facultativa, entregando toda la documentación necesaria a fin de que los trabajos transcurran sin interferencias ni retrasos.

1.13 PROTECCIÓN

El Instalador deberá proteger todos los materiales y equipos de desperfectos y daños durante el almacenamiento en la obra y una vez instaladas. En particular, deberá evitar que los materiales aislantes puedan mojarse o, incluso, humedecerse.
Las aperturas de conexión de todos los aparatos y máquinas deberán estar convenientemente protegidos durante el transporte, el almacenamiento y montaje, hasta tanto no se proceda a su unión.
Las protecciones deberán tener forma y resistencia adecuada para evitar la entrada de cuerpos extraños y suciedades dentro del aparato, así como los daños mecánicos que puedan sufrir las superficies de acoplamiento de bridas, roscas, manguitos, etc.
Igualmente, si es de temer la oxidación de las superficies mencionadas, éstas deberán recubrirse con pintura antioxidante, que deberá ser eliminada al momento del acoplamiento. Especial cuidado se tendrá hacia materiales frágiles y delicados, como materiales aislantes, equipos de control, medida, etc, que deberán quedar especialmente protegidos.
El Instalador será responsable de sus materiales y equipos hasta la Recepción Provisional de la obra.

1.14 LIMPIEZA DE LA OBRA

Durante el curso del montaje de sus instalaciones, el Instalador deberá evacuar de la obra todos los materiales sobrantes de trabajos efectuados con anterioridad, en particular de retales de tuberías, conductos y materiales aislantes, embalajes, etc.
Asimismo, y al final de la obra, deberá limpiar perfectamente de cualquier suciedad todas las unidades terminales: aparatos sanitarios, griferías, etc…

1.15 ANDAMIOS Y APAREJOS

El Instalador deberá suministrar la mano de obra y aparatos, como andamios y aparejos, necesarios para el movimiento de los materiales ligeros en la obra desde el lugar de almacenamiento al de emplazamiento.
El movimiento del material pesado y/o voluminoso, desde el camión hasta el lugar de emplazamiento definitivo, se realizará con los medios de la empresa instaladora, bajo la supervisión y responsabilidad del Instalador.

1.16 OBRAS DE ALBAÑILERÍA

La realización de todas las obras de albañilería necesarias para la instalación de materiales y equipos estará a cargo de la empresa contratista.
Tales obras incluyen aperturas y cierres de rozas y pasos de muros, recibido a fábricas de soportes, cajas, rejillas, etc, perforación y cierres de elementos estructurales horizontales y verticales, ejecución y cierres de zanjas, ejecución de galerías, fosos, bancadas, forjados flotantes, pinturas, alicatados, etc.
En cualquier caso, estos trabajos deberán realizarse bajo la responsabilidad del contratista que suministrará, cuando sea necesario, los planos de detalles. La fijación de los soportes, por medios mecánicos o por soldadura, a elementos de albañilería o de estructura del edificio, será efectuada por el Instalador siguiendo estrictamente las instrucciones que, al respecto, imparta la Dirección facultativa.

1.17 ENERGÍA ELÉCTRICA Y AGUA

Todos los gastos relativos al consumo de energía eléctrica y agua por parte del Instalador para la realización de los trabajos de montaje y para las pruebas parciales y totales correrán a cuenta de la Actividad interesada (el cliente), salvo cuando en otro Documento se indique lo contrario.
El contratista dará a conocer sus necesidades de potencia eléctrica al cliente antes de tomar posesión de la obra.

1.18 RUIDOS Y VIBRACIONES

Toda la maquinaria deberá funcionar, bajo cualquier condición de carga, sin producir ruidos o vibraciones que puedan considerarse inaceptables o que rebasen los niveles máximos exigidos por las Ordenanzas Municipales.
Las correcciones que, eventualmente, se introduzcan para reducir ruidos y vibraciones deben ser aprobadas por la Dirección facultativa y conformarse a las recomendaciones del fabricante del equipo (atenuadores de vibraciones, silenciadores acústicos, etc).

1.19 ACCESIBILIDAD

El Instalador hará conocer a la Dirección facultativa, con suficiente antelación, las necesidades de espacio y tiempo para la realización del montaje de sus materiales y equipos. A este respecto, el contratista deberá cooperar con la empresa instaladora y los otros Instaladores, particularmente cuando los trabajos a realizar estén en el mismo emplazamiento.
Los gastos ocasionados por los trabajos de volver a abrir falsos techos, patinillos, etc, debidos a la omisión de dar a conocer a tiempo sus necesidades, correrán a cargo del Instalador. Los elementos de medida, control, protección y maniobra deberán ser desmontables e instalarse en lugares visibles y accesibles, en particular cuando cumplan funciones de seguridad.
El Instalador deberá situar todos los equipos que necesitan operaciones periódicas de mantenimiento en un emplazamiento que permita la plena accesibilidad de todas sus partes, ateniéndose a los requerimientos mínimos más exigentes entre los marcados por la Reglamentación vigente y los recomendados por el fabricante.
El Instalador deberá suministrar a la empresa constructora la información necesaria para el exacto emplazamiento de puertas o paneles de acceso a elementos ocultos de la instalación, como válvulas, compuertas, unidades terminales, elementos de control, etc.

1.20 CANALIZACIONES

Antes de su colocación, todas las canalizaciones deberán reconocerse y limpiarse de cualquier cuerpo extraño, como rebabas, óxidos, suciedades, etc.
La alineación de las canalizaciones en uniones, cambios de dirección o sección y derivaciones se realizará con los correspondientes accesorios o piezas especiales, centrando los ejes de las canalizaciones con los de las piezas especiales, sin tener que recurrir a forzar la canalización. Para las tuberías, en particular, se tomarán las precauciones necesarias a fin de que conserven, una vez instaladas, su sección de forma circular. Las tuberías deberán soportarse de tal manera que en ningún caso quede interrumpido el aislamiento térmico.
Con el fin de reducir la posibilidad de transmisión de vibraciones, formación de condensaciones y corrosión, entre tuberías y soportes metálicos deberá interponerse un material flexible no metálico. En cualquier caso, el soporte no podrá impedir la libre dilatación de la tubería.
Las tuberías enterradas llevarán la protección adecuada al medio en que están inmersas, que en ningún caso impedirá el libre juego de dilatación.

1.21 MANGUITOS PASAMUROS

El Instalador deberá suministrar y colocar todos los manguitos a instalar en la obra de albañilería o estructural antes de que estas obras estén construidas. El Instalador será responsable de los daños provocados por no expresar a tiempo sus necesidades o indicar una situación incorrecta de los manguitos.
El espacio entre el manguito y la conducción deberá rellenarse con una masilla plástica, aprobada por la Dirección facultativa, que selle completamente el paso y permita la libre dilatación de la conducción. Además, cuando el manguito pase a través de un elemento corta-fuego, la resistencia al fuego del material de relleno deberá ser al menos igual a la del elemento estructural.
Los manguitos serán construidos con chapa de acero galvanizado de 6/10 mm de espesor o con tubería de acero galvanizado, con dimensiones suficientes para que pueda pasar con holgura la conducción con su aislamiento térmico. De otra parte, la holgura no podrá ser superior a 3 cm a lo largo del perímetro de la conducción.
No podrá existir ninguna unión de tuberías en el interior de manguitos pasamuros.

1.22 PROTECCIÓN DE PARTES EN MOVIMIENTO

El contratista deberá suministrar protecciones a todo tipo de maquinaria en movimiento, como transmisiones de potencia, rodetes de ventiladores, etc., con las que pueda tener lugar un contacto accidental. Las protecciones deben ser de tipo desmontable para facilitar las operaciones de mantenimiento.

1.23 PROTECCIÓN DE LOS ELEMENTOS A TEMPERATURA ELEVADA

Toda superficie a temperatura elevada, con la que pueda tener lugar un contacto accidental, deberá protegerse mediante un aislamiento térmico calculado de tal manera que su temperatura superficial no sea superior a 60 grados centígrados.

1.24 CUADROS Y LÍNEAS ELÉCTRICAS

El Instalador suministrará e instalará los cuadros eléctricos de protección, maniobra y control de todos los equipos de la instalación mecánica.
El Instalador suministrará e instalará también las líneas de potencia entre los cuadros antes mencionados y los motores de la instalación mecánica, completos de tubos de protección, bandejas, cajas de derivación, empalmes, etc, así como el cableado para control, mandos a distancia e interconexiones, salvo cuando en otro Documento se indique otra cosa.
La instalación eléctrica cumplirá con las exigencias marcadas por el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión. La Empresa Instaladora Eléctrica será responsable de la alimentación eléctrica a todos los cuadros arriba mencionados, que estará constituida por 3 fases, neutro y tierra.
El conexionado entre estos cables y los cuadros estará a cargo del Instalador.
El Instalador deberá suministrar a la Empresa Instaladora Eléctrica la información necesaria para las acometidas a sus cuadros, como el lugar exacto de emplazamiento, la potencia máxima absorbida y, cuando sea necesario, la corriente máxima absorbida y la caída de tensión admisible en régimen transitorio.
Salvo cuando se exprese lo contrario en la Memoria del Proyecto, las características de la alimentación eléctrica serán las siguientes: tensión trifásica a 400V entre fases y 230V entre fases y neutro, y con frecuencia de 50 Hz.

1.25 PINTURAS Y COLORES

Todas las conducciones de una instalación estarán señalizadas de acuerdo a lo indicado en las normas UNE, con franjas, anillos y flechas dispuestos sobre la superficie exterior de la misma o, en su caso, de su aislamiento térmico.
Los equipos y aparatos mantendrán los mismos colores de fábrica. Los desperfectos, debidos a golpes, raspaduras, etc, serán arreglados en obra satisfactoriamente a juicio de la Dirección facultativa.
En la sala de máquinas se dispondrá el código de colores enmarcado bajo
cristal, junto al esquema de principio de la instalación.

1.26 IDENTIFICACIÓN

Al final de la obra, todos los aparatos, equipos y cuadros eléctricos deberán marcarse con una chapa de identificación, sobre la cual se indicarán nombre y número del aparato. La escritura deberá ser de tipo indeleble, pudiendo sustituirse por un grabado. Los caracteres tendrán una altura no menor de 50 mm.
En los cuadros eléctricos todos los bornes de salida deberán tener un número de identificación que se corresponderá al indicado en el esquema de mando y potencia.
Todos los equipos y aparatos importantes de la instalación, en particular aquellos que consumen energía, deberán venir equipados de fábrica, en cumplimiento de la normativa vigente, con una placa de identificación, en la que se indicarán sus características principales, así como nombre del fabricante, modelo y tipo.
En las especificaciones de cada aparato o equipo se indicarán las características que, como mínimo, deberán figurar en la placa de identificación. Las placas se fijarán mediante remaches o soldadura o con material adhesivo, de manera que se asegure su inamovilidad, se situarán en un lugar visible y estarán escritas con caracteres claros y en la lengua o lenguas oficiales españolas.

1.27 PRUEBAS PARCIALES

El Instalador pondrá a disposición todos los medios humanos y materiales necesarios para efectuar las pruebas parciales y finales de la instalación, efectuadas según se indicará a continuación para las pruebas finales y, para las pruebas parciales, en otros capítulos de este pliego de condiciones.
Las pruebas parciales estarán precedidas de una comprobación de los materiales al momento de su recepción en obra. Cuando el material o equipo llegue a obra con Certificado de Origen Instalador, que acredite el cumplimiento de la normativa en vigor, nacional o extranjera, su recepción se realizará comprobando, únicamente sus características aparentes.
Cuando el material o equipo esté instalado, se comprobará que el montaje cumple con las exigencias marcadas en la respectiva especificación (conexiones hidráulicas y eléctricas, fijación a la estructura del edificio, accesibilidad, accesorios de seguridad y funcionamiento, etc).
Sucesivamente, cada material o equipo participará también de las pruebas parciales y totales del conjunto de la instalación (estanqueidad, funcionamiento, puesta a tierra, aislamiento, ruidos y vibraciones, etc).

1.28 PRUEBAS FINALES

Una vez la instalación se encuentre totalmente terminada, de acuerdo con las especificaciones del proyecto, y que haya sido ajustada y equilibrada de acuerdo a lo indicado en las normas UNE, se deberán realizar las pruebas finales del conjunto de la instalación y según indicaciones de la Dirección facultativa cuando así se requiera.

1.29 RECEPCIÓN PROVISIONAL

Una vez terminadas las obras a petición del Instalador se hará la recepción provisional de las mismas por el Contratante, requiriendo para ello la presencia de la Dirección facultativa y del representante del Instalador, levantándose la correspondiente Acta, en la que se hará constar la conformidad con los trabajos realizados, si este es el caso.
Dicho Acta será firmada por la Dirección facultativa y el representante del Instalador, dándose la obra por recibida si se ha ejecutado correctamente de acuerdo con las especificaciones dadas

en el Pliego de Condiciones Técnicas y en el Proyecto correspondiente, comenzándose entonces a contar el plazo de garantía.
Al momento de la Recepción Provisional, el Instalador deberá entregar a la Dirección facultativa la siguiente documentación:

- Una copia reproducible de los planos definitivos, debidamente puestos al día, comprendiendo como mínimo, el esquema de principio, el esquema de control y seguridad, el esquema eléctrico, los planos de ubicación de los cuadros de control y eléctricos, y los planos de plantas donde se deberá indicar el recorrido de las conducciones de distribución de las instalaciones.
- Una Memoria de la instalación, en la que se incluyen las bases de proyecto y los criterios adoptados para su desarrollo.
- Una relación de todos los materiales y equipos empleados, indicando fabricante,marca, modelo y características de funcionamiento.
- Los Manuales de Instrucciones.
- El certificado de la instalación presentado ante la Consejería de Industria y Energía de la Comunidad Autónoma.
- El Libro de Mantenimiento.
- Lista de repuestos recomendados y planos de despiece completo de cada unidad.

La dirección facultativa entregará los mencionados documentos al Titular de la instalación, junto con las hojas recopilativas de los resultados de las pruebas parciales y finales y el Acta de Recepción, firmada por la Dirección facultativa y el Instalador. En el caso de no hallarse la Obra en estado de ser recibida, se hará constar así en el Acta y se darán al Instalador las instrucciones precisas y detalladas para remediar los defectos observados, fijándose un plazo de ejecución. Expirado dicho plazo, se hará un nuevo reconocimiento.
Las obras de reparación serán por cuenta y a cargo del Instalador. Si el Instalador no cumpliese estas prescripciones podrá declararse rescindido el contrato con pérdida de la fianza.

1.30 PERIODOS DE GARANTÍA

El periodo de garantía será el señalado en el contrato y empezará a contar desde la fecha de aprobación del Acta de Recepción. Hasta que tenga lugar la recepción definitiva, el Instalador es responsable de la conservación de la Obra, siendo de su cuenta y cargo las reparaciones por defectos de ejecución o mala calidad de los materiales.
Durante este periodo, el Instalador garantizará al Contratante contra toda reclamación de terceros, fundada en causa y por ocasión de la ejecución de la Obra.

1.31 RECEPCIÓN DEFINITIVA

Al terminar el plazo de garantía señalado en el contrato o en su defecto a los seis meses de la recepción provisional, se procederá a la recepción definitiva de las obras, con la concurrencia del Director de Obra y del representante del Instalador levantándose el Acta correspondiente, por duplicado (si las obras son conformes), que quedará firmada por el Director de Obra y el representante del Instalador y ratificada por el Contratante y el Instalador.

1.32 PERMISOS

El Instalador junto con la Dirección facultativa, deberá gestionar con todos los Organismos Oficiales competentes (nacionales, autonómico, provinciales y municipales) la obtención de los permisos relativos a las instalaciones objeto del presente proyecto, incluyendo redacción de los

documentos necesarios, visado por el Colegio Oficial correspondiente y presencia durante las inspecciones.

1.33 ENTRENAMIENTO

El Instalador deberá adiestrar adecuadamente, tanto en la explotación como en el mantenimiento de las instalaciones, al personal que en número y calificación designe la Propiedad.
Para ello, por un periodo no inferior a lo que se indique en otro Documento y antes de abandonar la obra, el Instalador asignará específicamente el personal adecuado de su plantilla para llevar a cabo el entrenamiento, de acuerdo con el programa que presente y que deberá ser aprobado por la Dirección facultativa.

1.34 REPUESTOS, HERRAMIENTAS Y ÚTILES ESPECÍFICOS

El Instalador incorporará a los equipos los repuestos recomendados por el fabricante para el periodo de funcionamiento que se indica en otro Documento, de acuerdo con la lista de materiales entregada con la oferta.

1.35 SUBCONTRATACIÓN DE LA OBRA

Salvo que el contrato disponga lo contrario o que de su naturaleza y condiciones se deduzca que la Obra ha de ser ejecutada directamente por el adjudicatario, podrá éste concertar con terceros la realización de determinadas unidades de obra (construcción y montaje de conductos, montaje de tuberías, montaje de equipos especiales, construcción y montaje de cuadros eléctricos y tendido de líneas eléctricas, puesta a punto de equipos y materiales de control, etc).
La celebración de los subcontratos estará sometida al cumplimiento de los siguientes requisitos:

- Que se dé conocimiento por escrito a la Dirección facultativa del subcontrato a celebrar, con indicación de las partes de obra a realizar y sus condiciones económicas, a fin de que aquél lo autorice previamente.
- Que las unidades de obra que el adjudicatario contrate con terceros no excedan del 50% del presupuesto total de la obra principal.

1.36 RIESGOS

Las obras se ejecutarán, en cuanto a coste, plazo y arte, a riesgo y ventura del Instalador, sin que esta tenga, por tanto, derecho a indemnización por causa de pérdidas, perjuicios o averías. El Instalador no podrá alegar desconocimiento de situación, comunicaciones, características de la obra, etc.
El Instalador será responsable de los daños causados a instalaciones y materiales en caso de incendio, robo, cualquier clase de catástrofes atmosféricas, etc, debiendo cubrirse de tales riesgos mediante un seguro.
Asimismo, el Instalador deberá disponer también de seguro de responsabilidad civil frente a terceros, por los daños y perjuicios que, directa o indirectamente, por omisión o negligencia, se puedan ocasionar a personas, animales o bienes como consecuencia de los trabajos por ella efectuados o por la actuación del personal de su plantilla o subcontratado.

1.37 RESCISIÓN DEL CONTRATO

Serán causas de rescisión del contrato la disolución, suspensión de pagos o quiebra del Instalador, así como embargo de los bienes destinados a la obra o utilizados en la misma. Serán asimismo causas de rescisión el incumplimiento repetido de las condiciones técnicas, la demora en la entrega de la obra por un plazo superior a tres meses y la manifiesta desobediencia en la ejecución de la obra.
La apreciación de la existencia de las circunstancias enumeradas en el párrafo anterior corresponderá a la Dirección facultativa. En los supuestos previstos en el párrafo anterior, la Propiedad podrá unilateralmente rescindir el contrato sin pago de indemnización alguna y solicitar indemnización por daños y perjuicios, que se fijará en el arbitraje que se practique.
El Instalador tendrá derecho a rescindir el contrato cuando la obra se suspenda totalmente y por un plazo de tiempo superior a tres meses. En este caso, el Instalador tendrá derecho a exigir una indemnización del cinco por ciento del importe de la obra pendiente de realización, aparte del pago íntegro de toda la obra realizada y de los materiales situados a pié de obra.

1.38 PAGO DE OBRA

El pago de obras realizadas se hará a término de las mismas debido a la duración estimada de estas (unos 7 días). En caso de prolongarse estas por un periodo superior a 30 días, se abonarán las certificaciones mensuales de las mismas.
Dichas Certificaciones contendrán solamente las unidades de obra totalmente terminadas que se hubieran ejecutado en el plazo a que se refieran. La relación valorada que figure en las Certificaciones, se hará con arreglo a los precios establecidos, reducidos en un 10% y con la ubicación, planos y referencias necesarias para su comprobación.
Serán de cuenta del Instalador las operaciones necesarias para medir unidades ocultas o enterradas, si no se ha advertido al Director de Obra oportunamente para su medición, los gastos de replanteo, inspección y liquidación de las mismas, con arreglo a las disposiciones vigentes, y los gastos que se originen por inspección y vigilancia facultativa, cuando la Dirección Técnica estime preciso establecerla.
La comprobación, aceptación o reparos deberán quedar terminados por ambas partes en un plazo máximo de quince días.
El Director de Obra expedirá las Certificaciones de las obras ejecutadas que tendrán carácter de documentos provisionales a buena cuenta, rectificables por la liquidación definitiva o por cualquiera de las Certificaciones siguientes, no suponiendo por otra parte, aprobación ni recepción de las obras ejecutadas y comprendidas en dichas Certificaciones.

1.39 ABONO DE MATERIALES ACOPIADOS

Cuando a juicio del Director de Obra no haya peligro de que desaparezcan o se deterioren los materiales acopiados y reconocidos como útiles, se abonarán con arreglo a los precios descompuestos de la adjudicación.
Dicho material será indicado por el Director de Obra que lo reflejará en el Acta de recepción de Obra, señalando el plazo de entrega en los lugares previamente indicados.
El Instalador será responsable de los daños que se produzcan en la carga, transporte y descarga de este material. En caso de retraso en su restitución, deterioro o pérdida, el Instalador se hará también cargo de los gastos suplementarios que puedan resultar.

1.40 DISPOSICIÓN FINAL

La concurrencia a cualquier Subasta, Concurso o Concurso-Subasta cuyo Proyecto incluya el presente Pliego de Condiciones Generales, presupone la plena aceptación de todas y cada una de sus cláusulas.

2. PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS DE INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE BAJA TENSIÓN

2.1 CONDICIONES GENERALES

Los materiales a emplear cumplirán las condiciones exigidas por el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión y demás disposiciones referidas a materiales y proyectos de construcción. Adicionalmente, dichos materiales serán de primera calidad.
Los materiales podrán ser sometidos, por cuenta de la contrata, a pruebas para acreditar su calidad. Aquellos que no reúnan las condiciones exigidas serán descartados para no poner en riesgo la buena práctica de la instalación.
En el caso de la utilización de materiales no consignados que den lugar a precios contradictorios, el contratista no tendrá derechos a reclamación siempre que se cumplan las condiciones de bondad necesarias, a criterio de la dirección facultativa.

2.2 CANALIZACIONES ELÉCTRICAS

Los cables se colocarán dentro de tubos o canales, fijados directamente sobre las paredes, enterrados, directamente empotrados en estructuras, en el interior de huecos de la construcción, bajo molduras, en bandeja o soporte de bandeja, según se indica en Memoria, Planos y Mediciones.
Antes de iniciar el tendido de la red de distribución, deberán estar ejecutados los elementos estructurales que hayan de soportarla o en los que vaya a ser empotrada: forjados, tabiquería, etc. Salvo cuando al estar previstas se hayan dejado preparadas las necesarias canalizaciones al ejecutar la obra previa, deberá replantearse sobre ésta en forma visible la situación de las cajas de mecanismos, de registro y protección, así como el recorrido de las líneas, señalando de forma conveniente la naturaleza de cada elemento.

2.2.1 Conductores aislados bajo tubos protectores

Los tubos protectores pueden ser:
- Tubo y accesorios metálicos.
- Tubo y accesorios no metálicos.
- Tubo y accesorios compuestos (constituidos por materiales metálicos y no metálicos).

Los tubos se clasifican según lo dispuesto en las normas siguientes:
- UNE-EN 50.086 -2-1: Sistemas de tubos rígidos.
- UNE-EN 50.086 -2-2: Sistemas de tubos curvables.
- UNE-EN 50.086 -2-3: Sistemas de tubos flexibles.
- UNE-EN 50.086 -2-4: Sistemas de tubos enterrados.

Las características de protección de la unión entre el tubo y sus accesorios no deben ser

inferiores a los declarados para el sistema de tubos.
La superficie interior de los tubos no deberá presentar en ningún punto aristas, asperezas o fisuras susceptibles de dañar los conductores o cables aislados o de causar heridas a instaladores o usuarios.
Las dimensiones de los tubos no enterrados y con unión roscada utilizados en las instalaciones eléctricas son las que se prescriben en la UNE-EN 60.423. Para los tubos enterrados, las dimensiones se corresponden con las indicadas en la norma UNE-EN 50.086 -2-4. Para el resto de los tubos, las dimensiones serán las establecidas en la norma correspondiente de las citadas anteriormente. La denominación se realizará en función del diámetro exterior.
El diámetro interior mínimo deberá ser declarado por el fabricante.
En lo relativo a la resistencia a los efectos del fuego considerados en la norma particular para cada tipo de tubo, se seguirá lo establecido por la aplicación de la Directiva de Productos de la Construcción (89/106/CEE).

Tubos en canalizaciones fijas en superficie.

En las canalizaciones superficiales, los tubos deberán ser preferentemente rígidos y en casos especiales podrán usarse tubos curvables. Sus características mínimas serán las indicadas en la tabla a continuación:

Característica	Código	Grado
Resistencia a la compresión	4	Fuerte
Resistencia al impacto	3	Media
Temperatura mínima de instalación y servicio	2	- 5 ºC
Temperatura máxima de instalación y servicio	1	+ 60 ºC
Resistencia al curvado	01-feb	Rígido/curvable
Propiedades eléctricas	01-feb	Continuidad eléctrica/aislante
Resistencia a la penetración de objetos sólidos	4	Contra objetos D ³ 1 mm
Resistencia a la penetración del agua	2	Contra gotas de agua cayendo verticalmente cuando el sistema de tubos está inclinado 15 º
Resistencia a la corrosión de tubos metálicos	2	Protección interior y exterior media y compuestos
Resistencia a la tracción	0	No declarada
Resistencia a la propagación de la llama	1	No propagador
Resistencia a las cargas suspendidas	0	No declarada

Tabla 4.1. Características mínimas de tubos en canalizaciones fijas en superficie

Tubos en canalizaciones empotradas.

En las canalizaciones empotradas, los tubos protectores podrán ser rígidos, curvables o flexibles, con unas características mínimas recogidas en la tabla a continuación:

1º.- Tubos empotrados en obras de fábrica (paredes, techos y falsos techos), huecos de la construcción o canales protectoras de obra.

Característica	Código	Grado
Resistencia a la compresión	2	Ligera
Resistencia al impacto	2	Ligera
Temperatura mínima de instalación y servicio	2	- 5 ºC
Temperatura máxima de instalación y servicio	1	+ 60 ºC
Resistencia al curvado	1-2-3-4	Cualquiera de las especificadas
Propiedades eléctricas	0	No declaradas
Resistencia a la penetración de objetos sólidos	4	Contra objetos D ³ 1 mm
Resistencia a la penetración del agua	2	Contra gotas de agua cayendo verticalmente cuando el sistema de tubos está inclinado 15 º
Resistencia a la corrosión de tubos metálicos	2	Protección interior y exterior media
Resistencia a la tracción	0	No declarada
Resistencia a la propagación de la llama	1	No propagador
Resistencia a las cargas suspendidas	0	No declarada

Tabla 4.2. Características mínimas de tubos en canalizaciones empotradas en obras de fábrica

2º.- Tubos empotrados embebidos en hormigón o canalizaciones precableadas.

Característica	Código	Grado
Resistencia a la compresión	3	Media
Resistencia al impacto	3	Media

Temperatura mínima de instalación y servicio	2	- 5 ºC
Temperatura máxima de instalación y servicio	2	+ 90 ºC (1)
Resistencia al curvado	1-2-3-4	Cualquiera de las especificadas
Propiedades eléctricas	0	No declaradas
Resistencia a la penetración de objetos sólidos	5	Protegido contra el polvo
Resistencia a la penetración del agua	3	Protegido contra el agua en forma de lluvia
Resistencia a la corrosión de tubos metálicos	2	Protección interior y exterior media
Resistencia a la tracción	0	No declarada
Resistencia a la propagación de la llama	1	No propagador
Resistencia a las cargas suspendidas	0	No declarada
(1)Para canalizaciones precableadas ordinarias empotradas en obra de fábrica (paredes, techos y falsos techos) se acepta una temperatura máxima de instalación y servicio código 1; +60 ºC		

Tabla 4.3. Características mínimas de tubos en canalizaciones empotradas en hormigón o canalizaciones precableadas

Tubos en canalizaciones aéreas o con tubos al aire.

En las canalizaciones al aire, destinadas a la alimentación de máquinas o elementos de movilidad restringida, los tubos serán flexibles y sus características mínimas para instalaciones ordinarias serán las indicadas en la tabla a continuación:

Característica	Código	Grado
Resistencia a la compresión	4	Fuerte
Resistencia al impacto	3	Media
Temperatura mínima de instalación y servicio	2	- 5 ºC
Temperatura máxima de instalación y servicio	1	+ 60 ºC
Resistencia al curvado	4	Rígido/curvable

Propiedades eléctricas	01-feb	Continuidad eléctrica/aislante
Resistencia a la penetración de objetos sólidos	4	Contra objetos D ³ 1 mm
Resistencia a la penetración del agua	2	Contra gotas de agua cayendo verticalmente cuando el sistema de tubos está inclinado 15 º
Resistencia a la corrosión de tubos metálicos	2	Protección interior y exterior media y compuestos
Resistencia a la tracción	2	No declarada
Resistencia a la propagación de la llama	1	No propagador
Resistencia a las cargas suspendidas	2	No declarada

Tabla 4.4. Características mínimas de tubos en canalizaciones aéreas o con tubos al aire

Se recomienda no utilizar este tipo de instalación para secciones nominales de conductor superiores a 16 mm^2.

Tubos en canalizaciones enterradas.

Las características mínimas de los tubos enterrados serán las siguientes:

Característica	Código	Grado
Resistencia a la compresión	NA	250 N/ 450 N/750 N
Resistencia al impacto	NA	Ligero/Normal/Normal
Temperatura mínima de instalación y servicio	NA	NA
Temperatura máxima de instalación y servicio	NA	NA
Resistencia al curvado	1-2-3-4	Cualquiera de las específicadas
Propiedades eléctricas	01-feb	No declaradas
Resistencia a la penetración de objetos sólidos	4	Protegido contra objetos D >= 1 mm
Resistencia a la penetración del agua	2	Protegido contra el agua en forma de lluvia
Resistencia a la corrosión de tubos metálicos	2	Protección interior y exterior media
Resistencia a la tracción	2	No declarada

Resistencia a la propagación de la llama	1	No declarada
Resistencia a las cargas suspendidas	2	No declarada
NA: No aplicable Para tubos embebidos en hormigón aplica 250 N y grado Ligero; para tubos en suelo ligero aplica 450 N y grado Normal; para tubos en suelos pesados aplica 750 N y grado Normal.		

Tabla 4.5. Características mínimas de tubos en canalizaciones enterradas

Se considera suelo ligero aquel suelo uniforme que no sea del tipo pedregoso y con cargas superiores ligeras, como, por ejemplo, aceras, parques y jardines. Suelo pesado es aquel del tipo pedregoso y duro y con cargas superiores pesadas, como, por ejemplo, calzadas y vías férreas.

Instalación.

Los cables utilizados serán de tensión asignada no inferior a 450/750 V.
El diámetro exterior mínimo de los tubos, en función del número y la sección de los conductores a conducir, se obtendrá de las tablas indicadas en la ITC-BT-21, así como las características mínimas según el tipo de instalación.
Para la ejecución de las canalizaciones bajo tubos protectores, se tendrán en cuenta las prescripciones generales siguientes:
- El trazado de las canalizaciones se hará siguiendo líneas verticales y horizontales o paralelas a las aristas de las paredes que limitan el local donde se efectúa la instalación.
- Los tubos se unirán entre sí mediante accesorios adecuados a su clase que aseguren la continuidad de la protección que proporcionan a los conductores.
- Los tubos aislantes rígidos curvables en caliente podrán ser ensamblados entre sí en caliente, recubriendo el empalme con una cola especial cuando se precise una unión estanca.
- Las curvas practicadas en los tubos serán continuas y no originarán reducciones de sección inadmisibles. Los radios mínimos de curvatura para cada clase de tubo serán los especificados por el fabricante conforme a UNE-EN.
- Será posible la fácil introducción y retirada de los conductores en los tubos después de colocarlos y fijados éstos y sus accesorios, disponiendo para ello los registros que se consideren convenientes, que en tramos rectos no estarán separados entre sí más de 15 metros. El número de curvas en ángulo situadas entre dos registros consecutivos no será superior a 3. Los conductores se alojarán normalmente en los tubos después de colocados éstos.
- Los registros podrán estar destinados únicamente a facilitar la introducción y retirada de los conductores en los tubos o servir al mismo tiempo como cajas de empalme o derivación.
- Las conexiones entre conductores se realizarán en el interior de cajas apropiadas de material aislante y no propagador de la llama. Si son metálicas estarán protegidas contra la corrosión. Las dimensiones de estas cajas serán tales que permitan alojar holgadamente todos los conductores que deban contener. Su profundidad será al menos igual al diámetro del tubo mayor más un 50 % del mismo, con un mínimo de 40 mm. Su diámetro o lado interior mínimo será de 60 mm. Cuando se quieran hacer estancas las entradas de los tubos en las cajas de conexión, deberán emplearse prensaestopas o racores adecuados.
- En los tubos metálicos sin aislamiento interior, se tendrá en cuenta la posibilidad de que se produzcan condensaciones de agua en su interior, para lo cual se elegirá convenientemente el trazado de su instalación, previendo la evacuación y estableciendo una ventilación apropiada en

el interior de los tubos mediante el sistema adecuado, como puede ser, por ejemplo, el uso de una "T" de la que uno de los brazos no se emplea.
- Los tubos metálicos que sean accesibles deben ponerse a tierra. Su continuidad eléctrica deberá quedar convenientemente asegurada. En el caso de utilizar tubos metálicos flexibles, es necesario que la distancia entre dos puestas a tierra consecutivas de los tubos no exceda de 10 metros.
- No podrán utilizarse los tubos metálicos como conductores de protección o de neutro.

Cuando los tubos se instalen en montaje superficial, se tendrán en cuenta, además, las siguientes prescripciones:

- Los tubos se fijarán a las paredes o techos por medio de bridas o abrazaderas protegidas contra la corrosión y sólidamente sujetas. La distancia entre éstas será, como máximo, de 0,50 metros. Se dispondrán fijaciones de una y otra parte en los cambios de dirección, en los empalmes y en la proximidad inmediata de las entradas en cajas o aparatos.
- Los tubos se colocarán adaptándose a la superficie sobre la que se instalan, curvándose o usando los accesorios necesarios.
- En alineaciones rectas, las desviaciones del eje del tubo respecto a la línea que une los puntos extremos no serán superiores al 2 por 100.
- Es conveniente disponer los tubos, siempre que sea posible, a una altura mínima de 2,50 metros sobre el suelo, con objeto de protegerlos de eventuales daños mecánicos.

Cuando los tubos se coloquen empotrados, se tendrán en cuenta, además, las siguientes prescripciones:

- En la instalación de los tubos en el interior de los elementos de la construcción, las rozas no pondrán en peligro la seguridad de las paredes o techos en que se practiquen. Las dimensiones de las rozas serán suficientes para que los tubos queden recubiertos por una capa de 1 centímetro de espesor, como mínimo. En los ángulos, el espesor de esta capa puede reducirse a 0,5 centímetros.
- No se instalarán entre forjado y revestimiento tubos destinados a la instalación eléctrica de las plantas inferiores.
- Para la instalación correspondiente a la propia planta, únicamente podrán instalarse, entre forjado y revestimiento, tubos que deberán quedar recubiertos por una capa de hormigón o mortero de 1 centímetro de espesor, como mínimo, además del revestimiento.
- En los cambios de dirección, los tubos estarán convenientemente curvados o bien provistos de codos o "T" apropiados, pero en este último caso sólo se admitirán los provistos de tapas de registro.
- Las tapas de los registros y de las cajas de conexión quedarán accesibles y desmontables una vez finalizada la obra. Los registros y cajas quedarán enrasados con la superficie exterior del revestimiento de la pared o techo cuando no se instalen en el interior de un alojamiento cerrado y practicable.
- En el caso de utilizarse tubos empotrados en paredes, es conveniente disponer los recorridos horizontales a 50 centímetros como máximo, de suelo o techos y los verticales a una distancia de los ángulos de esquinas no superior a 20 centímetros.

2.2.2 Conductores aislados fijados directamente en pared

Estas instalaciones se establecerán con cables de tensiones asignadas no inferiores a 0,6/1 kV, provistos de aislamiento y cubierta (se incluyen cables armados o con aislamiento mineral).

Para la ejecución de las canalizaciones se tendrán en cuenta las siguientes prescripciones:

- Se fijarán sobre las paredes por medio de bridas, abrazaderas, o collares de forma que no perjudiquen las cubiertas de los mismos.
- Con el fin de que los cables no sean susceptibles de doblarse por efecto de su propio peso, los puntos de fijación de los mismos estarán suficientemente próximos. La distancia entre dos puntos de fijación sucesivos, no excederá de 0,40 metros.
- Cuando los cables deban disponer de protección mecánica por el lugar y condiciones de instalación en que se efectúe la misma, se utilizarán cables armados. En caso de no utilizar estos cables, se establecerá una protección mecánica complementaria sobre los mismos.
- Se evitará curvar los cables con un radio demasiado pequeño y salvo prescripción en contra fijada en la Norma UNE correspondiente al cable utilizado, este radio no será inferior a 10 veces el diámetro exterior del cable.
- Los cruces de los cables con canalizaciones no eléctricas se podrán efectuar por la parte anterior o posterior a éstas, dejando una distancia mínima de 3 cm entre la superficie exterior de la canalización no eléctrica y la cubierta de los cables cuando el cruce se efectúe por la parte anterior de aquélla.
- Los extremos de los cables serán estancos cuando las características de los locales o emplazamientos así lo exijan, utilizándose a este fin cajas u otros dispositivos adecuados. La estanqueidad podrá quedar asegurada con la ayuda de prensaestopas.
- Los empalmes y conexiones se harán por medio de cajas o dispositivos equivalentes provistos de tapas desmontables que aseguren a la vez la continuidad de la protección mecánica establecida, el aislamiento y la inaccesibilidad de las conexiones y permitiendo su verificación en caso necesario.

2.2.3 Conductores aislados enterrados

Las condiciones para estas canalizaciones, en las que los conductores aislados deberán ir bajo tubo salvo que tengan cubierta y una tensión asignada 0,6/1kV, se establecerán de acuerdo con lo señalado en la Instrucciones ITC-BT-07 e ITC-BT-21.

2.2.4 Conductores aislados directamente empotrados en estructuras

Para estas canalizaciones son necesarios conductores aislados con cubierta (incluidos cables armados o con aislamiento mineral). La temperatura mínima y máxima de instalación y servicio será de -5ºC y 90ºC respectivamente (polietileno reticulado o etileno-propileno).

2.2.5 Conductores aislados en el interior de la construcción

Los cables utilizados serán de tensión asignada no inferior a 450/750 V.
Los cables o tubos podrán instalarse directamente en los huecos de la construcción con la condición de que sean no propagadores de la llama.
Los huecos en la construcción admisibles para estas canalizaciones podrán estar dispuestos en muros, paredes, vigas, forjados o techos, adoptando la forma de conductos continuos o bien estarán comprendidos entre dos superficies paralelas como en el caso de falsos techos o muros con cámaras de aire.
La sección de los huecos será, como mínimo, igual a cuatro veces la ocupada por los cables o tubos, y su dimensión más pequeña no será inferior a dos veces el diámetro exterior de mayor sección de éstos, con un mínimo de 20 milímetros.
Las paredes que separen un hueco que contenga canalizaciones eléctricas de los locales inmediatos, tendrán suficiente solidez para proteger éstas contra acciones previsibles.

Se evitarán, dentro de lo posible, las asperezas en el interior de los huecos y los cambios de dirección de los mismos en un número elevado o de pequeño radio de curvatura.
La canalización podrá ser reconocida y conservada sin que sea necesaria la destrucción parcial de las paredes, techos, etc., o sus guarnecidos y decoraciones.
Los empalmes y derivaciones de los cables serán accesibles, disponiéndose para ellos las cajas de derivación adecuadas.
Se evitará que puedan producirse infiltraciones, fugas o condensaciones de agua que puedan penetrar en el interior del hueco, prestando especial atención a la impermeabilidad de sus muros exteriores, así como a la proximidad de tuberías de conducción de líquidos, penetración de agua al efectuar la limpieza de suelos, posibilidad de acumulación de aquélla en partes bajas del hueco, etc.

2.2.6 Conductores aislados bajo canales protectoras

La canal protectora es un material de instalación constituido por un perfil de paredes perforadas o no, destinado a alojar conductores o cables y cerrado por una tapa desmontable. Los cables utilizados serán de tensión asignada no inferior a 450/750 V.
Las canales protectoras tendrán un grado de protección IP4X y estarán clasificadas como "canales con tapa de acceso que sólo pueden abrirse con herramientas". En su interior se podrán colocar mecanismos tales como interruptores, tomas de corriente, dispositivos de mando y control, etc, siempre que se fijen de acuerdo con las instrucciones del fabricante. También se podrán realizar empalmes de conductores en su interior y conexiones a los mecanismos.
Las canalizaciones para instalaciones superficiales ordinarias tendrán unas características mínimas indicadas a continuación:

Característica	Grado	
Dimensión del lado mayor de la sección transversal	< 16 mm	>= 16 mm
Resistencia al impacto	Muy ligera	Medio
Temperatura mínima de instalación y servicio	+ 15 ºC	- 5 ºC
Temperatura máxima de instalación y servicio	+ 60 ºC	+ 60 ºC
Propiedades eléctricas	Aislante	Continuidad
Resistencia a la penetración de objetos sólidos	4	No inferior a 2
Resistencia a la penetración del agua	No declarada	
Resistencia a la propagación de la llama	No propagador	

Tabla 4.6. Características mínimas de canales protectores en instalaciones superficiales ordinarias

El cumplimiento de estas características se realizará según los ensayos indicados en las normas UNE-EN 50l085.
Las canales protectoras para aplicaciones no ordinarias deberán tener unas características mínimas de resistencia al impacto, de temperatura mínima y máxima de instalación y servicio, de
resistencia a la penetración de objetos sólidos y de resistencia a la penetración de agua, adecuadas a las

condiciones del emplazamiento al que se destina; asimismo las canales serán no propagadoras de la llama.
Dichas características serán conformes a las normas de la serie UNE-EN 50.085.
El trazado de las canalizaciones se hará siguiendo preferentemente líneas verticales y horizontales o paralelas a las aristas de las paredes que limitan al local donde se efectúa la instalación.
Las canales con conductividad eléctrica deben conectarse a la red de tierra, su continuidad eléctrica quedará convenientemente asegurada.
La tapa de las canales quedará siempre accesible.

2.2.7 Conductores aislados bajo molduras

Estas canalizaciones están constituidas por cables alojados en ranuras bajo molduras. Podrán utilizarse únicamente en locales o emplazamientos clasificados como secos, temporalmente húmedos o polvorientos. Los cables serán de tensión asignada no inferior a 450/750 V.
Las molduras cumplirán las siguientes condiciones:
- Las ranuras tendrán unas dimensiones tales que permitan instalar sin dificultad por ellas a los conductores o cables. En principio, no se colocará más de un conductor por ranura, admitiéndose, no obstante, colocar varios conductores siempre que pertenezcan al mismo circuito y la ranura presente dimensiones adecuadas para ello.
- La anchura de las ranuras destinadas a recibir cables rígidos de sección igual o inferior a 6 mm2 serán, como mínimo, de 6 mm.
Para la instalación de las molduras se tendrá en cuenta:
- Las molduras no presentarán discontinuidad alguna en toda la longitud donde contribuyen a la protección mecánica de los conductores. En los cambios de dirección, los ángulos de las ranuras serán obtusos.
- Las canalizaciones podrán colocarse al nivel del techo o inmediatamente encima de los rodapiés. En ausencia de éstos, la parte inferior de la moldura estará, como mínimo, a 10 cm por encima del suelo.
- En el caso de utilizarse rodapiés ranurados, el conductor aislado más bajo estará, como mínimo, a 1,5 cm por encima del suelo.
- Cuando no puedan evitarse cruces de estas canalizaciones con las destinadas a otro uso (agua, gas, etc.), se utilizará una moldura especialmente concebida para estos cruces o preferentemente un tubo rígido empotrado que sobresaldrá por una y otra parte del cruce. La separación entre dos canalizaciones que se crucen será, como mínimo de 1 cm en el caso de utilizar molduras especiales para el cruce y 3 cm, en el caso de utilizar tubos rígidos empotrados.
- Las conexiones y derivaciones de los conductores se harán mediante dispositivos de conexión con tornillo o sistemas equivalentes.
- Las molduras no estarán totalmente empotradas en la pared ni recubiertas por papeles, tapicerías o cualquier otro material, debiendo quedar su cubierta siempre al aire.
- Antes de colocar las molduras de madera sobre una pared, debe asegurarse que la pared está suficientemente seca; en caso contrario, las molduras se separarán de la pared por medio de un producto hidrófugo.

2.2.8 Conductores aislados en bandeja

Sólo se utilizarán conductores aislados con cubierta (incluidos cables armados o con aislamiento mineral), unipolares o multipolares según norma UNE 20.460 -5-52.
El material usado para la fabricación será acero laminado de primera calidad, galvanizado por inmersión. La anchura de las canaletas será de 100 mm como mínimo, con incrementos de 100 en 100 mm. La longitud de los tramos rectos será de dos metros. El fabricante indicará en su catálogo la carga máxima admisible, en N/m, en función de la anchura y de la distancia entre

soportes. Todos los accesorios, como codos, cambios de plano, reducciones, tes, uniones, soportes, etc, tendrán la misma calidad que la bandeja.
Las bandejas y sus accesorios se sujetarán a techos y paramentos mediante herrajes de suspensión, a distancias tales que no se produzcan flechas superiores a 10 mm y estarán perfectamente alineadas con los cerramientos de los locales.
No se permitirá la unión entre bandejas o la fijación de las mismas a los soportes por medio de soldadura, debiéndose utilizar piezas de unión y tornillería cadmiada. Para las uniones o derivaciones de líneas se utilizarán cajas metálicas que se fijarán a las bandejas.

2.2.9 Normas de instalación en presencia de canalizaciones no eléctricas

En caso de proximidad de canalizaciones eléctricas con otras no eléctricas, se dispondrán de forma que entre las superficies exteriores de ambas se mantenga una distancia mínima de 3 cm.
En caso de proximidad con conductos de calefacción, de aire caliente, vapor o humo, las canalizaciones eléctricas se establecerán de forma que no puedan alcanzar una temperatura peligrosa y, por consiguiente, se mantendrán separadas por una distancia conveniente o por medio de pantallas calorífugas.
Las canalizaciones eléctricas no se situarán por debajo de otras canalizaciones que puedan dar lugar a condensaciones, tales como las destinadas a conducción de vapor, de agua, de gas, etc., a menos que se tomen las disposiciones necesarias para proteger las canalizaciones eléctricas contra los efectos de estas condensaciones.

2.2.10 Accesibilidad de las instalaciones

Las canalizaciones deberán estar dispuestas de forma que faciliten su maniobra, inspección y acceso a sus conexiones. Las canalizaciones eléctricas se establecerán de forma que mediante la conveniente identificación de sus circuitos y elementos, se pueda proceder en todo momento a reparaciones, transformaciones, etc.
En toda la longitud de los pasos de canalizaciones a través de elementos de la construcción, tales como muros, tabiques y techos, no se dispondrán empalmes o derivaciones de cables, estando protegidas contra los deterioros mecánicos, las acciones químicas y los efectos de la humedad.
Las cubiertas, tapas o envolventes, mandos y pulsadores de maniobra de aparatos tales como mecanismos, interruptores, bases, reguladores, etc, instalados en los locales húmedos o mojados, serán de material aislante.

2.3 CONDUCTORES

Los conductores utilizados se regirán por las especificaciones del proyecto, según se indica en Memoria, Planos y Mediciones.

Materiales

Los conductores serán de los siguientes tipos:

- De 450/750 V de tensión nominal.
  - Conductor: de cobre.
  - Formación: unipolares.
  - Aislamiento: policloruro de vinilo (PVC).
  - Tensión de prueba: 2.500 V.
  - Instalación: bajo tubo.
  - Normativa de aplicación: UNE 21.031.

- De 0,6/1 kV de tensión nominal.
  - Conductor: de cobre (o de aluminio, cuando lo requieran las especificaciones del proyecto).
  - Formación: uni-bi-tri-tetrapolares.
  - Aislamiento: policloruro de vinilo (PVC) o polietileno reticulado (XLPE).
  - Tensión de prueba: 4.000 V.
  - Instalación: al aire o en bandeja.
  - Normativa de aplicación: UNE 21.123.

Los conductores de cobre electrolítico se fabricarán de calidad y resistencia mecánica uniforme, y su coeficiente de resistividad a 20 ºC será del 98 % al 100 %. Irán provistos de baño de recubrimiento de estaño, que deberá resistir la siguiente prueba: A una muestra limpia y seca de hilo estañado se le da la forma de círculo de diámetro equivalente a 20 o 30 veces el diámetro del hilo, a continuación de lo cual se sumerge durante un minuto en una solución de ácido hidroclorídrico de 1,088 de peso específico a una temperatura de 20 ºC. Esta operación se efectuará dos veces, después de lo cual no deberán apreciarse puntos negros en el hilo. La capacidad mínima del aislamiento de los conductores será de 500 V.
Los conductores de sección igual o superior a 6 mm2 deberán estar constituidos por cable obtenido por trenzado de hilo de cobre del diámetro correspondiente a la sección del conductor de que se trate.

2.3.1 Dimensionado

Para la selección de los conductores activos del cable adecuado a cada carga se usará el más desfavorable entre los siguientes criterios:
- Intensidad máxima admisible. Como intensidad se tomará la propia de cada carga. Partiendo de las intensidades nominales así establecidas, se eligirá la sección del cable que admita esa intensidad de acuerdo a las prescripciones del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión ITC-BT-19 o las recomendaciones del fabricante, adoptando los oportunos coeficientes correctores según las condiciones de la instalación. En cuanto a coeficientes de mayoración de la carga, se deberán tener presentes las Instrucciones ITC-BT-44 para receptores de alumbrado e ITC-BT-47 para receptores de motor.
- Caída de tensión en servicio. La sección de los conductores a utilizar se determinará de forma que la caída de tensión entre el origen de la instalación y cualquier punto de utilización, sea menor del 3 % de la tensión nominal en el origen de la instalación, para alumbrado, y del 5 % para los demás usos, considerando alimentados todos los receptores susceptibles de funcionar simultáneamente. Para la derivación individual la caída de tensión máxima admisible será del 1,5 %. El valor de la caída de tensión podrá compensarse entre la de la instalación interior y la de la derivación individual, de forma que la caída de tensión total sea inferior a la suma de los valores límites especificados para ambas.
- Caída de tensión transitoria. La caída de tensión en todo el sistema durante el arranque de motores no debe provocar condiciones que impidan el arranque de los mismos, desconexión de los contactores, parpadeo de alumbrado, etc.
La sección del conductor neutro será la especificada en la Instrucción ITC-BT-07, apartado 1, en función de la sección de los conductores de fase o polares de la instalación.
Los conductores de protección serán del mismo tipo que los conductores activos especificados en el apartado anterior, y tendrán una sección mínima igual a la fijada por la tabla 2 de la ITC-BT-18, en función de la sección de los conductores de fase o polares de la instalación. Se podrán instalar por las mismas canalizaciones que éstos o bien en forma independiente, siguiéndose a este respecto lo que señalen las normas particulares de la empresa distribuidora de la energía.

2.3.2 Identificación de las instalaciones

Las canalizaciones eléctricas se establecerán de forma que por conveniente identificación de sus circuitos y elementos, se pueda proceder en todo momento a reparaciones, transformaciones, etc.
Los conductores de la instalación deben ser fácilmente identificables, especialmente por lo que respecta al conductor neutro y al conductor de protección. Esta identificación se realizará por los colores que presenten sus aislamientos. Cuando exista conductor neutro en la instalación o se prevea para un conductor de fase su pase posterior a conductor neutro, se identificarán éstos por el color azul claro. Al conductor de protección se le identificará por el color verde-amarillo. Todos los conductores de fase, o en su caso, aquellos para los que no se prevea su pase posterior a neutro, se identificarán por los colores marrón, negro o gris.

2.3.3 Resistencia de aislamiento y rigidez dieléctrica

Las instalaciones deberán presentar una resistencia de aislamiento al menos igual a los valores indicados en la tabla siguiente:

Tensión nominal de la instalación	Tensión ensayo corriente continua (V)	Resistencia de aislamiento (MW)
MBTS o MBTP	250	>=0.25
<= 500 V	500	>=0.5
>500V	1000	>=1
Nota: -MBTS hace referencia a “Muy Baja Tensión de Seguridad” -MBTS hace referencia a “Muy Baja Tensión de Protección”		

Tabla 4.7. Características mínimas de aislamiento de las instalaciones

La rigidez dieléctrica será tal que, desconectados los aparatos de utilización (receptores), resista durante 1 minuto una prueba de tensión de 2U + 1000 V a frecuencia industrial, siendo U la tensión máxima de servicio expresada en voltios, y con un mínimo de 1.500 V.
Las corrientes de fuga no serán superiores, para el conjunto de la instalación o para cada uno de los circuitos en que ésta pueda dividirse a efectos de su protección, a la sensibilidad que presenten los interruptores diferenciales instalados como protección contra los contactos indirectos.

2.4 CAJAS DE EMPALME

Las conexiones entre conductores se realizarán en el interior de cajas apropiadas de material plástico resistente incombustible o metálicas, en cuyo caso estarán aisladas interiormente y protegidas contra la oxidación. Las dimensiones de estas cajas serán tales que permitan alojar holgadamente todos los conductores que deban contener. Su profundidad será igual, por lo menos, a una vez y media el diámetro del tubo mayor, con un mínimo de 40 mm; el lado o diámetro de la caja será de al menos 80 mm. Cuando se quieran hacer estancas las entradas de los tubos en las cajas de conexión, deberán emplearse prensaestopas adecuados. En ningún caso se permitirá la unión de conductores, como empalmes o derivaciones por simple retorcimiento o arrollamiento entre sí de los conductores, sino que deberá realizarse siempre utilizando bornes de conexión.
Los conductos se fijarán firmemente a todas las cajas de salida, de empalme y de paso, mediante

contratuercas y casquillos. Se tendrá cuidado de que quede al descubierto el número total de hilos de rosca al objeto de que el casquillo pueda ser perfectamente apretado contra el extremo del conducto, después de lo cual se apretará la contratuerca para poner firmemente el casquillo en contacto eléctrico con la caja.
Los conductos y cajas se sujetarán por medio de pernos de fiador en ladrillo hueco, por medio de pernos de expansión en hormigón y ladrillo macizo y clavos Split sobre metal. Los pernos de fiador de tipo tornillo se usarán en instalaciones permanentes, los de tipo de tuerca cuando se precise desmontar la instalación, y los pernos de expansión serán de apertura efectiva. Serán de construcción sólida y capaces de resistir una tracción mínima de 20 kg. No se hará uso de clavos por medio de sujeción de cajas o conductos.

2.5 MECANISMOS Y TOMAS DE CORRIENTE

Los interruptores y conmutadores cortarán la corriente máxima del circuito en que estén colocados sin dar lugar a la formación de arco permanente, abriendo o cerrando los circuitos sin posibilidad de torma una posición intermedia. Serán del tipo cerrado y de material aislante. Las dimensiones de las piezas de contacto serán tales que la temperatura no pueda exceder de 65 ºC en ninguna de sus piezas. Su construcción será tal que permita realizar un número total de 10.000 maniobras de apertura y cierre, con su carga nominal a la tensión de trabajo. Llevarán marcada su intensidad y tensiones nominales, y estarán probadas a una tensión de 500 a 1.000 voltios.
Las tomas de corriente serán de material aislante, llevarán marcadas su intensidad y tensión nominales de trabajo y dispondrán, como norma general, todas ellas de puesta a tierra.
Todos ellos irán instalados en el interior de cajas empotradas en los paramentos, de forma que al exterior sólo podrá aparecer el mando totalmente aislado y la tapa embellecedora.
En el caso en que existan dos mecanismos juntos, ambos se alojarán en la misma caja, la cual deberá estar dimensionada suficientemente para evitar falsos contactos.

2.6 APARAMENTA DE MANDO Y PROTECCIÓN

2.6.1 Cuadros eléctricos

Todos los cuadros eléctricos serán nuevos y se entregarán en obra sin ningún defecto. Estarán diseñados siguiendo los requisitos de estas especificaciones y se construirán de acuerdo con el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión y con las recomendaciones de la Comisión Electrotécnica Internacional (CEI).
Cada circuito en salida de cuadro estará protegido contra las sobrecargas y cortocircuitos. La protección contra corrientes de defecto hacia tierra se hará por circuito o grupo de circuitos según se indica en el proyecto, mediante el empleo de interruptores diferenciales de sensibilidad adecuada, según ITC-BT-24.
Los cuadros serán adecuados para trabajo en servicio continuo. Las variaciones máximas admitidas de tensión y frecuencia serán del + 5 % sobre el valor nominal.
Los cuadros serán diseñados para servicio interior, completamente estancos al polvo y la humedad, ensamblados y cableados totalmente en fábrica, y estarán constituidos por una estructura metálica de perfiles laminados en frío, adecuada para el montaje sobre el suelo, y paneles de cerramiento de chapa de acero de fuerte espesor, o de cualquier otro material que sea mecánicamente resistente y no inflamable.
Alternativamente, la cabina de los cuadros podrá estar constituida por módulos de material plástico, con la parte frontal transparente.
Las puertas estarán provistas con una junta de estanquidad de neopreno o material similar, para evitar la entrada de polvo.
Todos los cables se instalarán dentro de canaletas provista de tapa desmontable. Los cables de

fuerza irán en canaletas distintas en todo su recorrido de las canaletas para los cables de mando y control.
Los aparatos se montarán dejando entre ellos y las partes adyacentes de otros elementos una distancia mínima igual a la recomendada por el fabricante de los aparatos, en cualquier caso, nunca inferior a la cuarta parte de la dimensión del aparato en la dirección considerada.
La profundidad de los cuadros será de 500 mm y su altura y anchura la necesaria para la colocación de los componentes e igual a un múltiplo entero del módulo del fabricante. Los cuadros estarán diseñados para poder ser ampliados por ambos extremos.
Los aparatos indicadores (lámparas, amperímetros, voltímetros, etc), dispositivos de mando (pulsadores, interruptores, conmutadores, etc), paneles sinópticos, etc, se montarán sobre la parte frontal de los cuadros.
Todos los componentes interiores, aparatos y cables, serán accesibles desde el exterior por el frente.
El cableado interior de los cuadros se llevará hasta una regleta de bornas situada junto a las entradas de los cables desde el exterior.
Las partes metálicas de la envoltura de los cuadros se protegerán contra la corrosión por medio de una imprimación a base de dos manos de pintura anticorrosiva y una pintura de acabado de color que se especifique en las Mediciones o, en su defecto, por la Dirección Técnica durante el transcurso de la instalación.
La construcción y diseño de los cuadros deberán proporcionar seguridad al personal y garantizar un perfecto funcionamiento bajo todas las condiciones de servicio, y en particular:

- los compartimentos que hayan de ser accesibles para accionamiento o mantenimiento estando el cuadro
en servicio no tendrán piezas en tensión al descubierto.
- el cuadro y todos sus componentes serán capaces de soportar las corrientes de cortocircuito (kA) según especificaciones reseñadas en planos y mediciones.

2.6.2 Interruptores automáticos

En el origen de la instalación y lo más cerca posible del punto de alimentación a la misma, se colocará el cuadro general de mando y protección, en el que se dispondrá un interruptor general de corte omnipolar, así como dispositivos de protección contra sobreintensidades de cada uno de los circuitos que parten de dicho cuadro.
La protección contra sobreintensidades para todos los conductores (fases y neutro) de cada circuito se hará con interruptores magnetotérmicos o automáticos de corte omnipolar, con curva térmica de corte para la protección a sobrecargas y sistema de corte electromagnético para la protección a cortocircuitos.
En general, los dispositivos destinados a la protección de los circuitos se instalarán en el origen de éstos, así como en los puntos en que la intensidad admisible disminuya por cambios debidos a sección, condiciones de instalación, sistema de ejecución o tipo de conductores utilizados. No obstante, no se exige instalar dispositivos de protección en el origen de un circuito en que se presente una disminución de la intensidad admisible en el mismo, cuando su protección quede asegurada por otro dispositivo instalado anteriormente.
Los interruptores serán de ruptura al aire y de disparo libre y tendrán un indicador de posición. El accionamiento será directo por polos con mecanismos de cierre por energía acumulada. El accionamiento será manual o manual y eléctrico, según se indique en el esquema o sea necesario por necesidades de automatismo. Llevarán marcadas la intensidad y tensión nominales de funcionamiento, así como el signo indicador de su desconexión.
El interruptor de entrada al cuadro, de corte omnipolar, será selectivo con los interruptores situados aguas abajo, tras él.

Los dispositivos de protección de los interruptores serán relés de acción directa.

2.6.3 Guardamotores

Los contactores guardamotores serán adecuados para el arranque directo de motores, con corriente de arranque máxima del 600 % de la nominal y corriente de desconexión igual a la nominal.
La longevidad del aparato, sin tener que cambiar piezas de contacto y sin mantenimiento, en condiciones de servicio normales (conecta estando el motor parado y desconecta durante la marcha normal) será de al menos 500.000 maniobras.
La protección contra sobrecargas se hará por medio de relés térmicos para las tres fases, con rearme manual accionable desde el interior del cuadro.
En caso de arranque duro, de larga duración, se instalarán relés térmicos de característica retardada. En ningún caso se permitirá cortocircuitar el relé durante el arranque.
La verificación del relé térmico, previo ajuste a la intensidad nominal del motor, se hará haciendo girar el motor a plena carga en monofásico; la desconexión deberá tener lugar al cabo de algunos minutos.
Cada contactor llevará dos contactos normalmente cerrados y dos normalmente abiertos para enclavamientos con otros aparatos.

2.6.4 Fusibles

Los fusibles serán de alta capacidad de ruptura, limitadores de corriente y de acción lenta cuando vayan instalados en circuitos de protección de motores.
Los fusibles de protección de circuitos de control o de consumidores óhmicos serán de alta capacidad ruptura y de acción rápida.
Se dispondrán sobre material aislante e incombustible, y estarán construidos de tal forma que no se pueda proyectar metal al fundirse. Llevarán marcadas la intensidad y tensión nominales de trabajo.
No serán admisibles elementos en los que la reposición del fusible pueda suponer un peligro de accidente. Estará montado sobre una empuñadura que pueda ser retirada fácilmente de la base.

2.6.5 Interruptores diferenciales

1º.- La protección contra contactos directos se asegurará adoptando las siguientes medidas:

Protección por aislamiento de las partes activas.

Las partes activas deberán estar recubiertas de un aislamiento que no pueda ser eliminado más que destruyéndolo.

Protección por medio de barreras o envolventes.

Las partes activas deben estar situadas en el interior de las envolventes o detrás de barreras que posean, como mínimo, el grado de protección IP XXB, según UNE20.324. Si se necesitan aberturas mayores para la reparación de piezas o para el buen funcionamiento de los equipos, se adoptarán precauciones apropiadas para impedir que las personas o animales domésticos toquen las partes activas y se garantizará que las personas sean conscientes del hecho de que las partes activas no deben ser tocadas voluntariamente.
Las superficies superiores de las barreras o envolventes horizontales que son fácilmente accesibles, deben responder como mínimo al grado de protección IP4X o IP XXD.

Las barreras o envolventes deben fijarse de manera segura y ser de una robustez y durabilidad suficientes para mantener los grados de protección exigidos, con una separación suficiente de las partes activas en las condiciones normales de servicio, teniendo en cuenta las influencias externas.
Cuando sea necesario suprimir las barreras, abrir las envolventes o quitar partes de éstas, esto no debe ser posible más que:

- bien con la ayuda de una llave o de una herramienta;
- o bien, después de quitar la tensión de las partes activas protegidas por estas barreras o estas
envolventes, no pudiendo ser restablecida la tensión hasta después de volver a colocar las barreras o las envolventes;
- o bien, si hay interpuesta una segunda barrera que posee como mínimo el grado de protección IP2X o IP XXB, que no pueda ser quitada más que con la ayuda de una llave o de una herramienta y que impida todo contacto con las partes activas.

Protección complementaria por dispositivos de corriente diferencial-residual.

Esta medida de protección está destinada solamente a complementar otras medidas de protección contra los contactos directos.
El empleo de dispositivos de corriente diferencial-residual, cuyo valor de corriente diferencial asignada de funcionamiento sea inferior o igual a 30 mA, se reconoce como medida de protección complementaria en caso de fallo de otra medida de protección contra los contactos directos o en caso de imprudencia de los usuarios.

2º.- La protección contra contactos indirectos se conseguirá mediante "corte automático de la alimentación". Esta medida consiste en impedir, después de la aparición de un fallo, que una tensión de contacto de valor suficiente se mantenga durante un tiempo tal que pueda dar como resultado un riesgo.
La tensión límite convencional es igual a 50 V, valor eficaz en corriente alterna, en condiciones normales y a 24 V en locales húmedos.
Todas las masas de los equipos eléctricos protegidos por un mismo dispositivo de protección, deben ser interconectadas y unidas por un conductor de protección a una misma toma de tierra.
El punto neutro de cada generador o transformador debe ponerse a tierra.
Se cumplirá la siguiente condición:

$$R_a \cdot I_a = U_a$$

donde:

- Ra es la suma de las resistencias de la toma de tierra y de los conductores de protección de masas.
- Ia es la corriente que asegura el funcionamiento automático del dispositivo de protección. Cuando el dispositivo de protección es un dispositivo de corriente diferencial-residual es la corriente diferencial residual asignada.
- U es la tensión de contacto límite convencional (50 o 24V).

2.6.6 Seccionadores

Los seccionadores en carga serán de conexión y desconexión brusca, ambas independientes de la acción del operador.
Los seccionadores serán adecuados para servicio continuo y capaces de abrir y cerrar la corriente nominal a tensión nominal con un factor de potencia igual o inferior a 0,7.

2.6.7 Embarrados

El embarrado principal constará de tres barras para las fases y una, con la mitad de la sección de las fases, para el neutro. La barra de neutro deberá ser seccionable a la entrada del cuadro.
Las barras serán de cobre electrolítico de alta conductividad y adecuadas para soportar la intensidad de plena carga y las corrientes de cortocircuito que se especifiquen en memoria y planos.
Se dispondrá también de una barra independiente de tierra, de sección adecuada para proporcionar la puesta a tierra de las partes metálicas no conductoras de los aparatos, la carcasa del cuadro y, si los hubiera, los conductores de protección de los cables en salida.

2.6.8 Prensaestopas y etiquetas

Los cuadros irán completamente cableados hasta las regletas de entrada y salida.
Se proveerán prensaestopas para todas las entradas y salidas de los cables del cuadro; los prensaestopas serán de doble cierre para cables armados y de cierre sencillo para cables sin armar.
Todos los aparatos y bornes irán debidamente identificados en el interior del cuadro mediante números que correspondan a la designación del esquema. Las etiquetas serán marcadas de forma indeleble y fácilmente legible.
En la parte frontal del cuadro se dispondrán etiquetas de identificación de los circuitos, constituidas por placas de chapa de aluminio firmemente fijadas a los paneles frontales, impresas al horno, con fondo negro mate y letreros y zonas de estampación en alumnio pulido. El fabricante podrá adoptar cualquier solución para el material de las etiquetas, su soporte y la impresión, con tal de que sea duradera y fácilmente legible.
En cualquier caso, las etiquetas estarán marcadas con letras negras de 10 mm de altura sobre fondo blanco.

2.7 RECEPTORES DE ALUMBRADO

Las luminarias serán conformes a los requisitos establecidos en las normas de la serie UNE-EN 60598.
La masa de las luminarias suspendidas excepcionalmente de cables flexibles no debe exceder de 5 kg. Los conductores, que deben ser capaces de soportar este peso, no deben presentar empalmes intermedios y el esfuerzo deberá realizarse sobre un elemento distinto del borne de conexión.
Las partes metálicas accesibles de las luminarias que no sean de Clase II o Clase III, deberán tener un elemento de conexión para su puesta a tierra, que irá conectado de manera fiable y permanente al conductor de protección del circuito.
El uso de lámparas de gases con descargas a alta tensión (neón, etc), se permitirá cuando su ubicación esté fuera del volumen de accesibilidad o cuando se instalen barreras o envolventes separadoras.
En instalaciones de iluminación con lámparas de descarga realizadas en locales en los que funcionen máquinas con movimiento alternativo o rotatorio rápido, se deberán tomar las medidas necesarias para evitar la posibilidad de accidentes causados por ilusión óptica originada por el efecto estroboscópico.
Los circuitos de alimentación estarán previstos para transportar la carga debida a los propios receptores, a sus elementos asociados y a sus corrientes armónicas y de arranque. Para receptores con lámparas de descarga, la carga mínima prevista en voltiamperios será de 1,8 veces la potencia en vatios de las lámparas. En el caso de distribuciones monofásicas, el conductor neutro tendrá la misma sección que los de fase. Será aceptable un coeficiente diferente para el cálculo de la sección de los conductores, siempre y cuando el factor de potencia de cada receptor sea

mayor o igual a 0,9 y si se conoce la carga que supone cada uno de los elementos asociados a las lámparas y las corrientes de arranque, que tanto
éstas como aquéllos puedan producir. En este caso, el coeficiente será el que resulte.
En el caso de receptores con lámparas de descarga será obligatoria la compensación del factor de potencia hasta un valor mínimo de 0,9.
En instalaciones con lámparas de muy baja tensión (p.e. 12 V) debe preverse la utilización de transformadores adecuados, para asegurar una adecuada protección térmica, contra cortocircuitos y sobrecargas y contra los choques eléctricos.
Para los rótulos luminosos y para instalaciones que los alimentan con tensiones asignadas de salida en vacío comprendidas entre 1 y 10 kV se aplicará lo dispuesto en la norma UNE-EN 50.107.

2.8 RECEPTORES A MOTOR

Los motores deben instalarse de manera que la aproximación a sus partes en movimiento no pueda ser causa de accidente. Los motores no deben estar en contacto con materias fácilmente combustibles y se situarán de manera que no puedan provocar la ignición de estas.
Los conductores de conexión que alimentan a un solo motor deben estar dimensionados para una intensidad del 125 % de la intensidad a plena carga del motor. Los conductores de conexión que alimentan a varios motores, deben estar dimensionados para una intensidad no inferior a la suma del 125% de la intensidad a plena carga del motor de mayor potencia, más la intensidad a plena carga de todos los demás.
Los motores deben estar protegidos contra cortocircuitos y contra sobrecargas en todas sus fases, debiendo esta última protección ser de tal naturaleza que cubra, en los motores trifásicos, el riesgo de la falta de tensión en una de sus fases. En el caso de motores con arrancador estrella-triángulo, se asegurará la protección, tanto para la conexión en estrella como en triángulo.
Los motores deben estar protegidos contra la falta de tensión por un dispositivo de corte automático de la alimentación, cuando el arranque espontáneo del motor, como consecuencia del restablecimiento de la tensión, pueda provocar accidentes, o perjudicar el motor, de acuerdo con la norma UNE 20.460 -4-45.
Los motores deben tener limitada la intensidad absorbida en el arranque, cuando se pudieran producir efectos que perjudicasen a la instalación u ocasionasen perturbaciones inaceptables al funcionamiento de otros receptores o instalaciones.
En general, los motores de potencia superior a 0,75 kilovatios deben estar provistos de reóstatos de arranque o dispositivos equivalentes que no permitan que la relación de corriente entre el período de arranque y el de marcha normal que corresponda a su plena carga, según las características del motor que debe indicar su placa, sea superior a la señalada en el cuadro siguiente:

De 0,75 kW a 1,5 kW: 4,5
De 1,50 kW a 5 kW: 3,0
De 5 kW a 15 kW: 2
Más de 15 kW: 1,5

Todos los motores de potencia superior a 5 kW tendrán seis bornes de conexión, con tensión de la red correspondiente a la conexión en triángulo del bobinado (motor de 230/400 V para redes de 230 V entre fases y de 400/693 V para redes de 400 V entre fases), de tal manera que será siempre posible efectuar un arranque en estrella-triángulo del motor.
Los motores deberán cumplir, tanto en dimensiones y formas constructivas, como en la asignación de potencia a los diversos tamaños de carcasa, con las recomendaciones europeas IEC y las normas UNE, DIN y VDE. Las normas UNE específicas para motores son la 20.107, 20.108, 20.111, 20.112, 20.113, 20.121, 20.122 y 20.324.

Para la instalación en el suelo se usará normalmente la forma constructiva B-3, con dos platos de soporte, un extremo de eje libre y carcasa con patas. Para montaje vertical, los motores llevarán cojinetes previstos para soportar el peso del rotor y de la polea.
La clase de protección se determina en las normas UNE 20.324 y DIN 40.050. Todos los motores deberán tener la clase de protección IP 44 (protección contra contactos accidentales con herramienta y contra la penetración de cuerpos sólidos con diámetro mayor de 1 mm, protección contra salpicaduras de agua proveniente de cualquier dirección), excepto para instalación a la intemperie o en ambiente húmedo o polvoriento y dentro de unidades de tratamiento de aire, donde se usarán motores con clase de protección IP 54 (protección total contra contactos involuntarios de cualquier clase, protección contra depósitos de polvo, protección contra salpicaduras de agua proveniente de cualquier dirección).
Los motores con protecciones IP 44 e IP 54 son completamente cerrados y con refrigeración de superficie.
Todos los motores deberán tener, por lo menos, la clase de aislamiento B, que admite un incremento máximo de temperatura de 80 ºC sobre la temperatura ambiente de referencia de 40 ºC, con un límite máximo de temperatura del devanado de 130 ºC.
El diámetro y longitud del eje, las dimensiones de las chavetas y la altura del eje sobre la base estarán de acuerdo a las recomendaciones IEC.
La calidad de los materiales con los que están fabricados los motores serán las que se indican a continuación:

- carcasa: de hierro fundido de alta calidad, con patas solidarias y con aletas de refrigeración.
- estator: paquete de chapa magnética y bobinado de cobre electrolítico, montados en estrecho contacto con la carcasa para disminuir la resistencia térmica al paso del calor hacia el exterior de la misma. La impregnación del bobinado para el aislamiento eléctrico se obtendrá evitando la formación de burbujas y deberá resistir las solicitaciones térmicas y dinámicas a las que viene sometido.
- rotor: formado por un paquete ranurado de chapa magnética, donde se alojará el davanado secundario en forma de jaula de aleación de aluminio, simple o doble.
- eje: de acero duro.
- ventilador: interior (para las clases IP 44 e IP 54), de aluminio fundido, solidario con el rotor, o de
plástico inyectado.
- rodamientos: de esfera, de tipo adecuado a las revoluciones del rotor y capaces de soportar ligeros empujes axiales en los motores de eje horizontal (se seguirán las instrucciones del fabricante en cuanto a marca, tipo y cantidad de grasa necesaria para la lubricación y su duración).
- cajas de bornes y tapa: de hierro fundido con entrada de cables a través de orificios roscados con prensaestopas.

Para la correcta selección de un motor, que se hará par servicio continuo, deberán considerarse todos y cada uno de los siguientes factores:

- potencia máxima absorbida por la máquina accionada, incluidas las pérdidas por transmisión.
- velocidad de rotación de la máquina accionada.
- características de la acometida eléctrica (número de fases, tensión y frecuencia).
- clase de protección (IP 44 o IP 54).
- clase de aislamiento (B o F).
- forma constructiva.
- temperatura máxima del fluido refrigerante (aire ambiente) y cota sobre el nivel del mar del lugar de
emplazamiento.

- momento de inercia de la máquina accionada y de la transmisión referido a la velocidad de rotación del motor.
- curva del par resistente en función de la velocidad.

Los motores podrán admitir desviaciones de la tensión nominal de alimentación comprendidas entre el 5 % en más o menos. Si son de preverse desviaciones hacia la baja superiores al mencionado valor, la potencia del motor deberá "deratarse" de forma proporcional, teniendo en cuenta que, además, disminuirá también el par de arranque proporcional al cuadrado de la tensión.
Antes de conectar un motor a la red de alimentación, deberá comprobarse que la resistencia de aislamiento del bobinado estatórico sea superiores a 1,5 megahomios. En caso de que sea inferior, el motor será rechazado por la DO y deberá ser secado en un taller especializado, siguiendo las instrucciones del fabricante, o sustituido por otro.
El número de polos del motor se elegirá de acuerdo a la velocidad de rotación de la máquina accionada.
En caso de acoplamiento de equipos (como ventiladores) por medio de poleas y correas trapezoidales, el número de polos del motor se escogerá de manera que la relación entre velocidades de rotación del motor y del ventilador sea inferior a 2,5.
Todos los motores llevarán una placa de características, situada en lugar visible y escrita de forma indeleble, en la que aparecerán, por lo menos, los siguientes datos:

- potencia del motor.
- velocidad de rotación.
- intensidad de corriente a la(s) tensión(es) de funcionamiento.
- intensidad de arranque.
- tensión(es) de funcionamiento.

2.9 PUESTAS A TIERRA

Las puestas a tierra se establecen principalmente con objeto de limitar la tensión que, con respecto a tierra, puedan presentar en un momento dado las masas metálicas, asegurar la actuación de las protecciones y eliminar o disminuir el riesgo que supone una avería en los materiales eléctricos utilizados.
La puesta o conexión a tierra es la unión eléctrica directa, sin fusibles ni protección alguna, de una parte del circuito eléctrico o de una parte conductora no perteneciente al mismo, mediante una toma de tierra con un electrodo o grupo de electrodos enterrados en el suelo.
Mediante la instalación de puesta a tierra se deberá conseguir que en el conjunto de instalaciones, edificios y superficie próxima del terreno no aparezcan diferencias de potencial peligrosas y que, al mismo tiempo, permita el paso a tierra de las corrientes de defecto o las de descarga de origen atmosférico.
La elección e instalación de los materiales que aseguren la puesta a tierra deben ser tales que:

- El valor de la resistencia de puesta a tierra esté conforme con las normas de protección y de funcionamiento de la instalación y se mantenga de esta manera a lo largo del tiempo.
- Las corrientes de defecto a tierra y las corrientes de fuga puedan circular sin peligro, particularmente desde el punto de vista de solicitaciones térmicas, mecánicas y eléctricas.
- La solidez o la protección mecánica quede asegurada con independencia de las condiciones estimadas de influencias externas.
- Contemplen los posibles riesgos debidos a electrólisis que pudieran afectar a otras partes metálicas.

Tomas de tierra.

Para la toma de tierra se pueden utilizar electrodos formados por:

- barras, tubos;
- pletinas, conductores desnudos;
- placas;
- anillos o mallas metálicas constituidos por los elementos anteriores o sus combinaciones;
- armaduras de hormigón enterradas; con excepción de las armaduras pretensadas;
- otras estructuras enterradas que se demuestre que son apropiadas.

Los conductores de cobre utilizados como electrodos serán de construcción y resistencia eléctrica según la clase 2 de la norma UNE 21.022.
El tipo y la profundidad de enterramiento de las tomas de tierra deben ser tales que la posible pérdida de humedad del suelo, la presencia del hielo u otros efectos climáticos, no aumenten la resistencia de la toma de tierra por encima del valor previsto. La profundidad nunca será inferior a 0,50 m.
Conductores de tierra.

La sección de los conductores de tierra, cuando estén enterrados, deberá estar de acuerdo con los valores indicados en la tabla siguiente. La sección no será inferior a la mínima exigida para los conductores de protección.

Tipo	Protegido mecánicamente	No protegido mecánicamente
Protegido contra la corrosión*	Igual a conductores de protección apartado	16 mm^2 cobre 16 mm^2 acero galvanizado
No protegido contra la corrosión	25 mm^2 cobre 50 mm^2 hierro	
*La protección contra la corrosión puede obtenerse mediante una envolvente		

Tabla 4.8. Características de la sección de conductores de puesta a tierra

Durante la ejecución de las uniones entre conductores de tierra y electrodos de tierra debe extremarse el cuidado para que resulten eléctricamente correctas. Debe cuidarse, en especial, que las conexiones, no dañen ni a los conductores ni a los electrodos de tierra.

Bornes de puesta a tierra.

En toda instalación de puesta a tierra debe preverse un borne principal de tierra, al cual deben unirse los conductores siguientes:

- Los conductores de tierra.
- Los conductores de protección.
- Los conductores de unión equipotencial principal.
- Los conductores de puesta a tierra funcional, si son necesarios.

Debe preverse sobre los conductores de tierra y en lugar accesible, un dispositivo que permita medir la resistencia de la toma de tierra correspondiente. Este dispositivo puede estar combinado con el borne principal de tierra, debe ser desmontable necesariamente por medio de un útil, tiene que ser mecánicamente seguro y debe asegurar la continuidad eléctrica.

Conductores de protección.

Los conductores de protección sirven para unir eléctricamente las masas de una instalación con el borne de tierra, con el fin de asegurar la protección contra contactos indirectos.
Los conductores de protección tendrán una sección mínima igual a la fijada en la tabla siguiente:

Sección de conductores de fase de la instalación (mm^2)	Sección mínima de los conductores de protección Sp (mm^2)
16<S	Sp = S
16 < S <=35	Sp = 16
S>35	Sp = S/2

Tabla 4.9. Características de la sección de conductores de protección de la puesta a tierra

En todos los casos, los conductores de protección que no forman parte de la canalización de alimentación serán de cobre con una sección, al menos de:

- 2,5 mm2, si los conductores de protección disponen de una protección mecánica.
- 4 mm2, si los conductores de protección no disponen de una protección mecánica.

Como conductores de protección pueden utilizarse:

- conductores en los cables multiconductores
- conductores aislados o desnudos que posean una envolvente común con los conductores activos
- conductores separados desnudos o aislados.

Ningún aparato deberá ser intercalado en el conductor de protección. Las masas de los equipos a unir con los conductores de protección no deben ser conectadas en serie en un circuito de protección.

2.10 SEGURIDAD

En general, basándonos en la Ley de Prevención de Riesgos Laborales y las especificaciones de las normas NTE, se cumplirán, entre otras, las siguientes condiciones de seguridad:

- Siempre que se vaya a intervenir en una instalación eléctrica, tanto en la ejecución de la misma como en su mantenimiento, los trabajos se realizarán sin tensión, asegurándonos la inexistencia de ésta mediante los correspondientes aparatos de medición y comprobación.
- En el lugar de trabajo se encontrará siempre un mínimo de dos operarios.
- Se utilizarán guantes y herramientas aislantes.
- Cuando se usen aparatos o herramientas eléctricos, además de conectarlos a tierra cuando así lo precisen, estarán dotados de un grado de aislamiento II, o estarán alimentados con una tensión inferior a 50 V mediante transformadores de seguridad.
- Serán bloqueados en posición de apertura, si es posible, cada uno de los aparatos de protección, seccionamiento y maniobra, colocando en su mando un letrero con la prohibición de maniobrarlo.
- No se restablecerá el servicio al finalizar los trabajos antes de haber comprobado que no exista peligro alguno.

- En general, mientras los operarios trabajen en circuitos o equipos a tensión o en su proximidad, usarán ropa sin accesorios metálicos y evitarán el uso innecesario de objetos de metal o artículos inflamables; llevarán las herramientas o equipos en bolsas y utilizarán calzado aislante, al menos, sin herrajes ni clavos en las suelas.
- Se cumplirán asimismo todas las disposiciones generales de seguridad de obligado cumplimiento relativas a seguridad, higiene y salud en el trabajo, y las ordenanzas municipales que sean de aplicación.

2.11 LIMPIEZA

Antes de la Recepción provisional, los cuadros se limpiarán de polvo, pintura, cascarillas y de cualquier material que pueda haberse acumulado durante el curso de la obra en su interior o al exterior.

2.12 MANTENIMIENTO

Cuando sea necesario intervenir nuevamente en la instalación, bien sea por causa de averías o para efectuar modificaciones en la misma, deberán tenerse en cuenta todas las especificaciones reseñadas en los apartados de ejecución, control y seguridad, en la misma forma que si se tratara de una instalación nueva. Se aprovechará la ocasión para comprobar el estado general de la instalación, sustituyendo o reparando aquellos elementos que lo precisen, utilizando materiales de características similares a los reemplazados.

2.13 CRITERIOS DE MEDICIÓN

Las unidades de obra serán medidas con arreglo a los especificado en la normativa vigente, o bien, en el caso de que ésta no sea suficiente explícita, en la forma reseñada en el Pliego Particular de Condiciones que les sea de aplicación, o incluso tal como figuren dichas unidades en el Estado de Mediciones del Proyecto. A las unidades medidas se les aplicarán los precios que figuren en el presupuesto, en los cuales se consideran incluidos todos los gastos de transporte, indemnizaciones y el importe de los derechos fiscales con los que se hallen gravados por las distintas Administraciones, además de los gastos generales de la contrata. Si hubiera necesidad de realizar alguna unidad de obra no comprendida en el Proyecto, se formalizará el correspondiente precio contradictorio.
Los cables, bandejas y tubos se medirán por unidad de longitud (metro), según tipo y dimensiones.
En la medición se entenderán incluidos todos los accesorios necesarios para el montaje (grapas, terminales, bornes, prensaestopas, cajas de derivación, etc), así como la mano de obra para el transporte en el interior de la obra, montaje y pruebas de recepción.
Los cuadros y receptores eléctricos se medirán por unidades montadas y conexionadas.
La conexión de los cables a los elementos receptores (cuadros, motores, resistencias, aparatos de control, etc) será efectuada por el suministrador del mismo elemento receptor.
El transporte de los materiales en el interior de la obra estará a cargo de la EIM.

3. PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS CENTRO DE TRANSFORMACIÓN

3.1 OBRA CIVIL

Se realizará el transporte, la carga y descarga de los elementos constitutivos del Edificio Prefabricado, sin que estos sufran ningún daño en su estructura. Para ello deberán usarse los medios de fijación previstos por el fabricante para su traslado y ubicación, así como las recomendaciones para su montaje.

El tipo de envolvente empleada en la ejecución del Centro de transformación cumplirá las Condiciones Generales prescritas en el MIERAT 14, instrucción primera del Reglamento de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación, en lo referente a su inaccesibilidad, pasos y accesos, conducciones y almacenamiento de fluidos combustibles y de agua, alcantarillado, canalizaciones, cuadros y pupitres de control, celdas, ventilación y paso de líneas y canalizaciones eléctricas a través de paredes, muros y tabiques, señalización, sistemas contra incendios, alumbrado, primeros auxilios, pasillos de servicio y zonas de protección y documentación.

3.2 APARAMENTA DE MEDIA TENSIÓN

Las celdas empleadas serán prefabricadas, con envolvente metálica, y de aislamiento en SF6 (hexafluoruro de azufre). De esta manera, cumplen sus dos funciones fundamentales:

- Aislamiento**:** el aislamiento integral en hexafluoruro de azufre confiere a la aparamenta sus características de resistencia al medio ambiente, bien sea a la polución del aire, a la humedad, o incluso al eventual sumergimiento del centro de transformación por efecto de corrientes de agua derivadas de lluvias intensas.
- Corte**:** el corte en SF6 resulta más seguro que al aire, debido a lo explicado para el aislamiento.

Se emplearán celdas del tipo modular, de forma que, en caso de avería, sea posible retirar únicamente la celda dañada. La celda de seccionamiento y protección incorporará una protección del tipo autoalimentado, es decir, que no necesita imperativamente alimentación externa.

3.3 TRANSFORMADOR

El transformador instalado será trifásico, seco, con el neutro accesible en el secundario, según lo dispuesto en la Memoria del Proyecto.

3.4 EQUIPOS DE MEDIDA

El Centro de Transformación debe disponer de los equipos necesarios para realizar las medidas de energía en Media Tensión, al estar incluido en el tipo abonado o cliente.

Las características de los equipos se encuentran recogidos en el documento de fichas técnicas anexo.

3.5 NORMAS DE EJECUCIÓN DE LAS INSTALACIONES

Todos los materiales, aparatos, máquinas y conjuntos integrados en los circuitos de la instalación proyectada cumplen las normas, especificaciones técnicas y homologaciones que le son establecidas como de obligado cumplimiento por el Ministerio de Industria y Energía.

Por tanto, la instalación se ajustará a los planos, materiales y calidades de dicho proyecto, salvo orden facultativa en contra.

3.6 PRUEBAS REGLAMENTARIAS

Las pruebas y ensayos a los que serán sometidas las celdas una vez terminada su fabricación serán las siguientes:

- Prueba de operación mecánica.
- Prueba de dispositivos auxiliares, hidráulicos, neumáticos y eléctricos.
- Verificación de cableado.
- Ensayo a frecuencia industrial.
- Ensayo dieléctrico de circuitos auxiliares y de control.
- Ensayo a onda de choque 1’2/50 milisegundos.
- Verificación del grado de protección.

Por otra parte, antes de proceder a realizar la puesta en servicio del Centro de Transformación se comprobará que los valores de la puesta a tierra de protección y de servicio están dentro de los valores admitidos en el proyecto. Si los valores fuesen superiores, se tomarían las medidas oportunas para reducirlos a los valores deseados.

3.7 CONDICIONES DE USO, MANTENIMIENTO Y SEGURIDAD

El centro de transformación deberá estar siempre perfectamente cerrado, de forma que impida el acceso de las personas ajenas al servicio.

La anchura de los pasillos debe de estar de acuerdo con lo estipulado en el Reglamento de Alta Tensión (MIE-RAT 14, apartado 5.1) e, igualmente debe permitir la extracción total de cualquiera de las celdas instaladas, siendo por lo tanto la anchura útil del pasillo superior al mayor de los fondos de esas celdas.

En el interior del centro de transformación no se podrá almacenar ningún elemento que no pertenezca a la propia instalación.

Toda la instalación eléctrica debe estar correctamente señalizada y deben disponerse las advertencias e instrucciones necesarias de modo que se impidan los errores de interrupción,

maniobras incorrectas y contactos accidentales con los elementos en tensión o cualquier otro tipo de accidente.

Para la realización de las maniobras oportunas en el centro de transformación se utilizará banquillo, palanca de accionamiento, guantes, etc., y deberán estar siempre en perfecto estado de uso, lo que se comprobará periódicamente.

Se colocarán las instrucciones sobre primeros auxilios que deben prestarse en caso de accidente en un lugar perfectamente visible.

3.8 CERTIFICADOS Y DOCUMENTACIÓN

Se aportará, para la tramitación de este proyecto ante los organismos públicos, la documentación siguiente:

- Autorización Administrativa.
- Proyecto, suscrito por técnico competente.
- Certificado de tensiones de paso y contacto, por parte de empresa homologada.
- Certificado de Dirección de Obra.
- Contrato de mantenimiento.
- Escrito de conformidad por parte de la Compañía Eléctrica suministradora.

DOCUMENTO Nº5:

ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD

ÍNDICE

1. OBJETO DEL ESTUDIO 187
2. RIESGOS FRECUENTES 187
3. NORMAS BÁSICAS DE SEGURIDAD 188
3.1 IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS LABORALES QUE PUEDEN SER EVITADOS . 189
3.2 RELACIÓN DE RIESGOS LABORALES QUE NO SE HAN PODIDO EVITAR 190
3.4 EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL CONTRA ACCIDENTES 191
3.4 PROTECCIONES COLECTIVAS FRENTE A ACCIDENTES 192
4. MEDIDAS DE SEGURIDAD PARA INSTALACIONES ELÉCTRICAS 192
5. MEDIDAS DE SEGURIDAD CONTRA INCENDIOS 195
6. MEDIDAS DE SEGURIDAD PARA ZANJAS 196
7. NORMATIVA DE APLICACIÓN 196
8. PREVENCIÓN ASISTENCIAL EN CASO DE ACCIDENTE LABORAL 197

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 5.1 Teléfonos de urgencias 198

1. OBJETO DEL ESTUDIO

Este estudio de seguridad y salud tiene como objeto establecer unas medidas de seguridad mínimas sobre estos aspectos durante el desarrollo de la instalación eléctrica. El Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, subraya las pautas a seguir para obras de construcción. Asimismo, el estudio proporciona la información para el desarrollo diario de los trabajos, manteniendo en todo momento las medidas de seguridad.

En definitiva, un estudio básico de seguridad y salud constituye una serie de directrices que se hacen llegar a la empresa constructora, enmarcada en el terreno de la prevención de los riesgos propios de la profesión del empleado. En base al artículo 4 del real decreto anteriormente mencionado, el contratista debe elaborar un "Estudio Básico de Seguridad y Salud", de acuerdo con el artículo 6 del R.D, puesto que la obra proyectada no cuenta con un presupuesto superior a cuatrocientos cincuenta mil euros ("Documento Nº6: Presupuesto"), una duración de menos de treinta días laborables o volumen de trabajadores superior a cincuenta, el proyecto se encuentra exento de realizar un "Estudio de Seguridad y Salud".

Las normas de seguridad y salud que se desarrollan en el estudio se aplican en función de una clasificación en dos grupos: riesgos laborales evitables y riesgos laborales que no puedan eliminarse. En el primer caso, el estudio establece las medidas técnicas necesarias para paliar dichos riesgos, mientras que el segundo abarca aquellas situaciones en las que las medidas no garantizan la eliminación del riesgo. Aquellos riesgos laborales que no se puedan evitar, se tratan de minimizar mediante una serie de medidas preventivas y protecciones cuya eficacia se valora positivamente, así como su originalidad.

El proyecto de instalación eléctrica presente debe realizarse, por tanto, de manera que las personas implicadas en los trabajos necesarios para el desarrollo de la obra, se encuentren en todo momento protegidos frente a aquellos riesgos que se puedan evitar. Asimismo, se trata de evitar los riesgos incontrolables, como explosiones, incendios o electrocución.

2. RIESGOS FRECUENTES

En este apartado se busca detallar los riesgos más frecuentes que se producen en obras de instalación eléctrica. En este sentido, la mayor probabilidad de riesgo se encuentra en situaciones de contacto con elementos en tensión presentes en la instalación eléctrica.

El riesgo frente a los mencionados contactos directos se gestiona de la siguiente manera. En primer lugar, se ha de colocar una señalización, en forma de cartel o panel luminoso, que avise sobre la realización de tareas de mantenimiento. En segundo lugar, se debe discriminar entre situaciones en las que los trabajos de mantenimiento o instalación afecten directamente a una parte activa de la instalación eléctrica, en cuyo caso se han de desconectar del suministro eléctrico, o bien trabajos que no afecten a la instalación, en cuyo caso se procede de manera habitual.

Por otra parte, existen otra serie de riesgos, considerados secundarios, frente a los cuales se debe actuar con la debida proporcionalidad. Dentro de este segundo grupo, se encuentran los siguientes:

- Caídas de altura

- Caídas al mismo nivel
- Golpes y cortes con las herramientas
- Pinchazos y atrapamientos
- Pequeñas proyecciones
- Dermatitis por contacto con cemento
- Descargas eléctricas
- Sobreesfuerzos
- Proyección de partículas hacia los ojos

3. NORMAS BÁSICAS DE SEGURIDAD

Previamente al comienzo de los trabajos, se ha de garantizar la estabilidad del firme del lugar de trabajo, así como la presencia de las debidas medidas para evitar las caídas a distinto nivel, tales como redes o barandillas.

La información de cara a los trabajadores debe ser total. Al comienzo de la obra, todos los empleados deben ser informados sobre los posibles riesgos presentes en la actividad, así como las pautas para su prevención. En este sentido, se prohíbe el manejo de bien aparatos eléctricos o electrónicos, bien manipulación de instalaciones eléctricas, por parte de personas que no cuenten con la debida instrucción.

Existen cinco aspectos fundamentales para clasificar las medidas básicas a implementar para garantizar las medidas de seguridad y salud necesarias para el correcto desempeño de los trabajadores. Estas cinco áreas, orden y limpieza, iluminación, instalación eléctrica en Baja Tensión, accesos para el personal de obra y equipos de protección individual.

Orden y limpieza

Se deben mantener en todo momento las buenas condiciones de las herramientas manuales, esmerando a su vez el orden y limpieza general del espacio de trabajo, tales como escombros, cables o pequeño material. Especial cuidado se debe prestar en aquellas zonas críticas por ser lugares de paso o aberturas.

Iluminación

La correcta iluminación del lugar de trabajo de acuerdo con normativa, norma UNE 12464-1, debe estar garantizada en todo momento. En el caso de tratarse de iluminación de tipo portátil, será estanca al agua y totalmente aislada. La conexión de los equipos a red debe estar en excelente estado de conservación y en plenas condiciones de funcionamientos, renovándose en el momento en el que se aprecie deterioro del mismo, siendo especialmente críticas las partes aislantes. Las tomas de tierra de los equipos deben encontrarse en perfecto estado, de manera que la protección frente a contactos directos e indirectos de los trabajadores sea la máxima posible.

Accesos

El personal de la obra ha de acceder y salir de la obra por el lugar habilitado para tal efecto. Dicho acceso debe ser independiente del acceso destinado a la entrada y salida de maquinaria y vehículos en general. En el acceso, está prohibido el trepado por tubos, encofrados o demás salientes de la instalación, de manera que la circulación sea sencilla y rápida, evitando aglomeraciones. El control de los accesos se le confía al encargado de obra, que ha de recibir aviso de los trabajadores en caso de que alguna medida de seguridad se incumpla.

Instalación eléctrica en Baja Tensión

Se considera instalación en Baja Tensión mientras no se considere lo contrario mediante comprobaciones realizadas con aparatos de medida adecuados. El acceso de toda persona ajena a la obra está prohibido, sin el consentimiento expreso del encargado. En todo momento se cuida de no pisar conductores o dejar objetos encima de ellos. Por último, existe la obligatoriedad para la utilización de los equipos de protección dispuestos para el personal.

Equipos de Protección Individual

La utilización de equipos de protección individual es completamente obligatoria, habiéndose de adecuar a los indicados para cada una de las tareas en particular.

Entre las condiciones para el uso de equipos de protección necesarios, se encuentran los siguientes:

- El uso del casco dentro del recinto de obra. Sin embargo, existen excepciones como oficinas o locales de higiene y bienestar.
- El uso de calzado antideslizante y de puntera reforzada de seguridad en todo el recinto de obra y en todo momento.
- El uso de guantes de seguridad, bien de loneta, goma, PVC, cuero o derivados. La tipología del guante se adecua a la tarea a realizar.
- El uso de protección ocular para trabajos que involucren proyección de partículas. Entre estas situaciones se encuentran tareas de manejo de sierras radiales, sierras circulares, martillos rompedores, rozadoras, pinturas, piquetas o procesos de soldadura.
- El uso de arnés de seguridad, con el consiguiente anclaje a un punto fijo de seguridad. Se utiliza para caídas de altura superior a dos metros que no cuenten con la adecuada protección colectiva.

Finalmente, al existir una diferencia notable entre equipos de protección individual y protecciones colectivas, ambos conceptos se desarrollan en siguientes aparatados.

3.1 IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS LABORALES QUE PUEDEN SER EVITADOS

En este trabajo, se consideran riesgos evitados los siguientes:

- Los derivados de las interferencias de los trabajos a ejecutar, que se han eliminado mediante el estudio preventivo del plan de ejecución de obra.

- Los originados por las máquinas carentes de protecciones en sus partes móviles, que se han eliminado mediante la exigencia de que todas las
- máquinas estén completas; con todas sus protecciones.
- Los originados por las máquinas eléctricas carentes de protecciones contra los contactos eléctricos, que se han eliminado mediante la exigencia de que todas ellas estén dotadas con doble aislamiento o en su caso, de toma de tierra de sus carcasas metálicas, en combinación con los interruptores diferenciales de los cuadros de suministro y red de toma de tierra general eléctrica.
- Los derivados del factor de forma y de ubicación del puesto de trabajo, que se han resuelto mediante la aplicación de procedimientos de trabajo seguro, en combinación con las protecciones colectivas, equipos de protección individual y señalización
- Los derivados de las máquinas sin mantenimiento preventivo, que se eliminan mediante el control de sus libros de mantenimiento y revisión de que no falte en ellas, ninguna de sus protecciones específicas y la exigencia en su caso, de poseer el marcado CE.
- Los derivados de los medios auxiliares deteriorados o peligrosos; mediante la exigencia de utilizar medios auxiliares con marcado CE o en su caso, medios auxiliares en buen estado de mantenimiento, montados con todas las protecciones diseñadas por su fabricante.
- Los derivados por el mal comportamiento de los materiales preventivos a emplear en la obra, que se exigen en su caso, con marcado CE o con el certificado de ciertas normas UNE.

3.2 RELACIÓN DE RIESGOS LABORALES QUE NO SE HAN PODIDO EVITAR

En este trabajo, se consideran riesgos existentes en la obra, pero resueltos mediante la prevención contenida en este trabajo el listado siguiente:

1. Caídas de personas a distinto nivel
2. Caída de personas al mismo nivel
3. Caídas de objetos por desplome o derrumbamiento
4. Caídas de objetos en manipulación
5. Caídas de objetos desprendidos
6. Pisadas sobre objetos
7. Choques contra objetos inmóviles
8. Choques contra objetos móviles
9. Golpes por objetos o herramientas
10. Proyección de fragmentos o partículas
11. Atrapamiento por o entre objetos
12. Atrapamiento por vuelco de máquinas, tractores o vehículos
13. Sobresfuerzos
14. Exposición a temperaturas ambientales extremas

15. Contactos térmicos
16. Exposición a contactos eléctricos
17. Exposición a sustancias nocivas
18. Contactos con sustancias cáusticas o corrosivas
19. Exposición a radiaciones
20. Explosiones
21. Incendios
22. Accidentes causados por seres vivos
23. Atropellos o golpes con vehículos
24. Patologías no traumáticas
25. "In itínere"

Cada uno de los 25 epígrafes de la lista precedente surge de la estadística considerada en el "Anuario de Estadística de Accidentes de Trabajo de la Secretaría General Técnica de la Subdirección General de Estadísticas Sociales y Laborales del Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales"; tiene su desarrollo en función de la peculiaridad de cada actividad de obra, medios auxiliares y máquinas utilizadas, en combinación con los oficios presentes en la obra y las protecciones colectivas a montar para eliminar los riesgos. Estas especificaciones, aparecen los puntos siguientes.

3.4 EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL CONTRA ACCIDENTES

Los equipos empleados en la protección de los trabajadores, de manera individual, se centran en evitar el contacto del cuerpo de operario con elementos peligrosos. En este sentido, se encuentran los siguientes:

- Guantes aislantes: destinados a trabajos de manipulación de material eléctrico.
- Guantes de goma o neopreno: destinados a trabajos utilizando hormigón o cemento.
- Guantes de cuero: destinados a trabajos de descarga u movimiento de materiales.
- Casco de polietileno y ropa de trabajo: de obligada utilización en todo momento.
- Gafas de seguridad: utilizadas en caso de posibilidad de proyecciones dañinas de polvo o derivados.
- Cascos antirruido: necesario para los operarios que trabajen en ambientes de nivel sonoro superior a 80 dB.
- Arnés de seguridad: para garantizar seguridad frente a caídas a distinto nivel.
- Pantalla de soldador: obligatoria para protección de la vista en procesos de soldadura.

3.4 PROTECCIONES COLECTIVAS FRENTE A ACCIDENTES

Puesto que la obra de instalación eléctrica, tanto en Media como en Baja Tensión, se desarrolla sobre un edificio de construcción, este debe garantizar las debidas medidas de seguridad. Por ejemplo, se pueden contar los siguientes elementos:

- Arnés cinturón contra las caídas.
- Botas con plantilla y puntera reforzada.
- Botas impermeables de media caña, con plantilla y puntera reforzada.
- Casco de seguridad.
- Chaleco reflectante.
  Cinturón de suspensión.
- Cinturón portaherramientas.
- Comando impermeable de trabajo.
- Filtro mecánico para mascarilla contra el polvo.
- Gafas contra proyecciones e impactos.
- Guantes de cuero flor.
- Traje impermeable de chaqueta y pantalón.

Siempre que los riesgos no puedan ser evitados, se debe señalizar de manera explícita mediante medios técnicos, métodos o procedimientos de organización del trabajo. No obstante, como tal, la señalización no constituye una medida de seguridad, sino un aviso que debe ser debidamente complementado.

4. MEDIDAS DE SEGURIDAD PARA INSTALACIONES ELÉCTRICAS

Existen una serie de normas generales de actuación de trabajadores y contratista en relación a instalaciones eléctricas. De esta manera, los siguientes elementos presentes en la instalación se protegen como sigue.

Seguridad de los cables y empalmes

Los calibres de los cables manguera son los adecuados para la carga que han de soportar en función del cálculo realizado. Los cables manguera a emplear en la obra, poseen un aislamiento de 1.000 v; la funda de los cables tiene un aislamiento para 1.000 v; el Encargado controlará que no se utilicen las que apareciesen peladas, empalmadas o con sospecha de estar rotas.

La distribución a partir del cuadro general se hace con cable manguera antihumedad perfectamente protegido; siempre que es posible va enterrado con señalización superficial y tablas de protección de su trayecto en los lugares de paso.

Los empalmes provisionales y alargadores, está previsto realizarlos con conectores especiales antihumedad, del tipo estanco para la intemperie.

Los empalmes definitivos se hacen mediante cajas de empalmes, admitiéndose en ellos una elevación de temperatura igual a la admitida para los conductores, con lo que la protección de los magnetotérmicos previsto les cubre. Las cajas de empalmes son de modelos normalizados para intemperie.

Para evitar el riesgo de rotura de las mangueras tendidas por el suelo y el de caídas a distinto o al mismo nivel de los trabajadores por tropiezo, está previsto que siempre que es posible, los cables del interior de la obra, van colgados de puntos de sujeción perfectamente aislados de la electricidad; el Encargado controlará que no sean simples clavos, en su caso, los clavos se revestirán con cinta aislante.

Seguridad en los interruptores

Los interruptores están protegidos, en cajas blindadas, con cortacircuitos fusibles y ajustándose a las normas establecidas en el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión. Se han previsto instalados dentro de cajas normalizadas con puerta y cierre, con una señal de "PELIGRO ELECTRICIDAD" sobre la puerta.

Seguridad en el cuadro eléctrico

El cuadro eléctrico de acometida va provisto de su toma de tierra correspondiente, a través del cuadro eléctrico general y de una señal normalizada de "PELIGRO ELECTRICIDAD" sobre la puerta, que está provista de cierre.

Va montado sobre un tablero de material aislante, dentro de una caja que lo aísla, montado sobre soportes o colgados de la pared, con puerta y cierre de seguridad.

El cuadro eléctrico se acciona subido sobre una banqueta de aislamiento eléctrico específico definido en el proyecto de la instalación eléctrica provisional de la obra. Su puerta estará dotada de enclavamiento. Se instala en el interior de un receptáculo cerrado con ventilación continua por rejillas y puerta con cerradura. La llave quedará identificada mediante llavero específico en el cuadro de llaves de la oficina de la obra.

Seguridad en las tomas de corriente

Las tomas de corriente son blindadas, provistas de una clavija de toma de tierra y con enclavamiento. Se emplean dos colores distintos en los tomacorrientes para diferenciar con claridad y seguridad el servicio eléctrico a 220 V del de 380 V.

Seguridad en los interruptores automáticos magnetotérmicos

Se ha previsto instalar todos los que el proyecto de instalación eléctrica provisional de obra requiere, con un calibre tal, que desconecten antes de que la zona de cable que protegen llegue a la carga máxima. Con ellos se protegen todas las máquinas y la instalación de alumbrado.

Seguridad en los interruptores diferenciales

Todas las máquinas, así como la instalación de alumbrado van protegidas con un interruptor diferencial de 30 mA.

Las máquinas eléctricas fijas, quedan protegidas, además, en sus cuadros, mediante interruptores diferenciales calibrados selectivos; calibrados con respecto al del cuadro general para que se desconecten antes que aquel o aquellos de las máquinas con fallos, y evitar así la situación de riesgo que implica la desconexión general imprevista de toda la obra.

Seguridad en la toma de tierra

La instalación del transformador, se ha previsto en el proyecto dotada de la toma de tierra calculada expresamente, ajustándose a los reglamentos y exigencias de la empresa suministradora.

La toma de tierra de la obra, así como de la maquinaria eléctrica fija se ha calculado en el proyecto de instalación eléctrica provisional de la obra. El Encargado controlará su exacta instalación Para mantener la conductividad del terreno en el que se ha instalado cada toma de tierra, está previsto mantenerla regándola periódicamente con un poco de agua. El Encargado controlará que esta operación se realice por un trabajador vestido con guantes y botas aislantes especiales de la electricidad.

Las picas de toma de tierra quedarán permanentemente señalizadas mediante una señal de riesgo eléctrico sobre un pié derecho hincado en el terreno.

Seguridad durante el mantenimiento y reparaciones

El Jefe de Obra, controlará que todo el equipo eléctrico se revise periódicamente por el electricista instalador de la obra y ordenará los ajustes y reparaciones pertinentes sobre la marcha.

El Encargado controlará que las reparaciones jamás se efectúen bajo corriente. Antes de realizar una reparación se abrirán los interruptores de sobreintensidad y los interruptores diferenciales, concluida esta maniobra, se instalará en su lugar una placa con el texto siguiente:

"NO CONECTAR, PERSONAL TRABAJANDO EN LA RED"

Para evitar los riesgos eléctricos por impericia, el Encargado controlará que las nuevas instalaciones, reparaciones y conexiones, únicamente las realicen los electricistas autorizados para tan trabajo.

Señalización y aislamiento

Si en la obra hubiera diferentes voltajes, (125 V, 220 V, 380 V), en cada toma de corriente se indicará el voltaje a que corresponda.

Para evitar el contacto eléctrico, está previsto que todas las herramientas a utilizar en la instalación eléctrica provisional de la obra, tengan mangos aislantes contra los riesgos eléctricos. El Encargado controlará el cumplimiento de esta norma.

Seguridad en el lugar de trabajo. Normas para trabajadores

1. Mantenga en todo momento limpio y ordenado, el entorno de su trabajo. Recuerde que es una situación de riesgo que esté o resulte resbaladizo, el piso por el que usted u otros trabajadores deban transitar.

2. Para el transporte de la herramienta, pida caja o cinturón portaherramientas, en función del número y tamaño de las mismas.

3. La iluminación en los tajos de instalación de cableado y aparatos eléctricos, no sea inferior a los 100 lux medidos sobre el plano de trabajo. La iluminación mediante portátiles está previsto efectuarla utilizando portalámparas estancos con mango aislante y rejilla de protección de la bombilla, alimentados a 24 voltios en los lugares húmedos.

4. El conexionado de cables a los cuadros de suministro eléctrico de obra utilizando las clavijas macho - hembra. No permita el conexionado mediante "cuñitas" de madera o conexiones directas "cable - clavija".

5. El cableado, cuelgue y conexión de la instalación eléctrica de la escalera del proyecto se efectuará una vez instalada la protección proyectada para evitar el riesgo de caída desde altura. Pregunte al Encargado o al Recurso preventivo, si no está instalada, y no ejecute la instalación hasta que no se haya evitado el riesgo de caída, aunque el trabajo que deba realizar sea de corta duración.

6. La instalación eléctrica en: terrazas, tribunas, balcones, vuelos, etc., sobre escaleras de mano o andamios sobre borriquetas, se efectuará una vez instalada la protección proyectada para evitar el riesgo de caída desde altura.

Pregunte al Encargado o al Recurso preventivo, si no está instalada, y no ejecute la instalación hasta que no se haya evitado el riesgo de caída, aunque el trabajo que deba realizar sea de corta duración.

5. MEDIDAS DE SEGURIDAD CONTRA INCENDIOS

La protección contra incendios, así como su prevención y medidas para evitar la propagación de llama constituye un elemento crítico para la seguridad de la obra de instalación eléctrica. Las medidas adoptadas para prevenir incendios, son las siguientes:

- Los trabajadores han de ser instruidos en el manejo de extintores y la prevención de incendios.
- Una vez finalizada la jornada laboral, los operarios deben cortar la corriente del cuadro general. Dado que esta práctica puede dar lugar a cortocircuitos, la tarea recae en un operario cualificado.
- Se prohíbe terminantemente fumar en las zonas de trabajo donde existan materiales susceptibles de provocar incendios o propagar llama.
- Ante cualquier señal o alerta de incendios, existe la obligación de evacuación de personal de manera inmediata.
- Los trabajadores deben contactar con el servicio de bomberos ante cualquier incidencia.
- Toda persona ajena a la empresa instaladora, subcontratada o propietaria, tiene prohibido el acceso a la obra.

6. MEDIDAS DE SEGURIDAD PARA ZANJAS

El proyecto no contempla ninguna realización de zanjas para una profundidad superior a los dos metros. En caso de aprobar trabajos de zanjas de profundidad superior a la descrita, debe realizarse un estudio específico sobre la materia.

Con la finalidad de evitar conflictos entre canalizaciones de agua, gas y electricidad, se debe recabar toda la información sobre el recorrido de dichas líneas. De esta manera, se evita que los trabajos en un área afecten a otras.

La existencia de otras instalaciones eléctricas próximas a la zona de trabajo, se señalizan de manera previa en cualquier circunstancia en la que se estén realizando trabajos. En caso de que la canalización eléctrica colateral se encuentre a menos de 40 cm de la nueva, los trabajos d instalación se deben realizar de manera manual.

La influencia de las posibles instalaciones de gas presentes durante la realización de los trabajos se trata de contrarrestar a partir de mediciones del nivel de gas en aire mediante aparatos específicos por parte de un operario cualificado.

El material extraído durante la excavación se ha de mantener a una distancia superior a 1 metro de la propia zanja.

Como medida de seguridad adicional, se valla la zona perimetral de la zanja, de manera que se eviten caídas o interferencias con maquinaria destinada a otros efectos.

7. NORMATIVA DE APLICACIÓN

- Directiva 92/57/CEE de 24 de Junio (DON: 26/08/92)
  Disposiciones mínimas de seguridad y de salud que deben aplicarse en las obras de construcciones temporales o móviles
- RD 1627/1997 de 24 de octubre (BOE: 25/10/97)
  Disposiciones mínimas de Seguridad y de Salud en las obras de construcción
  Transposición de la Directiva 92/57/CEE que deroga el RD 555/86 sobre obligatoriedad de inclusión de Estudio de Seguridad e Higiene en proyectos de edificación y obras públicas
- Ley 31/1995 de 8 de noviembre (BOE: 10/11/95)
  Prevención de riesgos laborales sobre Desarrollo de la Ley a través de las siguientes disposiciones:
  - RD 39/1997 de 17 de enero (BOE: 31/01/97). Reglamento de los Servicios de Prevención
  - RD 485/1997 de 14 de abril (BOE: 23/04/97). Disposiciones mínimas en materia de señalización, de seguridad y salud en el trabajo
  - RD 486/1997 de 14 de abril (BOE: 23/04/97). Disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo
  - RD 487/1997 de 14 de abril (BOE: 23/04/97). Disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la manipulación manual de cargas que entrañe riesgos, en particular dorso lumbares, para los trabajadores

- RD 488/97 de 14 de abril (BOE: 23/04/97). Disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas al trabajo con equipos que incluyen pantallas de visualización
- RD 664/1997 de 12 de mayo (BOE: 24/05/97). Protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes biológicos durante el trabajo
- RD 665/1997 de 12 de mayo (BOE: 24/05/97). Protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes cancerígenos durante el trabajo.
- RD 773/1997 de 30 de mayo (BOE: 12/06/97). Disposiciones mínimas de seguridad y salud, relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual
- RD 1215/1997 de 18 de julio (BOE: 07/08/97). Disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo
- O. de 20 de mayo de 1952 (BOE: 15/06/52). Reglamento de Seguridad e Higiene del Trabajo en la industria de la Construcción
- O. de 31 de enero de 1940. Andamios: Cap. VII, art. 66º a 74º (BOE:03/02/40)
- Reglamento general sobre Seguridad e Higiene. O. de 28 de agosto de 1970. Art. 1º a 4º, 183º a 291º y Anexos I y II (BOE: 05/09/70; 09/09/70)
- O. de 31 de agosto de 1987 (BOE: 18/09/87) Señalización, balizamiento, limpieza y terminación de obras fijas en vías fuera
- de poblado
- O. de 23 de mayo de 1977 (BOE: 14/06/77) Reglamento de aparatos elevadores para obras
- O. de 28 de junio de 1988 (BOE: 07/07/88) Instrucción Técnica Complementaria MIE-AEM 2 del Reglamento de Aparatos de elevación y Manutención referente a grúas-torre desmontables para obras
- O. de 31 de octubre de 1984 (BOE: 07/11/84). Reglamento sobre seguridad de los trabajos con riesgo de amianto
- O. de 7 de enero de 1987 (BOE: 15/01/87). Normas complementarias del Reglamento sobre seguridad de los trabajos con riesgo de amianto
- RD 1316/1989 de 27 de octubre (BOE: 02/11/89). Protección a los trabajadores frente a los riesgos derivados de la exposición al ruido durante el trabajo
- O. de 9 de marzo de 1971 (BOE: 16 i 17/03/71). Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el trabajo
- O. de 12 de enero de 1998 (DOG: 27/01/98). Se aprueba el modelo de Libro de incidencias en obras de construcción

8. PREVENCIÓN ASISTENCIAL EN CASO DE ACCIDENTE LABORAL

Primeros auxilios

El RD 1.627/1997, de 24 de octubre, su del Anexo IV – A, punto 14, estipula: “Será responsabilidad del empresario garantizar que los primeros auxilios puedan prestarse en todo momento por personal con la suficiente formación para ello. Asimismo, deberán adoptarse medidas para garantizar la evacuación, a fin de recibir cuidados médicos, de los trabajadores accidentados o afectados por una indisposición repentina”.

Local botiquín de primeros auxilios

Dada la peligrosidad de esta obra y la concentración de trabajadores prevista, es necesario dotarla de un local botiquín de primeros auxilios, en el que se den las primeras atenciones sanitarias a los posibles accidentados.

También puede utilizarse para la atención sanitaria que dispense en obra el Servicio Médico de Empresa, propio o mancomunado. El contenido, características y uso quedan definidos por el pliego de condiciones particulares de seguridad y salud. La evacuación de accidentados, que por sus lesiones así lo requieran, está prevista mediante la concertación de un servicio de ambulancias, que el plan de seguridad definirá exactamente.

Maletín botiquín de primeros auxilios

Las características de la obra no recomiendan la dotación de un local botiquín de primeros auxilios, por ello, se prevé la atención primaria a los accidentados mediante el uso de maletines botiquín de primeros auxilios manejados por personas competentes. El contenido, características y uso quedan definidos por el pliego de condiciones particulares de seguridad y salud.

Medicina Preventiva

Las empresas participantes en esta obra tendrán un servicio de prevención propio o ajeno. Cada servicio de prevención de cada empresa participante en esta obra, es responsable de realizar la vigilancia de la salud en los términos recogidos en la legislación vigente.

Evacuación de los accidentados

En cumplimiento de la legislación vigente, el contratista y resto de empresas participantes, demostrarán a través de su plan de seguridad y salud tal y como se contiene en el pliego de condiciones, que tiene resueltas este tipo de eventualidades.

Los teléfonos de urgencias serán los siguientes:

Urgencias	112
Bomberos	085
Policía local	092
Guardia civil	062
Ambulancias	061
Centro de Salud San Fernando. Dirección: Plaza Ondarreta, 1, 28830 San Fernando de Henares, Madrid. Teléfono: 916 69 12 66 Hospital del Henares. Dirección: Av. de Marie Curie, 2, 28822 Coslada, Madrid. Teléfono: 911 91 20 00	

Tabla 5.1 Teléfonos de urgencias

DOCUMENTO Nº6:

PRESUPUESTO

ÍNDICE

1. DESGLOSE DE PARTIDAS 203
2. PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL 235
3. PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN POR CONTRATA 235

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 6.1 Presupuesto de Ejecución Material de Obra 235
Tabla 6.2 Presupuesto de Ejecución de obra por Contrata 236

1. DESGLOSE DE PARTIDAS

CAP. 1	MEDIA TENSIÓN					
Cód.	**Descripción**	**Unidad**	**Mano de Obra (h)**	**Coste de material (€/unid)**	**Coste de MOD (€/unid)**	**TOTAL**
			114,8	**41405,60**	**4821,6**	**46854,67**
1.1	**Centro de Protección, Medida y Transformación**		114,8	41405,60	4821,6	**46854,67**
1.1.1	**Edificio Prefabricado**					
	Suministro y montaje de Envolvente monobloque de hormigón tipo caseta marca ORMAZÁBAL (según norma IEC 62271-202). Se instala en superficie y cuenta con maniobra interior PFU-4 / 24 kV. Sus dimensiones exteriores son 4460 mm de largo por 2380 mm de fondo por 2585 mm de altura. Incluye red de tierras interiores y alumbrado interior.	1	15,00	6484,00	630,00	7114,00
1.1.2	**Celda de Remonte**					
	Suministro, montaje e instalación de Celda modular de remonte de cables CGMCOSMOS-RC de tensión nominal 24 kV. Incluye un indicador que muestra el nivel de tensión.	1	1,00	820,00	42,00	862,00
1.1.3	**Celda de Protección General**					
	Suministro, montaje e instalación de Celda Modular de protección general con interruptor automático CGMCOSMOS-V. Cuenta con aislamiento integral en SF6, interruptor automático de corte en vacío (según norma IEC 62271-100), seccionador de tres posiciones (según IEC 62271-102), relé de protección digital comunicable ekorRPG e indicadores de tensión e intensidad. Vn=24 kV, In=400 A, Icc=16kA.	1	2,00	9500,00	84,00	9584,00
1.1.4	**Celda de Medida**					
	Suministro, montaje e instalación de Celda Modular de medida CGMCOSMOS-M. Incluye tres transformadores de tensión, tres transformadores de intensidad e interconexión con celda contigua. Vn=24 kV, In=400 A, Icc=16kA.	1	2,00	4200,00	84,00	4284,00

1.1.5	**Transformador seco 800 kVA**					
	Suminsitro, instalación y puesta en funcionamiento de transformador trifásico reductor, de distribución, con neutro accesible de 800 kVA, seco encapsulado. Según normas UNE-ECODESIGN. Equipado con tres sondas PT100 y central de control digital de temperaturas Mod. T-154. Marca TESAR.	1	4,00	9320,00	168,00	9488,00
1.1.6	**Armario de control de sondas**					
	Suministro, montaje e instalación de armario de ubicación central para control de temperaturas. Incluye señalización luminosa para alarma, además de cableado y conexión.	1	2,00	565,00	84,00	649,00
1.1.7	**Puentes de interconexión**					
	Conexión entre Celda de Protección y transformador seco 800 kVA. Cables de MT 12/20 kV 3x(1x240) mm2 HEPRZ1-AL.	10	0,36	19,80	15,12	349,20
1.1.8	**Equipo de medida de energía**					
	Suministro, montaje e instalación de armario de contadores, para tarificador tipo 3. Incluye regleta de verificación y cableado. Se instala en régimen de alquiler.	1	2,00	372,80	84,00	456,80
1.1.9	**Conexión entre equipos de medida**					
	Suministro, montaje e instalación de cableado de interconexión entre equipo de medida de energía y transformadores de medida ubicados en celda de medida, según normativa vigente de compañía distribuidora IBERDROLA.	1	4,00	76,50	168,00	244,50
1.1.10	**Elementos de protección para abonado**					
	Suministro, montaje e instalación de extintor, banquillo aislante, cartel de primeros auxilios, triángulos de señalización, pértiga de salvamento y armario de primeros auxilios. Incluye guantes de protección.	1	1,00	357,60	42,00	399,60
1.1.11	**Tierra exterior de protección**					

	Suministro, montaje e instalación de puesta a tierra de protección en el edificio prefabricado. Disposición en forma de anillo rectangular mediante 4 picas de cobre de 14 mm de diámetro, de 2m de longitud. Unidas mediante conductor de cobre desnudo de 50 mm2.	4	8,25	70,08	346,50	1666,30
1.1.12	**Tierra exterior de servicio**					
	Suministro, montaje e instalación de 6 picas de cobre de 14 mm de diámetro, 2m de longitud, alineadas. Instalación en cable de cobre aislado RVK 1kV.	6	3,20	18,11	134,40	915,06
1.1.13	**Cuadro General de Baja Tensión**					
1.1.13.1	**Puentes de interconexión en Baja Tensión**					
	Suministro e instalación de línea eléctrica de interconexión entre secundario de transformador de potencia de 800 kVA e interruptor de cabecera de Cuadro General de Baja Tensión. Línea compuesta por conductores 4x(4x240 mm^2) Al RZ1-K (AS) 0,6/1 kV. Incluye montaje, fijación y conexionado con equipos de protección.	10	0,40	10,20	16,80	270,00
1.1.13.2	**Canalización de línea de interconexión**					
	Suministro, montaje e instalación de bandeja portacables Rejiband tipo rejilla de 300x60 mm, galvanizada. Incluye conductor de cobre de 16 mm2, además de material de unión, fijación y anclaje.	10	0,20	6,30	8,40	147,00
1.1.13.3	**Cuadro General de Baja Tensión**					

	Suministro e instalación de cuadro de baja tensión en Centro de Transformación. Formado por armaduras metálicas, donde se instalan las paredes de revestimiento y las puertas del cuadro. La envolvente se basa en paneles de chapa de 1,5mm. Puerta frontal transparente con cerradura, paneles de cierre, placas soporte y tapas. Incluye toda clase de accesorios de conexionado y cuenta con espacio de reserva para ampliación de un 30%. Incluye soportes, colectores, placas soporte, tapas, armadura, embarrados, marcado CE y certificado de realización conforme a norma UNE-EN 60439-1.	1	20,00	9585,21	840,00	10425,21
CAP. 2	**BAJA TENSIÓN**					
Cód.	**Descripción**	**Unidad**	**Mano de Obra (h)**	**Coste de material (€/unid)**	**Coste de MOD (€/unid)**	**TOTAL**
			1605,47	**26467,32**	**45652,74**	**120613,93**
2.1	**Línea secundaria 1**		739,42	13737,90	31958,64	**77160,97**
	Suministro e instalación de línea eléctrica de interconexión entre Cuadro General de Baja Tensión e interruptor de cabecera de Cuadro General de Baja Tensión de Nave 2 (Módulo 3). Compuesta por conductores unipolares de aluminio 2x(4x240 mm^2 + TT (120 mm^2)) AL RZ1-K (AS) 0,6/1 kV. Canalización en tubo PVC rígido de diámetro 225 mm.	215	0,10	2,55	8,40	2354,25
2.1.1	**Cuadro General de Baja Tensión de Nave 2 (CGBT N2)**					

	Suministro e instalación de cuadro de baja tensión en Nave 2. Formado por armaduras metálicas, donde se instalan las paredes de revestimiento y las puertas del cuadro. La envolvente se basa en paneles de chapa de 1,5mm. Puerta frontal transparente con cerradura, paneles de cierre, placas soporte y tapas. Incluye toda clase de accesorios de conexionado y cuenta con espacio de reserva para ampliación de un 30%. Incluye soportes, colectores, placas soporte, tapas, armadura, embarrados, marcado CE y certificado de realización conforme a norma UNE-EN 60439-1.	1	25,00	6304,40	1050,00	7354,40
2.1.2	**Circuitos**					
2.1.2.1	**Circuito de alimentación monofásico para Maniobra**					
	Suministro, instalación y montaje de circuito de alimentación monofásica para maniobra desde CGBT N2. Compuesto por coductores bipolares de cobre 2x2,5 mm^2 + TT (2,5 mm^2) Cu RZ1-K (AS) 0,6/1 kV.	10	0,06	0,77	2,52	32,90
2.1.2.2	**Circuito de alimentación monofásico para Detector de Presencia**					
	Suministro, instalación y montaje de circuito de alimentación monofásica para detector de presencia desde CGBT N2. Compuesto por coductores bipolares de cobre 2x2,5 mm^2 + TT (2,5 mm^2) Cu RZ1-K (AS) 0,6/1 kV.	150	0,06	0,77	2,52	493,50
2.1.2.3	**Circuito de alimentación monofásico para Central de Exutorios**					
	Suministro, instalación y montaje de circuito de alimentación monofásica para central de exutorios desde CGBT N2. Compuesto por coductores bipolares de cobre 2x2,5 mm^2 + TT (2,5 mm^2) Cu RZ1-K (AS) 0,6/1 kV. Canalización en bandeja Rejiband 300x60 mm, galvanizada, incluyendo conductor de cobre de 16 mm^2.	100	0,06	0,77	2,52	329,00

2.1.2.4	**Circuito de alimentación monofásico para Central de Incendios**					
	Suministro, instalación y montaje de circuito de alimentación monofásica para central de incendios desde CGBT N2. Compuesto por coductores bipolares de cobre 2x2,5 mm^2 + TT (2,5 mm^2) Cu RZ1-K (AS) 0,6/1 kV. Canalización en bandeja Rejiband 300x60 mm, galvanizada, incluyendo conductor de cobre de 16 mm^2.	20	0,06	0,77	2,52	65,80
2.1.2.5	**Circuito de alimentación monofásico para Control de Acceso**					
	Suministro, instalación y montaje de circuito de alimentación monofásica para control de acceso desde CGBT N2. Compuesto por coductores bipolares de cobre 2x2,5 mm^2 + TT (2,5 mm^2) Cu RZ1-K (AS) 0,6/1 kV. Canalización en bandeja Rejiband 300x60 mm, galvanizada, incluyendo conductor de cobre de 16 mm^2.	80	0,06	0,77	2,52	263,20
2.1.2.6	**Circuito de alimentación monofásico para Rótulo**					
	Suministro, instalación y montaje de circuito de alimentación monofásica para rótulodesde CGBT N2. Compuesto por coductores bipolares de cobre 2x1,5 mm^2 + TT (1,5 mm^2) Cu RZ1-K (AS) 0,6/1 kV. Canalización en bandeja Rejiband 300x60 mm, galvanizada, incluyendo conductor de cobre de 16 mm^2.	10	0,06	0,52	2,52	30,40
2.1.2.6	**Circuito de alimentación monofásico para Alumbrado de Emergencia (1)**					
	Suministro, instalación y montaje de circuito de alimentación monofásica para alumbrado de emergencia desde CGBT N2. Compuesto por coductores bipolares de cobre 2x1,5 mm^2 + TT (1,5 mm^2) Cu RZ1-K (AS) 0,6/1 kV. Canalización en bandeja Rejiband 300x60 mm, galvanizada, incluyendo conductor de cobre de 16 mm^2.	110	0,06	0,52	2,52	334,40

2.1.2.7	**Circuito de alimentación monofásico para Alumbrado de Emergencia (2)**					
	Suministro, instalación y montaje de circuito de alimentación monofásica para alumbrado de emergencia desde CGBT N2. Compuesto por coductores bipolares de cobre 2x1,5 mm^2 + TT (1,5 mm^2) Cu RZ1-K (AS) 0,6/1 kV. Canalización en bandeja Rejiband 300x60 mm, galvanizada, incluyendo conductor de cobre de 16 mm^2.	170	0,06	0,52	2,52	516,80
2.1.2.8	**Circuito de alimentación trifásico para Alumbrado (1)**					
	Suministro, instalación y montaje de circuito de alimentación trifásica para alumbrado desde CGBT N2. Compuesto por coductores tetrapolares de cobre 4x2,5 mm^2 + TT (2,5 mm^2) Cu RZ1-K (AS) 0,6/1 kV. Canalización en bandeja Rejiband 300x60 mm, galvanizada, incluyendo conductor de cobre de 16 mm^2.	100	0,06	1,16	2,52	368,00
2.1.2.9	**Circuito de alimentación trifásico para Alumbrado (2)**					
	Suministro, instalación y montaje de circuito de alimentación trifásica para alumbrado desde CGBT N2. Compuesto por coductores tetrapolares de cobre 4x2,5 mm^2 + TT (2,5 mm^2) Cu RZ1-K (AS) 0,6/1 kV. Canalización en bandeja Rejiband 300x60 mm, galvanizada, incluyendo conductor de cobre de 16 mm^2.	110	0,06	1,16	2,52	404,80
2.1.2.10	**Circuito de alimentación trifásico para Alumbrado (3)**					
	Suministro, instalación y montaje de circuito de alimentación trifásica para alumbrado desde CGBT N2. Compuesto por coductores tetrapolares de cobre 4x2,5 mm^2 + TT (2,5 mm^2) Cu RZ1-K (AS) 0,6/1 kV. Canalización en bandeja Rejiband 300x60 mm, galvanizada, incluyendo conductor de cobre de 16 mm^2.	130	0,06	1,16	2,52	478,40
2.1.2.11	**Circuito de alimentación trifásico para Alumbrado (4)**					

	Suministro, instalación y montaje de circuito de alimentación trifásica para alumbrado desde CGBT N2. Compuesto por coductores tetrapolares de cobre 4x2,5 mm^2 + TT (2,5 mm^2) Cu RZ1-K (AS) 0,6/1 kV. Canalización en bandeja Rejiband 300x60 mm, galvanizada, incluyendo conductor de cobre de 16 mm^2.	150	0,06	1,16	2,52	552,00
2.1.2.12	**Circuito de alimentación trifásico para Alumbrado (5)**					
	Suministro, instalación y montaje de circuito de alimentación trifásica para alumbrado desde CGBT N2. Compuesto por coductores tetrapolares de cobre 4x2,5 mm^2 + TT (2,5 mm^2) Cu RZ1-K (AS) 0,6/1 kV. Canalización en bandeja Rejiband 300x60 mm, galvanizada, incluyendo conductor de cobre de 16 mm^2.	170	0,06	1,16	2,52	625,60
2.1.2.13	**Circuito de alimentación trifásico para Toma de Corriente**					
	Suministro, instalación y montaje de circuito de alimentación trifásica para toma de corriente desde CGBT N2. Compuesto por coductores tetrapolares de cobre 4x2,5 mm^2 + TT (2,5 mm^2) Cu RZ1-K (AS) 0,6/1 kV. Canalización en bandeja Rejiband 300x60 mm, galvanizada, incluyendo conductor de cobre de 16 mm^2.	80	0,06	1,16	2,52	294,40
2.1.2.14	**Circuito de alimentación trifásico para Muelles**					
	Suministro, instalación y montaje de circuito de alimentación trifásica para muelles desde CGBT N2. Compuesto por coductores tetrapolares de cobre 4x2,5 mm^2 + TT (2,5 mm^2) Cu RZ1-K (AS) 0,6/1 kV.	40	0,06	1,16	2,52	147,20
2.1.2.15	**Circuito de alimentación trifásico para Rampa/Puerta**					

	Suministro, instalación y montaje de circuito de alimentación trifásica para rampa y puerta de entrada a nave desde CGBT N2. Compuesto por coductores tetrapolares de cobre 4x2,5 mm^2 + TT (2,5 mm^2) Cu RZ1-K (AS) 0,6/1 kV.	90	0,06	1,16	2,52	331,20
2.1.2.16	**Circuito de alimentación trifásico para Compactador**					
	Suministro, instalación y montaje de circuito de alimentación trifásica para compactador desde CGBT N2. Compuesto por coductores tetrapolares de cobre 4x10 mm^2 + TT (10 mm^2) Cu RZ1-K (AS) 0,6/1 kV.	60	0,08	4,03	3,36	443,40
2.1.2.17	**Circuito de alimentación trifásico para Cuadro de Tomas (1)**					
	Suministro, instalación y montaje de circuito de alimentación trifásica para cuadro de tomas desde CGBT N2. Compuesto por coductores tetrapolares de cobre 4x6 mm^2 + TT (6 mm^2) Cu RZ1-K (AS) 0,6/1 kV.	120	0,08	2,47	3,36	699,60
2.1.2.18	**Circuito de alimentación trifásico para Cuadro de Tomas (2)**					
	Suministro, instalación y montaje de circuito de alimentación trifásica para cuadro de tomas desde CGBT N2. Compuesto por coductores tetrapolares de cobre 4x4 mm^2 + TT (4 mm^2) Cu RZ1-K (AS) 0,6/1 kV.	100	0,07	1,75	2,94	469,00
2.1.2.19	**Circuito de alimentación trifásico para Cuadro de Tomas (3)**					
	Suministro, instalación y montaje de circuito de alimentación trifásica para cuadro de tomas desde CGBT N2. Compuesto por coductores tetrapolares de cobre 4x6 mm^2 + TT (6 mm^2) Cu RZ1-K (AS) 0,6/1 kV.	130	0,08	2,47	3,36	757,90
2.1.2.20	**Circuito de alimentación trifásico para Cuadro de Tomas (4)**					

	Suministro, instalación y montaje de circuito de alimentación trifásica para cuadro de tomas desde CGBT N2. Compuesto por coductores tetrapolares de cobre 4x6 mm^2 + TT (6 mm^2) Cu RZ1-K (AS) 0,6/1 kV.	140	0,08	2,47	3,36	816,20
2.1.2.21	**Circuito de alimentación trifásico para Cuadro de Tomas (5)**					
	Suministro, instalación y montaje de circuito de alimentación trifásica para cuadro de tomas desde CGBT N2. Compuesto por coductores tetrapolares de cobre 4x6 mm^2 + TT (6 mm^2) Cu RZ1-K (AS) 0,6/1 kV.	100	0,08	2,47	3,36	583,00
2.1.2.22	**Circuito de alimentación trifásico para Compresor de Exutorios**					
	Suministro, instalación y montaje de circuito de alimentación trifásica para compresor de exutorios desde CGBT N2. Compuesto por coductores tetrapolares de cobre 4x2,5 mm^2 + TT (2,5 mm^2) Cu RZ1-K (AS) 0,6/1 kV. Canalización en bandeja Rejiband 300x60 mm, galvanizada, incluyendo conductor de cobre de 16 mm^2.	100	0,06	1,16	2,52	368,00
2.1.2.23	**Circuito de alimentación trifásico para Reserva de Sala de Baterías**					
	Suministro, instalación y montaje de circuito de alimentación trifásica para sala de baterías (previsión) desde CGBT N2. Compuesto por coductores tetrapolares de cobre 4x16 mm^2 + TT (16 mm^2) Cu RZ1-K (AS) 0,6/1 kV. Canalización en bandeja Rejiband 300x60 mm, galvanizada, incluyendo conductor de cobre de 16 mm^2.	80	0,09	6,11	3,78	791,20
2.1.2.24	**Circuito de alimentación trifásico para Reserva de Vehículos Eléctricos**					

	Suministro, instalación y montaje de circuito de alimentación trifásica para vehículos eléctricos (previsión) desde CGBT N2. Compuesto por coductores tetrapolares de cobre 4x10 mm^2 + TT (10 mm^2) Cu RZ1-K (AS) 0,6/1 kV. Canalización en bandeja Rejiband 300x60 mm, galvanizada, incluyendo conductor de cobre de 16 mm^2.	40	0,08	4,03	3,36	295,60
2.1.2.25	**Circuito de alimentación trifásico para Reserva de Altillo**					
	Suministro, instalación y montaje de circuito de alimentación trifásica para altillo (previsión) desde CGBT N2. Compuesto por coductores tetrapolares de cobre 4x4 mm^2 + TT (4 mm^2) Cu RZ1-K (AS) 0,6/1 kV. Canalización en bandeja Rejiband 300x60 mm, galvanizada, incluyendo conductor de cobre de 16 mm^2.	70	0,07	1,75	2,94	328,30
2.1.2.26	**Circuito de alimentación trifásico para SAI**					
	Suministro, instalación y montaje de circuito de alimentación trifásica para altillo (previsión) desde CGBT N2. Compuesto por coductores tetrapolares de cobre 4x2,5 mm^2 + TT (2,5 mm^2) Cu RZ1-K (AS) 0,6/1 kV. Canalización en tubo de PVC rígido de diámetro 20 mm	10	0,06	1,16	2,52	36,80
2.1.3	**Iluminación**					
2.1.3.1	**Carril Electrificado**					
2.1.3.1.1	**Canalis EAE DL 2422 25A**					
	Suministro, montaje e instalación de carril electrificado para distribuir la iluminación, marca EAE, monofásico, modelo DL2222 25+25A con 4 hilos (2+2). Cuenta con circuitos individuales para emergencia, para potencia y para control. La canalización, según norma IEC 60332-3, presenta un grado de protección IP55, que garantiza estanqueidad.	54	0,25	10,29	10,50	1122,66
2.1.3.1.2	**Canalis EAE DL 2422 25A**					

	Suministro, montaje e instalación de carril electrificado para distribuir la iluminación, marca EAE, trifásico, modelo DL2222 25+25A con 6 hilos (4+2). Cuenta con circuitos individuales para emergencia, para potencia y para control. La canalización, según norma IEC 60332-3, presenta un grado de protección IP55, que garantiza estanqueidad.	312	0,25	11,04	10,50	6720,48
2.1.3.1.3	**Alimentación a luminaria**					
	Suministro y montaje de Conector de derivación de 10A monofásico para luminaria, modelo DL 16-LX marca EAE. Incluido cableado para conexión a luminaria.	49	0,10	7,34	4,20	308,28
2.1.3.1.4	**Alimentación a luminaria de emergencia**					
	Suministro y montaje de Conector de derivación de 10A monofásico para luminaria, modelo DL 16-LX marca EAE. Incluido cableado para conexión a luminaria.	46	0,10	7,34	4,20	530,84
2.1.3.2	**Iluminación de Nave**					
	Suministro y montaje de luminarias 21000 lm modelo E-Line Fi HE LVN 200-840 L225 ETDD, mara TRILUX. Grado de protección IP20.	82	0,70	156,51	29,40	15244,62
2.1.3.3	**Iluminación de Emergencia**					
	Suministro y montaje de luminarias de emergencia (estanca) 800 lm modelo 20800E de AERLUX.	46	0,65	33,44	27,30	2794,04
2.1.4	**Bandeja de Rejilla**					
	Suministro montaje e instalación de bandeja de rejilla, tipo Rejiband, galvanizada, de 300x60 mm, incluye conductor de cobre de 16 mm^2, además de material auxiliar de unión, fijación y anclaje.	499	0,20	6,30	8,40	7333,64
2.1.5	**Puntos de Conexión. Alimentaciones Eléctricas**					
2.1.5.1	**Punto de alimentación a Maniobra**					
	Suministro, instalación y montaje de punto de alimentación a maniobra, compuesto por caja de derivación. Incluye racores, prensaestopas.	1	0,67	9,20	28,14	37,34

2.1.5.2	**Punto de alimentación a Detector de Presencia**					
	Suministro, instalación y montaje de punto de alimentación a detectores de presencia, compuesto por caja de derivación. Incluye racores, prensaestopas.	3	0,67	11,04	28,14	117,54
2.1.5.3	**Punto de alimentación a Alumbrado (1)**					
	Suministro, instalación y montaje de punto de alimentación a alumbrado monofásico a carril, compuesto por caja de derivación. Incluye racores, prensaestopas.	6	0,88	10,99	36,96	287,70
2.1.5.4	**Punto de alimentación a Alumbrado (2)**					
	Suministro, instalación y montaje de punto de alimentación a alumbrado trifásico a carril, compuesto por caja de derivación. Incluye racores, prensaestopas.	9	0,88	7,11	36,96	396,63
2.1.5.5	**Punto de alimentación a Alumbrado de Emergencia**					
	Suministro, instalación y montaje de punto de alimentación a alumbrado de emergencia monofásico a carril, compuesto por caja de derivación. Incluye racores, prensaestopas.	28	1,36	19,28	57,12	2139,20
2.1.5.6	**Punto de alimentación a Muelles**					
	Suministro, instalación y montaje de punto de alimentación a muelle, compuesto por caja de derivación. Incluye racores, prensaestopas.	3	1,40	20,63	58,80	238,29
2.1.5.6	**Punto de alimentación a Puerta de entrada**					
	Suministro, instalación y montaje de punto de alimentación a puerta de entrada/rampa para camiones, compuesto por caja de derivación. Incluye racores, prensaestopas.	7	2,05	29,95	86,10	812,35
2.1.5.7	**Punto de alimentación a Tomas de Corriente**					
	Suministro, instalación y montaje de punto de alimentación a tomas de corriente, compuesto por caja de derivación. Incluye racores, prensaestopas.	6	2,40	85,89	100,80	1120,14
2.1.5.8	**Punto de alimentación a Central de Exutorios**					

	Suministro, instalación y montaje de punto de alimentación a central de exutorios, compuesto por caja de derivación. Incluye racores, prensaestopas.	1	1,23	16,40	51,66	68,06
2.1.5.9	**Punto de alimentación a Compresor de Exutorios**					
	Suministro, instalación y montaje de punto de alimentación a compresor de exutorios, compuesto por caja de derivación. Incluye racores, prensaestopas.	1	1,23	25,18	51,66	76,84
2.1.6	**Red de Tierras**					
2.1.6.1	**Anillo Equipotencial**					
2.1.6.1.1	**Conductor de cobre desnudo**					
	Suministro y montaje de cable de cobre desnudo de 35 mm^2, incluido la parte proporcional de soldaduras aluminotérmicas entre cable y estructura de edificio	350	0,04	2,17	1,68	1347,50
2.1.6.1.2	**Caja de seccionamiento de tierras**					
	Suministro e instalación de caja de seccionamiento y medida de tierras. Incluye montaje en cuadro correspondiente.	4	0,50	31,67	21,00	1330,14
2.1.6.2	**Red de Tierras para Alumbrado Exterior**					
2.1.6.2.1	**Electrodos**					
	Suministro y montaje de picas de cobre de 2m de longitud y 14 mm de diámetro, distribuidas en torno al perímetro de nave.	8	0,50	8,98	21,00	239,84
2.1.6.2.2	**Conductor de cobre aislado**					
	Suminstro e instalación de cable de conexión entre electrodos para configuración de red de tierras. Compuesto por conductores tetrapolares de 4x16 mm2 + TT (16 mm2) Cu 450/750V H07V-K.	330	0,08	0,83	3,36	1382,70
2.1.7	**Línea de alimentación a Cuadro Secundario de Oficinas de Nave 2**					
	Suministro e instalación de línea eléctrica de interconexión entre Cuadro General de Baja Tensión e interruptor de cabecera de Cuadro Secundario de Servicios Generales. Compuesta por conductores unipolares de cobre 4x16 mm2 +	30	0,09	6,11	3,78	296,70

	TT (16 mm2) Cu RZ1-K (AS) 0,6/1 kV.					
2.1.7.1	**Cuadro Secundario de Oficinas de Nave 2 (CS Oficinas N2)**					
	Suministro e instalación de cuadro de baja tensión en Local de bombas. Formado por armaduras metálicas, donde se instalan las paredes de revestimiento y las puertas del cuadro. La envolvente se basa en paneles de chapa de 1,5mm. Puerta frontal transparente con cerradura, paneles de cierre, placas soporte y tapas. Incluye toda clase de accesorios de conexionado y cuenta con espacio de reserva para ampliación de un 30%. Incluye soportes, colectores, placas soporte, tapas, armadura, embarrados, marcado CE y certificado de realización conforme a norma UNE-EN 60439-1.	1	18,20	5724,88	764,40	6489,28
2.1.7.2	**Circuitos**					
2.1.7.2.1	**Circuito de alimentación monofásico para Alumbrado (1)**					
	Suministro, instalación y montaje de circuito de alimentación monofásica para alumbrado desde CS Oficinas N2. Compuesto por conductores bipolares de cobre 2x1,5 mm2 + TT (1,5 mm2) Cu RZ1-K (AS) 0,6/1 kV. Canalización en bandeja Rejiband 300x60 mm, galvanizada, incluyendo conductor de cobre de 16 mm^2.	25	0,06	0,52	2,52	76,00
2.1.7.2.2	**Circuito de alimentación monofásico para Alumbrado (2)**					
	Suministro, instalación y montaje de circuito de alimentación monofásica para alumbrado desde CS Oficinas N2. Compuesto por conductores bipolares de cobre 2x1,5 mm2 + TT (1,5 mm2) Cu RZ1-K (AS) 0,6/1 kV. Canalización en bandeja Rejiband 300x60 mm,	25	0,06	0,52	2,52	76,00

	galvanizada, incluyendo conductor de cobre de 16 mm^2.					
2.1.7.2.3	**Circuito de alimentación monofásico para Alumbrado (3)**					
	Suministro, instalación y montaje de circuito de alimentación monofásica para alumbrado desde CS Oficinas N2. Compuesto por conductores bipolares de cobre 2x1,5 mm2 + TT (1,5 mm2) Cu RZ1-K (AS) 0,6/1 kV. Canalización en bandeja Rejiband 300x60 mm, galvanizada, incluyendo conductor de cobre de 16 mm^2.	30	0,06	0,52	2,52	91,20
2.1.7.2.4	**Circuito de alimentación monofásico para Alumbrado de Emergencia**					
	Suministro, instalación y montaje de circuito de alimentación monofásica para alumbrado de emergencia desde CS Oficinas N2. Compuesto por coductores bipolares de cobre 2x1,5 mm2 + TT (1,5 mm2) Cu RZ1-K (AS) 0,6/1 kV. Canalización en bandeja Rejiband 300x60 mm, galvanizada, incluyendo conductor de cobre de 16 mm^2.	40	0,06	0,52	2,52	121,60
2.1.7.2.5	**Circuito de alimentación monofásico para Secamanos (1)**					
	Suministro, instalación y montaje de circuito de alimentación monofásica para secamanos desde CS Oficinas N2. Compuesto por coductores bipolares de cobre 2x2,5 mm2 + TT (2,5 mm2) Cu RZ1-K (AS) 0,6/1 kV. Canalización en bandeja Rejiband 300x60 mm, galvanizada, incluyendo conductor de cobre de 16 mm^2.	20	0,06	0,77	2,52	65,80
2.1.7.2.6	**Circuito de alimentación monofásico para Secamanos (2)**					

	Suministro, instalación y montaje de circuito de alimentación monofásica para secamanos desde CS Oficinas N2. Compuesto por conductores bipolares de cobre 2x2,5 mm2 + TT (2,5 mm2) Cu RZ1-K (AS) 0,6/1 kV. Canalización en bandeja Rejiband 300x60 mm, galvanizada, incluyendo conductor de cobre de 16 mm^2.	20	0,06	0,77	2,52	65,80
2.1.7.2.7	**Circuito de alimentación monofásico para Secamanos (3)**					
	Suministro, instalación y montaje de circuito de alimentación monofásica para secamanos desde CS Oficinas N2. Compuesto por conductores bipolares de cobre 2x2,5 mm2 + TT (2,5 mm2) Cu RZ1-K (AS) 0,6/1 kV. Canalización en bandeja Rejiband 300x60 mm, galvanizada, incluyendo conductor de cobre de 16 mm^2.	25	0,06	0,77	2,52	82,25
2.1.7.2.8	**Circuito de alimentación monofásico para Secamanos (4)**					
	Suministro, instalación y montaje de circuito de alimentación monofásica para secamanos desde CS Oficinas N2. Compuesto por conductores bipolares de cobre 2x2,5 mm2 + TT (2,5 mm2) Cu RZ1-K (AS) 0,6/1 kV. Canalización en bandeja Rejiband 300x60 mm, galvanizada, incluyendo conductor de cobre de 16 mm^2.	30	0,06	0,77	2,52	98,70
2.1.7.2.9	**Circuito de alimentación monofásico para Secamanos (5)**					
	Suministro, instalación y montaje de circuito de alimentación monofásica para secamanos desde CS Oficinas N2. Compuesto por conductores bipolares de cobre 2x2,5 mm2 + TT (2,5 mm2) Cu RZ1-K (AS) 0,6/1 kV. Canalización en bandeja Rejiband 300x60 mm, galvanizada, incluyendo conductor de cobre de 16 mm^2.	30	0,06	0,77	2,52	98,70
2.1.7.2.10	**Circuito de alimentación monofásico para Reserva**					

	Suministro, instalación y montaje de circuito de alimentación monofásica para secamanos desde CS Oficinas N2. Compuesto por conductores bipolares de cobre 2x2,5 mm2 + TT (2,5 mm2) Cu RZ1-K (AS) 0,6/1 kV. Canalización en bandeja Rejiband 300x60 mm, galvanizada, incluyendo conductor de cobre de 16 mm^2.	50	0,06	0,77	2,52	164,50
2.1.7.2.11	**Circuito de alimentación monofásico para Puesto de Trabajo (1)**					
	Suministro, instalación y montaje de circuito de alimentación monofásica para puesto de trabajo desde CS Oficinas N2. Compuesto por coductores bipolares de cobre 2x2,5 mm2 + TT (2,5 mm2) Cu RZ1-K (AS) 0,6/1 kV. Canalización en bandeja Rejiband 300x60 mm, galvanizada, incluyendo conductor de cobre de 16 mm^2.	30	0,06	0,77	2,52	98,70
2.1.7.2.12	**Circuito de alimentación monofásico para Puesto de Trabajo (2)**					
	Suministro, instalación y montaje de circuito de alimentación monofásica para puesto de trabajo desde CS Oficinas N2. Compuesto por coductores bipolares de cobre 2x2,5 mm2 + TT (2,5 mm2) Cu RZ1-K (AS) 0,6/1 kV. Canalización en bandeja Rejiband 300x60 mm, galvanizada, incluyendo conductor de cobre de 16 mm^2.	35	0,06	0,77	2,52	115,15
2.1.7.2.13	**Circuito de alimentación monofásico para Puesto de Trabajo (3)**					
	Suministro, instalación y montaje de circuito de alimentación monofásica para puesto de trabajo desde CS Oficinas N2. Compuesto por coductores bipolares de cobre 2x2,5 mm2 + TT (2,5 mm2) Cu RZ1-K (AS) 0,6/1 kV. Canalización en bandeja Rejiband 300x60 mm, galvanizada, incluyendo conductor de cobre de 16 mm^2.	40	0,06	0,77	2,52	131,60
2.1.7.2.14	**Circuito de alimentación monofásico para Puesto de Trabajo (4)**					

	Suministro, instalación y montaje de circuito de alimentación monofásica para puesto de trabajo desde CS Oficinas N2. Compuesto por coductores bipolares de cobre 2x2,5 mm2 + TT (2,5 mm2) Cu RZ1-K (AS) 0,6/1 kV. Canalización en bandeja Rejiband 300x60 mm, galvanizada, incluyendo conductor de cobre de 16 mm^2.	45	0,06	0,77	2,52	148,05
2.1.7.2.15	**Circuito de alimentación monofásico para Unidad Interior**					
	Suministro, instalación y montaje de circuito de alimentación monofásica para unidad interior desde CS Oficinas N2. Compuesto por coductores bipolares de cobre 2x2,5 mm2 + TT (2,5 mm2) Cu RZ1-K (AS) 0,6/1 kV. Canalización en bandeja Rejiband 300x60 mm, galvanizada, incluyendo conductor de cobre de 16 mm^2.	40	0,06	0,77	2,52	131,60
2.1.7.2.16	**Circuito de alimentación monofásico para Recuperador**					
	Suministro, instalación y montaje de circuito de alimentación monofásica para recuperador desde CS Oficinas N2. Compuesto por coductores bipolares de cobre 2x2,5 mm2 + TT (2,5 mm2) Cu RZ1-K (AS) 0,6/1 kV. Canalización en bandeja Rejiband 300x60 mm, galvanizada, incluyendo conductor de cobre de 16 mm^2.	40	0,06	0,77	2,52	131,60
2.1.7.2.17	**Circuito de alimentación monofásico para Convector**					
	Suministro, instalación y montaje de circuito de alimentación monofásica para convector desde CS Oficinas N2. Compuesto por coductores bipolares de cobre 2x2,5 mm2 + TT (2,5 mm2) Cu RZ1-K (AS) 0,6/1 kV. Canalización en bandeja Rejiband 300x60 mm, galvanizada, incluyendo conductor de cobre de 16 mm^2.	40	0,06	0,77	2,52	131,60
2.1.7.2.18	**Circuito de alimentación monofásico para Extracción**					

	Suministro, instalación y montaje de circuito de alimentación monofásica para extracción desde CS Oficinas N2. Compuesto por conductores bipolares de cobre 2x2,5 mm2 + TT (2,5 mm2) Cu RZ1-K (AS) 0,6/1 kV. Canalización en bandeja Rejiband 300x60 mm, galvanizada, incluyendo conductor de cobre de 16 mm^2.	40	0,06	0,77	2,52	131,60
2.1.7.2.19	**Circuito de alimentación monofásico para Bomba Solar**					
	Suministro, instalación y montaje de circuito de alimentación monofásica para bomba solar desde CS Oficinas N2. Compuesto por conductores bipolares de cobre 2x2,5 mm2 + TT (2,5 mm2) Cu RZ1-K (AS) 0,6/1 kV. Canalización en bandeja Rejiband 300x60 mm, galvanizada, incluyendo conductor de cobre de 16 mm^2.	40	0,06	0,77	2,52	131,60
2.1.7.2.20	**Circuito de alimentación monofásico para Acumulador**					
	Suministro, instalación y montaje de circuito de alimentación monofásica para acumulador desde CS Oficinas N2. Compuesto por conductores bipolares de cobre 2x2,5 mm2 + TT (2,5 mm2) Cu RZ1-K (AS) 0,6/1 kV. Canalización en bandeja Rejiband 300x60 mm, galvanizada, incluyendo conductor de cobre de 16 mm^2.	40	0,06	0,77	2,52	131,60
2.1.7.2.21	**Circuito de alimentación trifásico para Servicio de Alim. Ininterrumpida**					
	Suministro, instalación y montaje de circuito de alimentación trifásico para SAI desde CS Oficinas N2. Compuesto por coductores tetrapolares de cobre 4x2,5 mm^2 + TT (2,5 mm^2) Cu RZ1-K (AS) 0,6/1 kV. Canalización en bandeja Rejiband 300x60 mm, galvanizada, incluyendo conductor de cobre de 16 mm^2.	10	0,06	1,16	2,52	36,80
2.1.7.2.22	**Circuito de alimentación trifásico para Unidad Exterior**					

	Suministro, instalación y montaje de circuito de alimentación trifásico para unidad exterior 4x2,5 mm^2 + TT (2,5 mm^2) Cu RZ1-K (AS) 0,6/1 kV. Canalización en bandeja Rejiband 300x60 mm, galvanizada, incluyendo conductor de cobre de 16 mm^2.	60	0,06	1,16	2,52	220,80
2.1.7.2.23	**Circuito de alimentación trifásico para Ascensor (previsón)**					
	Suministro, instalación y montaje de circuito de alimentación trifásico para ascensor 4x2,5 mm^2 + TT (2,5 mm^2) Cu RZ1-K (AS) 0,6/1 kV. Canalización en bandeja Rejiband 300x60 mm, galvanizada, incluyendo conductor de cobre de 16 mm^2.	45	0,06	1,16	2,52	165,60
2.1.7.3	**Iluminación**					
2.1.7.3.1	**Iluminación de Locales**					
	Suministro y montaje de paneles luminaria 18W modelo DG20R BF de marca THREELINE.	27	0,20	4,32	8,40	343,44
	Suministro y montaje de paneles 600x600 mm LED bajo UGR de 40W modelo METRÓPOLIS P60x60EUGR de marca THREELINE.	37	0,25	19,95	10,50	1126,65
2.1.7.3.2	**Iluminación de Emergencia**					
	Suministro, instalación y conexionado de Emergencia Estanca 200 lm modelo 20-200 de marca AERLUX.	4	0,35	14,50	14,70	116,8
2.1.8	**Pararrayos**					
	Suministro, instalación y montaje de pararrayos con dispositivo de cebado (PDC). Cumpliendo norma UNE 21186. Tiempo de anticipación de cebado de 60 microsegundos, radio de actuación 97 m, nivel 3.	1	20,00	1087,17	840,00	1927,17
2.2	**Línea secundaria 2**		117,85	1749,96	4949,7	**11791,12**
	Suministro e instalación de línea eléctrica de interconexión entre Cuadro General de Baja Tensión e interruptor de cabecera de Cuadro Secundario de Protección Contra Incendios. Compuesta por conductores unipolares de aluminio 4x35	350	0,20	12,61	8,40	7353,50

	mm^2 + TT (16 mm^2) AL RZ1-K (AS) 0,6/1 kV.					
2.2.1	**Cuadro Secundario de Protección Contra Incendios (CS PCI)**					
	Suministro e instalación de cuadro de baja tensión en Local de bombas. Formado por armaduras metálicas, donde se instalan las paredes de revestimiento y las puertas del cuadro. La envolvente se basa en paneles de chapa de 1,5mm. Puerta frontal transparente con cerradura, paneles de cierre, placas soporte y tapas. Incluye toda clase de accesorios de conexionado y cuenta con espacio de reserva para ampliación de un 30%. Incluye soportes, colectores, placas soporte, tapas, armadura, embarrados, marcado CE y certificado de realización conforme a norma UNE-EN 60439-1.	1	6,00	1615,58	252,00	1867,58
2.2.2	**Circuitos**					
2.2.2.1	**Circuito de alimentación monofásica para Maniobra**					
	Suministro, instalación y montaje de circuito de alimentación monofásica para maniobra desde CS PCI. Compuesto por coductores bipolares de cobre 2x2,5 mm^2 + TT (2,5 mm^2) Cu RZ1-K (AS) 0,6/1 kV. Canalización en bandeja Rejiband 300x60 mm, galvanizada, incluyendo conductor de cobre de 35 mm2.	25	0,06	0,77	2,52	82,25
2.2.2.2	**Circuito de alimentación monofásica para Alumbrado**					
	Suministro, instalación y montaje de circuito de alimentación monofásica para alumbrado desde CS PCI. Compuesto por coductores bipolares de cobre 2x2,5 mm^2 + TT (2,5 mm^2) Cu RZ1-K (AS) 0,6/1 kV. Canalización en bandeja Rejiband 300x60 mm,	20	0,06	0,77	2,52	65,80

	galvanizada, incluyendo conductor de cobre de 35 mm^2.					
2.2.2.3	**Circuito de alimentación monofásica para Alumbrado de Emergencia**					
	Suministro, instalación y montaje de circuito de alimentación monofásica para alumbrado de emergencia desde CS PCI. Compuesto por coductores bipolares de cobre 2x2,5 mm^2 + TT (2,5 mm^2) Cu RZ1-K (AS) 0,6/1 kV. Canalización en bandeja Rejiband 300x60 mm, galvanizada, incluyendo conductor de cobre de 35 mm^2.	20	0,06	0,77	2,52	65,80
2.2.2.4	**Circuito de alimentación trifásica para Extractor**					
	Suministro, instalación y montaje de circuito de alimentación monofásica para extractor desde CS PCI. Compuesto por coductores tetrapolares de cobre 4x2,5 mm^2 + TT (2,5 mm^2) Cu RZ1-K (AS) 0,6/1 kV. Canalización en bandeja Rejiband 300x60 mm, galvanizada, incluyendo conductor de cobre de 35 mm^2.	30	0,06	0,77	2,52	98,70
2.2.2.5	**Circuito de alimentación monofásica para Toma de Corriente**					
	Suministro, instalación y montaje de circuito de alimentación monofásica para toma de corriente desde CS PCI. Compuesto por coductores bipolares de cobre 2x2,5 mm^2 + TT (2,5 mm^2) Cu RZ1-K (AS) 0,6/1 kV. Canalización en bandeja Rejiband 300x60 mm, galvanizada, incluyendo conductor de cobre de 35 mm^2.	35	0,06	0,77	2,52	115,15
2.2.2.6	**Circuito de alimentación trifásico para Aerotermo**					

	Suministro, instalación y montaje de circuito de alimentación trifásica para aerotermo desde CS PCI. Compuesto por coductores tetrapolares de cobre 4x2,5 mm^2 + TT (2,5 mm^2) Cu RZ1-K (AS) 0,6/1 kV. Canalización en tubo rígido de PVC de diámetro 20 mm.	40	0,06	1,16	2,52	147,20
2.2.2.7	**Circuito de alimentación trifásico para Bomba 1**					
	Suministro, instalación y montaje de circuito de alimentación trifásica para bomba 1 desde CS PCI. Compuesto por coductores tetrapolares de cobre 4x2,5 mm^2 + TT (2,5 mm^2) Cu RZ1-K (AS) 0,6/1 kV. Canalización en bandeja Rejiband 300x60 mm, galvanizada, incluyendo conductor de cobre de 35 mm^2.	30	0,06	1,16	2,52	110,40
2.2.2.8	**Circuito de alimentación monofásico para Bomba 2**					
	Suministro, instalación y montaje de circuito de alimentación monofásica para bomba 2 desde CS PCI. Compuesto por coductores bipolares de cobre 2x4 mm^2 + TT (4 mm^2) Cu RZ1-K (AS) 0,6/1 kV. Canalización en bandeja Rejiband 300x60 mm, galvanizada, incluyendo conductor de cobre de 35 mm^2.	30	0,06	1,12	2,52	109,20
2.2.2.9	**Circuito de alimentación monofásico para Bomba Jockey**					
	Suministro, instalación y montaje de circuito de alimentación monofásica para bomba jockey desde CS PCI. Compuesto por coductores bipolares de cobre 2x4 mm^2 + TT (4 mm^2) Cu RZ1-K (AS) 0,6/1 kV. Canalización en bandeja Rejiband 300x60 mm, galvanizada, incluyendo conductor de cobre de 35 mm^2.	30	0,06	1,12	2,52	109,20
2.2.2.10	**Circuito de alimentación monofásico para Rejillas Motorizadas**					

	Suministro, instalación y montaje de circuito de alimentación monofásica para rejillas motorizadas desde CS PCI. Compuesto por conductores bipolares de cobre 2x2,5 mm^2 + TT (2,5 mm^2) Cu RZ1-K (AS) 0,6/1 kV. Canalización en bandeja Rejiband 300x60 mm, galvanizada, incluyendo conductor de cobre de 35 mm^2.	30	0,06	1,12	2,52	109,20
2.2.2.11	**Circuito de alimentación monofásico para Niveles de Depósito**					
	Suministro, instalación y montaje de circuito de alimentación monofásica para niveles de depósito desde CS PCI. Compuesto por conductores bipolares de cobre 2x2,5 mm^2 + TT (2,5 mm^2) Cu RZ1-K (AS) 0,6/1 kV. Canalización en bandeja Rejiband 300x60 mm, galvanizada, incluyendo conductor de cobre de 35 mm^2.	50	0,06	0,77	2,52	164,50
2.2.2.12	**Circuito de alimentación monofásico para Central de PCI**					
	Suministro, instalación y montaje de circuito de alimentación monofásica para central de PCI desde CS PCI. Compuesto por coductores bipolares de cobre 2x2,5 mm^2 + TT (2,5 mm^2) Cu RZ1-K (AS) 0,6/1 kV. Canalización en bandeja Rejiband 300x60 mm, galvanizada, incluyendo conductor de cobre de 35 mm^2.	30	0,06	0,77	2,52	98,70
2.2.3	**Iluminación**					
2.2.3.1	**Iluminación de local**					
	Suministro, instalación y conexionado de luminaria LED marca DISANO modelo RODA de 55W.	9	0,75	35,00	31,50	598,5
2.2.3.2	**Iluminación de emergencia del local**					
	Suministro, instalación y conexionado de Emergencia Estanca 300 lm modelo 20-300 de marca AE-RLUX.	2	0,65	20,30	27,30	
2.2.4	**Bandeja de Rejilla**					

	Suministro montaje e instalación de bandeja de rejilla, tipo Reji-band, galvanizada, de 300x60 mm, incluye conductor de cobre de 35 mm^2, además de material auxiliar de unión, fijación y anclaje.	15	0,20	6,30	8,40	220,50
2.2.5	**Puntos de Conexión. Alimentaciones Eléctricas**					
2.2.5.1	**Punto de alimentación a Maniobra**					
	Suministro, instalación y montaje de punto de alimentación a maniobra. Incluye racores, prensaestopas.	1	0,67	9,00	28,14	37,14
2.2.5.2	**Punto de alimentación a Alumbrado**					
	Suministro, instalación y montaje de punto de alimentación a alumbrado. Incluye racores, prensaestopas.	8	0,67	8,08	28,14	289,76
2.2.5.3	**Punto de alimentación a Alumbrado de Emergencia**					
	Suministro, instalación y montaje de punto de alimentación a alumbrado de emergencia. Incluye racores, prensaestopas.	2	0,67	8,08	28,14	72,44
2.2.5.4	**Punto de alimentación a Aerotermo**					
	Suministro, instalación y montaje de punto de alimentación a aerotermo trifásico de superficie en nave. Cuenta con caja de derivación ubicada en bandeja. Incluye racores, prensaestopas.	1	1,23	23,94	51,66	75,60
2.3	**Línea secundaria 3**		11,28	4614,75	473,76	**9934,86**
	Suministro e instalación de línea eléctrica de interconexión entre Cuadro General de Baja Tensión e interruptor de cabecera de Cuadro Secundario de Servicios Generales. Compuesta por conductores unipolares de cobre 4x10 mm^2 + TT (10 mm^2) Cu RZ1-K (AS) 0,6/1 kV.	10	0,03	4,03	1,26	52,90
2.3.1	**Cuadro Secundario de Servicios Generales (CS SSGG)**					

	Suministro e instalación de cuadro eléctrico de Servicios Generales. Formado por armaduras metálicas, donde se instalan las paredes de revestimiento y las puertas del cuadro. La envolvente se basa en paneles de chapa de 1,5mm. Puerta frontal transparente con cerradura, paneles de cierre, placas soporte y tapas. Incluye toda clase de accesorios de conexionado y cuenta con espacio de reserva para ampliación de un 30%. Incluye soportes, colectores, placas soporte, tapas, armadura, embarrados, marcado CE y certificado de realización conforme a norma UNE-EN 60439-1.	1	10,00	4575,61	420,00	4995,61
2.3.2	**Circuitos**					
2.3.2.1	**Circuito de alimentación monofásico para Maniobra**					
	Suministro, instalación y montaje de circuito de alimentación monofásica para central de PCI desde CS PCI. Compuesto por coductores bipolares de cobre 2x2,5 mm^2 + TT (2,5 mm^2) Cu RZ1-K (AS) 0,6/1 kV. Canalización en bandeja Rejiband 300x60 mm, galvanizada, incluyendo conductor de cobre de 35 mm^2.	25	0,06	0,77	2,52	82,25
2.3.2.2	**Circuito de alimentación trifásico para Alumbrado Exterior (1)**					
	Suministro, instalación y montaje de circuito de alimentación trifásico para alumbrado exterior desde CS SSGG. Compuesto por coductores tetrapolares de cobre 4x6 mm^2 + TT (6 mm^2) Cu RZ1-K (AS) 0,6/1 kV. Canalización en tubo rígido de PVC de 25 mm.	100	0,08	2,47	3,36	583,00
2.3.2.3	**Circuito de alimentación trifásico para Alumbrado Exterior (2)**					
	Suministro, instalación y montaje de circuito de alimentación trifásico para alumbrado exterior desde CS SSGG. Compuesto por coductores tetrapolares de cobre 4x6 mm^2 + TT (6 mm^2) Cu RZ1-K	200	0,08	2,47	3,36	1166,00

	(AS) 0,6/1 kV. Canalización en tubo rígido de PVC de 25 mm.					
2.3.2.4	**Circuito de alimentación monofásico para Alumbrado Exterior (3)**					
	Suministro, instalación y montaje de circuito de alimentación monofásica para alumbrado exterior desde CS SSGG. Compuesto por coductores bipolares de cobre 2x6 mm^2 + TT (6 mm^2) Cu RZ1-K (AS) 0,6/1 kV. Canalización en tubo rígido de PVC de 16 mm.	300	0,07	1,28	2,94	1266,00
2.3.2.5	**Circuito de alimentación trifásico para Alumbrado de Fachada(1)**					
	Suministro, instalación y montaje de circuito de alimentación trifásico para alumbrado de fachada desde CS SSGG. Compuesto por coductores tetrapolares de cobre 4x4 mm^2 + TT (4 mm^2) Cu RZ1-K (AS) 0,6/1 kV. Canalización en bandeja Rejiband 300x60 mm, galvanizada, incluyendo conductor de cobre de 35 mm^2.	180	0,07	1,75	2,94	52,90
2.3.2.6	**Circuito de alimentación trifásico para Alumbrado de Fachada (2)**					
	Suministro, instalación y montaje de circuito de alimentación trifásico para alumbrado de fachada desde CS SSGG. Compuesto por coductores tetrapolares de cobre 4x4 mm^2 + TT (4 mm^2) Cu RZ1-K (AS) 0,6/1 kV. Canalización en bandeja Rejiband 300x60 mm, galvanizada, incluyendo conductor de cobre de 35 mm^2.	180	0,07	1,75	2,94	52,90
2.3.2.7	**Circuito de alimentación trifásico para Alumbrado de Fachada (3)**					

	Suministro, instalación y montaje de circuito de alimentación trifásico para alumbrado de fachada desde CS SSGG. Compuesto por coductores tetrapolares de cobre 4x4 mm^2 + TT (4 mm^2) Cu RZ1-K (AS) 0,6/1 kV. Canalización en bandeja Rejiband 300x60 mm, galvanizada, incluyendo conductor de cobre de 35 mm^2.	270	0,07	1,75	2,94	52,90
2.3.2.8	**Circuito de alimentación trifásico para Alumbrado de Fachada (4)**					
	Suministro, instalación y montaje de circuito de alimentación trifásico para alumbrado de fachada desde CS SSGG. Compuesto por coductores tetrapolares de cobre 4x4 mm^2 + TT (4 mm^2) Cu RZ1-K (AS) 0,6/1 kV. Canalización en bandeja Rejiband 300x60 mm, galvanizada, incluyendo conductor de cobre de 35 mm^2.	270	0,07	1,75	2,94	52,90
2.3.2.9	**Circuito de alimentación trifásico a Totem**					
	Suministro, instalación y montaje de circuito de alimentación trifásico para totem desde CS SSGG. Compuesto por coductores tetrapolares de cobre 4x6 mm^2 + TT (6 mm^2) Cu RZ1-K (AS) 0,6/1 kV. Canalización en tubo rígido de PVC de diámetro 25 mm.	200	0,08	2,47	3,36	1166,00
2.3.2.10	**Circuito de alimentación trifásico para Puerta Exterior 1**					
	Suministro, instalación y montaje de circuito de alimentación trifásico para puerta exterior 1 desde CS SSGG. Compuesto por coductores tetrapolares de cobre 4x6 mm^2 + TT (6 mm^2) Cu RZ1-K (AS) 0,6/1 kV. Canalización en tubo rígido de PVC de diámetro 25 mm.	200	0,08	2,47	3,36	52,90
2.3.2.11	**Circuito de alimentación trifásico para Puerta Exterior 2**					

	Suministro, instalación y montaje de circuito de alimentación trifásico para puerta exterior 2 desde CS SSGG. Compuesto por coductores tetrapolares de cobre 4x6 mm^2 + TT (6 mm^2) Cu RZ1-K (AS) 0,6/1 kV. Canalización en tubo rígido de PVC de diámetro 25 mm.	180	0,08	2,47	3,36	52,90
2.3.2.12	**Circuito de alimentación trifásico para Cuadro Secundario de Caseta 1**					
	Suministro, instalación y montaje de circuito de alimentación trifásico para caseta de guardia 1 desde CS SSGG. Compuesto por coductores tetrapolares de cobre 4x6 mm^2 + TT (6 mm^2) Cu RZ1-K (AS) 0,6/1 kV. Canalización en tubo rígido de PVC de diámetro 25 mm.	150	0,08	2,47	3,36	52,90
2.3.2.13	**Circuito de alimentación trifásico para Cuadro Secundario de Caseta 2**					
	Suministro, instalación y montaje de circuito de alimentación trifásico para caseta de guardia 2 desde CS SSGG. Compuesto por coductores tetrapolares de cobre 4x6 mm^2 + TT (6 mm^2) Cu RZ1-K (AS) 0,6/1 kV. Canalización en tubo rígido de PVC de diámetro 25 mm.	300	0,08	2,47	3,36	52,90
2.3.2.14	**Circuito de alimentación para Agua Recuperada**					
	Suministro, instalación y montaje de circuito de alimentación trifásico para recuperación de agua desde CS SSGG. Compuesto por coductores tetrapolares de cobre 4x6 mm^2 + TT (6 mm^2) Cu RZ1-K (AS) 0,6/1 kV. Canalización en tubo rígido de PVC de diámetro 25 mm.	50	0,08	2,47	3,36	52,90
2.3.3	**Bandeja de Rejilla**					
	Suministro montaje e instalación de bandeja de rejilla, tipo Rejiband, galvanizada, de 300x60 mm, incluye conductor de cobre de 35 mm^2, además de material auxiliar de unión, fijación y anclaje.	10	0,20	6,30	8,40	147,00

CAP. 3	INSTALACIÓN FOTOVOL-TAICA					
Cód.	**Descripción**	**Unidad**	**Mano de Obra (h)**	**Coste de material (€/unid)**	**Coste de MOD (€/unid)**	**TOTAL**
			37,06	**4357,98**	**1803,52**	**28087,77**
3.1	**Módulos fotovoltaicos**					
	Suministro, instalación y montaje de módulo fotovoltaico de 345 Wp, marca SunPower modelo X21-345-COM.	48	0,10	440,00	4,20	21321,60
3.2	**Soportación**					
	Los módulos fotovoltaicos descan-san sobre bloques de hormigón marca Solarbloc. Suministro y montaje.	52	0,08	14,00	3,36	902,72
3.3	**Convertidor**					
	Suministro, instalación y montaje de inversor marca Huawei modelo SUN2000-15KT, de potencia no-minal 15 kW. Incluye 2 entradas MPPT en CC, salida trifásica en CA, 400V, 50 Hz.	1	3,12	2527,96	131,04	2659,00
3.4	**Cuadros Eléctricos**					
3.4.1	**Cuadro Eléctrico de Corriente Alterna**					
	Suministro e instalación de cuadro de baja tensión para alojar protec-ciones y control de corriente al-terna.	1	3,12	601,65	131,04	732,69
	PIA 63A (III+N)	1				
	Interruptor Diferencial 63A 4P 30 mA	1				
3.4.2	**Cuadro Eléctrico de Corriente Continua**					
	Suministro e instalación de cuadro eléctrico para alojar protecciones de respaldo en corriente continua.	4	1,56	52,00	65,52	470,08
3.5	**Línea en Corriente Alterna**					
	Suministro e instalación de línea eléctrica de interconexión entre In-versor, Cuadro de Corriente Al-terna e interruptor de cabecera de Cuadro General de Baja Tensión de Nave 2. Compuesta por con-ductores tetrapolares de cobre 4x10 mm^2 + TT (10 mm^2) Cu RZ1-K (AS) 0,6/1 kV.	50	0,08	4,03	6,40	521,50
3.6	**Línea en Corriente Continua**					

	Suministro e instalación de línea eléctrica de interconexión entre *strings* y entradas MPPT del convertidor CC-CA. Compuesta por conductor de 1x4 mm^2 Exzhellent Solar ZZ-F (AS) 1,8 kV-DC 0,6/1 kV-AC.	62	0,08	0,80	3,36	257,92
3.7	**Control de Inyección 0**					
3.7.1	**Equipo de medida de energía**					
	Suministro, montaje e instalación de armario de contadores, para tarificador tipo 3. Incluye regleta de verificación y cableado.	2	2,08	130,00	87,36	434,72
3.7.2	**Dispositivo Antivertido**					
	Suministro e instalación de equipo electrónico para control de inyección de energía a red de distribución. Se instala modelo SMARTLOGGER 1000A, marca Huawei.	1	2,50	587,54	200,00	787,54

Los costes de Mano de Obra Directa, así como los costes Indirectos imputados en el desglose presupuestario, actualizados para año 2019, se han obtenido a partir de información aportada por una empresa española de ingeniería, cuya facturación asciende a 40 millones de euros.

2. PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL

El presupuesto de ejecución material (PEM) hace referencia a los materiales y mano de obra, necesarios para la ejecución de la obra, de instalación eléctrica en este caso. Este presupuesto de ejecución se resume en la siguiente tabla:

Centro de Transformación, Medida y Protección	46854,67 €
Instalación Eléctrica en BT de Nave 2	77160,97 €
Instalación Eléctrica en BT de Oficinas de Nave 2	11019,72
Protección Contra Incendios	11791,12 €
Servicios Generales	9934,86 €
Instalación Fotovoltaica	28087,77 €
Costes Indirectos	7700,00 €
Presupuesto de Ejecución Material	**192549,11 €**

Tabla 6.1 Presupuesto de Ejecución Material de Obra

En este proyecto, el presupuesto de ejecución material asciende a CIENTO NOVENTA Y DOS MIL QUINIENTOS CUARENTA Y NUEVE EUROS CON ONCE CÉNTIMOS.

3. PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN POR CONTRATA

El precio de ejecución por contrata se obtiene incrementando el presupuesto de ejecución material, añadiendo una serie de conceptos, de acuerdo con el BOE núm. 181, de 30 de julio de 1987.

1) Gastos Generales de Estructura:
   - Gastos financieros, cargas fiscales, tasas de la Administración (no incluye IVA): fijado entre un 13 y 17%, dependiendo del Departamento Ministerial.
   - Beneficio industrial del contratista: fijado en un 6 por 100.
2) Impuesto sobre el Valor Añadido:
   - Grava la ejecución de la obra, aplicándose sobre la suma del presupuesto de ejecución material y los gastos generales de estructura.

En la siguiente tabla se refleja el resultado final para el presupuesto de ejecución por contrata:

Presupuesto de Ejecución Material (PEM)	192549,11 €
Gastos Generales: 15% de PEM	28882,37 €
Beneficio Industrial: 6% de PEM	11552,95 €
Base Imponible	232984,43 €
Impuesto sobre el Valor Añadido: 21% de BI	48926,73 €
Presupuesto de Ejecución por Contrata	**281911,16 €**

Tabla 6.2 Presupuesto de Ejecución de obra por Contrata

El presupuesto de ejecución por contrata, por lo tanto, el presupuesto total del proyecto, asciende a DOSCIENTOS OCHENTA Y UN MIL NOVECIENTOS ONCE EUROS CON DEICISEIS CÉNTIMOS.

ANEXO I:

PROYECTO DE

INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN 241
2. REGLAMENTACIÓN Y DISPOSICIONES OFICIALES 241
3. POTENCIA INSTALADA 242
4. CÁLCULOS EN CORRIENTE CONTINUA 244
4.1 SELECCIÓN DE EQUIPOS 245
4.2 PÉRDIDAS POR INCLINACIÓN Y ORIENTACIÓN 249
4.3 CÁLCULO DE SECCIONES 255
5. CÁLCULOS EN CORRIENTE ALTERNA 257
5.1 CÁLCULO DE SECCIONES 258
5.2 CÁLCULO DE PROTECCIONES 259
6. DISPOSICIÓN FINAL DE LA INSTALACIÓN 259

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla A1.1 Coeficiente climático. (Fuente: DB-HE 5) *243*
Tabla A1.2 Radiación solar global en función de la zona climática (Fuente: DB-He 5) *244*
Tabla A1.4 Comparativa de pérdidas en función de ángulo de inclinación *249*

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. A1.1 Zonas climáticas (Fuente: DB-HE 5) *243*
Fig. A1.2 Comparativa de curvas de funcionamiento de reguladores de carga MPPT vs PWM (Fuente. Elaboración propia) *246*
Fig. A1.3 Curvas características de módulo fotovoltaica en función de irradiancia solar (Fuente: Exiom Solutions) *246*
Tabla A1. 3 Resultados de simulación para distintos módulos fotovoltaicos mediante software PVSyst *247*
Fig. A1. 4 Diagrama de Sankey de la instalación fotovoltaica. (Fuente: Elaboración propia) *248*
Fig. A1.5 Modelo de orientación e inclinación de los módulos fotovoltaicos (Fuente: DB-HE 5) *249*
Fig. A1.6 Diagrama de cuerpo libre del conjunto soporte-panel en situación de viento por barlovento *251*
Fig. A1.7 Diagrama de cuerpo libre del conjunto soporte-panel en situación de viento por sotavento *251*

1. INTRODUCCIÓN

El Código Técnico de la Edificación (CTE), en su sección 5, sobre generación Mínima de Energía Eléctrica de su Documento Básico de Ahorro de Energía (DB HE-5), obliga a incluir un sistema de generación propia de electricidad en a partir de energías renovables en aquellos proyectos que acometa la construcción de naves de almacenamiento cuya superficie sea superior a 3000 m^2. Por motivos económicos y logísticos, principalmente de espacio de terreno disponible, se proyecta una instalación solar fotovoltaica.

El sistema de generación para autoconsumo a base de paneles solares contribuye a la sostenibilidad de la nave, aunque su contribución a satisfacer las demandas energéticas de la nave no llega a ser notable en términos relativos. En definitiva, la instalación de generación solar fotovoltaica se proyecta de manera que cumpla con los requisitos establecidos en el DB HE-5, en ningún momento se pretende dotar a la nave de un sistema de generación potente, ya que el bajo nivel de eficiencia de los paneles solares del mercado invita a centrar la inversión en otros ámbitos de proyecto.

En este documento se proyecta la instalación solar fotovoltaica correspondiente a la segunda de las naves de la parcela, la Nave 2, cuya instalación eléctrica en Baja Tensión ha constituido el grueso del proyecto.

La generación eléctrica aportada por los paneles fotovoltaicos, que se instalan en la cubierta del edificio de Nave 2, se destina al autoconsumo, en ningún caso se contempla el vertido a red.

2. REGLAMENTACIÓN Y DISPOSICIONES OFICIALES

La instalación solar fotovoltaica debe cumplir con las siguientes normas técnicas, divididas en dos grandes bloques: legislación eléctrica y legislación medioambiental.

Legislación eléctrica

- Ley 24/2013, de 26 de diciembre, del Sector Eléctrico
- Real Decreto 1955/2000, de 1 de diciembre, por el que se regulan las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica.
- Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión, en especial la ITC-BT-40 sobre instalaciones generadoras en baja tensión.
- Real Decreto 1454/2005, de 2 de diciembre, por el que se modifican determinadas disposiciones relativas al sector eléctrico.
- Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación.
- Real Decreto 1110/2007, de 24 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento unificado de puntos de medida del sistema eléctrico.
- Real Decreto. 1699/2011, de 18 de noviembre, por el que se regula la conexión a red de instalaciones de producción de energía eléctrica de pequeña potencia.

- Real Decreto 413/2014, de 6 de junio, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica a partir de fuentes de energía renovables, cogeneración y residuos.
- Real Decreto-Ley 15/2018, de 5 de octubre, de medidas urgentes para la transición energética y la protección de los consumidores.
- Real Decreto 244/2019, de 5 de abril, por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas del autoconsumo de energía eléctrica.

Legislación medioambiental

- Real Decreto 105/2008, de 1 de febrero, por el que se regula la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición.
- Ley 21/2013, de 9 de diciembre, de evaluación ambiental.
- Ley 14/2014, de 26 de diciembre, de Armonización y Simplificación en materia de Protección del Territorio y de los Recursos Naturales.

3. POTENCIA INSTALADA

El BOE núm. 311 de viernes 27 de diciembre de 2019, incluye una actualización del DB HE-5 especialmente significativa, relacionada con el cálculo de la potencia fotovoltaica mínima a instalar en edificios de nueva construcción. El aporte de generación eléctrica de la instalación solar fotovoltaica, depende de la superficie del edificio y se calcula según las siguientes expresiones, puesto que se han de considerar unos valores máximo y mínimo.

La potencia mínima a instalar se calcula de acuerdo a la ecuación:

$$P = C \cdot (0.002 \cdot S - 5) \quad (4.1)$$

Siendo,

S: superficie construida del edificio [m^2]

C: coeficiente en función de la zona climática

P: potencia mínima a instalar [kW]

La superficie en planta de la Nave 2 asciende a 5077,3 m^2, según el apartado 1.5 del documento Nº1 “Memoria”. No obstante, el CTE obliga a considerar la superficie construida en el total de la parcela, puesto que los edificios que en ella se encuentren comportan referencia catastral. Según este criterio, se ha de considerar una superficie de 15300 m^2.

El valor del coeficiente “C” se extrae del DB-HE5, que proporciona una división geográfica de España en función de su zona climática. Una vez determinada la zona geográfica en la que se ubica el edificio, la siguiente tabla proporciona el parámetro.

Zona Climática	I	II	III	IV	V
Parámetro “C”	1	1,1	1,2	1,3	1,4

Tabla A1.1 Coeficiente climático. (Fuente: DB-HE 5)

La zona climática se determina en función de la situación geográfica del edificio en la península ibérica. A continuación, se muestra una imagen que identifica las zonas climáticas existentes en el territorio español.

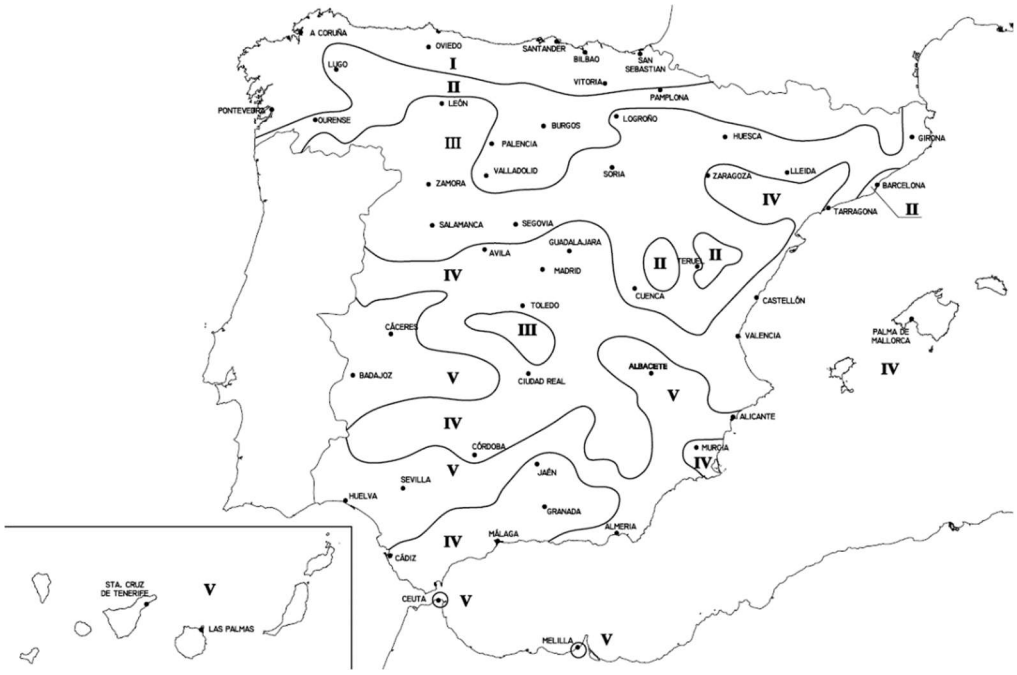


Fig. A1.1 Zonas climáticas (Fuente: DB-HE 5)

La parcela se encuentra en la ciudad de Madrid y por lo tanto dentro de la zona climática IV. EL coeficiente "C" obtenido de la tabla A1.1 resulta 1,3, por tanto. Sustituyendo en la ecuación (4.1):

$$P = \mathbf{33,28\ kW}$$

La potencia nominal mínima del generador fotovoltaico queda fijada. No obstante, se decide instalar tres instalaciones de generación independientes, por cada uno de los módulos que integran la parcela. Puesto que este proyecto académico se centra en el diseño de la instalación eléctrica de la Nave 2, únicamente se realizan los cálculos correspondientes al generador de este módulo.

La potencia nominal calculada según la ecuación (4.1) se distribuye en cada uno de los módulos según su superficie. De esta manera, la Nave 2 cuenta con una potencia nominal de generación fotovoltaica de 15 kW, que corresponde al valor normalizado más cercano a su nivel de potencia teórico según superficie.

Adicionalmente, el DB-HE 5 proporciona unos niveles de radiación media en incidente en función de la zona climática. Estos valores sirven de referencia para el diseño de los módulos fotovoltaicos en posteriores apartados.

Zona climática	MJ/m^2	kWh/m^2
I	H<13,7	H<3,8
II	13,7≤H≤15,1	3,8≤H<4,2
III	15,1≤H<16,6	4,2≤H<4,6
IV	16,6≤H<18,0	4,6≤H<5,0
V	H≥18,0	H≥5,0

Tabla A1.2 Radiación solar global en función de la zona climática (Fuente: DB-He 5)

Adicionalmente, se puede estimar la producción anual del sistema fotovoltaica. El DB-HE 5 establece una ratio de producción en función de la zona climática, según una relación entre energía y potencia producidos anualmente. La ratio proporcionada para la zona climática IV, 1,632, permite estimar la producción anual de la instalación fotovoltaica de la Nave 2.

$$E = 1{,}632 \cdot 15 = \mathbf{24{,}48\ kW \cdot h}$$

4. CÁLCULOS EN CORRIENTE CONTINUA

Los paneles fotovoltaicos generan electricidad en corriente continua, a través de un proceso de intercambio de electrones, cuyos detalles no se estudian en este proyecto académico. Esta energía producida por los módulos fotovoltaicos se distribuye mediante cableado en CC hacia el inversor, dónde se convierte en CA para poder incorporarse al cuadro eléctrico correspondiente y contribuir a satisfacer las demandas de potencia de la instalación general.

Los cálculos de cableado en CC, así como el diseño del inversor y la elección del modelo de módulos fotovoltaicos se realizan utilizando el software PVSyst, en su versión 6.8.4. El uso de este programa está muy extendido en la industria, ya que facilita enormemente el diseño de instalaciones fotovoltaicas. En este proyecto se utiliza principalmente para realizar de forma ágil comparativas entre distintos inversores y paneles en cuanto a su nivel de eficiencia, puesto que el programa ofrece informes de gran detalle que facilitan enormemente el análisis de las pérdidas de la instalación.

El software utiliza la irradiación que incide sobre los módulos fotovoltaicos para calcular el tamaño de la instalación. Este cálculo se basa en una serie de parámetros de entrada, principalmente la situación geográfica del sistema y las necesidades del usuario en términos de potencia o energía demanda.

Los datos de irradiancia solar se obtienen de la base de datos de PVSyst, introduciendo la latitud y longitud de la localidad en la que se encuentra la parcela proyectada. Asimismo, se debe establecer la potencia que debe generar la instalación. En este caso se dimensiona para una potencia

de 15 kW, de manera que la potencia nominal del inversor coincida con la potencia producida por el sistema.

Por último, se debe seleccionar la orientación de los módulos, buscando minimizar pérdidas configurando la disposición más adecuada. En este sentido, se diferencia pérdidas por inclinación, orientación y por sombras.

4.1 SELECCIÓN DE EQUIPOS

Las instalaciones fotovoltaicas se basan fundamentalmente en dos dispositivos: inversores y módulos fotovoltaicos. A continuación, se recogen las características principales de diseño de ambos equipos y los módulos incluidos finalmente en proyecto, junto a un diagrama que ilustra el proceso de generación de energía mostrando las pérdidas que se producen en las distintas fases.

Inversor

El inversor es el encargado de convertir la corriente continua (CC) que genera la instalación fotovoltaica, a partir de los módulos, en corriente alterna (CA). El inversor se elige de manera que su tensión de línea alterna de salida, en valor eficaz, sea de 400 V. En consecuencia, se instala un inversor trifásico.

El sistema generador debe tener la mejor eficiencia posible, de manera que se opta por un modelo de inversor que incluya el sistema regulador de carga MPPT (del inglés *Maximum Power Point Tracking*), más avanzado que el regulador PWM (del inglés *Pulse Width Modulation*). El regulador MPPT presenta un rendimiento del orden del 30% mayor que el PWM, aunque la viabilidad económica de este último sea mayor.

El principio de funcionamiento del regulador MPPT se basa en ajustar la tensión del inversor en función de la generación de los módulos fotovoltaicos, con el objetivo de mantener en todo momento el flujo de potencia del inversor en su máximo valor, mientras se tenga capacidad. La imagen que se muestra a continuación compara las curvas de funcionamiento de ambos reguladores de carga, MPPT y PWM, superponiéndolas con las curvas propias de funcionamiento de un panel solar.

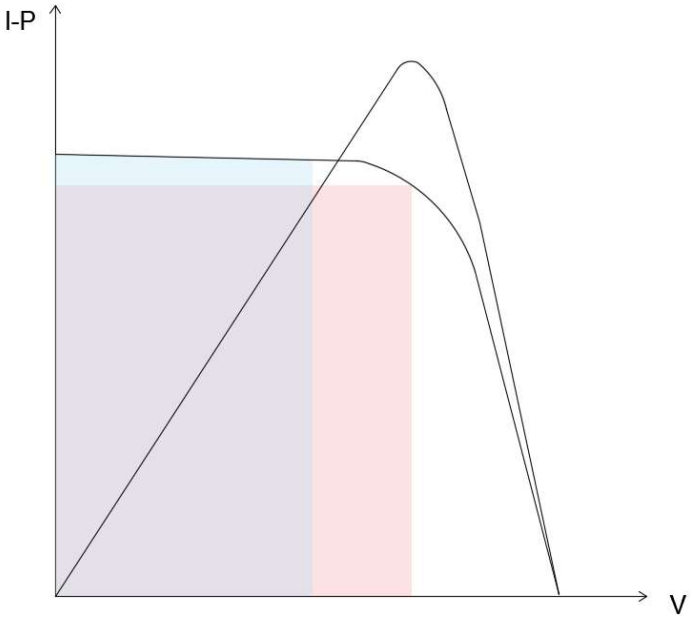


Fig. A1.2 Comparativa de curvas de funcionamiento de reguladores de carga MPPT vs PWM (Fuente. Elaboración propia)

El regulador MPPT (zona sombreada en rojo) presenta un área de actuación superior al sistema PWM (zona sombreada en azul), de acuerdo con la Fig. A1.3, aportando una versatilidad de funcionamiento que resulta muy conveniente.

En la imagen Fig. A1.3 se han recogido las curvas características I-V y P-V de un panel solar para una determinada temperatura e irradiancia, que son los factores que determinan la capacidad de generación de los módulos y en base a los cuales las curvas varían. Esta evolución de las curvas características en función de la irradiancia solar se muestra a continuación.

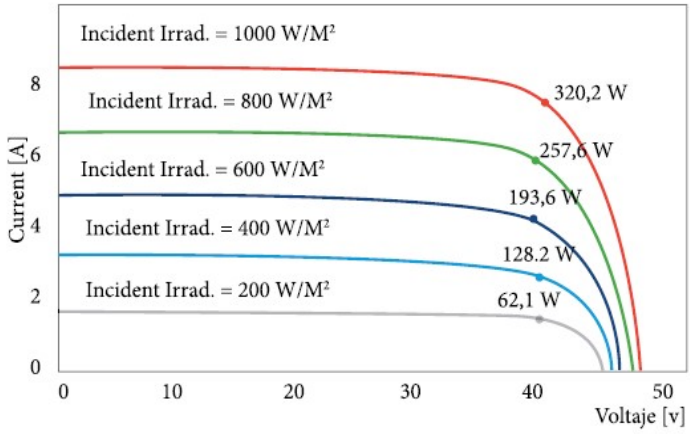


Fig. A1.3 Curvas características de módulo fotovoltaica en función de irradiancia solar (Fuente: Exiom Solutions)

En la Fig. A1.4 se muestran los puntos de máxima potencia del panel en función de la irradiancia solar. El sistema MPPT ofrece la capacidad de ajustar la tensión del inversor, de manera que,

para cada nivel de corriente, definido en función de las condiciones atmosféricas, el regulador mantiene la generación en su punto de máxima potencia. De esta manera, el sistema MPPT maximiza la eficiencia.

Una vez seleccionado el tipo de regulador de carga se elige el modelo de inversor. El software PVSyst facilita una base de datos muy amplia, que se utiliza para elegir el equipo. El criterio fundamental de diseño adoptado consiste en la búsqueda del máximo nivel de eficiencia del inversor, que el programa proporciona en su informe final de cada simulación. En este caso, el inversor más adecuado, con unas pérdidas con respecto al óptimo de un 1,6%, corresponde al modelo de inversor **Huawei SUN2000-15KTL-M0**, de 15 kW, trifásico. Las características del equipo se recogen en la ficha técnica adjunta en el Anexo II: "Fichas Técnicas".

Módulos fotovoltaicos

La herramienta empleada en el diseño de los módulos fotovoltaicos es de nuevo el software PVSyst, utilizado, de igual manera que en el caso de la selección del inversor, para comparar de manera ágil el desempeño de una variedad de módulos fotovoltaicos de entre los recogidos en la base de datos del programa. Los criterios de selección se basan en tres aspectos: minimizar las pérdidas en la generación, la superficie ocupada por los módulos y la cantidad de módulos necesario para cumplir con las solicitaciones.

Tras realizar las simulaciones pertinentes, se obtienen los siguientes resultados de cinco posibles candidatos:

Marca/Modelo	Eficiencia efectiva (%)	Pérdidas (%)	Superficie ocupada (m^2)	Número de módulos
SunPower X21-345-COM	21,8	9,54	78	48
Exiom 320P(B)-72	17,5	11,82	101	52
Axitec-340MH/120S	17,52	11,47	95	48
LG 345-350	21,1	9,86	101	48
ET-M672BB 340	17,52	11,42	82,2	52

Tabla A1. 3 Resultados de simulación para distintos módulos fotovoltaicos mediante software PVSyst

De acuerdo con los resultados recogidos en la tabla A1.3, la solución adoptada corresponde a la instalación de 48 módulos del **modelo X21-345-COM de la marca SunPower**, que presenta los mejores resultados según los criterios comentados anteriormente. Sus características se muestran en el Anexo II: "Fichas Técnicas".

Simulación final

La simulación se realiza empleando los equipos seleccionados en anteriores apartados, módulos fotovoltaicos marca SunPower e inversor marca Huawei.

Los resultados se muestran a continuación, en forma de diagrama de Sankey elaborado a partir del informe de salida de PVSyst:

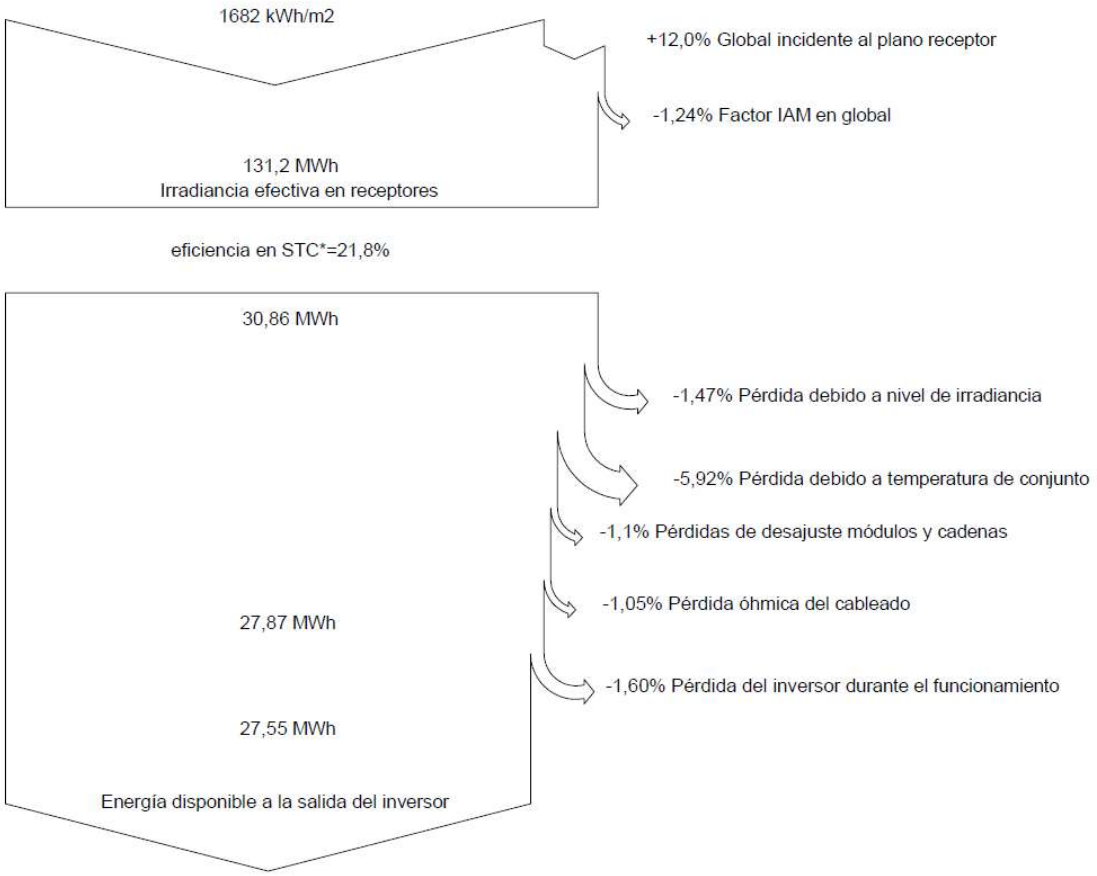


Fig. A1. 4 Diagrama de Sankey de la instalación fotovoltaica. (Fuente: Elaboración propia)

**Condiciones Estándar de Temperatura (25ºC)*

La instalación fotovoltaica presenta, por tanto, unas pérdidas en la generación de potencia de un 11,14 %, que resultan asumibles. Si se incluyen las pérdidas presentes en el módulo en la transformación de la radiación solar en electricidad, la eficiencia es claramente mucho menor. En concreto la instalación tan sólo inyecta a la red proyectada un 21,4% de la energía que recibe del sol a lo largo del año. Aunque pueda parecer bajo, el rendimiento de las instalaciones fotovoltaicas suele variar en un orden similar.

En conclusión, se decide instalar 48 módulos fotovoltaicos en forma de 4 series de 12 módulos. Cada entrada MPPT del inversor trifásico aloja 2 cadenas de estos *strings*, que es como se denomina a un conjunto de módulos dispuestos en serie.

El esquema de conexión utilizado para integrar la instalación solar en el conjunto de la instalación eléctrica se desarrolla en el documento Nº3 “Planos”, así como la disposición espacial de los módulos y del inversor en la cubierta del edificio.

4.2 PÉRDIDAS POR INCLINACIÓN Y ORIENTACIÓN

Un módulo fotovoltaico presenta dos grados de libertad en cuanto a su disposición: el ángulo de acimut (α) y el ángulo de inclinación (β) con respecto a la superficie en la que se instalan. A continuación, se muestra de manera visual como los ángulos de acimut y de inclinación influye en la disposición del módulo.

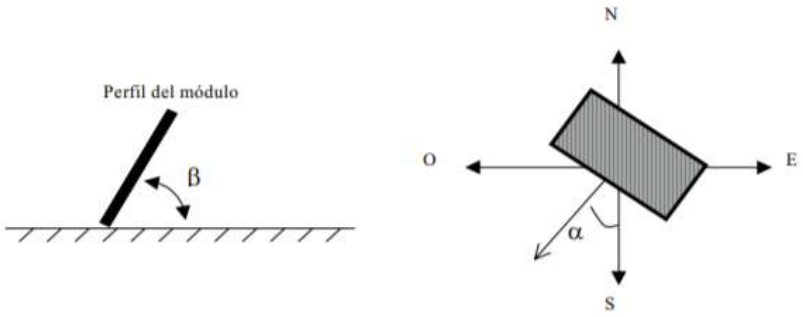


Fig. A1.5 Modelo de orientación e inclinación de los módulos fotovoltaicos (Fuente: DB-HE 5)

PVSyst proporciona el porcentaje de pérdidas en función de la disposición del módulo de manera inmediata. Los valores óptimos de ángulo de inclinación y ángulo de acimut resultan ser 37º y 0º, respectivamente. Sin embargo, no siempre es posible garantizar dicha disposición, debido a las características de la superficie en la que se realiza la instalación o el soporte normalizado elegido.

El soporte elegido en este proyecto se basa en bloques de hormigón, al ser muy convenientes económicamente. No obstante, la inclinación de dichos bloques está fijada por el proveedor, y resulta poco realista buscar en el mercado un soporte cuya inclinación sea de 37°.

La empresa SolarBloc, dedicada a la comercialización de bloques de hormigón para paneles solares, es el proveedor elegido. La tabla que se muestra a continuación recoge los ángulos de inclinación que SolarBloc trabaja, junto con el peso propio del bloque, ya que la carga que se impone a la cubierta del edificio debe ser tenida en cuenta. Asimismo, incluye las pérdidas teóricas con respecto al óptimo que proporciona PVSyst para cada disposición.

Inclinación	10º	12º	15º	18º
Pérdidas (%)	8,1	6,9	5,3	3,9
Peso (kg)	50	50	50	50

Tabla A1.4 Comparativa de pérdidas en función de ángulo de inclinación

El ángulo de acimut de los paneles se establece en 0º, puesto que no existen restricciones constructivas en este sentido. El ángulo de inclinación elegido es 18º, ya que es el valor, de entre la oferta del proveedor, que minimiza las pérdidas. De acuerdo con la tabla 2.3 del DB-HE 5, las

pérdidas máximas admisibles por inclinación se establecen en un 20%, de manera que la disposición seleccionada se encuentra dentro de límites.

El número de soportes necesario para sustentar los paneles se selecciona a partir de un estudio de influencia del viento, ya que la principal función del bloque es realizar un contrapeso para evitar el volcado del panel. A continuación, este estudio se desarrolla en detalle.

Influencia del viento en el cálculo de soportes

El diseño soporte del módulo fotovoltaica en cuanto a resistencia al viento se realiza en dos situaciones: viento por barlovento y viento por sotavento. El viento por barlovento se refiere al ataque frontal, con respecto a la situación del módulo, de la ráfaga de viento, también se denomina viento de cara. Sotavento hace referencia al fenómeno contrario.

La tensión a la que los vientos por barlovento y sotavento someten al módulo no es la misma, siendo necesario considerar ambos fenómenos y compararlos para intensidades de viento similares.

El viento depende de la zona geográfica en la que se realice el estudio. El documento de Seguridad Estructural-Acciones de Edificación (SE-AE) del CTE proporciona en su Anejo D una estimación de la velocidad del viento según la zona geográfica. En este caso, se debe considerar una velocidad básica del viento de 26 m/s, de acuerdo Figura D.1 del Anejo D del SE-AE, ya que parcela en la que se ubica el proyecto se encuentra en San Fernando de Henares, Madrid, y pertenece por tanto a la zona A.

Los soportes se diseñan de manera que el conjunto bloque-panel no se vea afectado por las ráfagas de viento, tanto frontales como traseras. La respuesta ante ráfagas de viento laterales no se considera, puesto que el conjunto presenta una inercia mayor en su eje transversal, que dificulta el volcado en dicha dirección. El módulo se dispone de manera horizontal, con el objetivo de hacer más compacto el conjunto.

A continuación, se muestran los diagramas de cuerpo libre del conjunto soporte-panel, se han representado de manera independiente las situaciones de viento por barlovento y por sotavento.

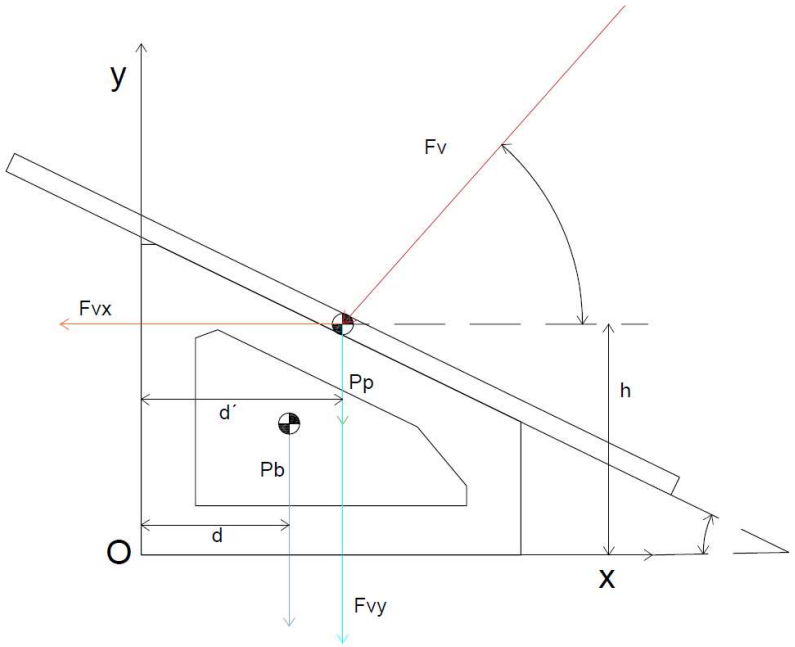


Fig. A1.6 Diagrama de cuerpo libre del conjunto soporte-panel en situación de viento por barlovento

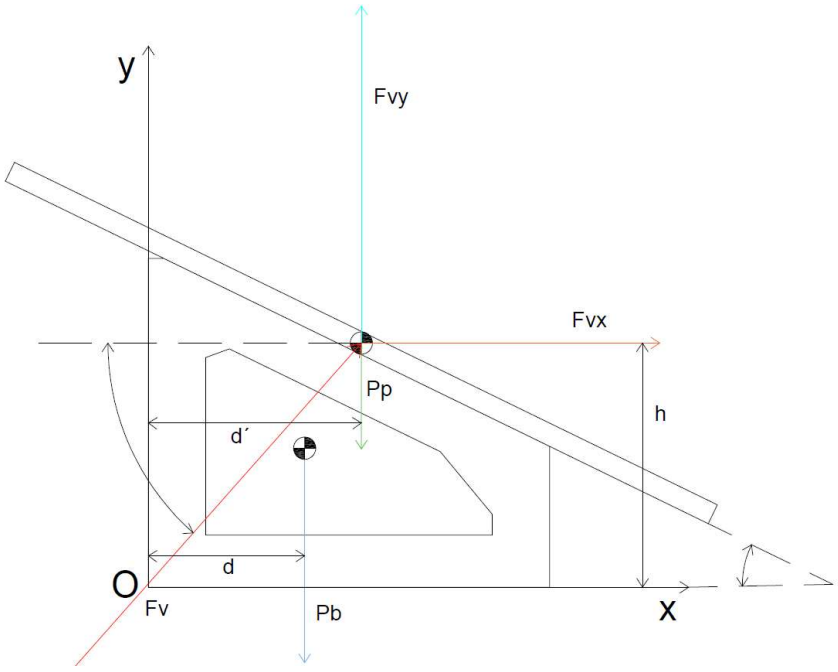


Fig. A1.7 Diagrama de cuerpo libre del conjunto soporte-panel en situación de viento por sotavento

Se plantea el equilibrio de momentos en el punto "O", si el momento creado por las masas de soporte y placa es mayor que el momento debido a la acción del viento, el sistema cumple los requisitos de seguridad, puesto que no va a volcar.

La fuerza del viento, "Fv" en las imágenes Fig. A1.6 y Fig. A1.7, se calcula a partir de la presión dinámica que el fluido, el viento, ejerce sobre el conjunto soporte-placa. La presión dinámica se calcula a partir de la expresión:

$$q_b = \frac{0.5 \cdot \delta \cdot v_b^2}{1000} \quad (4.2)$$

Siendo,

δ: densidad del aire [kg/m^3]

v_b: velocidad básica del viento [m/s]

q_b: presión dinámica del fluido [kN]

Considerando el valor de densidad habitual del aire, 1,25 kg/m^3, y la velocidad básica del viento de 26 m/s, obtenida anteriormente, la presión dinámica resulta:

$$q_b = \mathbf{0.42\ kN/m^2}$$

El viento principalmente sobre el panel, ya que tiene mayor superficie que el bloque. En consecuencia, los cálculos se realizan considerando su superficie, 1,63 m^2, obtenida a partir de la ficha técnica adjunta en el Anexo II: "Fichas Técnicas".

La fuerza que el viento ejerce sobre el panel resulta, por tanto:

$$F_v = \mathbf{684,6\ N}$$

Los pesos de bloque y panel, considerando una aceleración de la gravedad de 9,81 m/s^2 y una masa de 50 y 18,6 kg, respectivamente, de acuerdo con las fichas técnicas adjuntas, resultan:

$$P_p = \mathbf{182,466\ N}$$

$$P_b = \mathbf{490,5\ N}$$

Se plantea el equilibrio de momentos en el punto "O", para viento soplando por barlovento:

$$\sum M_{OB} = F_v \cdot cos(\alpha) \cdot h - F_v \cdot sin(\alpha) \cdot d' - P_p \cdot d' - P_b \cdot d$$

Se plantea el equilibrio de momentos en el punto "O", para viento soplando por sotavento:

$$\sum M_{OS} = F_v \cdot sin(\alpha) \cdot d' - F_v \cdot cos(\alpha) \cdot h - P_p \cdot d' - P_b \cdot d$$

Estos equilibrios de momentos se han planteado de manera que un resultado del sumatorio negativo implica que el conjunto soporte-panel resiste la fuerza del viento, ya que su momento es mayor que el provocado por la ráfaga de viento.

Los ángulos de incidencia del viento críticos son α= 0º, para viento por barlovento, y α=90º, para viento por sotavento. En la siguiente tabla se muestra los resultados de cálculo de la posición de los centros de masa tanto del soporte como del panel solar, con respecto al punto de giro, "O".

Pieza	Masa (kg)	x (m)	y (m)
Bloque soporte	50	0,51	0,14
Módulo fotovoltaico	18,6	0,40	0,27

Tabla A1.5 Posición de centros de masas de módulo fotovoltaico y soporte de hormigón

La ficha técnica del bloque de hormigón proporciona la posición de su centro de masas respecto del "O", mientras que en el caso del panel solar se sitúa en su centro geométrico, ya que se trata de una pieza simétrica.

A partir de la tabla A1.5, se obtienen los brazos de las fuerzas necesarios para el cálculo del equilibrio de momento. De acuerdo con la nomenclatura de las imágenes Fig. A1.6 y Fig. A1.7, las distancias "d", "d´" y "h", resultan 0,51, 0,4 y 0,27 m, respectivamente.

Los resultados son:

$$\sum M_{OB} = -139\ N \cdot m < 0$$

$$\sum M_{OS} = -49\ N \cdot m < 0$$

La reserva frente al volcado, de un 75% frente a viento por barlovento y de un 18% frente a viento por sotavento, se considera suficiente.

Dado que la instalación se realiza de forma que existen 4 filas de 12 módulos, se incluye un bloque de hormigón por cada pareja de paneles de una misma fila. Por lo tanto, en la práctica, los cálculos se pueden realizar considerando un solo bloque por panel.

En conclusión, la disposición soporte-panel seleccionada garantiza la seguridad frente a la influencia del viento. La instalación finalmente cuenta con 52 soportes de hormigón, tal y como se recoge en el documento Nº3 "Planos".

Pérdidas por sombras

Por último, se deben considerar las pérdidas producidas por la disposición conjunta de los módulos fotovoltaicos, puesto que en ciertos momentos del día es habitual que la irradiancia sobre los paneles no sea uniforme debido a las sombras que proyectan unos módulos sobre otros.

El Anexo III del Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones Conectadas a Red (IDAE) recoge el procedimiento de cálculo para la distancia mínima entre módulos, de manera que se garanticen al menos 4 horas de sol en todo momento en torno al mediodía del solsticio de invierno, que es el caso más desfavorable del año. Únicamente se considera la acción de los propios módulos, no de otros elementos del paisaje.

La distancia mínima entre módulos se calcula a partir de la siguiente expresión:

$$d \geq H \cdot k \tag{4.3}$$

Siendo,

H: altura del obstáculo [m]

k: factor adimensional de cálculo

d: distancia mínima entre módulos [m]

El factor adimensional "k" se obtiene en función de la latitud geográfica de la instalación a partir de la tabla VII del Anexo III del IDAE. En este caso toma el valor 2,747, ya que la parcela se encuentra en una latitud de aproximadamente 41º. La altura del obstáculo, es decir, la altura del conjunto soporte-panel, de la siguiente manera:

$$H = h + sen(\alpha) \cdot \frac{b}{2} \tag{4.4}$$

Siendo,

h: altura del centro de masas del módulo fotovoltaico [m]

α: ángulo de inclinación del módulo fotovoltaico [º]

b: ancho del módulo fotovoltaico [m]

H: altura del obstáculo [m]

Al sustituir los parámetros recogidos en la tabla A1.5, y considerando el ángulo de inclinación, (18º) y longitud de módulo fotovoltaico (1,559 m) proyectados, se obtiene:

$$d \geq 1,4\ m$$

La distancia final entre filas de módulos se fija en 1,5 m, cumpliendo con lo estimulado en el Anexo III del IDAE.

4.3 CÁLCULO DE SECCIONES

En este aparatado se dimensiona la sección de conductor necesaria para cada circuito que conecta los distintos *strings* con las entradas MPPT del inversor. A pesar de ser circuitos de corrientes de continua, sus parámetros de diseño son prácticamente idénticos a los aplicables a circuitos de corriente continua, a saber, criterio térmico y criterio de máxima caída de tensión. Sin embargo, se proyectan dos condiciones que matizan la aplicación de dichos criterios:

- La intensidad de diseño por criterio térmico debe sobredimensionarse en un 25% con respecto a la corriente en condiciones estándar (STC) que produce los módulos, aportando un margen suficiente frente a situaciones de irradiancia solar superior a la prevista.
- La caída de tensión entre el punto medio de un *string* y el inversor no debe ser inferior a 1,5%, frente al 3% estipulado en el IDAE.

Asimismo, la sección mínima de conductor entre generador y regulador debe ser igual o superior a 2,5 mm^2, y de 4 mm^2 entre regulador e inversor, siguiendo la recomendación del Pliego de Condiciones Técnicas del IDAE.

El inversor, tal y como se ha comentado en el apartado 4.1 de este documento, cuenta con dos entradas MPPT, que alojan dos cadenas de *strings* de 12 módulos cada una. El número de módulos conectados en serie, así como el número de cadenas conectadas en paralelo, son determinantes en el diseño.

La intensidad de diseño para cada circuito se calcula a partir de la siguiente expresión:

$$I_{dim} = 1{,}25 \cdot N_p \cdot I_{sc} \qquad (4.5)$$

Siendo,

N_p: número de cadenas de *strings* en paralelo

I_{sc}: intensidad de cortocircuito en condiciones STC [A]

I_{dim}: intensidad de diseño [A]

La ecuación (4.5) considera la corriente de cortocircuito por constituir un escenario más desfavorable que la intensidad nominal del panel, que considera niveles de irradiancia y condiciones de temperatura alejadas del óptimo. La intensidad de cortocircuito del módulo seleccionado, 6,39 A, se obtiene a partir de la ficha técnica adjunta en el Anexo II: "Fichas Técnicas". En consecuencia, la intensidad de diseño resulta:

$$I_{dim} = \mathbf{8\ A}$$

La intensidad de diseño es idéntica para todos los circuitos, ya que todos los *strings* tienen las mismas características.

La tensión de diseño, determinante en el diseño por criterio de máxima caída de tensión, se calcula de la siguiente manera:

$$U_{dim} = N_s \cdot U_{mpp} \tag{4.6}$$

Siendo,

N_s: número de módulos fotovoltaicos en serie por *string*

U_{mpp}: tensión de máxima potencia del módulo fotovoltaico en STC [V]

U_{dim}: tensión de diseño [V]

Para 12 módulos por string y una tensión de máxima potencia del módulo de 57,3 V (según ficha técnica adjunta en Anexo II: "Fichas Técnicas"), se obtiene:

$$U_{dim} = \mathbf{687,6\ V}$$

El aislamiento del cable seleccionado es el polietileno reticulado (XLPE), mientras que el material conductor más conveniente es el cobre. De acuerdo con estas características, la tabla 52-B1 de la norma UNE-HD 60364-5-52, para categoría C (la canalización se realiza en bandeja no perforada), establece la sección mínima de conductor que cumple con el criterio térmico. En este caso, la sección mínima admisible sería de 2,5 mm^2, sin embargo, se elige una sección de 4mm^2, según la recomendación del IDAE.

Asimismo, se ha de comprobar como la caída de tensión se sitúa dentro de límites. Esta caída de tensión se calcula según la ecuación:

$$e = \frac{2 \cdot I_{dim} \cdot L_{dim} \cdot 100}{S \cdot \sigma \cdot U_{dim}}$$

Siendo,

I_{dim}: intensidad de diseño [A]

L_{dim}: distancia entre el punto medio del *string* y la entrada del inversor [m]

U_{dim}: tensión de diseño [V]

σ: conductividad del material conductor a 90º [Ω·m/mm^2]

S: sección de material conductor [mm^2]

e: caída de tensión del circuito [%]

La conductividad del cobre (44 Ω·m/mm^2), de acuerdo con la norma UNE HD 60364-5-52:2014, se debe considerar a una temperatura de 90º, dado el material aislante seleccionado. Las distancias entre los strings y sus correspondientes entradas MPPT, justificadas en el Documento Nº3 "Planos", así como los resultados de caída de tensión de los distintos circuitos, se recogen en la tabla que se muestra a continuación.

String	MPPT	I_{dim} (A)	L_{dim}* (m)	U_{dim} (V)	S (mm^2)	e (%)
1	1	8	17	687,6	4	0,21
2	1	8	14	687,6	4	0,17
1	2	8	14	687,6	4	0,17
2	2	8	17	687,6	4	0,21

Tabla A1.6 Resultados de cálculo de caída de tensión en circuitos de corriente continua de instalación FV
**La distancia entre el punto medio del* string *y el inversor se redondea al alza con respecto al valor real, que es algo menor*

En conclusión, se deben instalar conductores de cobre de sección 4 mm^2, en aislamiento mediante XLPE. La elección final, que cumple con estas características, es el modelo Exzhellent Solar ZZ-F (AS) 0,6/1 kV (1,8 kV DC), muy habitual en instalaciones fotovoltaicas.

5. CÁLCULOS EN CORRIENTE ALTERNA

El REBT establece en su ITC-BT-40 una guía técnica de aplicación con las características de diseño que las instalaciones generadoras de baja tensión deben cumplir. La instalación solar fotovoltaica proyectada en este documento se concibe como un apoyo adicional que complemente el suministro de energía eléctrica de la red de distribución.

Atendiendo al criterio definido en la ITC-BT-40, la instalación fotovoltaica se clasifica en el grupo "instalaciones generadoras asistidas". Esta clasificación se basa en el modelo de sistema de alimentación, que no consiste en fijar consumos que en todo momento estén alimentadas desde la instalación solar, sino que la potencia generada por la fotovoltaica complementa el suministro de energía canalizado desde el Centro de Transformación, variando los consumos que alimenta en función del momento y las demandas generales de la instalación.

El punto de conexión de la generación fotovoltaica con la línea principal de alimentación a las naves se produce aguas debajo de Centro de Transformación, a una tensión de 400 V. El esquema de conexión se muestra en los esquemas unifilares de la instalación, en el documento Nº3 "Planos".

5.1 CÁLCULO DE SECCIONES

Los cálculos de secciones de conductor en CA se dimensionan a partir del dato de máxima potencia aportada por los módulos fotovoltaicos, que en este caso asciende a 15 kW. En el documento Nº3 "Planos", se muestran los esquemas unifilares propios de la instalación fotovoltaica, que ilustra el camino seguido por la potencia eléctrica desde que se genera en los paneles hasta que se incorpora al conjunto de la instalación en Baja Tensión. En los esquemas se observa como los cables de salida del inversor, en CA, se canalizan (en la práctica desde la fachada a partir de bandeja perforada) hasta desembocar en el Cuadro General de Baja Tensión de Nave 2.

El circuito se alimenta a una tensión de 400 V, considerando un factor de potencia de 0,8. Como aislamiento del cable se elige el polímero termoestable XLPE, que envuelve un conductor de cobre. Por lo tanto, se considera la conductividad del cobre a una temperatura de 90º, de acuerdo con la norma UNE HD 60364-5-52:2014. El inversor y el CGBT se encuentran separados por una distancia que hace necesario el tendido de 50 metros de cable.

El diseño de la sección de conductor se realiza de acuerdo a los criterios térmico y de máxima caída de tensión, tal y como se ha detallado los aparatados 2.1 y 2.2 del documento Nº2 "Cálculos". La ITC-BT-40 establece dos restricciones propias:

- La intensidad de cálculo se debe sobredimensionar un 25%.
- La máxima caída de tensión del circuito no debe superar el 1,5%.

Los resultados son los siguientes.

$$I = \frac{1{,}25 \cdot P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos(\varphi)} = \frac{1{,}25 \cdot 15000}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0.8} = \mathbf{33{,}825\ A}$$

$$S = \frac{P \cdot L}{\sigma \cdot U \cdot e} = \frac{15000 \cdot 50}{44 \cdot 400 \cdot 400 \cdot \frac{1{,}5}{100}} = \mathbf{7.1\ mm^2}$$

Según la tabla 4 de la ITC-BT-07, la sección mínima para criterio térmico se establece en 4 mm^2. Por otra parte, la sección normalizada adecuada según el criterio de máxima caída de tensión es de 10 mm^2. La intensidad máxima admisible según normativa queda definida en 68 A.

La sección del conductor de neutro, según la ITC-BT-19, se define en 10 mm^2, idéntica a la sección del conductor de protección, de acuerdo con la tabla 2 de la misma instrucción.

Se instalan, por tanto, conductores tetrapolares de cobre, de sección 10 mm^2, tanto para los conductores de fase, neutro y protección. El modelo seleccionado en base a estas especificaciones es el RZ1-K 0,6/ 1 kV.

5.2 CÁLCULO DE PROTECCIONES

El equipo destinado a la protección frente a sobrecargas y cortocircuito es un interruptor automático magnetotérmico (PIA). La máxima corriente admisible del cable y la intensidad del consumo facilitan el diseño de la intensidad nominal del PIA, de acuerdo con lo definido en el apartado 3.1.1 del documento Nº2 "Cálculos". El diseño finalmente resulta:

$$33{,}825\ A \leq \mathbf{63\ A} \leq 68\ A$$

Por lo tanto, la intensidad nominal del PIA queda definida en 63 A. El poder de corte mínimo del equipo se calcula de acuerdo con las expresiones del cálculo de cortocircuitos recogidas en el documento Nº2 "Planos", en el apartado 3.1.2. Se obtiene un valor de corriente de cortocircuito máxima de 12,47 A.

Finalmente, se selecciona un interruptor automático magnetotérmico tetrapolar, de intensidad nominal 63 A y un poder de corte mínimo de 15 kA.

6. DISPOSICIÓN FINAL DE LA INSTALACIÓN

En este apartado se resumen, de manera clara y concisa, las características de los distintos elementos que integran la instalación fotovoltaica, tales como modelo, marca o ciertas especificaciones de interés.

Soportes

El anclaje a la cubierta se realiza mediante bloques de hormigón de la marca Solarbloc. Confieren a los módulos fotovoltaicos un ángulo de inclinación con respecto a la horizontal de 18º.

Inversor

El inversor seleccionado corresponde al modelo SUN2000-15KTL de la marca Huawei. Se trata de un inversor trifásico, de potencia nominal 15 kW, e incluye protecciones contra defectos de aislamiento. Cuenta con 2 entradas en corriente continua de tecnología MPPT, que permiten adaptar su funcionamiento para maximizar la eficiencia en el proceso de conversión.

Módulos fotovoltaicos

Los paneles utilizados son de la marca SunPower, modelo X21-345-COM. Cuentan con uno de las mejores ratios de eficiencia del mercado. Se instalan un total de 48 módulos, dispuestos en 4

strings de 12 módulos dispuestos en serie. Cada pareja de *strings* se dirige a una entrada MPPT del inversor.

Cableado en Corriente Continua

Se realiza un tendido de cable entre cada *string* y su entrada MPPT correspondiente en el inversor, en forma de cable Exzhellent Solar ZZ-F (AS) 1,8 kV-DC, 0,6/1 kV-AC. Se emplea una sección de conductor de 4 mm^2. Los colores rojo y negro designan los polos positivo y negativo, respectivamente. Cada uno de los circuitos, canalizados en forma de bandeja perforada, se derivan hacia un cuadro eléctrico de Corriente Continua.

Cableado en Corriente Alterna

La línea que canaliza la energía producida por la instalación fotovoltaica hacia el Cuadro General de Baja Tensión de Nave 2 se diseña en corriente alterna, puesto que nace de la salida del inversor. El modelo de cable elegido corresponde al tipo RZ-1 0,6/1 kV, tetrapolar, de sección 10 mm^2 tanto para conductores de fase y neutro, como de protección. Cada uno de los circuitos, canalizados en forma de bandeja perforada, se derivan hacia un cuadro eléctrico de Corriente Alterna.

Protecciones eléctricas

En cuanto a los circuitos de corriente continua, la protección frente a contactos directos queda solventada mediante el aislamiento de los cables y el aislamiento de las partes activas en el interior de envolventes. y del inversor. En el caso de contactos indirectos, la protección se garantiza mediante la instalación de tierras.

Por otra parte, en los circuitos de corriente alterna la única diferencia notable se encuentra en la protección frente a contactos indirectos, y directos, consiste en añadir un interruptor diferencial de sensibilidad alta (30 mA), de acuerdo con el RD 1699/2011 y un interruptor automático tetrapolar de 63 A y poder de corte 15 kA.

Por último, el inversor constituye la mejor protección para la instalación, ya que garantiza la total independencia entre circuitos de corriente alterna y continua. En consecuencia, protege la red de alterna de la nave de sobreintensidades, subtensiones, sobretensiones, subfrecuencias y sobrefrecuencias.

Red de tierras

De acuerdo con la "Nota de Interpretación Técnica de la Equivalencia de la Separación Galvánica de la Conexión de Instalaciones Generadoras en Baja Tensión", tanto los módulos fotovoltaicos como el inversor deben unirse al borne de tierras del edificio. La conexión a tierra se realiza a partir del conductor de protección de la línea que discurre desde el inversor al cuadro general de nave.

Dispositivo de inyección 0

La instalación fotovoltaica se ha concebido como un sistema de autoconsumo instantáneo, es decir, ajusta su nivel de generación en función de la demanda energética de la instalación general en Baja Tensión. Puesto que no se proyecta la instalación de baterías, se incluye un equipo de control que regule el nivel de generación de la instalación solar. De esta manera, se asegura que el flujo de potencia de la red de media tensión, junto con el aportado por los módulos fotovoltaicos, sea en todo momento idéntico al flujo de potencia consumido por las naves.

El control del flujo de potencia proveniente de la instalación fotovoltaico se realiza mediante un equipo antivertido, concretamente el modelo SMARTLOGGER 1000A de la marca Huawei. Asimismo, se instalan sendos contadores de energía, según norma UNE 21700, que, conectados electrónicamente al dispositivo antivertido aportan las medidas necesarias, antes y después del punto en el que la instalación fotovoltaica se conecta a la línea principal de alimentación. A partir de las medidas instantáneas de los contadores, el controlador regula la generación de los módulos fotovoltaicos para mantener el balance de potencia de la instalación.

La conexión del dispositivo antivertido, así como de los contadores, se recogen en los esquemas unifilares, adjuntos en el documento Nº3 “Planos”.

ANEXO II:

FICHAS TÉCNICAS

ORMAZABAL
velatia



Aparamenta de MT para
Soluciones de la Red de Distribución

cgmcosmos

Sistema modular y compacto (RMU) con aislamiento integral en gas

Hasta 24 kV
Hasta 27 kV

Normas IEC
Normas ANSI / IEEE

Reliable innovation. Personal solutions.

www.ormazabal.com

Características principales

Seguridad

Protección para las personas, el medioambiente y sus instalaciones eléctricas.

Se presta especial atención a la **seguridad personal** de los operarios y el público en general, incluso **en condiciones de falta.**

Arco interno

Las celdas **cgmcosmos** se han diseñado para resistir los efectos de un arco interno conforme a IEC 62271-200 (Clase IAC) / norma IEEE C37.20.7 (Clase 1D-s).

Estanqueidad hermética

Todos los componentes bajo tensión se encuentran dentro de una **cuba de gas** de acero inoxidable sellada herméticamente durante toda la vida del producto. Ésto proporciona resistencia según las **condiciones de servicio para aparamenta de interior** referidas en la norma IEC 62271-1.



Enclavamientos

Las celdas cgmcosmos cuentan de **serie con enclavamientos mecánicos y eléctricos** conforme a IEC 62271-200, los cuales permiten un funcionamiento seguro y fiable.

Los enclavamientos evitan las maniobras no seguras:

- Hacen imposible el cierre del interruptor-seccionador y del seccionador de puesta a tierra al mismo tiempo.
- Permiten la apertura de la tapa de acceso a los cables de MT cuando el seccionador de puesta a tierra está cerrado.

Se dispone opcionalmente de candados, enclavamientos con llave y eléctricos basados en las especificaciones del cliente.

Indicadores

Seguridad adicional mediante el uso de:

- **Banderolas de señalización** de la aparamenta de conexión: Indicación visual en el mímico, validada mediante el **ensayo de cadena cinemática** conforme a las normas actuales (IEC 62271-102).
- Indicadores **capacitivos** de tensión: **ekor**.vpis: un indicador autoalimentado que muestra la presencia de tensión en las fases mediante tres señales luminosas permanentes (IEC 62271-206). **ekor**.ivds: indicador de presencia / ausencia de tensión mediante señales luminosas (IEC 61243-5).
- **Alarma acústica**: **ekor**.sas alarma que advierte contra la puesta a tierra cuando los cables de MT se encuentran bajo tensión. Funciona en combinación con **ekor**.vpis / **ekor**.ivds.
- **Comparador de fases**: **ekor**.spc



Fiabilidad

Ayuda a mantener la continuidad de suministro de su red eléctrica

Aislamiento estanco de por vida

El aislamiento dentro de una cuba de gas de acero inoxidable proporciona una vida útil prolongada (30 años) y ausencia de mantenimiento de las partes activas.

Adecuación ambiental

Resistencia a las condiciones ambientales estipuladas en la norma IEC 62271-1*.

(*) Para otras condiciones particulares consultar a **Ormazabal**.

Sometido a ensayo de inmersión durante 24 horas

El sistema **cgmcosmos** supera el ensayo de inmersión a una presión de 3 m de columna de agua durante 24 horas a tensión nominal y el ensayo de aislamiento a frecuencia industrial.

Ensayos de rutina 100%

Toda la aparamenta se somete 100% a ensayos eléctricos y mecánicos de rutina conforme a las normas relevantes. También se realizan ensayos de estanqueidad 100% de nuestra aparamenta como ensayos de rutina con el fin de garantizar la fiabilidad a lo largo de su vida útil.

- Ensayo de estanqueidad
- Ensayo de frecuencia industrial
- Medida de la resistencia del circuito principal
- Ensayo de endurancia mecánica
- Medida de las descargas parciales (opcional)

Eficacia

Características de gran valor que le facilitan sus tareas

Modularidad

El diseño **cgmcosmos** es completamente modular. Ofrece flexibilidad de configuración de esquemas, extensibilidad sencilla a ambos lados y ocupación de superficie mínima.

Además, estos equipos pueden adaptarse a la evolución de la red.

Extensibilidad y sustitución

El conjunto de unión **ormalink** permite realizar sin esfuerzo una conexión mecánica y eléctrica entre dos celdas sin necesidad de manipular el gas y con la posibilidad de extensibilidad futura.

La posibilidad de sustitución de los mecanismos de maniobra y la motorización de los mismos sin interrumpir el suministro ayudan a mejorar la calidad del suministro eléctrico.

Preparado para redes inteligentes (Smart Grid)

El sistema **cgmcosmos** ha sido integrado en numerosas aplicaciones de redes inteligentes.

Ormazabal proporciona instalaciones completas de Media Tensión que incluyen protección, control, automatización y funciones de gestión de medida avanzada conforme a las exigencias más estrictas de las redes inteligentes.

Ergonomia

cgmcosmos proporciona las siguientes características de fácil uso:

- Acceso frontal para la instalación de cables de MT y fusibles
- Conexión y prueba de cables sencillas
- Interfaz óptima con los operarios
- Portafusibles horizontales
- Sencillez de operación de los mecanismos de maniobra
- Pequeño y ligero

Sostenibilidad

Esfuerzos continuos para reducir la emisión de gas

Compromiso con el medioambiente

- Disminución continua del uso de gases de efecto invernadero
- Emisión de SF_6 despreciable durante los procesos de fabricación
- Reducción de la tasa de fugas de gas en la aparamenta
- No utilización de gas SF_6 durante la instalación
- Medidas continuas para reducir nuestra huella medioambiental
- Gestión del fin de la vida útil
- Utilización de materiales con un alto grado de reciclabilidad
- Inversión continua en investigación sobre materiales alternativos y en tecnología propia
- Proporcionar relés autoalimentados y dispositivos que eviten un consumo extra de energía



Innovación continua

Ayuda a mantener la continuidad de suministro de su red eléctrica

Un equipo de profesionales enfocado y dedicado a la innovación aporta una oferta constante de nuevos desarrollos y actualizaciones tales como:

- Funcionamiento de los módulos a -30°C
- Nuevas celdas de medida sometidas a ensayo conforme a IE62271-200, incluidos los requisitos IAC
- Evolución en los mecanismos de maniobra
- Integración encelda de unidades propias de protección y automatización
- Sistema preparado para redes inteligentes (Smart Grid)
- Sensores de tensión e intensidad
- Diagnóstico preventivo de falta en cables
- Detección de descargas parciales (DP) para el diagnóstico de la red





Detalles técnicos

Familia

Celdas modulares

l



Función de línea

p



Función de protección con fusibles

v



Función de protección con interruptor automático

s



Función de interruptor pasante
Puesta a tierra opcional s-pt

rb



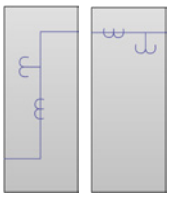
Función de remonte de barras
Puesta a tierra opcional rb-pt

rc



Función de remonte de cables
Se dispone de versión para doble cable: r2c

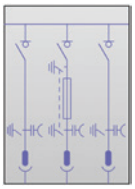
m



Función de medida

Celdas compactas

2lp **(RMU)**



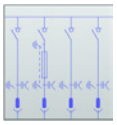
Funciones de protección con fusibles y línea

Otras opciones

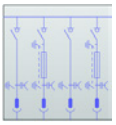
2l



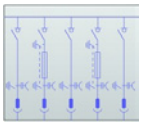
3lp



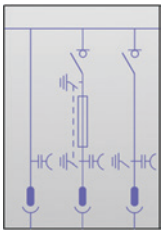
2l2p



3l2p

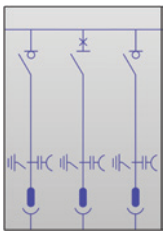


rlp



Funciones de protección con fusibles, línea y remonte de barras

2lv **(RMU)**



Funciones de protección con interruptor automático, remonte y línea

¡NOVEDAD EN 2013!

Normas eléctricas aplicables

IEC	
IEC 62271-1	Estipulaciones comunes para la aparamenta de alta tensión.
IEC 62271-200	Aparamenta bajo envolvente metálica de corriente alterna para tensiones asignadas superiores a 1 kV e inferiores o iguales a 52 kV.
IEC 62271-103	Interruptores para tensiones asignadas superiores a 1 kV e inferiores a 52 kV.
IEC 62271-102	Seccionadores y seccionadores de puesta a tierra de corriente alterna.
IEC 62271-105	Combinaciones interruptor-fusibles de corriente alterna para alta tensión.
IEC 62271-100	Interruptores automáticos de corriente alterna para alta tensión.
IEC 60255	Relés eléctricos.
IEC 60529	Grados de protección para envolventes.
IEC 62271-206	Sistemas indicadores de presencia de tensión (vpis).
IEC 61243-5	Sistemas de detección de tensión (vds).
IEEE / ANSI	
IEEE C37.74	Requisitos de la norma IEEE de aparamenta para interruptores en carga e interruptores en carga protegidos mediante fusible para sistemas de corriente alterna hasta 38 kV
IEEE C37.20.3	Norma IEEE de aparamenta para interruptores bajo envolvente metálica
IEEE 1247	Norma de interruptores para corriente alterna en el rango por encima de 1000 voltios
IEEE C37.123	Guía de IEEE para las especificaciones para los equipos con aislamiento en gas en centros de transformación
Norma IEEE C37.20.4	Norma IEEE para interruptores de CA de interior (1 kV-38 kV) para su uso en aparamenta bajo envolvente metálica
IEEE C37.04	Estructura de clasificación estándar IEEE para interruptores automáticos de alto voltaje de CA
IEEE C37.06	Interruptores automáticos de alto voltaje de CA clasificados sobre la base de una corriente simétrica: clasificaciones recomendadas y capacidades necesarias relacionadas
Norma IEEE C37.09	Procedimiento de ensayo estándar IEEE para interruptores automáticos de alto voltaje de CA clasificados sobre la base de una corriente simétrica
Norma IEEE C37.20.7	Guía de IEEE para el ensayo de aparamenta de media tensión bajo envolvente metálica para faltasde arco interno

(*): Otros: SANS, HN, GB, SDMS...

Datos técnicos

Características eléctricas			IEC		ANSI / IEEE	
Tensión asignada	U_d	[kV]	**12**	**24**	**15,5**	**27**
Frecuencia asignada	f_r	[Hz]	50 / 60		50 / 60	
Corriente asignada	I_r					
Barras e interconexión de celdas		[A]	400 / 630		600	
Línea		[A]	400 / 630		600	
Bajante de transformador		[A]	200		200	
Corriente admisible asignada de corta duración						
Con tk= 1 s – 3 s	I_k	[kA]	16 / 20[1] / 25	16 / 20[1] / 25[2]	20[1]	
Valor de pico	I_p	[kA]	40 / 52[1] / 62.5	40 / 52[1] / 62.5[2]	52[1]	
Nivel de aislamiento asignado						
Tensión soportada asignada a frecuencia industrial [1 min]	U_d	[kV]	28 / 32	50 / 60	35 / 60	
Tensión soportada asignada a impulso tipo rayo	U_p	[kV]	75 / 85	125 / 145	95 / 125	
Clasificación de arco interno conforme a IEC 62271-200	IAC		AFL 16 kA 1 s / 20[1] kA 1s AFL[R] 20[1] kA 1s / 25[2] kA 1 s		AFL[3] 20[2] kA 1s	
Grado de protección: Cuba de gas			IP67			
Grado de protección: Envolvente externa			IP3X / IP4X			
Color del equipo		RAL	Gris 7035 / azul 5005			
Categoría de pérdida de continuidad de servicio		LSC	LSC2			
Clase de compartimentación			PM			

[1] Ensayos realizados a 21 kA / 52,5 kA. [2] Consulte disponibilidad [3] Equivalente a IEEE C37.20.7 para 1D-S

Mecanismo de maniobra		Interruptor seccionador de tres posiciones					Interruptor automático de corte en vacío			
		B	**BM**	**BR**	**AR**	**ARM**	**AV**	**AMV**	**RAV**	**RAMV**
Bobinas de disparo										
Aislamiento interno	[kV]	2	2	10	10	2	2	2	2	2
Bobina de disparo										
Tensión asignada	[V]	n/a	n/a	24[1] / 48 / 110[1] / 220 Vdc 110 / 230 Vac			24 / 48 / 60 /110 / 220 Vdc 110 / 230 Vac			
Consumo máx.	[W]	n/a	n/a	80			<56			
Motorizaciones										
Tensión asignada	[V]	n/a	[4]	n/a	n/a	48 Vcc / 230 Vca	n/a	[3]	n/a	[3]
Consumo máx.	[A]	n/a	4[5]	n/a	n/a	4	n/a	10	n/a	10
Tiempo de maniobra delmotor	[s]	n/a	<7	n/a	n/a	<7	n/a	<15	n/a	<15
Intensidad de pico	[A]	n/a	<12[6]	n/a	n/a	<12	n/a	<8	n/a	<8
Contactos de señalización										
Interruptor | Puesta a tierra		2NA + 2NC | 1NA + 1NC					2NA+2NC | 1NA + 1NC			
Interruptor automático		n/a					9 NA + 9 NC			
Tensión asignada	[V]	250					250			
Corriente asignada	[A]	16					16			

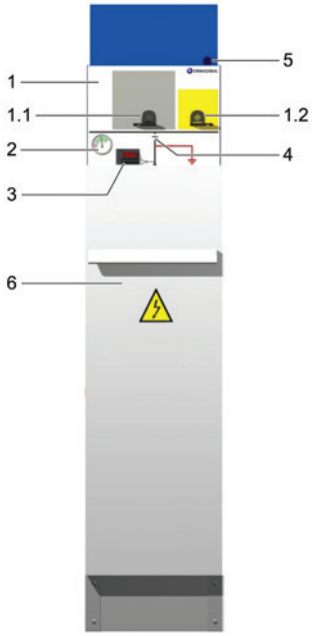
[1] Consulte disponibilidad para ARM [2] 24 / 48 / 110 / 230 Vcc 110 / 230 Vca [3] 24 / 48 / 60/ 110 / 230 Vcc 230 Vca [4] 24 / 48 / 110 / 210 Vcc [5] 10 A (24 Vcc) [6] 21 A (24 Vcc)

Condiciones de servicio	IEC	ANSI / IEEE
Tipo de aparamenta	Interior	
Temperatura ambiente		
Mínima | Máxima	-40 °C* | ±40 °C**	-40 °F* | 104 °F**
Temperatura ambiente media máxima, medida en un período de 24 h	+35 °C	95 °F
Temperatura mínima de almacenamiento	-50 °C	-58 °F
Humedad relativa		
Humedad relativa media máxima, medida en un período de 24 h	<95 %	
Presión de vapor		
Presión de vapor media máxima, medida en un periodo de 24 h | 1 mes	22 mbar | 18 mbar	
Altitud máxima	2.000 m**	6.500 pies**
Radiación solar	Despreciable	
Polución de aire ambiente (polvo, salinidad, etc.)	s/ condiciones normales de servicio de la IEC 62271-1	
Vibraciones (sismicidad)	Despreciable**	

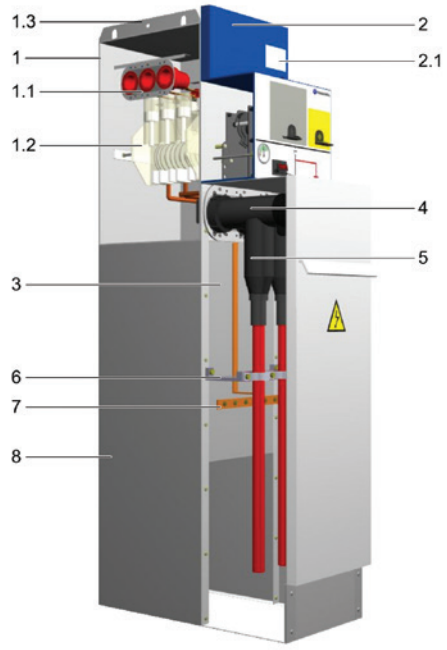
* Consulte disponibilidad y otros valores. ** Para condiciones y altitudes especiales, consulte a **Ormazabal**.

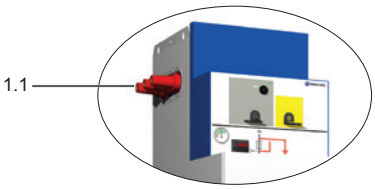
Estructura constructiva

Vista frontal



Vista lateral





1 Mímico y tapa del mecanismo de maniobra:

1.1 Interruptor-seccionador (condenable por candado)

1.2 Seccionador de puesta a tierra (condenable por candado)

2 Manómetro

3 Indicador de tensión (**ekor**.vpis)

4 Indicación del interruptor-seccionador

5 Alarma acústica (**ekor**.sas)

6 Tapa del compartimento de cables

1 Cuba de gas

1.1 Conexión de barras (pasatapas laterales)

1.2 Interruptor-seccionador

1.3 Soportes de elevación

2 Tapa superior / Ubicación del cajón de control

2.1 Placa de características y secuencia de maniobras

3 Compartimento de cables

4 Pasatapas frontales

5 Conectores y cables

6 Abrazadera de cables

7 Pletinas de tierra

8 Conducto de expansión de gases

Certificación internacional y usos

Ejemplos de aplicación

Aplicación / usos internacionales

- Distribución pública: áreas urbanas y rurales
- Redes inteligentes (Smart Grids)
- Energías renovables: parques eólicos on & off-shore, plantas solares fotovoltaicas...
- Hoteles, estadios, centros comerciales
- Áreas industriales
- Industria del petróleo y gas
- Aeropuertos, puertos, túneles



cgmcosmos
tipo ANSI / IEEE

Características de diseño

Componentes clave

Conjunto de unión ormalink

Pioneros en conjuntos de unión extensibles:

El conjunto de unión **ormalink**, patentado por **Ormazabal** en 1991, permite realizar la conexión eléctrica entre diferentes módulos del sistema **cgmcosmos**. Mantiene los valores nominales de aislamiento, así como las intensidades asignadas y de cortocircuito. También controla el campo eléctrico.

Extensible a ambos lados de las celdas.

Las celdas extensibles cuentan con tulipas laterales que facilitan la conexión entre los embarrados principales.



Conjunto de unión **ormalink**



Presentación del **ormalink**

Interruptor en carga

Interruptor en carga por soplado (tipo "puffer") de alto rendimiento diseñado y desarrollado por **Ormazabal**.

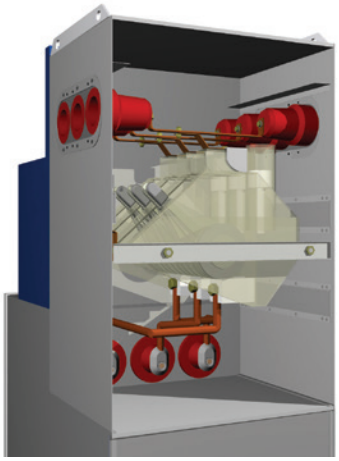
El interruptor-seccionador incluye las funciones de interruptor, seccionador y puesta a tierra en una unidad de tres posiciones.

Características:

- Interruptor-seccionador de 3 posiciones:
  abierto - cerrado –puesto a tierra
- Maniobra independiente del operario
- Categoría del interruptor
  Endurancia mecánica:
  - 1000-M1 (manual)
  - 5000-M2 (motor)
  - Certificado de endurancia eléctrica: 5-E3
- Categoría del seccionador de puesta a tierra:

Endurancia mecánica:

- 1000-M0 (manual)
- Certificado de endurancia eléctrica: 5-E2

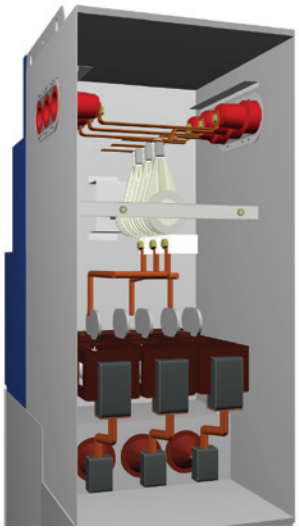


Interruptor automático de vacío

Interruptor automático con tecnología de corte en vacío, compacto y con una fiabilidad excelente, certificado conforme a la norma IEC 62271-100, incluida endurancia eléctrica extendida (clase E2) con ciclo de reenganche rápido y, por tanto, libre de mantenimiento durante toda su vida útil.

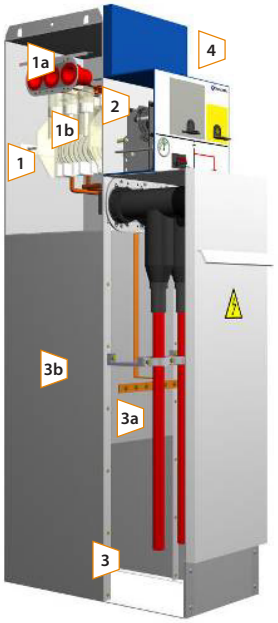
Características:

- Endurancia mecánica:
  - M2:10000 maniobras
  - M1: 2000 maniobras
- Secuencia de maniobras sin reenganche
  - CO-15 s-CO
  - CO-3 min-CO
- Secuencia de maniobras con reenganche
  - O-0,3 s-CO-15 s-CO
  - O-0,3 s-CO-3 min-CO
- Asociado con el interruptor-seccionador



Compartimentos principales

El **cgmcosmos** presenta una estructura dividida en compartimentos independientes:



1. Cuba de gas
   a) Conexión de barras
   b) Elementos de corte y conexión
2. Mecanismos de maniobra
3. Base
   a) Compartimento de cables
   b) Conducto de expansión de gases
4. Cajón de control

Cuba de gas

La **cuba**, estanca y aislada con gas SF_6, contiene el embarrado, así como los dispositivos de corte y conexión. El dieléctrico utilizado actúa como medio de aislamiento y de extinción. La cuba está equipada con una membrana que dirige de forma segura la salida de gases en caso de arco interno, así como con un manómetro para controlar la presión del gas aislante.

El **embarrado** conecta los pasatapas monofásicos desde el exterior de la celda hasta los elementos de corte en el interior de la misma.
La conexión eléctrica entre los diferentes módulos del sistema **cgmcosmos** se realiza a través del conjunto de unión **ormalink**.

Los **fusibles de protección** están dispuestos en posición horizontal, dentro de compartimentos independientes por fase, y se instalan en carros portafusibles.
Los tubos portafusibles proporcionan aislamiento y estanqueidad contra la polución, los cambios de temperatura y condiciones climáticas adversas. El movimiento del percutor del fusible se transmite desde el interior a la timonería de disparo.

Características:

- **Sistema de aislamiento sellado de por vida** (30 años)
- Ensayado **contra arco interno**
- **Acero inoxidable** – clasificación IP67
- **Soldadura mediante robot**
- **Dispositivos de conexión, corte** y del **circuito principal**:
  - Interruptor seccionador
  - Interruptor automático
  - Tubos portafusible.
- **Conector enchufable** para pasatapas exterior
- **Manómetro**
- **Membrana de expansión**
- **Conexión de barras** directa mediante **tulipas monofásicas**

Mecanismos de maniobra

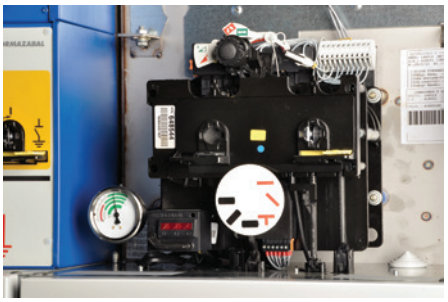
El **mecanismo de maniobra** permite realizar las operaciones de apertura y cierre de los circuitos de MT.

La distribución frontal de los mecanismos de maniobra y el uso de palancas anti-reflex permite maniobras seguras, cómodas y simples con un esfuerzo mínimo.

Los **sinópticos** frontales integran los dispositivos de señalización de posición. Máxima fiabilidad verificada mediante el ensayo de cadena cinemática del mecanismo de señalización conforme a IEC 62271-102.

Características:

- **Sinóptico** y pulsadores
- **Señalización de posición (cadena cinemática)**
  - Elementos de corte y conexión
  - Disparo del fusible
- Indicador capacitivo de tensión (**ekor**.vpis / **ekor**.ivds)
- **Enclavamientos (eléctricos y mecánicos)**
- **Motorización** sin interrupción del suministro
- **Posibilidad de sustitución y motorización in situ**



Tipos de mecanismo de maniobra

Dependiendo del mecanismo de maniobra (interruptor de 3 posiciones o interruptor automático), existen diferentes modelos:

Interruptor-seccionador de tres posiciones

- B y BM
  - Mecanismo de maniobra básico con accionamiento manual independiente (B) o motorizado (BM).
  - Maniobras local o remotas.
  - Aplicable a funciones de línea y embarrado.
- BR / AR y ARM
  - Mecanismo de maniobra con funcionamiento manual (BR / AR) o motorizado (ARM) y con retención a la apertura.
  - Aplicable a las funciones de protección con fusibles.

Pueden sustituirse bajo tensión en cualquiera de las posiciones (cerrado, abierto o puesto a tierra).

Interruptor automático

- AV y AMV (sin reenganche) / RAV y RAMV (con reenganche)
  - Mecanismo de maniobra accionado por resortes para la función de interruptor automático.
  - Este mecanismo se instala en serie con un mecanismo de tipo B.
  - El conjunto de resortes se recarga manualmente (AV-RAV) o mediante motor (AMV - RAMV).

Base

Compartimento de cables

El **compartimento de cables**, ubicado en la zona inferior delantera de la celda, dispone de una tapa, enclavada con el seccionador de puesta a tierra, que permite el acceso frontal a los cables de Media Tensión.

Los cables de MT aislados provenientes del exterior se conectan usando **pasatapas** que admiten conectores enchufables o atornillables aislados con o sin apantallamiento.

Características:

- Posibilidad de hasta **dos conectores** por fase. Consulte compatibilidades.
- Más conectores o autoválvulas medieante tapa especial
- **Conexiones sin esfuerzo (enchufables o atornillables)**
- **Altura de pasatapas adecuada para cables tripolares / de gran tamaño**
- Conector enchufable **para pasatapas exterior**
- **Puesta a tierra del cable sencilla**
- Prueba de cables
- **Tapa frontal enclavada** con el seccionador de puesta a tierra
- **Canaletas protegidas** para cables de baja tensión

Conducto de expansión de gases

El **conducto de expansión de gases** situado en la parte posterior de la base dirige a través de una membrana los gases generados por efecto de un arco interno.

Características:

- **Expansión** de los gases en caso de arco interno
- **Conducción posterior** de los gases liberados
- **Separación de metal** desde el compartimento de cables
- Opcional: **Conducto** para protección posterior en caso de arco interno

Cajón de control

El **cajón de control**, situado en la parte superior de la celda e independiente de los compartimentos de MT, se ha definido para la instalación de relés de protección, así como dispositivos de medida y control.

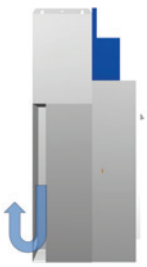
Características:

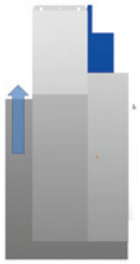
- **Compartimento independiente** de la zona de MT
- **Listo** para la instalación de relés de protección, así como equipos de mando y medida
- **Montaje y ensayos en fábrica** conforme a las necesidades del cliente
- **Diseño estándar y compacto** para la instalación de los relés de protección y las unidades de automatización de **Ormazabal**
- **Gran capacidad de adaptación** para relés de protección, unidades de control y medida de otros fabricantes, así como equipos proporcionados por el cliente
- **Tamaño y diseño personalizado**

Opcionalmente pueden suministrarse cajones de control acoplables para la ubicación de elementos de señalización y actuación de funciones motorizadas.



Arco interno en la cuba de gas 20 kA 0,5





IAC AFLR con conducto posterior



Arco interno en la cuba de gas 20 kA 1 s / clase IAC AFL



Celda de medida

Redes inteligentes (Smart Grids)

El propósito de las redes inteligentes es la generación y distribución de energía eléctrica de una forma más eficaz, fiable, limpia y segura.

En la cadena de valor añadido de las redes inteligentes convergen y coexisten los sectores de la energía eléctrica, telecomunicaciones, así como tecnologías de la información y comunicación.

Ormazabal colabora en proyectos innovadores y proporciona soluciones y productos enfocados en la mejora de la eficacia de la distribución de la energía, dentro de un entorno en continuo cambio, como impulsor y dinamizador de las redes inteligentes.

La tecnología de **Ormazabal**, desarrollada especialmente para las redes inteligentes, ofrece las siguientes ventajas, entre otras:

1. Permite la integración de nuevos usuarios en la red
2. Impulsa la eficacia del funcionamiento de la red
3. Refuerza la seguridad de la red, del control, así como la calidad del suministro
4. Optimiza el plan de inversión para la mejora de la red eléctrica
5. Mejora el trabajo del mercado y el servicio al cliente
6. Fomenta la participación del consumidor en la gestión de la energía

Referencias

- Proyecto Iberdrola Star. España (Castellón, Bilbao…)
- Proyecto Endesa. España (Málaga)
- Proyecto Gas Natural Fenosa. España (Madrid)

Protección y Automatización

Familia **ekorsys**

Ormazabal proporciona instalaciones de Media Tensión íntegras que incluyen funciones de protección, control y automatización.

Ormazabal, cuenta con una amplia gama de aplicaciones y servicios para responder a las necesidades de la red de distribución.







Protección

- Suministro a los clientes de media tensión
  - **ekor**.rpg
    3 x 50 / 51 + 50N / 51N + 50Ns / 51Ns

Potencias a proteger con interruptor automático y ekor.rpg

Tensión de la red	Potencia mínima	Potencia máxima
[kV]	[kVA]	[kVA]
6,6	50	5000
10	100	7500
12	100	10000
13,2	100	10000
15	100	12000
20	160	15000

  - **ekor**.rpt
    3 x 50 / 51 + 50N / 51N + 50Ns / 51Ns

Potencias a proteger con fusibles y ekor.rpt

Tensión de la red	Tensión asignada del fusible	Potencia mínima		Potencia máxima	
		Calibre del fusible		Calibre del fusible	
[kV]	[kV]	[A]	[kVA]	[A]	[kVA]
6,6	3 / 7,2	16	50	160*	1250
10	6 / 12	16	100	160*	1250
12	10 / 24	16	100	100	1250
13,2	10 / 24	16	100	100	1250
15	10 / 24	16	125	125**	1600
20	10 / 24	16	160	125	2000

* Cartucho de 442 mm
** Fusible SIBA SSK 125 A

- Protección de centros de reparto y clientes industriales
  - **ekor**.rps
    3 x 50 / 51 + 50N / 51N + 50Ns / 51Ns+67+49+81+27+59N...+ control
  - **ekor**.rpg-ci
    3 x 50 / 51 + 50N / 51N + 50Ns / 51Ns + control integrado
  - **ekor**.rpt-ci
    3 x 50 / 51 + 50N / 51N + 50Ns / 51Ns + control integrado
- Protección de centros de transformación rurales (CTR)
  - **ekor**.rpt-k
    3 x 50 / 51 + 50N / 51N + 49T + control integrado
- Unidad de protección de grupos electrógenos
  - **ekor**.upg
- Protección de la subestación
  - **ekor**.rps-tcp:
    3 x 50 / 51 + 50N / 51N + 50Ns / 51Ns +67+49+81+27+59N+50BF... + control

Automatización y telemando

- Telemando
  - **ekor**.uct
  - **ekor**.ccp
  - **ekor**.rci
  - **cgmcosmos**-2lpt
- Transferencia Automática
  - **ekor**.stp
  - **ekor**.ccp
  - **ekor**.rtk
- Detección de paso de falta
  - **ekor**.rci
- Alarma acústica de presencia de tensión
  - **ekor**.sas
- Puntos de segunda maniobra

Gestión y comunicación de medida avanzada

- **ekor**.gid

Puesto de control

Software

- **ekor**.soft

Para obtener más información, consulte a **Ormazabal** o visite www.ormazabal.com







cgmcosmos-V

Función de protección con interruptor automático

Celda modular de protección mediante interruptor automático, equipado con un interruptor automático de corte en vacío en serie con un interruptor-seccionador de tres posiciones.

Extensibilidad: derecha, izquierda y ambos lados.

Características eléctricas			IEC	ANSI / IEEE
Tensión asignada	U_n	[kV]	24	27
Frecuencia asignada	f_r	[Hz]	50 / 60	50 / 60
Corriente asignada				
Interconexión general de embarrado y celdas	I_r	[A]	400 / 630	600
Línea	I_r	[A]	400 / 630	600
Tensión asignada de corta duración soportada a frecuencia industrial (1 min)				
Fase a tierra y entre fases	U_d	[kV]	50	60
A través de la distancia de seccionamiento	U_d	[kV]	60	66
Tensión soportada asignada a impulso tipo rayo				
Fase a tierra y entre fases	U_p	[kV]	125	125
A través de la distancia de seccionamiento	U_p	[kV]	145	137,5
Clasificación arco interno	IAC		AFL 16 kA 1 s / 20** kA 1s AFL[R] 20** kA 1s / 25# kA 1 s	AFL 20* kA 1 s
Tensión CC soportada		[kV]	n/a	53 / 78
Interruptor automático			**IEC 62271-100**	**IEEEC37.20.3**
Corriente admisible asignada de corta duración (circuito principal)				
Valor t_k= 1 s o 3 s	I_k	[kA]	16 / 20* / 25# kA 1 s	20**
Valor de pico	I_p	[kA]	40 / 52* / 62,5#	52**
Poder asignado de corte y de cierre				
Poder de corte asignado corriente principalmente activa	I_1	[A]	400 / 630	600
Poder de corte en cortocircuito	I_{sc}	[kA]	16 / 20* / 25# kA 1 s	20
Poder de cierre del interruptor principal (valor de pico)	I_{ma}	[kA]	40 / 50* / 62.5#	32
Poder de corriente capacitiva (50 Hz). Batería condensadores		[A]	400	n/a
Secuencia de maniobras nominales				
Sin Reenganche			CO-15 s-CO CO-3 min-CO	CO-15 s-CO CO-3 min-CO
Con Reenganche			O-0,3 s-CO-15 s-CO O-0,3 s-CO-3 min-CO	O-0,3 s-CO-15 s-CO O-0,3 s-CO-3 min-CO
Categoría del interruptor automático				
Endurancia mecánica (clase de maniobra)			10000 - M2 2000 - M1	10000 - M2 2000 - M1
Endurancia eléctrica (clase)			E2-C2	E2-C2
Interruptor-seccionador			**IEC 62271-103 + IEC 62271-102**	**IEEE C37.74**
Corriente admisible asignada de corta duración (circuito principal)				
Valor t_k= 1 s o 3 s	I_k	[kA]	16 / 20* / 25#	20*
Valor de pico	I_p	[kA]	40 / 50* / 62.5#	52*
Poder de corte asignado de corriente principalmente activa	I_1	[A]	400 / 630	600
Poder de cierre del interruptor principal (valor de pico)	I_{ma}	[kA]	40 / 52* / 62.5#	52
Categoría de interruptor-seccionador				
Endurancia mecánica			1000-M1 (manual) / 5000-M2 (motor)	1000 (manual) / 5000 (motor)
Ciclos de maniobras (cierres en cortocircuito)- clase			5-E3	3
Seccionador de puesta a tierra			**IEC 62271-102**	**IEEE C37.74**
Corriente admisible asignada de corta duración (circuito de tierra)				
Valor t_k= 1 s o 3 s	I_k	[kA]	16 / 20* / 25#	20*
Valor de pico	I_p	[kA]	40 / 50* / 62.5#	52*
Poder de cierre del interruptor principal (valor de pico)	I_{ma}	[kA]	40 / 50* / 62.5#	20*
Categoría del seccionador de puesta a tierra				
Endurancia mecánica			2000-M1	2000
Ciclos de maniobras (cierres en cortocircuito)- clase			5-E2	3

* Ensayos realizados a 21 kA / 52,5 kA
** Más valores de corte: véase la tabla **cgmcosmos**-I
# Consulte disponibilidad

Aplicaciones

Protección general y protección de transformador, línea, batería de condensadores, etc, así como maniobras de conexión o desconexión.

Configuración

Celda

- ☐ Arco interno IAC AFLR
  ☐ 20 kA 1s ☐ 25 kA 1 s*
- ☐ Arco interno AFL
  ☐ 16 kA 1s ☐ 20 kA 1 s
- ☐ Arco interno AF
  ☐ 16 kA 0,5 s ☐ 20 kA 0,5 s
  ☐ 16 kA 1 s ☐ 20 kA 1 s
- ■ Celda de 1740 mm de altura

(*) Consulte disponibilidad

Cuba de gas

- ■ Cuba de acero inoxidable

Indicador de presión del gas:

- ■ Manómetro

Conexión frontal:

- ■ Pasatapas

Conexión lateral:

- ■ Extensibilidad a ambos lados
- ☐ Extensibilidad a la izquierda / derecha ciega
- ☐ Extensibilidad a la derecha / izquierda ciega

Tipo de conexión lateral:

- ☐ Tulipa
  ☐ Derecha ☐ Izquierda ■ Ambas
- ☐ Pasatapas
  ☐ Derecha ☐ Izquierda ☐ Ambas

Mecanismos de maniobra

- ■ Palancas de accionamiento
- ■ Mecanismo de interruptor tipo B
- ☐ Mecanismo motorizado tipo BM
- ■ Mecanismo manual tipo AV
- ☐ Mecanismo manual tipo RAV con reenganche
- ☐ Mecanismo motorizado tipo AVM
- ☐ Mecanismo motorizado tipo RAVM con reenganche
- ☐ Bobina de disparo
- ■ Bobina biestable
- ☐ Segunda bobina de disparo
- ☐ Bobina de cierre
- ☐ Bobina de mínima tensión
- ☐ Alarma acústica **ekor**.sas
- ■ Indicador capacitivo de presencia de tensión **ekor**.vpis
- ☐ Indicador capacitivo de presencia / ausencia de tensión **ekor**.ivds
- ■ Unidad de protección **ekor**.rpg
- ☐ Unidad detectora de tensión **ekor**.rtk

Enclavamientos adicionales:

- ☐ Enclavamientos eléctricos
- ☐ Enclavamientos con cerradura
- ☐ Candados

Compartimento de cables

- ■ Pasatapas IEC de tipo atornillable
- ☐ Pasatapas IEC de tipo enchufable
- ☐ Pasatapas ANSI de tipo atornillable
- ■ Tapa para un conector por fase
- ☐ Tapa extendida de compartimento de cables para conexión de doble cable
- ☐ Tapa extendida de compartimento de cables para conexión de cable más autoválvula
- ☐ Detección de descargas parciales (DP) para el diagnóstico de la red

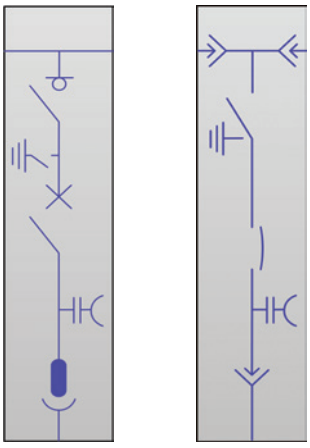
Conducto de expansión de gases

- ☐ Conducto posterior

Cajón de Control

- ☐ Otros indicadores de tensión
- ☐ Otros relés de protección
- ☐ Otros componentes de medida y automatización

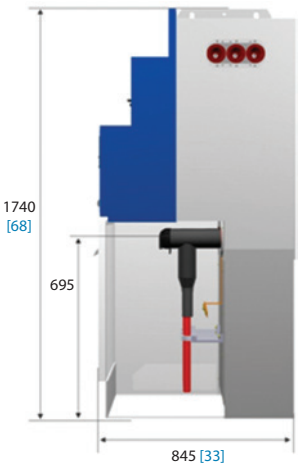
Dimensiones



IEC ANSI / IEEE

[mm]
[pulg.]





240 kg
529 Lbm

cgmcosmos-rc

Función de remonte de cables

Celda modular de remonte de cables (hasta el embarrado principal).
con aislamiento en aire Función de remonte de doble cable opcional (r2c).

Extensibilidad: Derecha o izquierda.

Características eléctricas			IEC		ANSI / IEEE	
Tensión asignada	U_n	[kV]	**12***	**24**	**15,5**	**27**
Frecuencia asignada	f_r	[Hz]	50 / 60		50 / 60	
Corriente asignada						
Línea	I_r	[A]	400 / 630		600	
Clasificación arco interno		IAC	AFL 20** kA 1s/ 25## kA 1 s		AFL 20** kA 1s	

* También disponible con U_r= 7,2 kV bajo demanda
** Ensayos realizados a 21 kA / 52,5 kA
Consulte disponibilidad

Aplicaciones

Alojamiento de los cables de acometida hasta el embarrado principal del centro de transformación, en el lado derecho (rcd) o en el lado izquierdo (rci).

Configuración

Celda

- ☐ IAC AFLR 20 kA 1 s
- ☐ IAC AFLR 25 kA 1s
- ■ Celda de 1740 mm de altura

Conectividad

- ☐ Extensibilidad: Lado derecho rcd o izquierdo rci

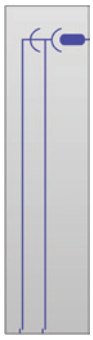
Indicadores

- ☐ Indicador capacitivo de tensión **ekor**.vips
- ☐ Indicador capacitivo de tensión **ekor**.ivds

Opciones

cgmcosmos-r2c

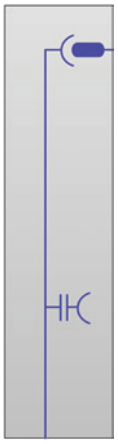
Unidad funcional de remonte de doble cable (anchura= 550 mm, peso= 60 kg)



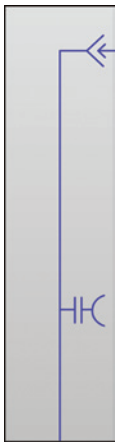
cgmcosmos-cl

Cajón de acometida lateral (anchura= 365mm, peso= 20 kg)

Dimensiones



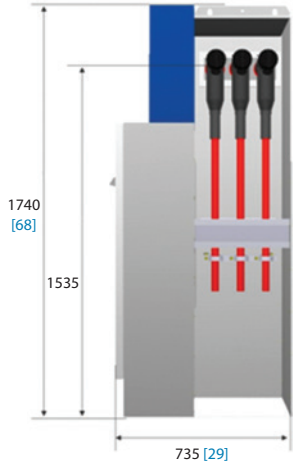
IEC



ANSI / IEEE

[mm]
[pulg.]





40 kg

88 Lbm

cgmcosmos-m

Función de medida

Celda modular de medida con aislamiento en aire.

Características eléctricas			IEC	
Tensión asignada	U_n	[kV]	12*	24
Frecuencia asignada	f_r	[Hz]	50 / 60	50 / 60
Corriente asignada				
Interconexión general de embarrado y celdas	I_r	[A]	400 / 630	400 / 630
Tensión asignada de corta duración soportada a frecuencia industrial (1 min)				
Fase a tierra y entre fases	U_d	[kV]	28	50
Tensión soportada asignada a impulso tipo rayo				
Fase a tierra y entre fases	U_p	[kV]	75	125
Clasificación arco interno	IAC		AFL 20** kA 0,5 s / 20** kA 1 s	
Corriente admisible asignada de corta duración Valor t_k= 3 s	I_r	[kA]	20**	

* También disponible con U_r= 7,2 kV bajo demanda
** Ensayos realizados a 21 kA / 52,5 kA

Aplicaciones

Alojamiento para transformadores de medida de tensión e intensidad,permitiendo comunicar con embarrado del centro de transformación, mediante barras o cables secos.

Configuración

Celda

- ☐ IAC AFL 20 kA 0,5 s
- ☐ IAC AFL 20 kA 1s
- ☐ Resistencia de caldeo
- ☐ Malla de protección
- ☐ Cerraduras

Conexiones de barras

- ■ Conexión superior rígida no apantallada
- ■ Conexión inferior rígida no apantallada

Conexiones de cables

- ☐ Conexión inferior del cable

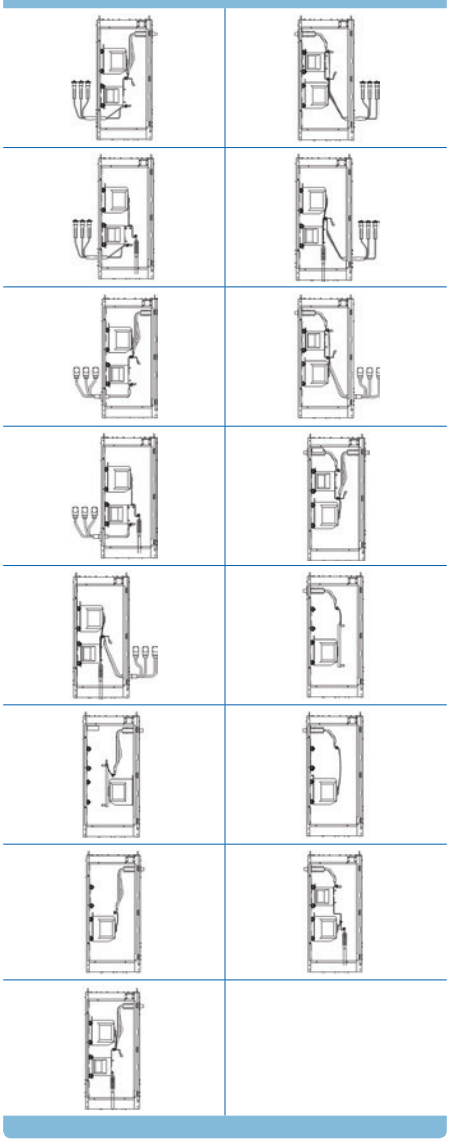
Transformadores de medida

- ■ Transformadores de intensidad instalados (3TIs)
- ■ Transformadores de tensión instalados (3TTs)
- ☐ Sin transformadores

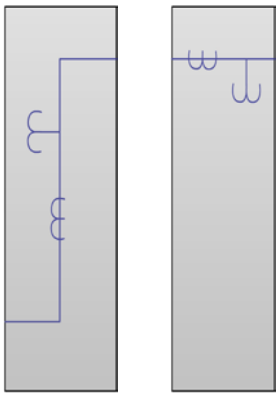
Cajón de Control

- ☐ Otros componentes de medida y automatización

Opciones

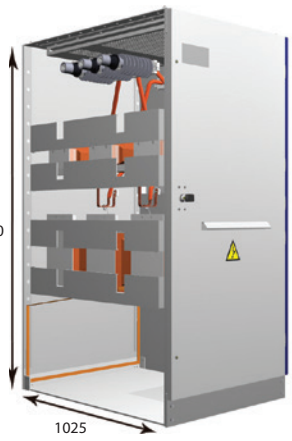


Dimensiones



IEC





165* kg

(*) Envolvente vacía

Indicadores

Alarma acústica **ekor**.sas

La unidad de alarma sonora de prevención de puesta a tierra **ekor**.sas es un indicador acústico que funciona asociado al eje seccionador de puesta a tierra y al indicador de detección de presencia de tensión **ekor**.vpis.

La alarma se activa cuando habiendo tensión en la acometida de Media Tensión de la celda, se opera sobre la maneta de acceso al eje de accionamiento del seccionador de puesta a tierra. A continuación, una alarma acústica advierte al operario sobre la posibilidad de causar un cortocircuito en la red si se lleva a cabo la maniobra, con lo que se obtiene una seguridad aún mayor para las personas, el equipo y la continuidad del suministro.



Indicador de presencia de tensión **ekor**.vpis

ekor.vpis es un indicador autoalimentado incorporado en las celdas y que muestra la presencia de tensión en las fases mediante tres señales luminosas permanentes, diseñado de acuerdo a la norma IEC 62271-206.

Cuenta con puntos de test de fácil acceso para realizar la prueba de concordancia entre fases.

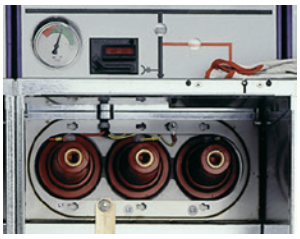
El comparador de fases **ekor**.spc y el detector de presencia / ausencia de tensión **ekor**.ivds de **Ormazabal** pueden suministrarse bajo demanda.



Conexiones de cables

Pasatapas EN 50181 e IEEE 396

- Fabricados en resina epoxy, cumplen los ensayos dieléctricos y de descargas parciales.
- Existen tres tipos:
  - Enchufable hasta 250 A (IEC) y 200 A (IEEE)
  - Enchufable hasta 400 A
  - Atornillable hasta 630 A (IEC) y 600 A (IEEE)
- Ubicados en el compartimento de cables. Opcionalmente pueden ubicarse en el lateral de las celdas para el suministro directo al embarrado principal.



Pasatapas

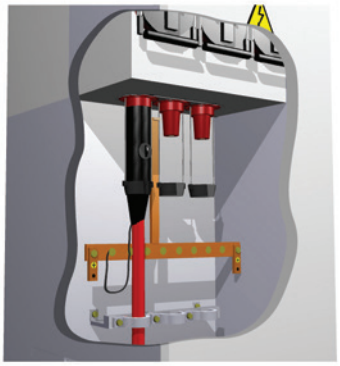
Conectores de cables

Características:

- Para cables unipolares o tripolares.
- Para cables secos o impregnados.
- Apantallados o no apantallados.
- Acodados o rectos.
  Información detallada:
  - Conexión directa a los pasatapas situados en el compartimento de cables o en el lateral a través de conectores enchufables o atornillables (intensidad asignada superior a 400 A o intensidad de cortocircuito igual o superior a 16 kA).
  - Conectores enchufables de 250 A (rectos o acodados para la salida del cable en la parte posterior) en salidas al transformador (compartimento de cables) para funciones de protección con fusibles.
  - Conectores apantallados para funciones de protección mediante interruptor automático.



		Distancia (d)
cgmcosmos-l / rb	[mm] (pulg.)	[310] (12,2)
cgmcosmos-v	[mm] (pulg.)	[500] (19,68)
cgmcosmos-p		Vertical



cgmcosmos-p, posición del pasatapas

Accesorios

- Derivación enchufable en T
- Derivación enchufable en cruz
- Tapones aislantes
- Reductores
- Terminales de conexión
- Autoválvulas

Consulte a **Ormazabal** en referencia a otros tipos y valores.

Repuestos

Envolvente metálica

- Tapas





- Perfiles auxiliares para suelos irregulares



- Cajón de acometida lateral (**cgmcosmos**-cl)



Palancas de accionamiento

- Palanca general de interruptor-seccionador



- Palanca antirreflex para mecanismo BR



- Palancas para interruptor automático





Conectividad

- Conjunto de unión **ormalink**
  Incluye la pletina de tierra, tornillos y tuercas, instrucciones y otros elementos requeridos para el correcto ensamblado de dos módulos

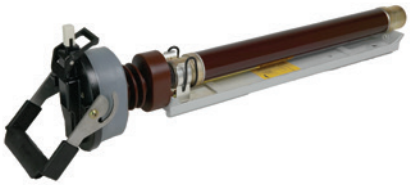


- Kit conjunto final
  Incluye tapones finales, tapa de metal a montar en el lateral de una celda, instrucciones y otros elementos requeridos para su montaje.



Protección con fusibles

- Carro portafusibles de 12 kV
- Carro portafusibles de 24 kV
- Adaptador de carro para fusibles de 292 mm 6 / 12 kV



Manipulación, instalación y posventa

Manipulación

- Tamaño y peso reducidos facilitan las tareas de manipulación e instalación
- Entrega segura de la celda:
  - Posición vertical sobre palet, embalada en plástico de protección con esquineras de poliestireno



- Métodos de manipulación (hasta 5 unidades funcionales):
  - Elevación: Carretilla elevadora o transpaleta manual
    Métodos alternativos: rodillos o varillas situadas debajo
  - Izado: Eslingas y balancines



- Diseño ergonómico para la conexión sencilla de la celda y sujeción al suelo



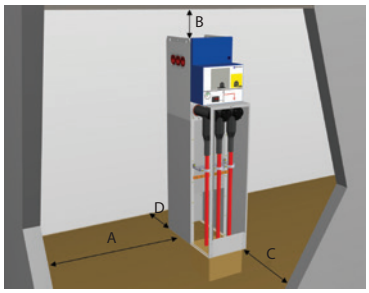
En referencia a las instrucciones de manipulación e instalación, solicite los manuales correspondientes a **Ormazabal**.

Dentro de edificios

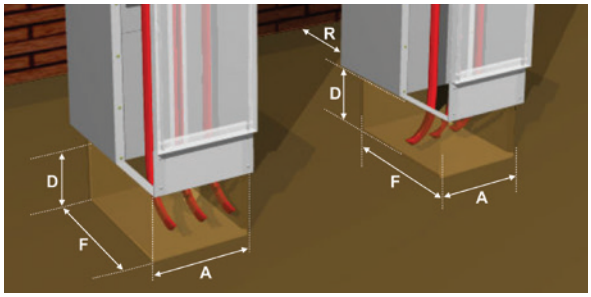
- Manipulación sencilla con transpaleta (pasa por puertas y ascensores de tamaño estándar)
- Dimensiones reducidas: ocupación mínima de espacio
- Maniobra, extensibilidad y extracción en un espacio reducido
- Sin manipulación de gas in situ
- Opcionalmente, instalación sobre perfiles auxiliares en caso de suelos irregulares o para evitar la construcción de fosos de cables

Distancias mínimas de instalación [mm] (pulgadas)	
Pared lateral (a)	[100] (4)
Techo (b)	[500] (20)
Pasillo frontal (c)	[500] (20)
Pared trasera (d)	[>100] (>4)**

** Excepto para **cgmcosmos**-v (> 50 mm / 4 pulgadas) y **cgmcosmos**-m (0 mm / pulgadas).
En caso de conducto posterior= 0 mm / pulgadas
El espacio requerido para extender el conjunto con una celda adicional es 150 mm / 5,90 pulgadas más la anchura de la nueva celda.







Dimensiones máximas del foso para celdas con ensayo de arco interno

En cuba de gas hasta 20 kA 0,5s. Cable seco

Función	Altura de la celda [mm] (pulgadas)	A [mm] (pulgadas)	F [mm] (pulgadas)	(1) D [mm] (pulgadas)		(2) D [mm] (pulgadas)	
				Unipolar	Tripolar	Unipolar	Tripolar
l, rb y rc	[1300] (51) [1740] (68)	[285] (11)	[590] (23)	[400] (15) [600] (23)	[350] (13) [600] (23)	[400] (15) [250] (9,8)	[350] (13) [250] (9,8)
p	[1300] (51) [1740] (68)	[390] (15)	[590] (23)	[500] (19) (R*) [300] (11) (R*)	Consultar	[500] (19) (R*) [300] (11) (R*)	Consultar
v	[1740] (68)	[520] (20)	[590] (23)	[500] (19)	[850] (33)	[600] (23)	[850] (33)

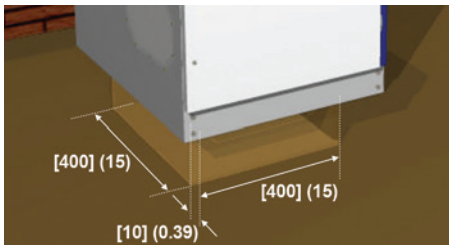
(R*) Para salida posterior del cable R= 500 mm (16,6 pulg.)

Clase IAC y en cuba de gas hasta 20 kA 1 s. Cable seco

Función	Altura de la celda [mm] (pulgadas)	A [mm] (pulgadas)	F [mm] (pulgadas)	(1) D [mm] (pulgadas)		(2) D [mm] (pulgadas)	
				Unipolar	Tripolar	Unipolar	Tripolar
l, rb y rc	[1300] (51) [1740] (68)	[285] (11)	[590] (23)	[600] (23) [600] (23)	[600] (23) [600] (23)	[600] (23) [600] (23)	[600] (23) [600] (23)
p	[1300] (51) [1740] (68)	[390] (15)	[590] (23)	[500] (19) [300] (11)	Consultar	[500] (19) [300] (11)	Consultar
v	[1740] (68)	[520] (20)	[590] (23)	[500] (19)	[850] (33)	[600] (23)	[850] (33)

Dimensiones del foso [mm] (pulgadas) para la celda de medida

La profundidad del foso, adecuada para todos los tipos de cable, es [800 mm] (31 pulgadas)



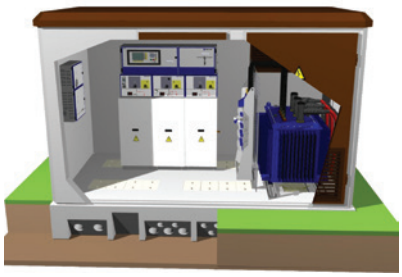
Las dimensiones del foso dependen del mínimo radio de curvatura de los cables empleados.

Las dimensiones que se indican a continuación son para el foso de mayor tamaño.

Consulte a **Ormazabal** para dimensionar el foso con las proporciones óptimas (dimensiones mínimas del foso) para un tipo particular de cable.

Dentro de centros de transformación móviles o prefabricados

- Soluciones llave en mano (montaje, ensayo y transporte desde fábrica al completo)
  - Calidad uniforme
  - Reducción significativa de los gastos y el tiempo de instalación
- Posibilidad de instalación de la celda in situ
- Amplia gama de CTs de **Ormazabal**: De superficie, subterráneos, tipo quiosco, compactos…
- Disponibilidad de un centro de transformación operativo en un plazo corto



Dentro de aerogeneradores

- Parques eólicos en tierra y marítimos
- Suministro desde 1995 de celdas GIS de MT para la generación comercial de energías renovables
- Más de 10 años de experiencia en el sector de la energía eólica offshore





ORMAZABAL
velatia

www.ormazabal.com

CA-100-ES-1501

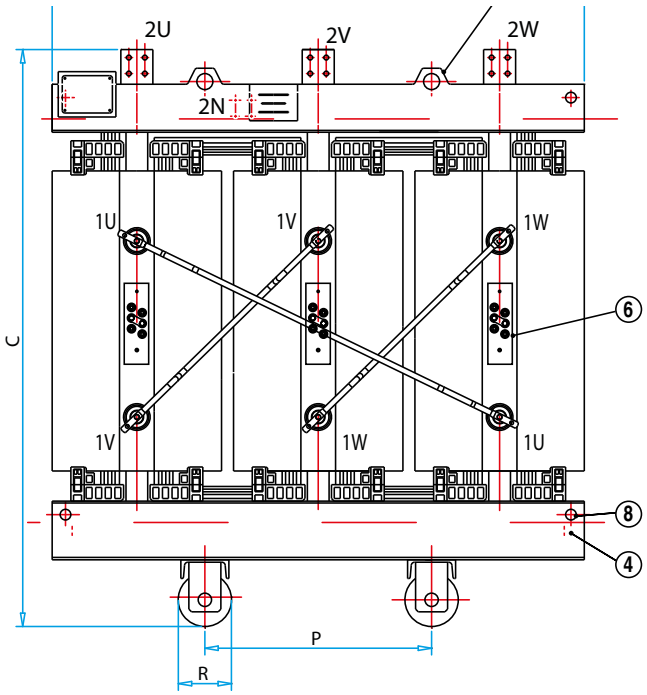
Tesar

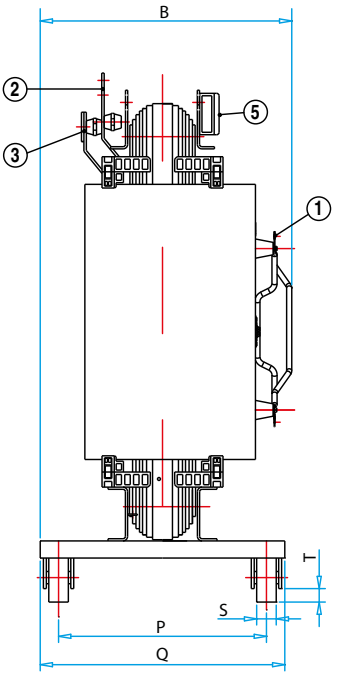


Ecodesign Transformers

Energizing the World since 1979

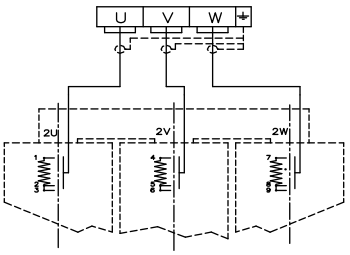
Technical Details





1 High Voltage terminal
2 Low Voltage terminal
3 Neutral terminal
4 Grounding clamp
5 Connections box
6 Tap changer
7 Lifting eyes
8 Tow hooks

Schema connection PT 100 ohm

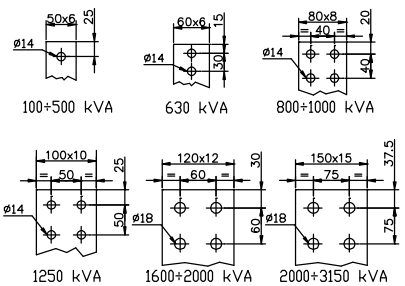


Tap changer

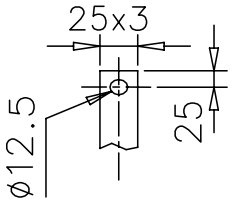


VARIAZIONI–TURNS VARIAZ. HT	POSIZIONI – POSITION POSITION
+5%	6–5
+2.5%	5–7
0	7–4
−2.5%	4–8
−5%	8–3

Low voltage terminal



High voltage terminal



Technical Data

Standards	IEC 60076
Installation	Indoor
Altitude	< 1000 m
Type of cooling	AN
Winding material	AL / AL
Ambient temperature	40° C
Temperature rise	100 / 100 K

Rated Power	Series	Po	Pcc 75°C	Pcc 120°C	Vcc 75°C	Io	Efficiency	
							cosϕ 1 load 100%	cosϕ 1 load 75%
kVA		W	W	W	%	%	%	%
100	Advanced	480	1700	1955	6	2,3	97,62	97,94
	Ecodesign	280	1850	2050	6	2,3	97,72	98,12
160	Basic	700	4000	4600	6	2,0	96,79	97,33
	Advanced	650	2500	2850	6	2,0	97,86	98,16
	Ecodesign	400	2600	2900	6	2,0	97,98	98,34
250	Basic	960	4400	5060	6	1,8	97,65	98,01
	Advanced	880	3300	3800	6	1,8	98,16	98,42
	Ecodesign	520	3400	3800	6	1,8	98,30	98,60
315	Basic	1100	4700	5405	6	1,7	97,98	98,28
	Advanced	1030	4000	4600	6	1,7	98,24	98,49
	Ecodesign	630	3950	4400	6	1,7	98,43	98,70
400	Basic	1350	5400	6210	6	1,5	98,15	98,41
	Advanced	1200	4800	5500	6	1,5	98,35	98,59
	Ecodesign	750	4950	5500	6	1,5	98,46	98,73
500	Basic	1600	6600	7600	6	1,4	98,19	98,46
	Advanced	1400	5900	6780	6	1,4	98,39	98,63
	Ecodesign	900	5750	6400	6	1,4	98,56	98,81
630	Basic	1900	7900	9085	6	1,3	98,29	98,54
	Advanced	1650	6800	7800	6	1,3	98,52	98,74
	Ecodesign	1100	6850	7600	6	1,3	98,64	98,88
800	Basic	2300	9500	10925	6	1,1	98,37	98,61
	Advanced	2000	8000	9200	6	1,1	98,62	98,82
	Ecodesign	1300	7200	8000	6	1,1	98,85	99,04
1000	Basic	2600	11000	12650	6	1,0	98,50	98,72
	Advanced	2300	9400	10800	6	1,0	98,71	98,90
	Ecodesign	1550	8100	9000	6	1,0	98,96	99,13
1250	Basic	2900	13000	14950	6	0,9	98,59	98,81
	Advanced	2700	11500	13100	6	0,9	98,75	98,94
	Ecodesign	1800	9900	11000	6	0,9	98,99	99,16
1600	Basic	3500	16500	18975	6	0,9	98,61	98,83
	Advanced	3100	14000	15800	6	0,9	98,83	99,01
	Ecodesign	2200	11700	13000	6	0,9	99,06	99,21
2000	Basic	4100	20500	23575	6	0,8	98,64	98,86
	Advanced	4000	16000	18000	6	0,8	98,91	99,07
	Ecodesign	2600	14400	16000	6	0,8	99,08	99,23
2500	Basic	5200	25000	28750	6	0,7	98,66	98,87
	Advanced	5000	19000	21850	6	0,7	98,94	99,09
	Ecodesign	3100	17100	19000	6	0,7	99,12	99,27
3150	Advanced	5600	21000	24150	8	0,6	99,06	99,19
	Ecodesign	3800	19800	22000	8	0,6	99,19	99,32

Different design (i.e. ambient temperatures and different conducting material) are available on request

Primary voltage	up to 24kV
Tappings	+/- 2x2,5%
Secondary votage	400 V
Vector Group	Dyn11-Dyn5
Frequency	50 Hz
Insulation class	F/F
Protection degree	IP00

24kV

Voltage Drop		LpA	LwA	A	B	C	P	Q	R	S	T	Weight	Box Type
cosϕ 1 last 100%	cosϕ 0,9 last 100%												
%	%	dB	dB	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	kg	
2,13	4,48	48	61	1200	760	1240	520	620	125	40	35	580	25
2,23	4,56	39	51	1130	750	1250	520	620	125	40	35	650	25
3,05	5,29	54	67	1100	710	1240	520	620	125	40	35	700	25
1,96	4,33	51	64	1240	750	1250	520	620	125	40	35	800	25
1,99	4,35	42	54	1270	770	1250	520	620	125	40	35	850	25
2,20	4,54	54	67	1240	755	1310	520	620	125	40	35	950	25
1,70	4,10	54	67	1290	775	1410	520	620	125	40	35	1050	25
1,70	4,10	45	57	1270	790	1420	520	620	125	40	35	1150	25
1,90	4,27	56	70	1290	775	1325	520	620	125	40	35	1050	28
1,64	4,04	56	70	1290	770	1525	520	620	125	40	35	1200	28
1,58	3,99	46	59	1340	790	1530	520	620	125	40	35	1300	28
1,73	4,12	57	71	1320	850	1405	670	770	125	40	35	1250	28
1,55	3,97	57	71	1320	845	1565	670	770	125	40	35	1300	28
1,55	3,97	47	60	1340	860	1630	670	770	125	40	35	1450	28
1,70	4,10	57	71	1320	850	1505	670	770	125	40	35	1400	28
1,54	3,95	57	71	1430	850	1620	670	770	125	40	35	1550	28
1,46	3,88	48	61	1400	880	1640	670	770	125	40	35	1650	28
1,62	4,03	58	72	1430	870	1600	670	770	125	40	35	1650	28
1,42	3,85	58	72	1430	885	1760	670	770	125	40	35	1800	28
1,39	3,82	49	62	1400	880	1760	670	770	125	40	35	1850	28
1,55	3,96	59	73	1430	870	1765	670	770	125	40	35	1900	28
1,33	3,77	59	73	1500	890	1810	670	770	125	40	35	2150	28
1,18	3,64	50	64	1490	890	1880	670	770	125	40	35	2400	28
1,44	3,87	60	74	1500	1000	1950	820	1000	125	40	35	2300	40
1,26	3,71	60	74	1500	1000	1960	820	1000	125	40	35	2500	40
1,08	3,55	51	65	1630	1020	1950	820	1000	125	40	35	3050	40
1,38	3,81	62	76	1500	1000	1975	820	1000	125	40	35	2650	40
1,23	3,68	62	76	1600	1000	1975	820	1000	125	40	35	2850	40
1,06	3,53	53	67	1670	1040	2080	820	1000	125	40	35	3500	40
1,37	3,80	62	76	1680	1030	2210	820	1000	200	70	50	3300	51
1,17	3,63	62	76	1680	1025	2265	820	1000	200	70	50	3450	51
0,99	3,47	54	68	1700	1040	2380	820	1000	200	70	50	4150	51
1,36	3,80	63	78	1770	1135	2370	1070	1200	200	70	50	4100	51
1,08	3,55	63	78	1830	1140	2420	1070	1200	200	70	50	4250	51
0,98	3,46	55	70	1840	1200	2420	1070	1200	200	70	50	4850	51
1,33	3,77	65	80	1940	1165	2465	1070	1200	200	70	50	4850	70
1,05	3,53	65	80	1940	1170	2470	1070	1200	200	70	50	5000	70
0,94	3,43	56	71	1960	1200	2470	1070	1200	200	70	50	5700	70
1,09	4,41	66	81	2160	1200	2510	1070	1200	200	70	50	6300	70
1,02	4,35	58	74	2150	1200	2530	1070	1200	200	70	50	6700	70

We reserve the right to change the technical data without advising

Our Accessories

To equip the transformer exactly as needed

Different environments and applications have different needs. For that reason Tesar offers a wide range of accessories - to always have the perfect solution for our customer.



TSX1 Temperature Control Device

Electronic unit for temperature control of cast resin transformers.

- Nos. 4 analog input channels for windings and magnetic core temperature monitoring
- Nos. 4 output relays (Fans, Alarm, Trip and Generic Alarm)

Temperature is monitored through PT100 Ω. TSX1 temperature thresholds are fully adjustable. TSX1 is also available with RS485 serial port - RTU MODBUS protocol (TSX1s).



TSX3 Temperature Control Device

Electronic unit for temperature control of cast resin transformers.

- Nos. 4 analog input channels for windings and magnetic core temperature monitoring
- Nos. 4 output relays (Fans, Alarm, Trip and Generic Alarm)

Temperature is monitored through PTC.



TSX6c Fan Protection Device

Electronic unit for protection and control of ventilation system.

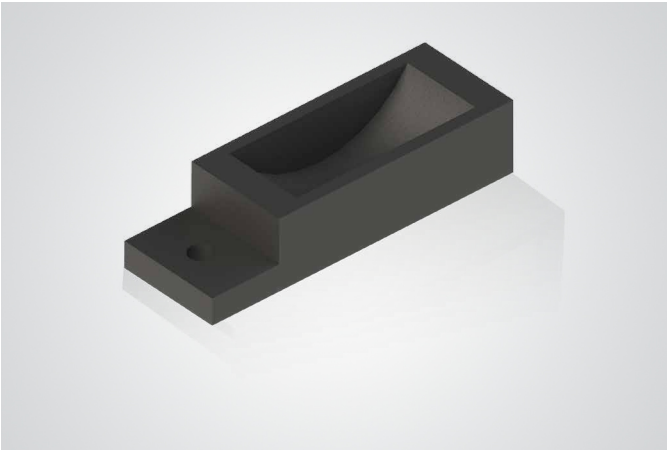
- Nos. 2 digital inputs for ventilation system enabling
- Nos. 2 output signals for fans malfunctioning
- Nos. 6 power supplies equipped with magnetic-thermal relay

Through the TSX6c relay, ventilation fans are constantly monitored and protected.



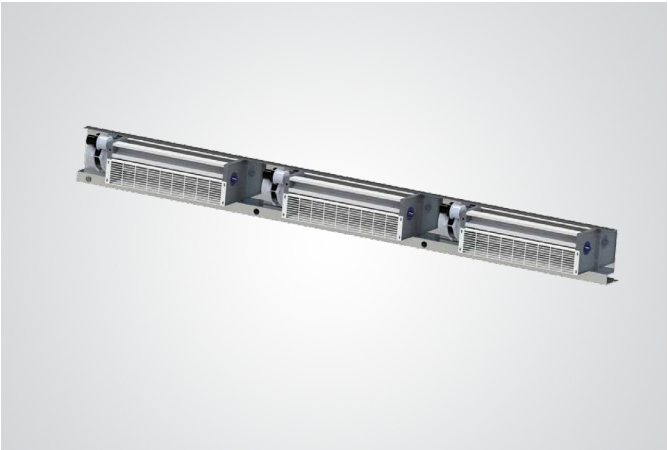
PT 100 Ω and PTC sensors

Provides real-time temperature monitoring. One PT 100 Ω sensor is installed in each LV winding. An additional PT 100 Ω sensor can be installed to monitor magnetic core temperature. Temperature sensors are wired to an auxiliary box installed on transformer metal frame. Two PTC's are installed on each LV winding, signaling when specific alarm and trip temperature thresholds are reached. Temperature sensors are wired to an auxiliary box installed on the transformer metal frame.



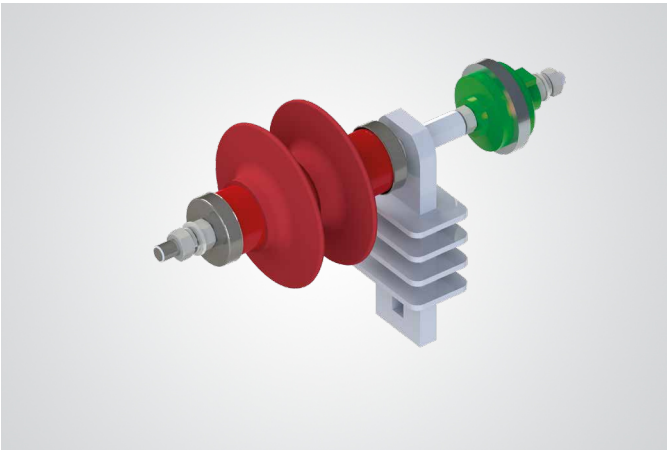
Antivibration pads

Anti-vibration pads are a smart and compact solution, reducing vibration and the noise level of a transformer. They prevent transformer vibrations from being transmitted to the surrounding environment.



Ventilation Bars

The air forced fan cooling system, reduces transformer operating temperature and allows for temporary or continuous-lyrated transformer power increase. The ventilation system, comprised of two fans bars each with three motors, can increase transformer rated power by up to 140%.



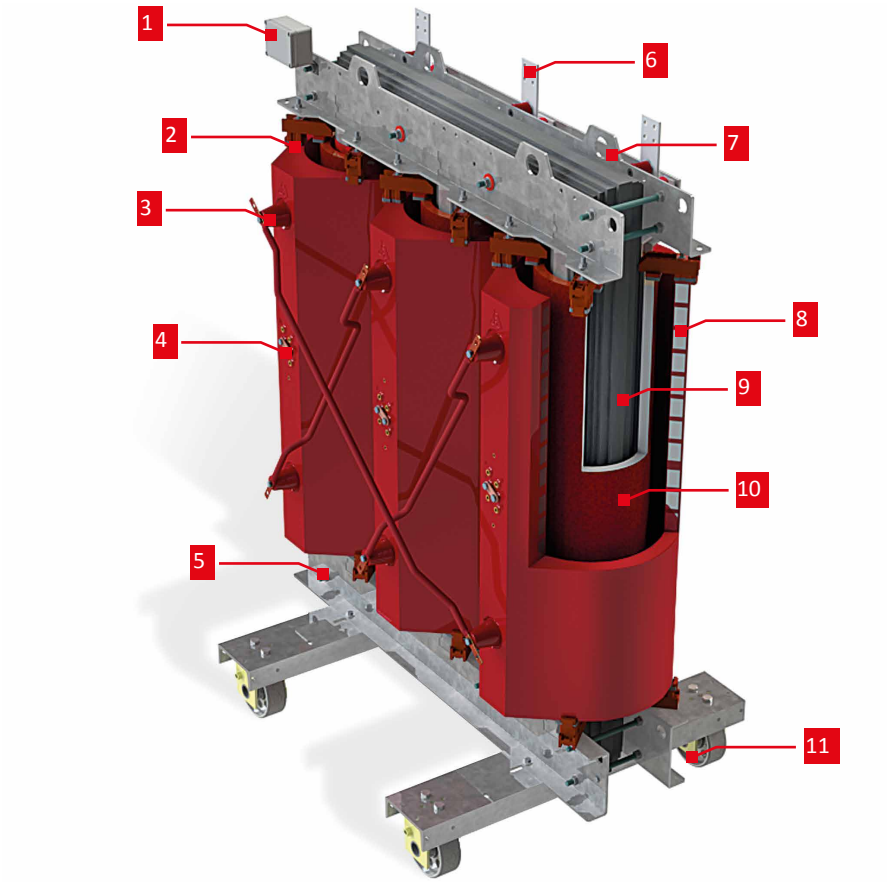
MV surge arresters

The primary protection against atmospheric and switching over voltages. A convenient and reliable solution to extend transformer lifetime. Highly recommended for installation where high lightning strike activity is foreseen.

Description and Characteristics

Description and characteristics

1. Auxiliary terminal box
2. PT 100 or PTC sensors in the LV windings
3. MV connections
4. MV tap changer
5. Magnetic core frame
6. LV connections
7. Lifting eyes
8. MV windings
9. Magnetic core
10. LV windings
11. Carriage with bi-directional wheels



Main Features

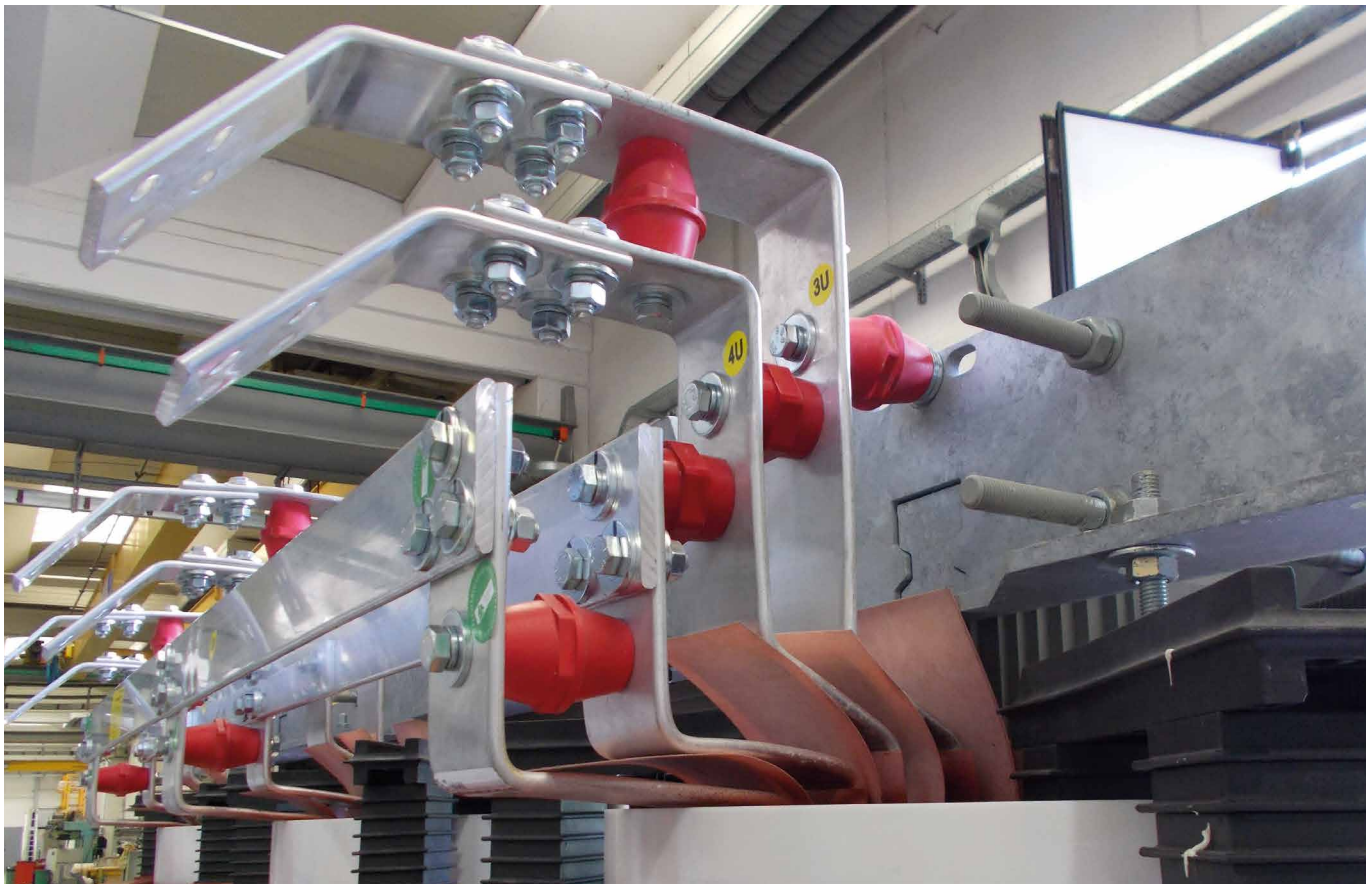
Low operation costs
The low losses in the magnetic core and in the windings reduce the costs of operation.

Frames
Hot deep galvanized frames assure the best performance in a polluted environment.

High reliability
The high technology employed in the manufacturing process of windings gives the product a high level of reliability.

Maximum safety
The resin and insulating materials employed in the design and construction of Tesar transformers guarantee a high level of self-extinguishing characteristics and low emission of toxic gases.

No need for maintenance
Tesar cast resin transformers are designed in such a way as to withstand the worst climatic and environmental conditions. Preventive maintenance consists of a simple visual check.



No need for maintenance

Certified Quality
with an impressive portfolio

Big difference in the Quality of manufacturing, control and outcome

Tesar is proud to claim fully approved CESI Laboratory and an impressive portfolio of routine, type and special tests, following the IEC standards in force or by other methods agreed with the client.

The Tesar instruments are always monitored and kept fully calibrated. Calibration certificates available upon request. Tesar is qualified to ISO 9001, ISO 14001 and OHSAS 18001 standards.



Certified to the latest standards

E - C - F Classes

Tesar Cast resin transformers in all climates.

IEC 60076-11 imposed the transformers to be certified for environmental, climatic and fire classes. Tesar, one of the very first worldwide, to pass all off the classes, in 2004, E2 - C2 - F1.

Environmental Class E

- E2: The transformer is exposed to considerable. Condensation and heavy contamination / pollution or both
- E3: The transformer is suitable for installation where the most severe environmental conditions are foreseen, extending the limits specified by class E2

Climatic Class C

- C2: Storage, transportation and operation of the transformer is possible upto -25°C
- Tesar went beyond class C2 by testing the transformer at -50°C, proving it to be suitable for extreme climates

Fire Behavior Class F

F1: The transformer is used in an environment where a fire hazard is possible, so it is compulsory to offer a reduced risk of flammability. A transformer fire must be extinguishing by the transformer.





Tesar Transformer during climate test

Beyond the standards

Innovative, efficient and confidedntal

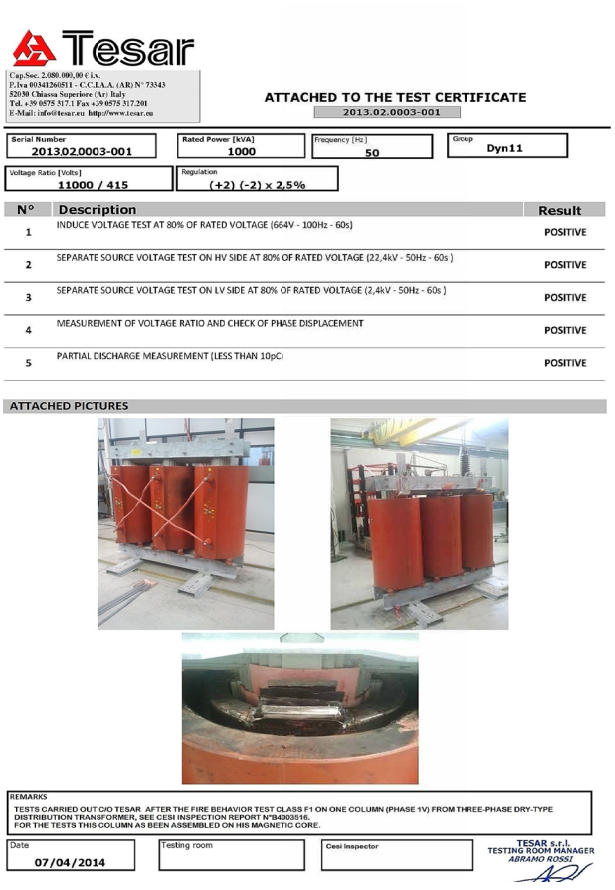
Beyond F1 test

Studying and testing the behavior of a transformer after the F1 (Fire) test, the result was positive: after a fire event, a Tesar transformer is in a condition to run without any problems.

Electromagnetic Analysis

The level of electromagnetic emission of electrical equipment must be kept under control in respect of the limit, imposed by law and above all the health of the people working or living in the surrounding area of the equipment. Tesar transformers not only fulfill the limit of 10 uT imposed by the DPCM regulation of 08.07.2003.

But the intensity of magnetic field can be additionally reduced by equipping the transformer with a metal enclosure.



Tesar

Cap.Soc. 2.080.000,00 € i.v.
P. Iva 01341260511 - C.C.I.A.A. (AR) N° 73343
52030 Chiusa Sperlore (Ar) Italy
Tel. +39 0575 317.1 Fax +39 0575 317.201
E-Mail: info@tesar.eu http://www.tesar.eu

ATTACHED TO THE TEST CERTIFICATE
2013.02.0003-001

Serial Number	Rated Power [kVA]	Frequency [Hz]	Group
2013.02.0003-001	1000	50	Dyn11

Voltage Ratio [Volts]	Regulation
11000 / 415	(+2) (-2) x 2,5%

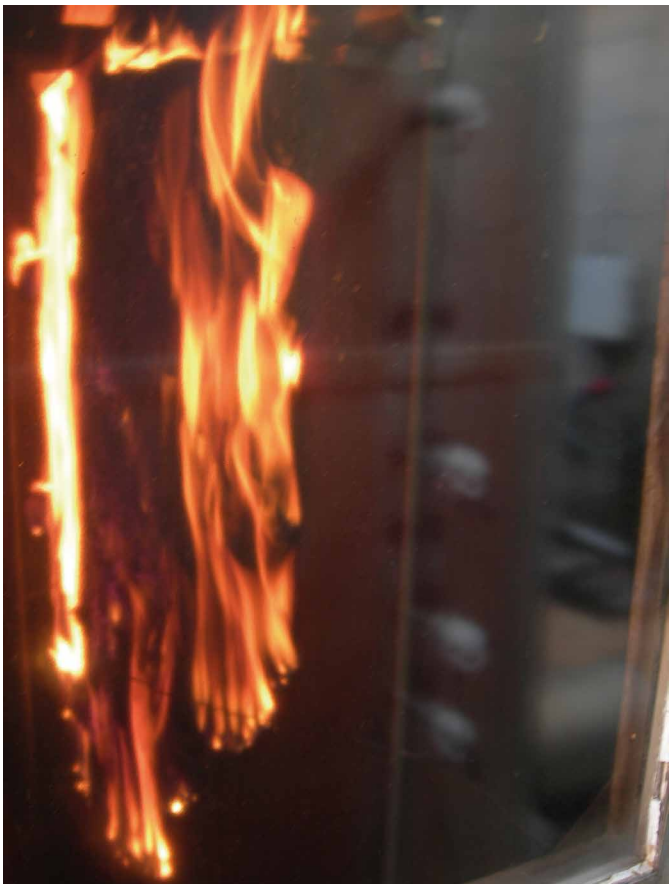
N°	Description	Result
1	INDUCE VOLTAGE TEST AT 80% OF RATED VOLTAGE (664V - 100Hz - 60s)	POSITIVE
2	SEPARATE SOURCE VOLTAGE TEST ON HV SIDE AT 80% OF RATED VOLTAGE (22,4kV - 50Hz - 60s)	POSITIVE
3	SEPARATE SOURCE VOLTAGE TEST ON LV SIDE AT 80% OF RATED VOLTAGE (2,4kV - 50Hz - 60s)	POSITIVE
4	MEASUREMENT OF VOLTAGE RATIO AND CHECK OF PHASE DISPLACEMENT	POSITIVE
5	PARTIAL DISCHARGE MEASUREMENT (LESS THAN 10pC)	POSITIVE

ATTACHED PICTURES

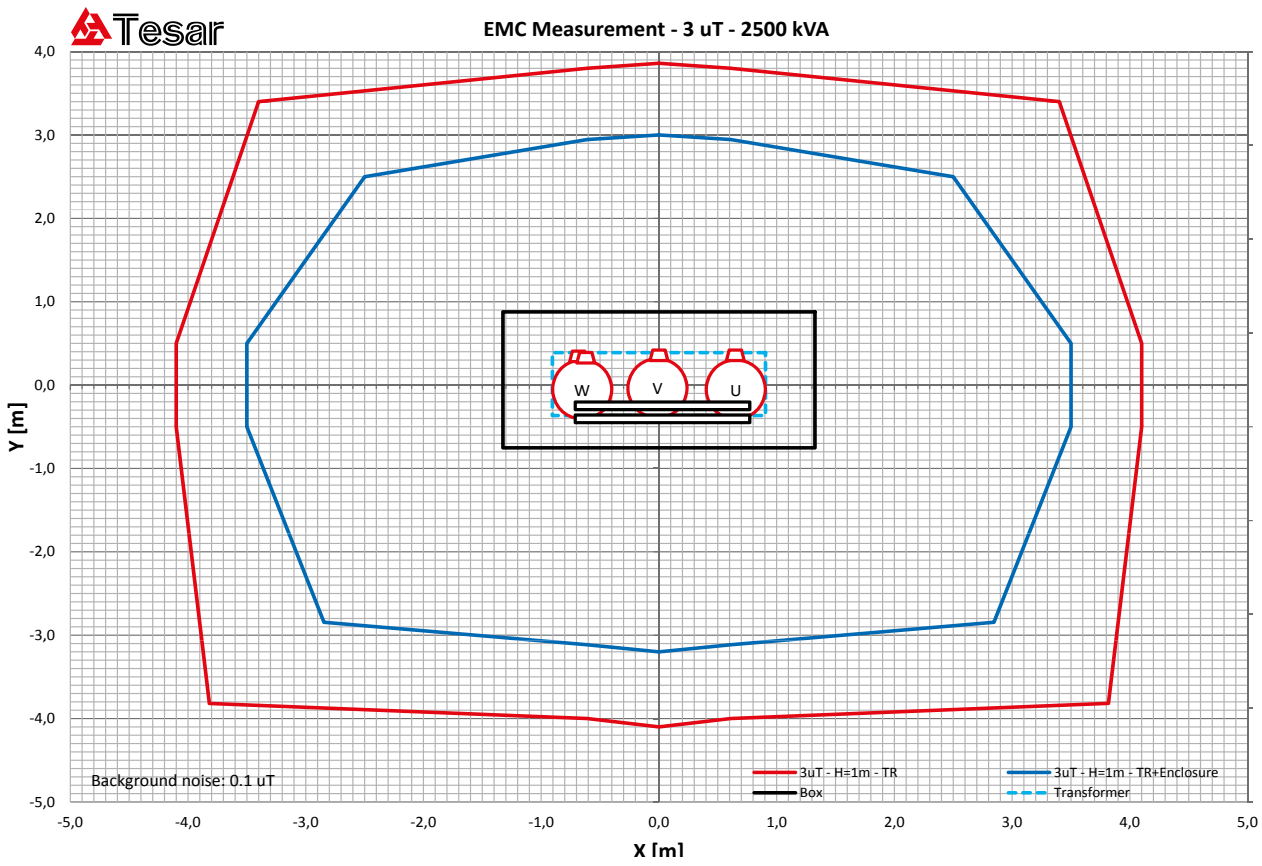
REMARKS
TESTS CARRIED OUT C/O TESAR AFTER THE FIRE BEHAVIOR TEST CLASS F1 ON ONE COLUMN (PHASE 1V) FROM THREE-PHASE DRY-TYPE DISTRIBUTION TRANSFORMER, SEE CESI INSPECTION REPORT N°B4003516.
FOR THE TESTS THIS COLUMN AS BEEN ASSEMBLED ON HIS MAGNETIC CORE.

Date	Testing room	Cesi Inspector	
07/04/2014			TESAR s.r.l. TESTING ROOM MANAGER ABRAMO ROSSI

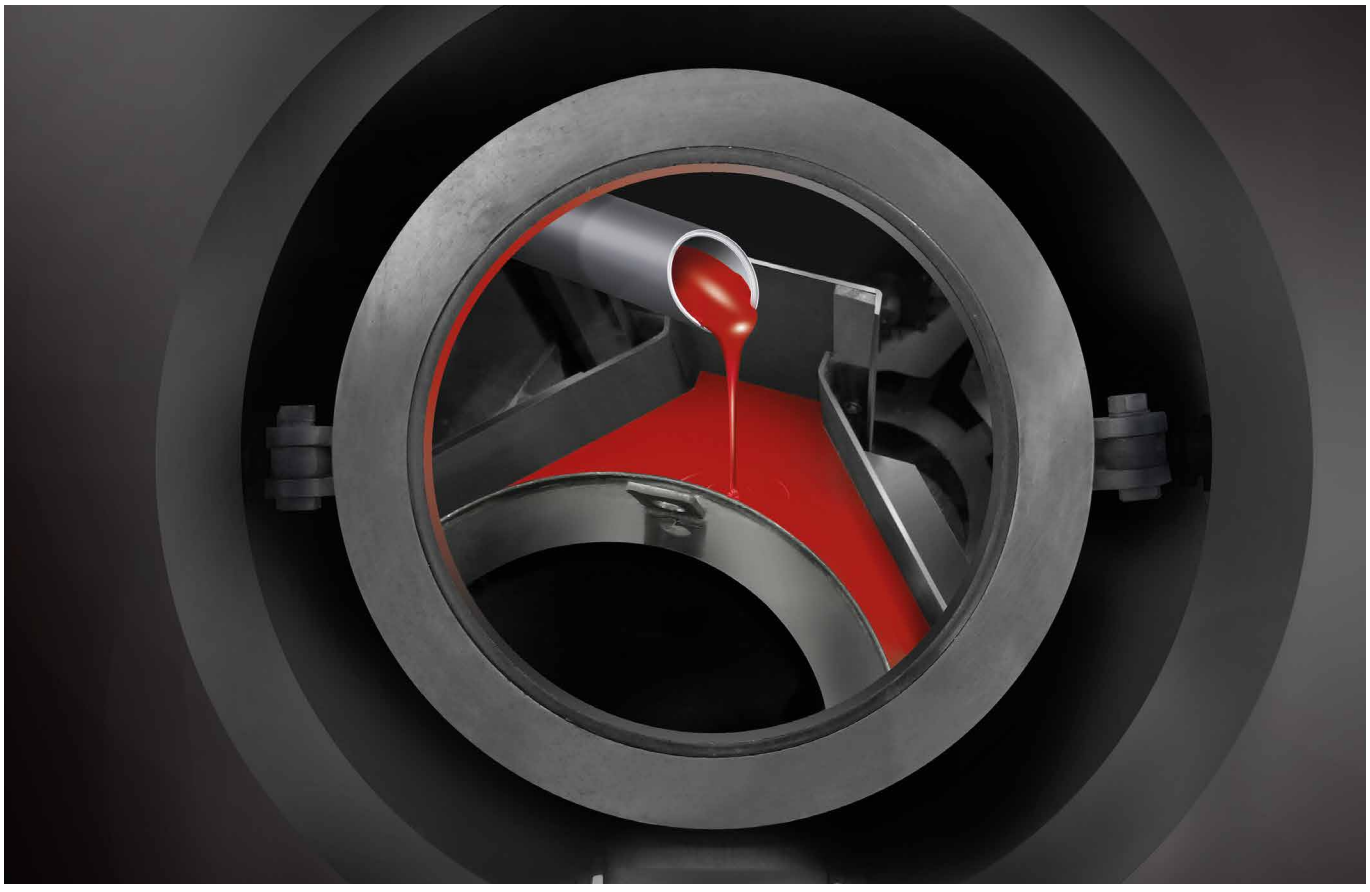
Cesi Certificate



Fire behaviour



Electromagnetic Analysis



Highest Quality

Smart String Inverter



inter solar award 2019 WINNER

Mayores ingresos

Eficiencia máxima del 98,65 %

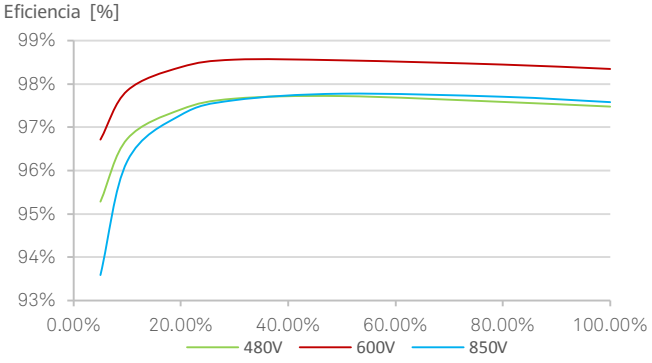
Fácil y sencillo

25 kg

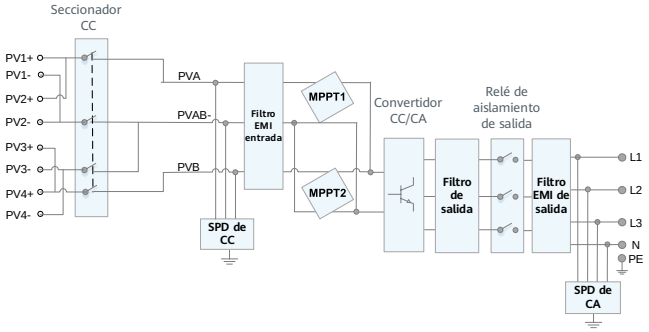
Seguro y fiable

Protección contra arco eléctrico

Curva de eficiencia



Circuit Diagram



SUN2000-12/15/17/20KTL-M0

Especificaciones técnicas

Especificaciones técnicas	SUN2000 -12KTL-M0	SUN2000 -15KTL-M0	SUN2000 -17KTL-M0	SUN2000 -20KTL-M0
Eficiencia				
Máxima eficiencia	98.50%	98.65%	98.65%	98.65%
Eficiencia europea ponderada	98.00%	98.30%	98.30%	98.30%
Entrada				
Entrada DC máxima recomendada	24,000 Wp	26,880 Wp	26,880 Wp	26,880 Wp
Tensión máxima de entrada [1]	1,080 V			
Rango de tensión de operación [2]	160 V ~ 950 V			
Tensión de arranque	200 V			
Tensión nominal de entrada	600 V			
Intensidad de entrada máxima por MPPT	22 A			
Intensidad de cortocircuito máxima	30 A			
Cantidad de rastreadores MPP	2			
Cantidad máxima de entradas por MPPT	2			
Salida				
Conexión a red eléctrica	Tres fases			
Potencia nominal activa de CA	12,000 W	15,000 W	17,000 W	20,000 W
Máx. potencia aparente de CA	13,200 VA	16,500 VA	18,700 VA	22,000 VA
Tensión nominal de Salida	220 Vac / 380 Vac, 230 Vac / 400 Vac, 3W + N + PE			
Frecuencia nominal de red de CA	50 Hz / 60 Hz			
Máx. intensidad de salida	20 A	25.2 A	28.5 A	33.5 A
Factor de potencia ajustable	0,8 capacitivo ... 0,8 inductivo			
Máx. distorsión armónica total	≤ 3 %			
Características y protecciones				
Dispositivo de desconexión del lado de entrada	Sí			
Protección anti-isla	Sí			
Protección contra sobreintensidad de CA	Sí			
Protección contra cortocircuito de CA	Sí			
Protección contra sobretensión de CA	Sí			
Protección contra polaridad inversa CC	Sí			
Protección contra descargas atmosféricas CC [3]	Sí			
Protección contra descargas atmosféricas CA [3]	Sí			
Monitorización de corriente residual	Sí			
Protección contra fallas de arco	Sí			
Control del receptor Ripple	Sí			
Datos generales				
Rango de temperatura de operación	-25 ~ + 60 °C (Derating por encima de 45 ° C @ Potencia nominal de salida)			
Humedad de operación relativa	0 % RH ~ 100% RH			
Altitud de operación	0 - 4,000 m (disminución de la capacidad eléctrica a partir de los 2,000 m)			
Ventilación	Convección natural			
Pantalla	LED Indicators			
Comunicación	Indicadores LED; Aplicación WLAN + FusionSolar integrada			
Peso (incluida ménsula de montaje)	25 kg			
Dimensiones (incluida ménsula de montaje)	525 x 470 x 262 mm			
Grado de protección	IP65			
Cumplimiento de estándares (más opciones disponibles previa solicitud)				
Seguridad	EN/IEC 62109-1, EN/IEC 62109-2			
Estándares de conexión a red eléctrica	G98, G99, EN 50438, CEI 0-21, CEI 0-16, VDE-AR-N-4105, VDE-AR-N-4110, AS 4777, C10/11, ABNT, UTE C15-712, RD 1699, RD 661, PO 12.3, TOR D4, NRS 097-2-1, IEC61727, IEC62116, DEWA 2.0			

* 1 The maximum input voltage is the upper limit of the DC voltage. Any higher input DC voltage would probably damage inverter.
* 2 Any DC input voltage beyond the operating voltage range may result in inverter improper operating.
* 3 Compatible TYPE II protection class according to EN / IEC 61643-11

PRETENSADOS DURAN

SOLARBLOC®

SOLARBLOC® CUBIERTAS Y SUPERFICIES PLANAS

SOPORTE PREFABRICADO DE HORMIGÓN PARA PANELES SOLARES

DIMENSIONES(mm.)

NOMINALES	REALES	TOLERANCIA
Largo=900 Ancho=150 Alto=340	Largo=900 Ancho=150 Alto=338	Largo=+5-5 Ancho=+5-5 Alto=+5-5

CARACTERISTICAS

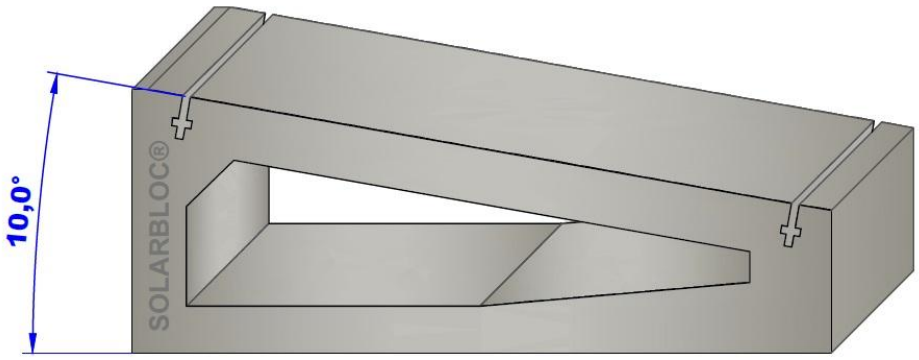
***SISTEMA DE MONTAJE PV DE UN SOLO COMPONENTE.**

***SOPORTE AUTO-LASTRADO, FABRICADO EN HORMIGÓN.**

***FIJACIÓN DEL PANEL, MEDIANTE CARRIL INCORPORADO AL SOPORTE Y TORNILLERÍA.**

***DATOS TECNICOS:**

INCLINACIÓN SOPORTE= 10º
COMPOSICIÓN= HM-30 Reforzado con fibra de vidrio.
PESO= 50 Kg.
VOLUMEN APARENTE= 0,03519 m3
DENSIDAD APARENTE (Kg/m3)= 1421±10%
DENSIDAD HORMIGÓN (Kg/m3)= 2300±10%
ABSORCIÓN DE AGUA POR CAPILARIDAD (g/m^2xs)= ≤3
DURABILIDAD= Satisfactorio
UD/PALET= 24
COLORES= Gris



Centro de producción:
Fábrica: Carretera de Valverde, Km.5,200 C.P.06010 (Badajoz)
Teléfono 924 268 116 – Fax 924 268 932
Oficina: C/ Juan Ignacio Rodríguez Marco, 1-A Teléfono 924 224 203

SOLARBLOC® es un producto diseñado, desarrollado, fabricado y registrado por PRETENSADOS DURÁN S.L. **WWW.SOLARBLOC.ES**

PRETENSADOS DURAN

SOLARBLOC®

SOLARBLOC® CUBIERTAS Y SUPERFICIES PLANAS

SOPORTE PREFABRICADO DE HORMIGÓN PARA PANELES SOLARES

DIMENSIONES(mm.)

NOMINALES	REALES	TOLERANCIA
Largo=900 Ancho=150 Alto=350	Largo=900 Ancho=150 Alto=354	Largo=+5-5 Ancho=+5-5 Alto=+5-5

CARACTERISTICAS

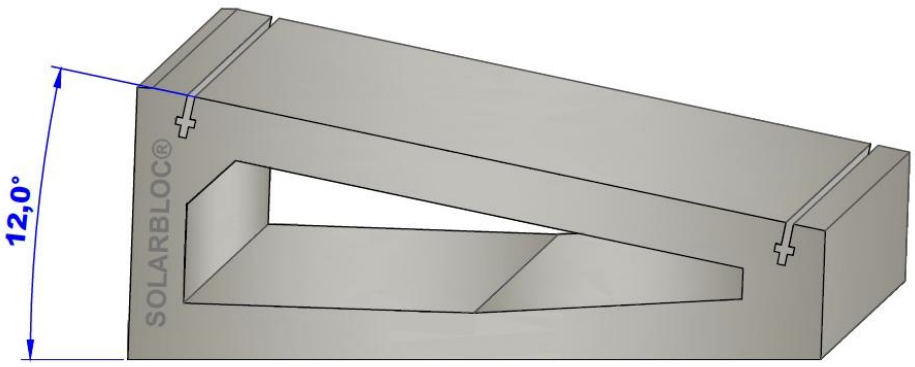
***SISTEMA DE MONTAJE PV DE UN SOLO COMPONENTE.**

***SOPORTE AUTO-LASTRADO, FABRICADO EN HORMIGÓN.**

***FIJACIÓN DEL PANEL, MEDIANTE CARRIL INCORPORADO AL SOPORTE Y TORNILLERÍA.**

***DATOS TECNICOS:**

INCLINACIÓN SOPORTE= 12º
COMPOSICIÓN= HM-30 Reforzado con fibra de vidrio.
PESO= 50 Kg.
VOLUMEN APARENTE= 0,03519 m3
DENSIDAD APARENTE (Kg/m3)= 1421±10%
DENSIDAD HORMIGÓN (Kg/m3)= 2300±10%
ABSORCIÓN DE AGUA POR CAPILARIDAD (g/m^2xs)= ≤3
DURABILIDAD= Satisfactorio
UD/PALET= 24
COLORES= Gris



Centro de producción:
Fábrica: Carretera de Valverde, Km.5,200 C.P.06010 (Badajoz)
Teléfono 924 268 116 – Fax 924 268 932
Oficina: C/ Juan Ignacio Rodríguez Marco, 1-A Teléfono 924 224 203

SOLARBLOC® es un producto diseñado, desarrollado, fabricado y registrado por PRETENSADOS DURÁN S.L. **WWW.SOLARBLOC.ES**

PRETENSADOS DURAN

SOLARBLOC®

SOLARBLOC® CUBIERTAS Y SUPERFICIES PLANAS

SOPORTE PREFABRICADO DE HORMIGÓN PARA PANELES SOLARES

DIMENSIONES(mm.)

NOMINALES	REALES	TOLERANCIA
Largo=900 Ancho=150 Alto=380	Largo=903 Ancho=150 Alto=377	Largo=+5-5 Ancho=+5-5 Alto=+5-5

CARACTERISTICAS

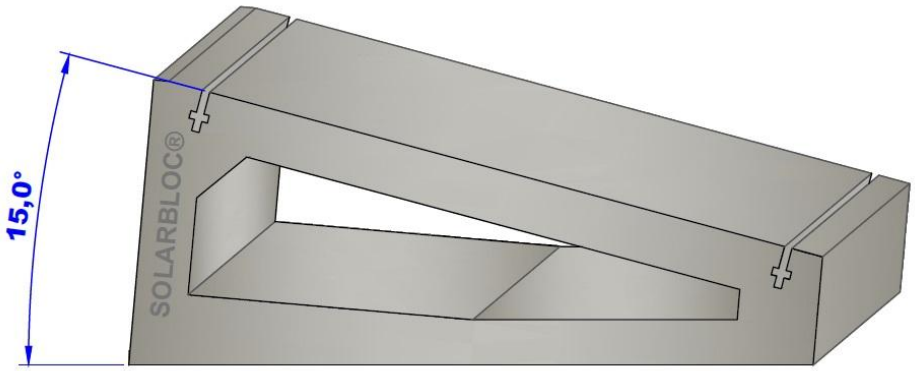
***SISTEMA DE MONTAJE PV DE UN SOLO COMPONENTE.**

***SOPORTE AUTO-LASTRADO, FABRICADO EN HORMIGÓN.**

***FIJACIÓN DEL PANEL, MEDIANTE CARRIL INCORPORADO AL SOPORTE Y TORNILLERÍA.**

***DATOS TECNICOS:**

INCLINACIÓN SOPORTE= 15º
COMPOSICIÓN= HM-30 Reforzado con fibra de vidrio.
PESO= 50 Kg.
VOLUMEN APARENTE= 0,03519 m3
DENSIDAD APARENTE (Kg/m3)= 1421±10%
DENSIDAD HORMIGÓN (Kg/m3)= 2300±10%
ABSORCIÓN DE AGUA POR CAPILARIDAD (g/m^2xs)= ≤3
DURABILIDAD= Satisfactorio
UD/PALET= 24
COLORES= Gris



Centro de producción:
Fábrica: Carretera de Valverde, Km.5,200 C.P.06010 (Badajoz)
Teléfono 924 268 116 – Fax 924 268 932
Oficina: C/ Juan Ignacio Rodríguez Marco, 1-A Teléfono 924 224 203

SOLARBLOC® es un producto diseñado, desarrollado, fabricado y registrado por PRETENSADOS DURÁN S.L. **WWW.SOLARBLOC.ES**

PRETENSADOS DURAN

SOLARBLOC®

SOLARBLOC® CUBIERTAS Y SUPERFICIES PLANAS

SOPORTE PREFABRICADO DE HORMIGÓN PARA PANELES SOLARES

DIMENSIONES(mm.)

NOMINALES	REALES	TOLERANCIA
Largo=900 Ancho=140 Alto=420	Largo=909Ancho=140 Alto=416	Largo=+5-5 Ancho=+5-5 Alto=+5-5

CARACTERISTICAS

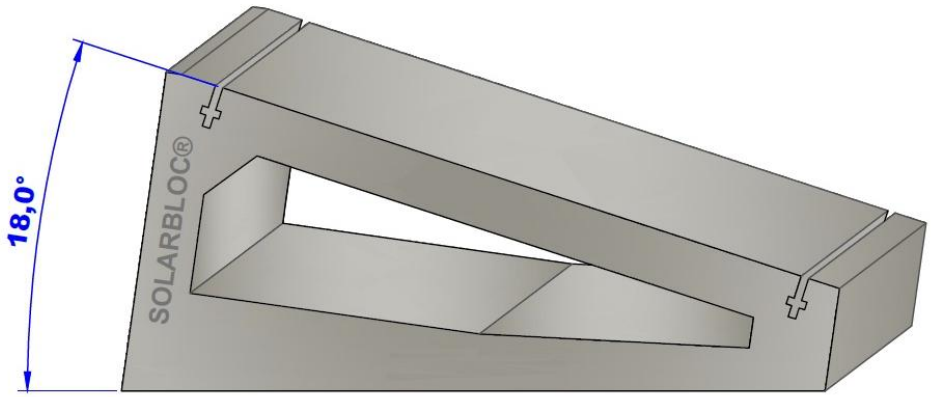
***SISTEMA DE MONTAJE PV DE UN SOLO COMPONENTE.**

***SOPORTE AUTO-LASTRADO, FABRICADO EN HORMIGÓN.**

***FIJACIÓN DEL PANEL, MEDIANTE CARRIL INCORPORADO AL SOPORTE Y TORNILLERÍA.**

***DATOS TECNICOS:**

INCLINACIÓN SOPORTE= 18º
COMPOSICIÓN= HM-30 Reforzado con fibra de vidrio.
PESO= 50 Kg.
VOLUMEN APARENTE= 0,03322 m3
DENSIDAD APARENTE (Kg/m3)= 1505±10%
DENSIDAD HORMIGÓN (Kg/m3)= 2300±10%
ABSORCIÓN DE AGUA POR CAPILARIDAD (g/m^2xs)= ≤3
DURABILIDAD= Satisfactorio
UD/PALET= 24
COLORES= Gris



Centro de producción:
Fábrica: Carretera de Valverde, Km.5,200 C.P.06010 (Badajoz)
Teléfono 924 268 116 – Fax 924 268 932
Oficina: C/ Juan Ignacio Rodríguez Marco, 1-A Teléfono 924 224 203

SOLARBLOC® es un producto diseñado, desarrollado, fabricado y registrado por PRETENSADOS DURÁN S.L. **WWW.SOLARBLOC.ES**



SunPower® X-Series Commercial Solar Panels | X21-345-COM

More than 21% Efficiency

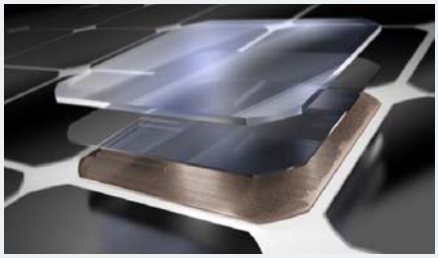
Captures more sunlight and generates more power than conventional panels.

Maximum Performance

Designed to perform in demanding real-world conditions of high temperatures, partial shade from overhead wires, and low light.[1]

Commercial Grade

Intended for commercial sites where maximum energy production is critical.



Maxeon® Solar Cells: Fundamentally better
Engineered for performance, designed for reliability.

Engineered for Peace of Mind

Designed to deliver consistent, trouble-free energy over a very long lifetime.[2]

Designed for Reliability

The SunPower Maxeon solar cell is the only cell built on a solid metal foundation. Virtually impervious to the corrosion and cracking that degrade conventional panels.

Same excellent durability as E-Series panels. #1 Rank in Fraunhofer durability test.[3]

High Performance & Excellent Reliability



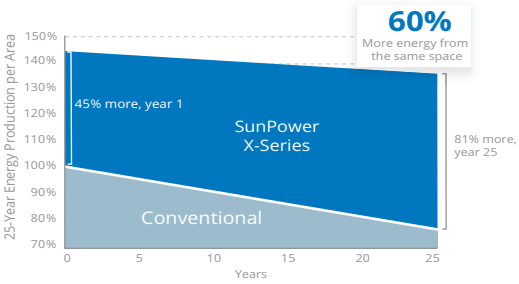
SPR-X21-345-COM

X21 SERIES

High Efficiency

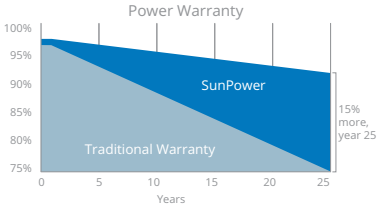
Generate more energy per square foot

More energy to power your operations. X-Series commercial systems convert more sunlight to electricity by producing 45% more energy in the first year. This advantage increases over time, producing 60% more energy over the first 25 years to meet your needs. [1]

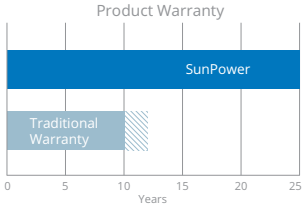


Best Reliability, Best Warranty

A better warranty starts with a better product. Proven performance backs up our industry-best coverage, including out warranted 0.25% per year degradation rate. [4]



More guaranteed power: 98% for first year, –0.25%/yr. to year 25



Combined Power and Product defect 25-year coverage

SUNPOWER®



SunPower® X-Series Commercial Solar Panels | X21-345-COM

Electrical Data		
	SPR-X21-345-COM	SPR-X20-327-COM
Nominal Power (Pnom)[5]	345 W	327 W
Power Tolerance	+5/−3%	+5/−3%
Avg. Panel Efficiency[6]	21.5%	20.3%
Rated Voltage (Vmpp)	57.3 V	57.3 V
Rated Current (Impp)	6.02 A	5.71 A
Open-Circuit Voltage (Voc)	68.2 V	67.6 V
Short-Circuit Current (Isc)	6.39 A	6.07 A
Max. System Voltage	1000 V UL & 1000 V IEC	
Maximum Series Fuse	15 A	
Power Temp Coef.	−0.29% / ° C	
Voltage Temp Coef.	−167.4 mV / ° C	
Current Temp Coef.	2.9 mA / ° C	

Tests And Certifications	
Standard Tests[7]	UL1703 (Type 2 Fire Rating), IEC 61215, IEC 61730
Management System Certs	ISO 9001:2015, ISO 14001:2015
EHS Compliance	RoHS, OHSAS 18001:2007, lead free, REACH SVHC-163, PV Cycle
Sustainability	Cradle to Cradle Certified™ Silver (contributes to LEED categories)[8]
Ammonia Test	IEC 62716
Desert Test	10.1109/PVSC.2013.6744437
Salt Spray Test	IEC 61701 (maximum severity)
PID Test	1000V: IEC62804, PVEL 600hr duration
Available Listings	UL, TUV, CEC

Operating Condition And Mechanical Data	
Temperature	−40° F to +185° F (−40° C to +85° C)
Impact Resistance	1 inch (25 mm) diameter hail at 52 mph (23 m/s)
Appearance	Class B
Solar Cells	96 Monocrystalline Maxeon Gen III
Tempered Glass	High-transmission tempered anti-reflective
Junction Box	IP-65, MC4 Compatible
Weight	41 lbs (18.6 kg)
Max. Load	Wind: 50 psf, 2400 Pa front & back Snow: 112 psf, 5400 Pa front
Frame	Class 2 silver anodized; stacking pins

REFERENCES:

1 SunPower 360W compared to a Conventional Panel on same sized arrays (260W, 16% efficient, approx. 1.6 m2), 4% more energy per watt (based on 3pty module characterization and PVSim), 0.75%/yr slower degradation (Campeau, Z. et al. "SunPower Module Degradation Rate," SunPower white paper, 2013).

2 "SunPower Module 40-Year Useful Life" SunPower white paper, May 2015. Useful life is 99 out of 100 panels operating at more than 70% of rated power.

3 X-Series same as E-Series, 5 of top 8 panel manufacturers tested in 2013 report, 3 additional panels in 2014. Ferrara, C., et al. "Fraunhofer PV Durability Initiative for Solar Modules: Part 2". Photovoltaics International, 2014.

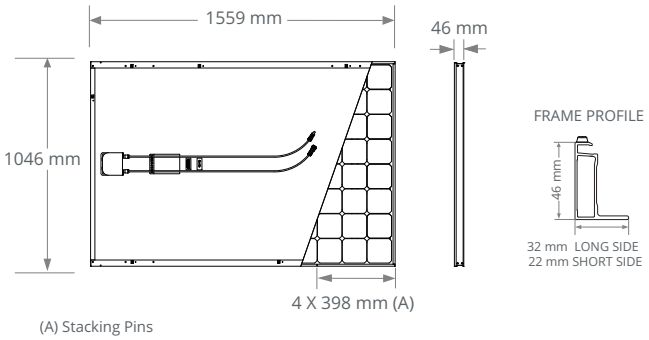
4 See us.sunpower.com/home-solar-system-warranty/ for more details.

5 Standard Test Conditions (1000 W/m² irradiance, AM 1.5, 25° C). NREL calibration Standard: SOMS current, LACCS FF and Voltage.

6 Based on average of measured power values during production.

7 Type 2 fire rating per UL1703:2013, Class C fire rating per UL1703:2002.

8 See salesperson for details.



(A) Stacking Pins

Please read the safety and installation guide.

Document # 505700 Rev G /LTR_US

©September 2017 SunPower Corporation. All rights reserved. SUNPOWER, the SUNPOWER logo, MAXEON and Helix are trademarks or registered trademarks of SunPower Corporation. Specifications included in this datasheet are subject to change without notice.

SUNPOWER®