

UNIVERSIDAD MIGUEL HERNÁNDEZ DE ELCHE  
ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE ELCHE  
MÁSTER EN INGENIERÍA INDUSTRIAL



"INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE BAJA  
TENSIÓN E INSTALACIÓN DE  
PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS EN  
ALMACÉN DE PRODUCTOS QUÍMICOS"

TRABAJO FIN DE MÁSTER

Septiembre - 2023

AUTOR: Alfonso Albacete Caravaca

DIRECTOR/ES: Juan Manuel Sánchez Eugenio



## **RESUMEN**

### **INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE BAJA TENSIÓN E INSTALACIÓN DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS EN ALMACÉN DE PRODUCTOS QUÍMICOS.**

En este proyecto se llevará a cabo el cálculo de la instalación eléctrica, la clasificación y evaluación de las necesidades del sistema de protección contra incendios en un almacén destinado exclusivamente al almacenamiento de los productos químicos Acetamida y Dipropilenglicol.

Este almacén, que almacena productos químicos, está sujeto a regulaciones altamente específicas, como el RD 656/17, de 23 de junio, que establece los requisitos y condiciones para el almacenamiento seguro de estos productos químicos. En lo que respecta a la instalación eléctrica, se ha tenido en cuenta el cumplimiento del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión y las Instrucciones Técnicas Complementarias (Real Decreto 842/2002 de 2 de agosto de 2002), con la consideración de que este almacén está clasificado. Por lo tanto, todos los equipos o sistemas eléctricos utilizados en su interior deben cumplir con las adecuadas normativas de protección ATEX.

El proyecto se divide en siete secciones distintas. Comienza con una memoria que proporciona una visión general del almacén, la instalación eléctrica y las medidas de prevención de incendios. Luego se procede con cálculos que respaldan las decisiones tomadas, un pliego de condiciones, mediciones, presupuesto, planos y bibliográficas.

### **LOW VOLTAGE ELECTRICAL INSTALLATION AND FIRE PROTECTION INSTALLATION IN CHEMICAL WAREHOUSE.**

In this project, the electrical installation calculation, classification and evaluation of the needs of the fire protection system in a warehouse intended exclusively for the storage of the chemical products Acetamide and Dipropylene glycol will be carried out. This chemical storage facility is subject to highly specific regulations, such as RD 656/17, dated June 23, which stipulates the requirements and conditions for the safe storage of chemical products.

Regarding the electrical installation, compliance with the Low Voltage Electrotechnical Regulation and Complementary Technical Instructions (Royal Decree 842/2002 of August 2, 2002) has been taken into account, considering that this is a classified warehouse. Therefore, all electrical equipment or systems used inside must adhere to appropriate ATEX protection standards.

The project is divided into seven sections. It begins with a report providing a general description of the warehouse, the electrical installation, and fire protection measures. It then proceeds with supporting calculations, a specification sheet, measurements, a budget, plans, and bibliography.

## ÍNDICE

### Índice

1. MEMORIA.....	10
1.1. Antecedentes .....	10
1.2. Objeto del proyecto .....	10
1.2.1. Descripción general de la industria e instalación que se proyecta	11
1.3. Reglamentos y disposiciones oficiales .....	11
1.4. Titular de la instalación; nombre y domicilio social .....	12
1.5. Situación y emplazamiento .....	12
1.6. Clasificación y características de las instalaciones .....	13
1.6.1. Prescripciones específicas adoptadas según riesgo de las dependencias de la industria.....	13
1.6.1.1. Locales con riesgo de incendio y explosión, según la ITC- BT-29. Emplazamiento, zonificación y modos de protección.....	13
1.7. Iluminación del almacén.....	24
1.8. Instalación eléctrica.....	28
1.8.1. Alcance .....	28
1.8.2. Clasificación de emplazamientos.....	28
1.8.3. Acometida.....	29
1.8.4. Instalaciones de enlace. ....	30
1.8.5. Caja de protección y medida. ....	30
1.8.6. Derivación individual.....	31
1.8.7. Dispositivos generales e individuales de mando y protección .....	32
1.8.8. Instalaciones interiores .....	34
1.8.9. Selección de equipos eléctricos.....	34
1.8.10. Conductores. ....	34
1.8.11. Identificación de conductores .....	35
1.8.12. Subdivisión de las instalaciones.....	36
1.8.13. Equilibrado de cargas.....	36
1.8.14. Resistencia de aislamiento y rigidez dieléctrica .....	36
1.8.15. Conexiones .....	37
1.8.16. Sistemas de instalación.....	37
1.8.16.1. Prescripciones Generales .....	37
1.8.17. Protección contra sobrecargas .....	44
1.8.18. Protección contra sobretensiones .....	45

1.8.18.1.	Categorías de las sobretensiones .....	45
1.8.18.2.	Medidas para el control de las sobretensiones .....	46
1.8.19.	Selección de los materiales en la instalación .....	47
1.8.20.	Protección contra contactos directos e indirectos .....	47
1.8.21.	Protección contra contactos directos .....	47
1.8.22.	Protección contra contactos indirectos .....	48
1.8.23.	Puestas a tierra .....	49
1.8.24.	Uniones a tierra .....	50
1.8.25.	Conductores de equipotencialidad .....	52
1.8.26.	Resistencia de las tomas de tierra .....	53
1.8.27.	Tomas de tierra independientes .....	53
1.8.28.	Separación entre las tomas de tierra de las masas de las instalaciones de utilización y de las masas de un centro de transformación	53
1.8.29.	Revisión de las tomas de tierra .....	54
1.8.30.	Receptores de alumbrado .....	55
1.8.31.	Receptores a motor .....	56
1.9.	Protección Contra incendios .....	57
1.9.1.	Características constructivas .....	57
1.9.2.	Requisitos de las instalaciones de protección contra incendios en establecimientos industriales .....	69
2.	CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS .....	86
2.1.	Cálculo de la instalación eléctrica .....	86
2.1.1.	Cuadro general de mando y protección .....	86
2.1.2.	Demanda de potencias - esquema de distribución .....	89
2.1.3.	Cálculo de la acometida .....	90
2.1.4.	Cálculo de la derivación individual .....	90
3.	PLIEGO DE CONDICIONES .....	100
3.1.	Condiciones Facultativas .....	100
3.1.1.	Técnico director de obra .....	100
3.1.2.	Constructor o instalador .....	101
3.1.3.	Verificación de los documentos del proyecto .....	101
3.1.4.	Plan de seguridad y salud en el trabajo .....	102
3.1.5.	Presencia del constructor o instalador en la obra .....	102
3.1.6.	Trabajos no estipulados expresamente .....	102
3.1.7.	Interpretaciones, aclaraciones y modificaciones de los documentos del proyecto .....	103
3.1.8.	Reclamaciones contra las órdenes de la dirección facultativa .....	103

3.1.9.	Faltas de personal .....	104
3.1.10.	Caminos y accesos .....	104
3.1.11.	Replanteo .....	104
3.1.12.	Comienzo de la obra. Ritmo de ejecución de los trabajos.....	105
3.1.13.	Orden de los trabajos .....	105
3.1.14.	Facilidades para otros contratistas.....	105
3.1.15.	Ampliación del proyecto por causas imprevistas o de fuerza mayor	105
3.1.16.	Prórroga por causa de fuerza mayor.....	106
3.1.17.	Responsabilidad de la dirección facultativa en el retraso de la obra	106
3.1.18.	Condiciones generales de ejecución de los trabajos.....	106
3.1.19.	Obras ocultas .....	106
3.1.20.	Trabajos defectuosos .....	107
3.1.21.	Vicios ocultos .....	107
3.1.22.	De los materiales y los aparatos. Su procedencia.....	108
3.1.23.	Materiales no utilizables .....	108
3.1.24.	Gastos ocasionados por pruebas y ensayos.....	108
3.1.25.	Limpieza de las obras.....	108
3.1.26.	Documentación final de la obra .....	109
3.1.27.	Plazo de garantía .....	109
3.1.28.	Conservación de las obras recibidas provisionalmente.....	109
3.1.29.	De la recepción definitiva .....	109
3.1.30.	Prórroga del plazo de garantía .....	110
3.1.31.	De las recepciones de trabajos cuya contrata haya sido rescindida.....	110
3.2.	Condiciones Económicas .....	110
3.2.1.	Composición de los precios unitarios .....	110
3.2.2.	Precio de contrata. Importe de contrata.....	111
3.2.3.	Precios contradictorios .....	112
3.2.4.	Reclamaciones de aumento de precios por causas diversas. ....	112
3.2.5.	De la revisión de los precios contratados .....	112
3.2.6.	Acopio de materiales .....	113
3.2.7.	Responsabilidad del constructor o instalador en el bajo rendimiento de los trabajadores.....	113
3.2.8.	Relaciones valoradas y certificaciones .....	113
3.2.9.	Mejoras de obras libremente ejecutadas .....	114
3.2.10.	Abono de trabajos presupuestados con partidaalzada.....	115

3.2.11.	Pagos .....	115
3.2.12.	Importe de la indemnización por retraso no justificado en el plazo de terminación de las obras .....	116
3.2.13.	Demora de los pagos .....	116
3.2.14.	Mejoras y aumentos de obra. Casos contrarios .....	116
3.2.15.	Unidades de obra defectuosas pero aceptables .....	117
3.2.16.	Seguro de las obras .....	117
3.2.17.	Conservación de la obra.....	118
3.2.18.	Uso por el contratista del edificio o bienes del propietario.....	118
3.3.	Condiciones Técnicas para la ejecución y montaje de instalaciones eléctricas en baja tensión .....	119
3.3.1.	Condiciones generales .....	119
3.3.2.	Canalizaciones eléctricas .....	119
3.3.3.	Conductores .....	135
3.3.4.	Cajas de empalme.....	138
3.3.5.	Mecanismos y tomas de corriente .....	138
3.3.6.	Aparamenta de mando y protección .....	139
4.	MEDICIONES .....	156
4.1.	Medición general.....	156
4.1.1.	Medición de cables .....	156
4.1.2.	Medición de tubos.....	156
4.1.3.	Medición de magnetotérmicos, interruptores automáticos y fusibles	157
4.1.4.	Medición de diferenciales .....	157
4.1.5.	Medición de protecciones línea general alimentación y derivación individual .....	157
4.2.	Medición por subcuadros .....	157
4.2.1.	Medición de magnetotérmicos, interruptores automáticos y fusibles	157
4.2.2.	Medición de diferenciales .....	157
5.	PRESUPUESTOS.....	158
6.	PLANOS.....	161
7.	BIBLIOGRAFÍA .....	171

## Índice de figuras

<b>Figura 1:</b> Ubicación almacén de productos químicos. ....	13
<b>Figura 2.</b> Luminaria APPLETON.....	26
<b>Figura 3.</b> Distribución luminarias y lux determinados. ....	26
<b>Figura 4.</b> Resultado cálculo iluminación. ....	27
<b>Figura 5.</b> Ejemplo clasificación zonas ATEX. ....	28
<b>Figura 6.</b> Establecimientos tipo C.....	58
<b>Figura 7.</b> Nivel de riesgo intrínseco. ....	60
<b>Figura 8.</b> Máxima superficie construida admisible.....	62
<b>Figura 9.</b> Estabilidad frente al fuego.....	64
<b>Figura 11.</b> Estabilidad frente al fuego en cubiertas.....	64
<b>Figura 12.</b> Distancias mínimas recorridos de evacuación. ....	66
<b>Figura 13.</b> Sistema automático de detección de incendio. ....	70
<b>Figura 14.</b> Sistema manual de detección de incendio. ....	71
<b>Figura 15.</b> Sistema de comunicación de alarma.....	71
<b>Figura 16.</b> Sistema de bombas de impulsión mod. FOC. ....	73
<b>Figura 17.</b> Componentes principales del equipo FOC.....	74
<b>Figura 18.</b> Cálculo grupo de presión contra incendios.....	74
<b>Figura 19.</b> Sistemas de hidrantes exteriores. ....	76
<b>Figura 20.</b> Extintor CLASE B. ....	77
<b>Figura 21.</b> Boca de incendio equipada. ....	79
<b>Figura 22.</b> Sprinkler de agua. ....	81
<b>Figura 23.</b> Alumbrado de emergencia. ....	84
<b>Figura 24.</b> Señales de emergencia.....	84

## Índice de tablas

<b>Tabla 1.</b> Clasificación de zonas de la norma UNE-EN 60079-10.....	20
<b>Tabla 2.</b> Categorías equipos eléctricos.....	22
<b>Tabla 3.</b> Listado de productos.....	23
<b>Tabla 4.</b> Relación temperatura de inflamación con clase de temperatura del material.....	24
<b>Tabla 5.</b> Tabla iluminancias medias.....	24
<b>Tabla 6.</b> Categorías equipos eléctricos.....	34
<b>Tabla 7.</b> Nivel de riesgo intrínseco calculado.....	59
<b>Tabla 8.</b> Materiales de revestimientos.....	62
<b>Tabla 9.</b> Obligación sistema de hidrantes.....	76
<b>Tabla 11.</b> Dotación de extintores.....	77
<b>Tabla 12.</b> Tipo de BIEs a instalar.....	79



## 1. MEMORIA

### 1.1. Antecedentes

A petición de la mercantil CHEMICAL GROUP, S.A. con C.I.F.A36809069 y domicilio social en C/ SAN ANTÓN, nº 87, en Alcantarilla, se pretende realizar la instalación eléctrica de baja tensión e instalación de protección contra incendios de un almacén de productos químicos existente en una parcela industrial en el Polígono Industrial Oeste de San Ginés, en Alcantarilla. La reforma de la nave implica el diseño de la instalación eléctrica completa y la instalación de protección contra incendios con la peculiaridad de que se tendrán que especificar las características de las instalaciones eléctricas y equipos en el local de la nave destinado al almacenamiento de productos químicos.

### 1.2. Objeto del proyecto

El presente proyecto tiene por objeto el diseño y ejecución de la instalación eléctrica y del sistema de protección contra incendios de una nave de almacenamiento de productos químicos en el Polígono Industrial Oeste de San Ginés, en Alcantarilla, y conseguir con ello la autorización administrativa para la puesta en marcha de la misma.

En este documento se va a tratar los siguientes aspectos:

#### **Objetivos generales:**

- Instalación eléctrica del almacén de productos químicos conectada a red.
- Clasificación de las zonas con riesgo de incendio o explosión.
- Instalación de protección contra incendios.
- Sistema de protección contra incendios del almacén de productos químicos.

#### **Objetivos específicos:**

- Determinar potencia total consumida en el almacén.
- Calcular y determinar la instalación eléctrica del almacén conectado a red.
- Determinar las protecciones de cada uno de los circuitos de BT de la instalación.
- Clasificación de zonas con riesgo de incendio y explosión.

- Determinar el material eléctrico a instalar en la zona clasificada con riesgo de incendio y explosión.
- Determinar las instalaciones mínimas de protección contra incendios en locales de riesgos de incendio y explosión.
- Calcular los sistemas de protección contra incendios.
- Análisis económico de la instalación eléctrica y de la instalación contra incendios.
- El estudio de seguridad y salud.

### 1.2.1. Descripción general de la industria e instalación que se proyecta

La industria consiste en una nave destinada a almacenamiento de productos químicos, por lo que se trata de una instalación en la que se deberá tener en cuenta la normativa correspondiente, en nuestro caso esta normativa será el Reglamento de Almacenamiento de Productos Químicos. Debido a la posibilidad de producirse atmósferas inflamables, toda su superficie es un área clasificada y por tanto denominada como local con riesgo de incendio y explosión, implicando condiciones especiales para la instalación eléctrica y los correspondientes equipos eléctricos a instalar.

Los productos químicos estarán dispuestos en envases IBCs y comprenderán con un volumen de 1000 litros, por envase.

Los productos químicos a almacenar serán de dos tipos:

- Acetamida
- Dipropilenglicol

La actividad que se llevará a cabo en el interior de la nave será exclusiva para el almacenamiento de los anteriores productos químicos y por tanto no se realizará ningún tipo de trasiego o trasvase de ningún producto.

### 1.3. Reglamentos y disposiciones oficiales

El presente proyecto recoge las características de los materiales, los cálculos que justifican su empleo y la forma de ejecución de las obras a realizar, dando con ello cumplimiento a las siguientes disposiciones:

- Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión e Instrucciones Técnicas Complementarias (Real Decreto 842/2002 de 2 de agosto de 2002).
- Real Decreto 513/2017, de 22 de mayo, por el que se aprueba el Reglamento de instalaciones de protección contra incendios.

- Real Decreto 656/2017, de 23 de junio, por el que se aprueba el Reglamento de Almacenamiento de Productos Químicos y sus Instrucciones Técnicas Complementarias MIE APQ 0 a 10.
- 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.
- Código Técnico de la Edificación, DB SI sobre Seguridad en caso de incendio.
- Reglamento de Seguridad contra incendios en los establecimientos industriales (Real Decreto 2267/2004 de 3 de diciembre)
- Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales.
- Real Decreto 1627/1997 de 24 de octubre de 1.997, sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras.
- Real Decreto 486/1997 de 14 de abril de 1997, sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.
- Real Decreto 485/1997 de 14 de abril de 1997, sobre Disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.
- Real Decreto 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.
- Real Decreto 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. Titular de la instalación; nombre y domicilio social

**Las instalaciones proyectadas tienen como promotor y propietario a:**

**TITULAR ..... : CHEMICAL GROUP, S.A.**  
**DIRECCIÓN ..... : C/ SAN ANTÓN, 23**  
**POBLACIÓN ..... : ALCANTARILLA**  
**CIF ..... : A36809069**

#### 1.5. Situación y emplazamiento

La edificación industrial destinada a almacenamiento de productos químicos objeto del proyecto está situada en el Polígono industrial Oeste de San Ginés, en Alcantarilla, entre la Avenida del Descubrimiento y la Calle Ecuador, en el municipio de Alcantarilla.

**Figura 1:**Ubicación almacén de productos químicos.



Fuente: Google Maps

## 1.6. Clasificación y características de las instalaciones

1.6.1. Prescripciones específicas adoptadas según riesgo de las dependencias de la industria.

1.6.1.1. Locales con riesgo de incendio y explosión, según la ITC- BT-29.  
Emplazamiento, zonificación y modos de protección

En aplicación de la norma UNE-60079 sobre la clasificación de emplazamientos en atmósferas explosivas de gas, el almacén de productos químicos objeto de este estudio, se ha catalogado como local con riesgo de incendio o explosión y por tanto le será de aplicación la ITC BT 029 de prescripciones particulares para las instalaciones eléctricas de los locales con riesgo de incendio o explosión del (Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión, 2002).

#### 1.6.1.1.1. Alcance

Para los locales caracterizados como locales de riesgo de incendio o explosión se establecen una serie de directrices e instalaciones especiales cuya finalidad no es otra sino la de evitar que, en caso de producirse una atmósfera explosiva, ningún equipo o instalación eléctrica pueda contribuir a la generación de un conato de incendio o una explosión, es decir, la coexistencia entre las instalaciones eléctricas y equipos con atmósferas explosivas.

En el almacén de productos químicos inflamables, al ser catalogado como local con riesgo de incendio o explosión, se establecerán unas normas esenciales en cuanto al diseño, ejecución y mantenimientos atendiendo a las características especiales de las instalaciones eléctricas en zonas clasificadas y para dar cumplimiento al RD. 656/2017, de 6 de abril, por el que se aprueba el Reglamento de Almacenamiento de Productos Químicos y en particular, su ITC MIE APQ-10 sobre almacenamiento de recipientes móviles con líquidos inflamables.

Como parte del estudio, se incluye la protección contra incendios del almacén.

No será objeto de estudio las características constructivas especiales propias de los almacenes inflamables clasificados.

#### 1.6.1.1.2. Categoría y modo de protección de los equipos eléctricos a instalar

Según indica en el punto 1, campo de aplicación, de la ITC MIE BT 029 Prescripciones particulares para las instalaciones eléctricas de los locales con riesgo de incendio o explosión del Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión, 2002 (REBT), se consideran atmósferas potencialmente explosivas aquellos emplazamientos en los que se fabriquen, procesen, manipulen, traten, utilicen o almacenen sustancias sólidas, líquidas o gaseosas, susceptibles de inflamarse, deflagrar o explosionar, siendo sostenida la reacción por el aporte de oxígeno procedente del aire ambiente en que se encuentran.

Atendiendo a la descripción anterior y a las características del almacén objeto de este estudio, se ha catalogado el almacén como un área con una atmósfera potencialmente explosiva y por tanto con riesgo de incendio o explosión. Esto lleva implícito que los materiales eléctricos convencionales no son adecuados

por el riesgo de inflamación de una atmósfera explosiva y por tanto se deberán utilizar materiales que cumplan unos requisitos de protecciones adicionales especiales que eviten una inflamación de la atmósfera.

Según la misma ITC MIE BT 029 del Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión, 2002, los siguientes modos de protección pueden ser aplicables a los materiales eléctricos a utilizar:

- **Envolvente antideflagrante “d”**: Modo de protección en el que las partes que pueden inflamar una atmósfera explosiva están situadas dentro de una envolvente que puede soportar los efectos de la presión derivada de una explosión interna de la mezcla y que impide la transmisión de la explosión a la atmósfera explosiva circundante.
- **Seguridad intrínseca “i”**: Modo de protección que aplicado a un circuito o a los circuitos de un equipo hace que cualquier chispa o cualquier efecto térmico producido en condiciones normalizadas, lo que incluye funcionamiento normal y funcionamiento en condiciones de fallo especificadas, no sea capaz de provocar la inflamación de una determinada atmósfera explosiva.

Atendiendo a la peligrosidad del emplazamiento, según el Real Decreto 144/2016, de 8 de abril, por el que se establecen los requisitos esenciales de salud y seguridad exigibles a los aparatos y sistemas de protección para su uso en atmósferas potencialmente explosivas y por el que se modifica el Real Decreto 455/2012, de 5 de marzo, por el que se establecen las medidas destinadas a reducir la cantidad de vapores de gasolina emitidos a la atmósfera durante el repostaje de los vehículos de motor en las estaciones de servicio, 2016, los equipos se agrupan en grupos de aparatos I y grupos de aparatos II. La nave en estudio se encontraría en el grupo de aparatos II, por ser aquella cuyo uso es otros lugares distintos a minas en los que puede haber peligro de formación de atmósferas explosivas, entre los que se incluyen las categorías de aparatos 1, 2 y 3, establecidas en el anexo I del mismo Real Decreto 144/2016. Dentro del grupo de aparatos II se definen tres tipos de categorías:

- Categoría 1, aquellos aparatos diseñados para que puedan funcionar dentro de los parámetros operativos fijados por el fabricante y que aseguran un nivel de protección muy alto para poder utilizarse en un medio ambiente en el que se produzcan de manera constante, duradera o frecuente atmósferas explosivas debidas a mezclas de aire con gases, vapores, nieblas o mezclas polvo-aire.

- Categoría 2 aquellos aparatos diseñados para poder funcionar dentro de los parámetros operativos establecidos por el fabricante y que aseguran un alto nivel de protección para ser destinados a utilizarse en un ambiente en el que sea probable la formación de atmósferas explosivas debido a gases, vapores, nieblas o polvo en suspensión.
- Categoría 3, aquellos aparatos diseñados para poder funcionar dentro de los parámetros operativos establecidos por el fabricante y que aseguran un nivel de normal de protección para poder utilizarlos en un ambiente en el que sea poco probable la formación de atmósferas explosivas debidas a gases, vapores, nieblas o polvo en suspensión y en el que, con arreglo de toda probabilidad, su formación sea infrecuente y su presencia de corta duración.

Al ser nuestra nave un almacén destinado únicamente al almacenamiento de productos químicos y en el que no se realiza ningún tipo de trasvase o trasiego de producto químico, se instalarán equipos de categoría 3 por ser la categoría más apropiada para el fin establecido. La instalación de equipos de categoría 1 y 2 será posible en aquellos casos cuyo coste económico sea más beneficioso que un equipo de categoría 3.

Todos los equipos eléctricos que se instalen en el almacén objeto de este estudio deberán de contar con la Declaración CE de conformidad que es el documento emitido por el fabricante, o por su representante legal. Por el que se afirma que un determinado aparato, sistema o componente cumple todas las prescripciones de la directiva o directivas aplicables.

Más adelante se determinan los equipos y el tipo de protección de cada uno de los elementos eléctricos de la instalación.

#### 1.6.1.1.3. Clasificación del emplazamiento

A continuación y atendiendo al Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión, 2002, y a la norma UNE-EN IEC 60079-10-1:2022 Atmósferas explosivas. Parte 10-1, 2022, los emplazamientos con atmósferas potencialmente explosivas se pueden agrupar en dos clases según la naturaleza de la sustancia inflamable:

- Clase I: Cuando el riesgo es debido a gases, vapores o nieblas.
- Clase 2: Cuando el riesgo es debido a polvo.

En nuestro caso, la actividad de almacenamiento se va a limitar únicamente al almacenamiento de productos químicos de naturaleza líquida, por lo que en el caso de que se generase una atmósfera explosiva sería debido a gases, vapores o nieblas y por tanto se clasificaría como un emplazamiento de clase I.

Dentro de los emplazamientos de Clase I, se distinguen 3 tipos de zonas:

- Zona 0: Emplazamientos en el que la atmósfera explosiva está constituida por una mezcla de aire de sustancias inflamables en forma de gas, vapor o niebla y está presente de modo permanente, o por un espacio de tiempo prolongado o frecuentemente.
- Zona 1: Emplazamiento en el que cabe contar, en condiciones normales de funcionamiento, con la formación ocasional de atmósfera explosiva constituida por una mezcla con aire de sustancias inflamables en forma de gas, vapor o niebla.
- Zona 2: Emplazamiento en el que no cabe contar, en condiciones normales de funcionamiento, con la formación de atmósferas explosiva constituida por una mezcla con aire de sustancias inflamables en forma de gas, vapor o niebla o, en la que, en caso de formarse, dicha atmósfera explosiva sólo subsiste por espacios de tiempo muy breves.

Atendiendo a las definiciones anteriores, a la actividad a realizar y como se desarrollará y justificará más adelante, se puede clasificar el almacén de productos químicos como:

### **CLASE I ZONA 2**

por tanto todos los accesos al almacén, deberán estar señalizados con arreglo a lo dispuesto en el apartado 3 del artículo 7 del Real Decreto 681/2003, de 12 de junio, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores expuestos a los riesgos derivados de atmósferas explosivas en el lugar de trabajo, 2003.

#### 1.6.1.1.3.1. Procedimiento de clasificación de zonas con riesgo de incendio y explosión.

Basándose en la norma UNE 60079-10 y en la guía de reconocido prestigio CEI 31-35 del Comité Electrotécnico Italiano se procede a la clasificación de zonas con riesgo de incendio y explosión siguiendo la siguiente serie de pasos:

##### 1.6.1.1.3.1.1. Determinación de fuentes de escape y su grado

Según la norma UNE-EN IEC 60079-10 Atmósferas explosivas, Parte 1.pdf, s. f.) se define fuente de escape como punto o localización desde el cual, un gas, vapor, niebla o líquido inflamable puede escaparse a la atmósfera de tal forma que se pueda formar una atmósfera de gas explosiva. A su vez la fuente de escape se clasifica en tres grados:

- Grado de escape continuo: Es un escape que se produce de forma continua o presumiblemente durante largos periodos.
- Grado de escape primario: Es un escape que se produce presumiblemente de forma periódica u ocasionalmente durante el funcionamiento normal.
- Grado de escape secundario: Es un escape que no se prevé en funcionamiento normal y, si se produce, es probable que ocurra infrecuentemente y en periodos de corta duración.

Los productos químicos del almacén se encuentran almacenados en IBCs de 1000 litros de volumen. Como se ha comentado anteriormente, la actividad llevada a cabo en el almacén es única y exclusiva de almacenamiento de productos químicos, en ningún momento se realiza ningún tipo de trasvase o trasiego de producto químico.

Dado los tipos de grados y la actividad llevada a cabo en el almacén, se puede clasificar la fuente de escape como:

### **GRADO DE ESCAPE SECUNDARIO**

ya que no se prevé en funcionamiento normal ningún tipo de fuga que pueda causar una atmósfera explosiva y si se produce, sería de manera infrecuente y en periodo de corta duración.

#### 1.6.1.1.3.1.2. Determinación del grado de Dilución

Según la norma UNE-EN IEC 60079-10 Atmósferas explosivas, Parte 1.pdf, s. f.) se reconocen los tres siguientes grados de dilución:

- Dilución alta: La concentración cerca de la fuente de escape se reduce rápida y prácticamente no habrá ninguna persistencia después que el escape haya parado.
- Dilución media: La concentración está controlada resultando una zona de límite estable, mientras el escape se está produciendo y la atmósfera de gas explosiva no persiste indebidamente después que el escape haya cesado.
- Dilución baja: Hay una concentración significativa mientras se está produciendo el escape y/o una persistencia significativa de una atmósfera de gas explosiva después que el escape haya cesado.

Dado que la posibilidad de que se forme una atmósfera explosiva se limita a la rotura de un IBC, ya que no hay trasvase de producto, y el máximo volumen permitido es de 1000 litros, se va a considerar como:

#### **DILUCIÓN MEDIA**

#### 1.6.1.1.3.1.3. Determinación de la disponibilidad de ventilación

La disponibilidad de ventilación se divide en tres niveles:

- Buena: La ventilación está presente prácticamente de forma continua.
- Justa: Se espera que la ventilación esté presente durante el funcionamiento normal. Se permiten discontinuidades siempre que ocurran con poca frecuencia y durante periodos cortos.
- Mala: Ventilación que no cumple con el estándar de justa o buena, pero no se espera que se produzcan discontinuidades durante largos periodos.

Aunque la misma norma UNE 60079-10 nos indica que la disponibilidad en interiores nunca debería de considerarse como buena, ya que depende en gran medida de las condiciones ambientales tales como temperatura y el viento exterior, en nuestro caso la vamos a considerar como justa, ya que en nuestro almacén, aunque no se realiza ningún tipo de trasvase ni trasiego, la ventilación es natural siempre y cuando se encuentren las puertas abiertas, que es durante la jornada laboral.

#### **DISPONIBILIDAD DE VENTILACIÓN JUSTA**

Según la norma UNE-EN 60079-10 el almacén de productos químicos se clasifica en función del grado de escape, efectividad de la ventilación y disponibilidad de la ventilación, siendo estas sus características:

- Grado de escape: **Secundario**
- Efectividad de la ventilación: **Dilución media**
- Disponibilidad de ventilación: **Justa**

Con todo ello, y en función de la tabla D.1 de la norma UNE-EN 60079-10, el almacén de productos químicos se considera como:

## ZONA 2

**Tabla 1.** Clasificación de zonas de la norma UNE-EN 60079-10

Grado de escape	Efectividad de la ventilación						
	Dilución alta			Dilución media			Dilución baja
	Disponibilidad de ventilación						
	Buena	Justa	Pobre	Buena	Justa	Pobre	Buena, justa o pobre
<b>Continuo</b>	No peligrosa (Zona 0 ED) <sup>a</sup>	Zona 2 (Zona 0 ED) <sup>a</sup>	Zona 1 (Zona 0 ED) <sup>a</sup>	Zona 0	Zona 0 + Zona 2 <sup>c</sup>	Zona 0 + Zona 1	Zona 0
<b>Primario</b>	No peligrosa (Zona 1 ED) <sup>a</sup>	Zona 2 (Zona 1 ED) <sup>a</sup>	Zona 2 (Zona 1 ED) <sup>a</sup>	Zona 1	Zona 1 + Zona 2	Zona 1 + Zona 2	Zona 1 o Zona 0 <sup>c</sup>
<b>Secundario</b> <sup>b</sup>	No peligrosa (Zona 2 ED) <sup>a</sup>	No peligrosa (Zona 2 ED) <sup>a</sup>	Zona 2	Zona 2	Zona 2	Zona 2	Zona 1 e incluso Zona 0 <sup>d</sup>

<sup>a</sup> Zona 0 ED, 1 ED o 2 ED indica una zona teórica que en condiciones normales sería de extensión despreciable.

<sup>b</sup> La superficie de la zona 2 creada por un escape de grado secundario puede superar la atribuida a escapes de grado continuo o primario; en este caso debería tomarse la distancia mayor.

<sup>c</sup> Aquí no se necesita la zona 1, es decir, una zona 0 pequeña está en la ubicación en la que el escape no está controlado por la ventilación y una zona 2 mayor para cuando falla la ventilación.

<sup>d</sup> Será zona 0 si la ventilación es tan débil y el escape es tal que en la práctica una atmósfera de gas explosiva exista virtualmente de manera continua (es decir, es una situación próxima a la de "sin ventilación").

"+" significa "rodeada por".

La disponibilidad de ventilación en espacios cerrados ventilados naturalmente generalmente no se considera como buena.

Fuente: Tabla D.1 UNE-EN 60079-10

### 1.6.1.1.3.1.4. Extensión del emplazamiento peligroso

Siguiendo las directrices de la norma UNE-EN 60079-10 de atmósferas explosivas, la extensión del emplazamiento o zona peligrosa en la que puede producirse gas inflamable depende de la tasa de escape y de varios otros factores tales como las propiedades del gas, la geometría del escape y la geometría circundante.

En nuestro caso, al ser un almacén de producto químico distribuido en distintos envases en toda el área del almacén y siendo la única fuente de escape posible, la rotura de uno de los envases es difícilmente predecible saber dónde se va a producir el derrame de producto químico. Por otro lado, el almacén en sí es un propio cubeto ya que cuenta con pendientes laterales que conducen los posibles derrames a una arqueta central para que, en caso de derrame, este quede recogido. Dicha arqueta conecta mediante tubería con un depósito enterrado para recogida de los derrames en el exterior de la edificación.

Por consiguiente, tras establecer que la zona clasificada es Zona 2 y debido a las dificultades derivadas de la actividad donde se puede producir un derrame de producto químico en cualquier punto del almacén, se va a considerar todo el almacén como Zona 2.

#### 1.6.1.1.4. Requisitos de los equipos

Para la selección de equipos, se van a tener en cuenta las normas de referencia UNE-EN 60079-14 sobre el diseño, elección y realización de las instalaciones eléctricas en atmósferas explosivas y la ITC MIE BT 029 del Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión, 2002 (REBT).

#### 1.6.1.1.5. Selección del material

Siguiendo la ITC MIE BT 029 del Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión, 2002 (REBT) para seleccionar un equipo eléctrico hay que seguir el procedimiento que comprende las siguientes fases:

- a) Clasificación del emplazamiento peligroso incluido los requisitos de nivel de protección del material cuando corresponda.
- b) Caracterizar la sustancia o sustancias implicadas en el proceso.
- c) Seleccionar los equipos eléctricos de tal manera que la categoría esté de acuerdo a las limitaciones de la tabla 1 y que estos cumplan con los requisitos que les sea de aplicación, establecidos en la norma UNE-EN 60079-14. Si la temperatura ambiente no está en el rango comprendido entre los  $-20^{\circ}\text{C}$  y  $+40^{\circ}\text{C}$  el equipo deberá estar marcado para trabajar en el rango de temperatura correspondiente.

d) Instalar el equipo de acuerdo con las instrucciones del fabricante.

**a) Clasificación del emplazamiento peligroso incluido los requisitos de nivel de protección del material cuando corresponda.**

Clasificación del emplazamiento peligroso (zonas).

Como bien se ha indicado anteriormente, el almacén de productos químicos ha sido categorizado como:

**CLASE I ZONA 2**

En función de esta categorización, el REBT establece una categoría de equipos admisibles para atmósferas de gases y vapores que queda indicada en la tabla 1 del REBT de la ITC MIE BT 029 en el punto 7.2.

**Tabla 2.** Categorías equipos eléctricos.

<b>Categoría del equipo</b>	<b>Zonas en que se admiten</b>
Categoría 1	0, 1 y 2
Categoría 2	1 y 2
Categoría 3	2

Fuente: Tabla 1 del Reglamento electrotécnico para baja tensión

Por tanto, en el almacén clasificado como **CLASE I ZONA 2** se podrán instalar equipos de **CATEGORÍA 1, 2 y 3**.

**b) Caracterizar la sustancia o sustancias implicadas en el proceso.**

Para caracterizar las sustancias implicadas se ha elaborado la siguiente tabla con las características principales de las sustancias más relevantes que se pretenden almacenar:

Listado y características principales de los productos químicos almacenados

**Tabla 3.** Listado de productos.

Nº	Sustancia Inflamable		Volatilidad						Clase	Grupo
	1	2	3	5	6	7	8			
	Nombre	Composición	Punto de inflamación	Vol. %	T°C de fusión	Pto. Ebullición °C	T°C de autoignición			
1	DIPROPILENGLICOL	C6H14O3	130	2,9	<-20	227	332	-	T2	
3	ACETAMIDA			ND	ND	ND	ND		T1	

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo con el punto 5.6 de la norma UNE-EN 60079-14, el material eléctrico se debe seleccionar de manera que su temperatura superficial máxima no alcance la temperatura de ignición de cualquier gas, vapor o polvo que puedan estar presentes.

Para ello, en la tabla 4 de la presente norma se establece la relación entre la temperatura de inflamación del gas o vapor y la clase de temperatura del material.

**Tabla 4.** Relación temperatura de inflamación con clase de temperatura del material.

Clase de temperatura requerida por la clasificación de áreas	Temperatura de inflamación del gas o vapor en °C	Clases de temperatura del material permitidas
T1	> 450	T1 – T6
T2	> 300	T2 – T6
T3	> 200	T3 – T6
T4	> 135	T4 – T6
T5	> 100	T5 – T6
T6	> 85	T6

Fuente: Tabla 4 norma UNE-EN 60079-14.

Con la tabla de características físicas de los productos químicos y la tabla anterior, se establece que la **CLASE DE TEMPERATURA MÍNIMA DEL MATERIAL ELÉCTRICO DEBE SER T2**, siendo posible instalar aquellos con restricción superior como los T3, T4, T5 o T6.

### 1.7. Iluminación del almacén

Para determinar la iluminancia mínima que debe existir en el almacén de productos químicos, se ha tomado como referencia la siguiente tabla de iluminancias recomendadas:

**Tabla 5.** Tabla iluminancias medias.

Tareas y clases de local	Iluminancia media en servicio (lux)		
	Mínimo	Recomendado	Óptimo
<b>Zonas generales de edificios</b>			
Zonas de circulación, pasillos	50	100	150

Escaleras, escaleras móviles, roperos, lavabos, almacenes y archivos	100	150	200
<b>Centros docentes</b>			
Aulas, laboratorios	300	400	500
Bibliotecas, salas de estudio	300	500	750
<b>Oficinas</b>			
Oficinas normales, mecanografiado, salas de proceso de datos, salas de conferencias	450	500	750
Grandes oficinas, salas de delineación, CAD/CAM/CAE	500	750	1000
<b>Comercios</b>			
Comercio tradicional	300	500	750
Grandes superficies, supermercados, salones de muestras	500	750	1000
<b>Industria (en general)</b>			
Trabajos con requerimientos visuales limitados	200	300	500
Trabajos con requerimientos visuales normales	500	750	1000
Trabajos con requerimientos visuales especiales	1000	1500	2000
<b>Viviendas</b>			
Dormitorios	100	150	200
Cuartos de aseo	100	150	200
Cuartos de estar	200	300	500
Cocinas	100	150	200
Cuartos de trabajo o estudio	300	500	750

Fuente: Elaboración propia

Para el almacén de productos químicos, se considera un área industrial con requerimientos visuales limitados, por lo que se determina una iluminancia media de 400 lux, la media entre la iluminación recomendada y óptima.

Para la iluminación del almacén se van a utilizar el siguiente modelo de luminarias:

### APPLETON AMLHL2CG6 AREAMASTER LED 30000 LUMENS NEMA 7X 7 CLEAR GLASS 5000 CCT

Estas luminarias cuentan con una protección ATEX de CLASE I ZONA 2 por lo que son apropiadas para su uso en el almacén de productos químicos.

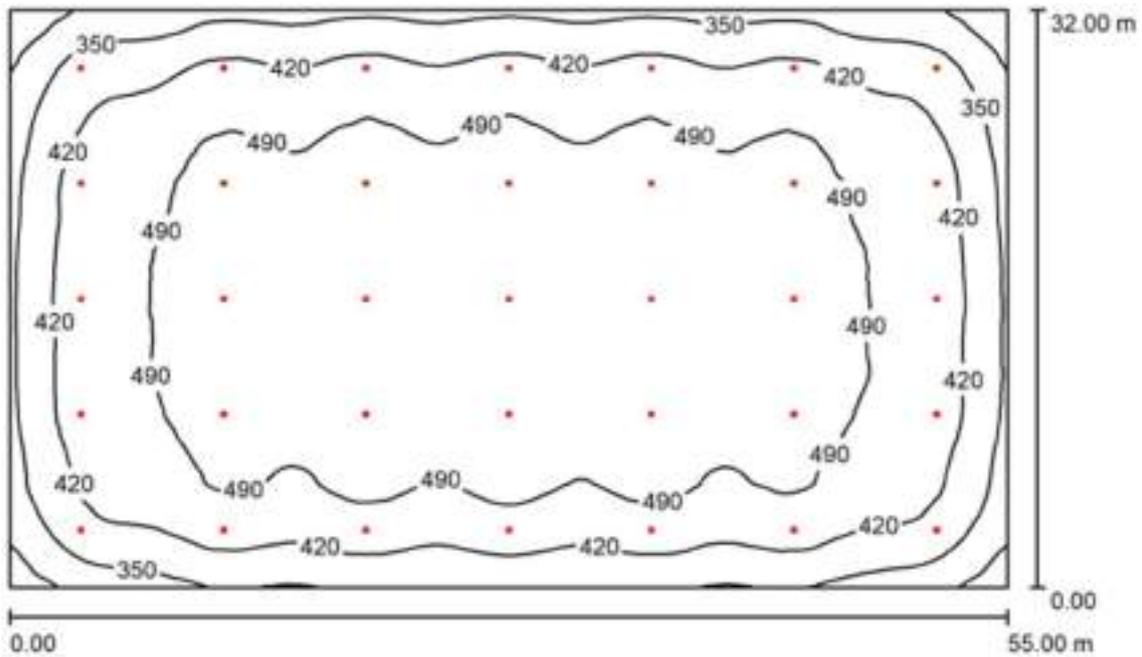
**Figura 2.**Luminaria APPLETON.



Fuente: Programa DIALux

Para la iluminación del almacén de productos químicos y para cumplir con la iluminación mínima media de 400 lux, se ha realizado una distribución de las luminarias de 5 derivaciones individuales de luminarias con 7 luminarias por derivación, dejando como resultado el siguiente resumen:

**Figura 3.**Distribución luminarias y lux determinados.



Fuente: Programa DIALux

Con los siguientes resultados:

Figura 4. Resultado cálculo iluminación.

Altura del local: 8.000 m, Altura de montaje: 7.500 m, Factor mantenimiento: 0.80				Valores en Lux, Escala 1:411	
Superficie	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano útil	/	460	226	550	0.492
Suelo	20	449	236	536	0.525
Techo	70	96	72	112	0.745
Paredes (4)	50	229	75	398	/
<b>Plano útil:</b>					
Altura:	0.850 m				
Trama:	128 x 128 Puntos				
Zona marginal:	0.000 m				
<b>Lista de piezas - Luminarias</b>					
N°	Pieza	Designación (Factor de corrección)	$\Phi$ (Luminaria) [lm]	$\Phi$ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	35	APPLETON AMLHL2CG6 AREAMASTER LED 30000 LUMENS NEMA 7X 7 CLEAR GLASS 5000 CCT (1.000)	30155	30155	221.3
			Total: 1055438	Total: 1055438	7745.5
Valor de eficiencia energética: 4.40 W/m <sup>2</sup> = 0.96 W/m <sup>2</sup> /100 lx (Base: 1760.00 m <sup>2</sup> )					

Fuente: Programa DIALux

Con todo ello, se cumple con las protecciones e iluminancias mínimas para el almacén de productos químicos.

## 1.8. Instalación eléctrica

### 1.8.1. Alcance

### 1.8.2. Clasificación de emplazamientos.

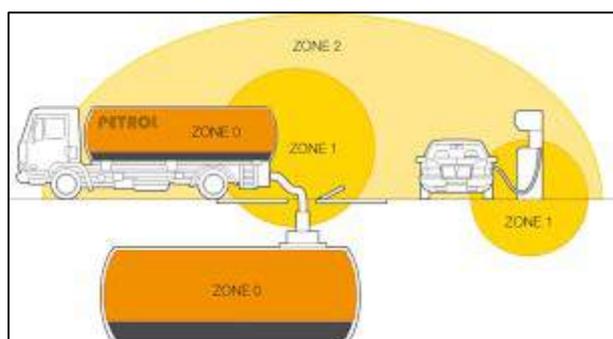
Los emplazamientos clase I son aquellos en los que hay o puede haber gases, vapores o nieblas en cantidad suficiente para producir atmósferas explosivas o inflamables; se incluyen en esta clase los lugares en los que hay o puede haber líquidos inflamables.

Zonas de emplazamientos Clase I.

Se distinguen:

- Zona 0: Emplazamiento en el que la atmósfera explosiva constituida por una mezcla de aire de sustancias inflamables en forma de gas, vapor, o niebla, está presente de modo permanente, o por un espacio de tiempo prolongado, o frecuentemente.
- Zona 1: Emplazamiento en el que cabe contar, en condiciones normales de funcionamiento, con la formación ocasional de atmósfera explosiva constituida por una mezcla con aire de sustancias inflamables en forma de gas, vapor o niebla.
- Zona 2: Emplazamiento en el que no cabe contar, en condiciones normales de funcionamiento, con la formación de atmósfera explosiva constituida por una mezcla con aire de sustancias inflamables en forma de gas, vapor o niebla o, en la que, en caso de formarse, dicha atmósfera explosiva sólo subsiste por espacios de tiempo muy breves.

**Figura 5.**Ejemplo clasificación zonas ATEX.



Fuente: Petzl

En la Norma UNE-EN 60079-10 se recogen reglas precisas para establecer zonas en emplazamientos de Clase I.

### 1.8.3. Acometida.

Es parte de la instalación de la red de distribución, que alimenta la caja general de protección o unidad funcional equivalente (CGP). Los conductores serán de cobre o aluminio. Esta línea está regulada por la ITC-BT-11.

Atendiendo a su trazado, al sistema de instalación y a las características de la red, la acometida podrá ser:

- Aérea, posada sobre fachada. Los cables serán aislados, de tensión asignada 0,6/1 kV, y su instalación se hará preferentemente bajo conductos cerrados o canales protectoras. Para los cruces de vías públicas y espacios sin edificar, los cables podrán instalarse amarrados directamente en ambos extremos. La altura mínima sobre calles y carreteras en ningún caso será inferior a 6 m.
- Aérea, tensada sobre postes. Los cables serán aislados, de tensión asignada 0,6/1 kV, y podrán instalarse suspendidos de un cable fiador o mediante la utilización de un conductor neutro fiador. Cuando los cables crucen sobre vías públicas o zonas de posible circulación rodada, la altura mínima sobre calles y carreteras no será en ningún caso inferior a 6 m.
- Subterránea. Los cables serán aislados, de tensión asignada 0,6/1 kV, y podrán instalarse directamente enterrados, enterrados bajo tubo o en galerías, atarjeas o canales revisables.
- Aero-subterránea. Cumplirá las condiciones indicadas en los apartados anteriores. En el paso de acometida subterránea a aérea o viceversa, el cable irá protegido desde la profundidad establecida hasta una altura mínima de 2,5 m por encima del nivel del suelo, mediante conducto rígido de las siguientes características:
  - Resistencia al impacto: Fuerte (6 julios).
  - Temperatura mínima de instalación y servicio: - 5 °C.
  - Temperatura máxima de instalación y servicio: + 60 °C.
  - Propiedades eléctricas: Continuidad eléctrica/aislante.
  - Resistencia a la penetración de objetos sólidos:  $D > 1$  mm.
  - Resistencia a la corrosión (conductos metálicos): Protección interior media, exterior alta.
  - Resistencia a la propagación de la llama: No propagador.

Por último, cabe señalar que la acometida será parte de la instalación constituida por la Empresa Suministradora, por lo tanto, su diseño debe basarse en las normas particulares de ella.

#### 1.8.4. Instalaciones de enlace.

#### 1.8.5. Caja de protección y medida.

Para el caso de suministros a un único usuario, al no existir línea general de alimentación, se colocará en un único elemento la caja general de protección y el equipo de medida; dicho elemento se denominará caja de protección y medida. En consecuencia, el fusible de seguridad ubicado antes del contador coincide con el fusible que incluye una CGP.

Se instalarán preferentemente sobre las fachadas exteriores de los edificios, en lugares de libre y permanente acceso. Su situación se fijará de común acuerdo entre la propiedad y la empresa suministradora.

Se instalará siempre en un nicho en pared, que se cerrará con una puerta preferentemente metálica, con grado de protección IK 10 según UNE-EN 50.102, revestida exteriormente de acuerdo con las características del entorno y estará protegida contra la corrosión, disponiendo de una cerradura o candado normalizado por la empresa suministradora. Los dispositivos de lectura de los equipos de medida deberán estar situados a una altura comprendida entre 0,70 y 1,80 m.

En el nicho se dejarán previstos los orificios necesarios para alojar los conductos de entrada de la acometida.

Cuando la fachada no linde con la vía pública, la caja general se situará en el límite entre las propiedades públicas y privadas.

Las cajas de protección y medida a utilizar corresponderán a uno de los tipos recogidos en las especificaciones técnicas de la empresa suministradora que hayan sido aprobadas por la Administración Pública competente, en función del número y naturaleza del suministro. Dentro de las mismas se instalarán cortocircuitos fusibles en todos los conductores de fase o polares, con poder de corte al menos igual a la corriente de cortocircuito prevista en el punto de su instalación.

Las cajas de protección y medida cumplirán todo lo que sobre el particular se indica en la Norma UNE-EN 60139, tendrán grado de inflamabilidad según se indica en la norma UNE-EN 61439, una vez instaladas tendrán un grado de protección IP43 según UNE-EN 60529 e IK 09 según UNE-EN 50.102 y serán precintables.

La envolvente deberá disponer de la ventilación interna necesaria que garantice la no formación de condensaciones. El material transparente para la lectura será resistente a la acción de los rayos ultravioleta.

Las disposiciones generales de este tipo de caja quedan recogidas en la ITC-BT-13.

#### 1.8.6. Derivación individual

Es la parte de la instalación que, partiendo de la caja de protección y medida, suministra energía eléctrica a una instalación de usuario. Comprende los fusibles de seguridad, el conjunto de medida y los dispositivos generales de mando y protección. Está regulada por la ITC-BT-15.

Las derivaciones individuales estarán constituidas por:

- Conductores aislados en el interior de tubos empotrados.
- Conductores aislados en el interior de tubos enterrados.
- Conductores aislados en el interior de tubos en montaje superficial.
- Conductores aislados en el interior de canales protectoras cuya tapa sólo se pueda abrir con la ayuda de un útil.
- Canalizaciones eléctricas prefabricadas que deberán cumplir la norma UNE-EN 61439.
- Conductores aislados en el interior de conductos cerrados de obra de fábrica, proyectados y contruidos al efecto.

Los conductores a utilizar serán de cobre o aluminio, aislados y normalmente unipolares, siendo su tensión asignada 450/750 V como mínimo. Para el caso de cables multiconductores o para el caso de derivaciones individuales en el interior de tubos enterrados, el aislamiento de los conductores será de tensión asignada 0,6/1 kV. La sección mínima será de 6 mm<sup>2</sup> para los cables polares, neutro y protección y de 1,5 mm<sup>2</sup> para el hilo de mando (para aplicación de las diferentes tarifas), que será de color rojo.

Los cables serán no propagadores del incendio y con emisión de humos y opacidad reducida. Su clase de reacción al fuego mínima será Cca-s1b, d1,a1. Los cables con características equivalentes a las de la norma UNE 21.123 parte 4 o 5 o a la norma UNE 211002 cumplen con esta prescripción.

La caída de tensión máxima admisible será, para el caso de derivaciones individuales en suministros para un único usuario en que no existe línea general de alimentación, del 1,5 %.

#### 1.8.7. Dispositivos generales e individuales de mando y protección

Los dispositivos generales de mando y protección se situarán lo más cerca posible del punto de entrada de la derivación individual. En establecimientos en los que proceda, se colocará una caja para el interruptor de control de potencia, inmediatamente antes de los demás dispositivos, en compartimento independiente y precintable. Dicha caja se podrá colocar en el mismo cuadro donde se coloquen los dispositivos generales de mando y protección.

Los dispositivos individuales de mando y protección de cada uno de los circuitos, que son el origen de la instalación interior, podrán instalarse en cuadros separados y en otros lugares.

La altura a la cual se situarán los dispositivos generales e individuales de mando y protección de los circuitos, medida desde el nivel del suelo, estará comprendida entre 1 y 2 m.

Las envolventes de los cuadros se ajustarán a las normas UNE-EN 60670-1 y UNE-EN 61439, con un grado de protección mínimo IP 30 según UNE-EN 60529 e IK07 según UNE-EN 50.102. La envolvente para el interruptor de control de potencia será precintable y sus dimensiones estarán de acuerdo con el tipo de suministro y tarifa a aplicar. Sus características y tipo corresponderán a un modelo oficialmente aprobado.

El instalador fijará de forma permanente sobre el cuadro de distribución una placa, impresa con caracteres indelebles, en la que conste su nombre o marca comercial, fecha en que se realizó la instalación, así como la intensidad asignada del interruptor general automático.

Los dispositivos generales e individuales de mando y protección serán, como mínimo:

- Un interruptor general automático de corte onnipolar, de intensidad nominal mínima 25 A, que permita su accionamiento manual y que esté dotado de elementos de protección contra sobrecarga y cortocircuitos (según ITC-BT-22). Tendrá poder de corte suficiente para la intensidad de cortocircuito que pueda producirse en el punto de su instalación, de 4,5 kA como mínimo. Este interruptor será independiente del interruptor de control de potencia.
- Un interruptor diferencial general, de intensidad asignada superior o igual a la del interruptor general, destinado a la protección contra contactos indirectos de todos los circuitos (según ITC-BT-24). Se cumplirá la siguiente condición:
- $R_a \times I_a \leq U$   
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 del dispositivo de protección (corriente diferencial-residual asignada).  
"U" es la tensión de contacto límite convencional (50 V en locales secos y 24 V en locales húmedos).

Si por el tipo o carácter de la instalación se instalase un interruptor diferencial por cada circuito o grupo de circuitos, se podría prescindir del interruptor diferencial general, siempre que queden protegidos todos los circuitos. En el caso de que se instale más de un interruptor diferencial en serie, existirá una selectividad entre ellos.

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.

- Dispositivos de corte onnipolar, destinados a la protección contra sobrecargas y cortocircuitos de cada uno de los circuitos interiores (según ITC-BT-22).
- Dispositivo de protección contra sobretensiones, según ITC-BT-23, si fuese necesario.

#### 1.8.8. Instalaciones interiores

#### 1.8.9. Selección de equipos eléctricos

La categoría de los equipos (excluidos cables y conductores) para atmósfera de gases y vapores será la indicada a continuación:

**Tabla 6.** Categorías equipos eléctricos.

Categoría del equipo	Zonas en que se admiten
Categoría 1	0, 1 y 2
Categoría 2	1 y 2
Categoría 3	2

Fuente: Tabla 1 del Reglamento electrotécnico para baja tensión

Siendo:

- Categoría 1: Aparatos diseñados para que puedan funcionar dentro de los parámetros operativos determinados por el fabricante y asegurar un nivel de protección muy alto.
- Categoría 2: Aparatos diseñados para poder funcionar en las condiciones prácticas fijadas por el fabricante y asegurar un alto nivel de protección.
- Categoría 3: Aparatos diseñados para poder funcionar en las condiciones prácticas fijadas por el fabricante y asegurar un nivel normal de protección.

Si la temperatura ambiente prevista no está en el rango comprendido entre  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  y  $+40\text{ }^{\circ}\text{C}$ , el equipo deberá estar marcado para trabajar en el rango de temperatura correspondiente.

En la medida de lo posible, los equipos eléctricos se ubicarán en áreas no peligrosas. Si esto no es posible, la instalación se llevará a cabo donde exista menor riesgo.

#### 1.8.10. Conductores.

Los conductores y cables que se empleen en las instalaciones serán de cobre o aluminio y serán siempre aislados. La tensión asignada no será inferior a 450/750 V. La sección de los conductores a utilizar se determinará de forma que la caída de tensión entre el origen de la

instalación interior y cualquier punto de utilización sea menor del 3 % para alumbrado y del 5 % para los demás usos.

El valor de la caída de tensión podrá compensarse entre la de la instalación interior (3-5 %) y la de la derivación individual (1,5 %), de forma que la caída de tensión total sea inferior a la suma de los valores límites especificados para ambas (4,5-6,5 %). Para instalaciones que se alimenten directamente en alta tensión, mediante un transformador propio, se considerará que la instalación interior de baja tensión tiene su origen a la salida del transformador, siendo también en este caso las caídas de tensión máximas admisibles del 4,5 % para alumbrado y del 6,5 % para los demás usos.

Las intensidades máximas admisibles de los conductores, se regirán en su totalidad por lo indicado en la Norma UNE-HD 60364-5-52:2004. En zonas con riesgo de incendio, la intensidad admisible deberá disminuirse en un 15%.

En instalaciones interiores, para tener en cuenta las corrientes armónicas debidas a cargas no lineales y posibles desequilibrios, salvo justificación por cálculo, la sección del conductor neutro será como mínimo igual a la de las fases. No se utilizará un mismo conductor neutro para varios circuitos.

Los conductores correspondientes al neutro y protección tendrán una sección mínima igual a la fijada en la tabla siguiente:

Sección conductores fase (mm <sup>2</sup> )	Sección conductores protección (mm <sup>2</sup> )
Sf < 16	Sf
Sf ≥ 16	Sf/2

#### 1.8.11. Identificación de conductores

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.

#### 1.8.12. Subdivisión de las instalaciones

Las instalaciones se subdividirán de forma que las perturbaciones originadas por averías que puedan producirse en un punto de ellas, afecten solamente a ciertas partes de la instalación, por ejemplo a un sector del edificio, a una planta, a un solo local, etc., para lo cual los dispositivos de protección de cada circuito estarán adecuadamente coordinados y serán selectivos con los dispositivos generales de protección que les precedan.

Toda instalación se dividirá en varios circuitos, según las necesidades, a fin de:

- Evitar las interrupciones innecesarias de todo el circuito y limitar las consecuencias de un fallo.
- Facilitar las verificaciones, ensayos y mantenimientos.
- Evitar los riesgos que podrían resultar del fallo de un solo circuito que pudiera dividirse, como por ejemplo si solo hay un circuito de alumbrado.

#### 1.8.13. Equilibrado de cargas

Para que se mantenga el mayor equilibrio posible en la carga de los conductores que forman parte de una instalación, se procurará que aquella quede repartida entre sus fases o conductores polares.

#### 1.8.14. 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 instalación	Tensión ensayo corriente continua (V)	Resistencia de aislamiento (M $\Omega$ )
MBTS o MBTP	250	$\geq 0,25$
$\leq 500$ V	500	$\geq 0,50$
$> 500$	1000	$\geq 1,00$

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.

#### 1.8.15. Conexiones

En ningún caso se permitirá la unión de conductores mediante conexiones y/o derivaciones por simple retorcimiento o arrollamiento entre sí de los conductores, sino que deberá realizarse siempre utilizando bornes de conexión montados individualmente o constituyendo bloques o regletas de conexión; puede permitirse, asimismo, la utilización de bridas de conexión. Siempre deberán realizarse en el interior de cajas de empalme y/o de derivación.

Si se trata de conductores de varios alambres cableados, las conexiones se realizarán de forma que la corriente se reparta por todos los alambres componentes.

#### 1.8.16. Sistemas de instalación

##### 1.8.16.1. Prescripciones Generales

Varios circuitos pueden encontrarse en el mismo tubo o en el mismo compartimento de canal si todos los conductores están aislados para la tensión asignada más elevada.

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.

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.

Las entradas de los cables y de los tubos a los aparatos eléctricos se realizarán de acuerdo con el modo de protección previsto. Los orificios de los equipos eléctricos para entradas de cables o tubos que no se utilicen deberán cerrarse mediante piezas acordes con el modo de protección de que vayan dotados dichos equipos.

En el punto de transición de una canalización eléctrica de una zona a otra, o de un emplazamiento peligroso a otro no peligroso, se deberá impedir el paso de gases, vapores o líquidos inflamables. Eso puede precisar del sellado de zanjas, tubos, bandejas, etc, una ventilación adecuada o el relleno de zanjas con arena.

#### 1.8.16.2. Conductores aislados bajo tubos protectores

Los cables utilizados serán de tensión asignada no inferior a 450/750 V, aislados con mezclas termoplásticas o termoestables. Los tubos serán metálicos, rígidos o flexibles, con las siguientes características:

- Resistencia a la compresión: Fuerte.
- Resistencia al impacto: Fuerte.
- Temperatura mínima de instalación y servicio: -5 °C.
- Temperatura máxima de instalación y servicio: +60 °C.
- Resistencia al curvado: Rígido/curvable.
- Propiedades eléctricas: Continuidad eléctrica/aislante.
- Resistencia a la penetración de objetos sólidos: Contra objetos D 1 mm.
- Resistencia a la penetración del agua: Contra gotas de agua cayendo verticalmente cuando el sistema de tubos está inclinado 15°.
- Resistencia a la corrosión de tubos metálicos y compuestos: Protección interior y exterior media.

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 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.

#### 1.8.16.3. Conductores aislados fijados directamente sobre las paredes

Estas instalaciones se establecerán con cables de tensiones asignadas no inferiores a 0,6/1 kV, provistos de aislamiento y cubierta, construidos de modo que dispongan de una protección mecánica (cables con aislamiento mineral y cubierta metálica o cables armados con alambre de acero galvanizado y cubierta externa no metálica).

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.

Su clase de reacción al fuego mínima será Cca-s1b, d1,a1.

#### 1.8.16.4. 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, aislados con mezclas termoplásticas o termoestables. Las canales serán metálicas, con las siguientes características:

- Resistencia al impacto: Fuerte.
- Temperatura mínima de instalación y servicio: +15 °C canales L ≤ 16 mm y -5 °C canales L > 16 mm.
- Temperatura máxima de instalación y servicio: +60 °C.
- Propiedades eléctricas: Aislante canales L ≤ 16 mm y Continuidad eléctrica/aislante canales L > 16 mm.
- Resistencia a la penetración de objetos sólidos: Grado 4 canales L ≤ 16 mm y no inferior a 2 canales L > 16 mm.

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 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.

#### 1.8.16.5. Conductores aislados en bandeja o soporte de bandejas

Estas instalaciones se establecerán con cables de tensiones asignadas no inferiores a 0,6/1 kV, provistos de aislamiento y cubierta, construidos de modo que dispongan de una protección mecánica (cables con aislamiento mineral y cubierta metálica o cables armados con alambre de acero galvanizado y cubierta externa no metálica).

### 1.8.17. Protección contra sobreintensidades

Todo circuito estará protegido contra los efectos de las sobreintensidades que puedan presentarse en el mismo, para lo cual la interrupción de este circuito se realizará en un tiempo conveniente o estará dimensionado para las sobreintensidades previsibles.

Las sobreintensidades pueden estar motivadas por:

- Sobrecargas debidas a los aparatos de utilización o defectos de aislamiento de gran impedancia.
  - Cortocircuitos.
  - Descargas eléctricas atmosféricas.
- a) Protección contra sobrecargas. El límite de intensidad de corriente admisible en un conductor ha de quedar en todo caso garantizada por el dispositivo de protección utilizado, teniendo en cuenta que la intensidad admisible en los conductores deberá disminuirse en un 15% respecto al valor correspondiente a una instalación convencional. El dispositivo de protección podrá estar constituido por un interruptor automático de corte omipolar con curva térmica de corte, o por cortocircuitos fusibles calibrados de características de funcionamiento adecuadas.
- b) Protección contra cortocircuitos. En el origen de todo circuito se establecerá un dispositivo de protección contra cortocircuitos cuya capacidad de corte estará de acuerdo con la intensidad de cortocircuito que pueda presentarse en el punto de su conexión. Se admite, no obstante, que cuando se trate de circuitos derivados de uno principal, cada uno de estos circuitos derivados disponga de protección contra sobrecargas, mientras que un solo dispositivo general pueda asegurar la protección contra cortocircuitos para todos los circuitos derivados. Se admiten como dispositivos de protección contra cortocircuitos los fusibles calibrados de características de funcionamiento adecuadas y los interruptores automáticos con sistema de corte omipolar.

La norma UNE-HD 60364-4-43 recoge todos los aspectos requeridos para los dispositivos de protección. La norma UNE-HD 60364-4-43 define la aplicación de las medidas de protección por causa de sobrecargas o cortocircuito, señalando en cada caso su emplazamiento u omisión.

## 1.8.18. Protección contra sobretensiones

### 1.8.18.1. Categorías de las sobretensiones

Las categorías indican los valores de tensión soportada a la onda de choque de sobretensión que deben de tener los equipos, determinando, a su vez, el valor límite máximo de tensión residual que deben permitir los diferentes dispositivos de protección de cada zona para evitar el posible daño de dichos equipos.

Se distinguen 4 categorías diferentes, indicando en cada caso el nivel de tensión soportada a impulsos, en kV, según la tensión nominal de la instalación.

Tensión nominal instalación		Tensión soportada a impulsos 1,2/50 (kV)			
Sistemas III	Sistemas II	Categoría IV	Categoría III	Categoría II	Categoría I
230/400	230	6	4	2,5	1,5
400/690 1000		8	6	4	2,5

#### Categoría I

Se aplica a los equipos muy sensibles a las sobretensiones y que están destinados a ser conectados a la instalación eléctrica fija (ordenadores, equipos electrónicos muy sensibles, etc). En este caso, las medidas de protección se toman fuera de los equipos a proteger, ya sea en la instalación fija o entre la instalación fija y los equipos, con objeto de limitar las sobretensiones a un nivel específico.

#### Categoría II

Se aplica a los equipos destinados a conectarse a una instalación eléctrica fija (electrodomésticos, herramientas portátiles y otros equipos similares).

### Categoría III

Se aplica a los equipos y materiales que forman parte de la instalación eléctrica fija y a otros equipos para los cuales se requiere un alto nivel de fiabilidad (armarios de distribución, embarrados, apartamentas: interruptores, seccionadores, tomas de corriente, etc, canalizaciones y sus accesorios: cables, caja de derivación, etc, motores con conexión eléctrica fija: ascensores, máquinas industriales, etc).

### Categoría IV

Se aplica a los equipos y materiales que se conectan en el origen o muy próximos al origen de la instalación, aguas arriba del cuadro de distribución (contadores de energía, aparatos de teledistribución, equipos principales de protección contra sobretensiones, etc).

#### 1.8.18.2. Medidas para el control de las sobretensiones

Se pueden presentar dos situaciones diferentes:

- Situación natural: cuando no es preciso la protección contra las sobretensiones transitorias, pues se prevé un bajo riesgo de sobretensiones en la instalación (debido a que está alimentada por una red subterránea en su totalidad). En este caso se considera suficiente la resistencia a las sobretensiones de los equipos indicada en la tabla de categorías, y no se requiere ninguna protección suplementaria contra las sobretensiones transitorias.
- Situación controlada: cuando es preciso la protección contra las sobretensiones transitorias en el origen de la instalación, pues la instalación se alimenta por, o incluye, una línea aérea con conductores desnudos o aislados.  
También se considera situación controlada aquella situación natural en que es conveniente incluir dispositivos de protección para una mayor seguridad (continuidad de servicio, valor económico de los equipos, pérdidas irreparables, etc.).  
Los dispositivos de protección contra sobretensiones de origen atmosférico deben seleccionarse de forma que su nivel de protección sea inferior a la tensión soportada a impulso de la categoría de los equipos y materiales que se prevé que se vayan a instalar.

Los descargadores se conectarán entre cada uno de los conductores, incluyendo el neutro o compensador y la tierra de la instalación.

#### 1.8.19. Selección de los materiales en la instalación

Los equipos y materiales deben escogerse de manera que su tensión soportada a impulsos no sea inferior a la tensión soportada prescrita en la tabla anterior, según su categoría.

Los equipos y materiales que tengan una tensión soportada a impulsos inferior a la indicada en la tabla se pueden utilizar, no obstante:

- En situación natural, cuando el riesgo sea aceptable.
- En situación controlada, si la protección contra las sobretensiones es adecuada.

#### 1.8.20. Protección contra contactos directos e indirectos

#### 1.8.21. Protección contra contactos directos

##### 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 UNE-EN 60529. 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.

#### 1.8.22. Protección contra contactos indirectos

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:

$R_a \times I_a \leq U$ , donde:

- $R_a$  es la suma de las resistencias de la toma de tierra y de los conductores de protección de masas.
- $I_a$  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 ó 24V).

#### 1.8.23. 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 sollicitaciones térmicas, mecánicas y eléctricas.
- La solidez o la protección mecánica quede asegurada con independencia de las condiciones estimadas de influencias externas.
- Contemplan los posibles riesgos debidos a electrólisis que pudieran afectar a otras partes metálicas.

#### 1.8.24. Uniones a tierra

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-EN 60228.

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, deberán 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 protección apdo. 7.7.1	- 16 mm <sup>2</sup> Cu - 16 mm <sup>2</sup> Acero Galvanizado
No protegido contra la corrosión	- 25 mm <sup>2</sup> Cu - 50 mm <sup>2</sup> Hierro	- 25 mm <sup>2</sup> Cu - 50 mm <sup>2</sup> Hierro

\* La protección contra la corrosión puede obtenerse mediante una envolvente.

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 conductores fase (mm <sup>2</sup> )	Sección conductores protección (mm <sup>2</sup> )
Sf < 16	Sf
Sf ≥ 16	Sf/2

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 mm<sup>2</sup>, si los conductores de protección disponen de una protección mecánica.
- 4 mm<sup>2</sup>, 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, o
- 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.

#### 1.8.25. Conductores de equipotencialidad

El conductor principal de equipotencialidad debe tener una sección no inferior a la mitad de la del conductor de protección de sección mayor de la instalación, con un mínimo de 6 mm<sup>2</sup>. Sin embargo, su sección puede ser reducida a 2,5 mm<sup>2</sup> si es de cobre.

La unión de equipotencialidad suplementaria puede estar asegurada, bien por elementos conductores no desmontables, tales como estructuras metálicas no desmontables, bien por conductores suplementarios, o por combinación de los dos.

#### 1.8.26. Resistencia de las tomas de tierra

El valor de resistencia de tierra será tal que cualquier masa no pueda dar lugar a tensiones de contacto superiores a:

- 24 V en local o emplazamiento conductor.
- 50 V en los demás casos.

Si las condiciones de la instalación son tales que pueden dar lugar a tensiones de contacto superiores a los valores señalados anteriormente, se asegurará la rápida eliminación de la falta mediante dispositivos de corte adecuados a la corriente de servicio.

La resistencia de un electrodo depende de sus dimensiones, de su forma y de la resistividad del terreno en el que se establece. Esta resistividad varía frecuentemente de un punto a otro del terreno, y varía también con la profundidad.

#### 1.8.27. Tomas de tierra independientes

Se considerará independiente una toma de tierra respecto a otra, cuando una de las tomas de tierra, no alcance, respecto a un punto de potencial cero, una tensión superior a 50 V cuando por la otra circula la máxima corriente de defecto a tierra prevista.

#### 1.8.28. Separación entre las tomas de tierra de las masas de las instalaciones de utilización y de las masas de un centro de transformación

Se verificará que las masas puestas a tierra en una instalación de utilización, así como los conductores de protección asociados a estas masas o a los relés de protección de masa, no están unidas a la toma de tierra de las masas de un centro de transformación, para evitar que durante la evacuación de un defecto a tierra en el centro de transformación, las masas de la instalación de utilización puedan quedar sometidas a tensiones de contacto peligrosas. Si no se hace el control de independencia indicando anteriormente (50 V), entre la puesta a tierra de las masas de las instalaciones de utilización respecto a la puesta a tierra de protección o masas del centro de transformación, se considerará que las tomas de tierra son eléctricamente independientes cuando se cumplan todas y cada una de las condiciones siguientes:

- a) No exista canalización metálica conductora (cubierta metálica de cable no aislada especialmente, canalización de agua, gas, etc.) que una la zona de tierras del centro de transformación con la zona en donde se encuentran los aparatos de utilización.
  - b) La distancia entre las tomas de tierra del centro de transformación y las tomas de tierra u otros elementos conductores enterrados en los locales de utilización es al menos igual a 15 metros para terrenos cuya resistividad no sea elevada (<100 ohmios.m). Cuando el terreno sea muy mal conductor, la distancia deberá ser calculada.
  - c) El centro de transformación está situado en un recinto aislado de los locales de utilización o bien, si esta contiguo a los locales de utilización o en el interior de los mismos, está establecido de tal manera que sus elementos metálicos no están unidos eléctricamente a los elementos metálicos constructivos de los locales de utilización.
- Sólo se podrán unir la puesta a tierra de la instalación de utilización (edificio) y la puesta a tierra de protección (masas) del centro de transformación, si el valor de la resistencia de puesta a tierra única es lo suficientemente baja para que se cumpla que en el caso de evacuar el máximo valor previsto de la corriente de defecto a tierra ( $I_d$ ) en el centro de transformación, el valor de la tensión de defecto ( $V_d = I_d \times R_t$ ) sea menor que la tensión de contacto máxima aplicada.

#### 1.8.29. Revisión de las tomas de tierra

Por la importancia que ofrece, desde el punto de vista de la seguridad cualquier instalación de toma de tierra, deberá ser obligatoriamente comprobada por el Director de la Obra o Instalador Autorizado en el momento de dar de alta la instalación para su puesta en marcha o en funcionamiento.

Personal técnicamente competente efectuará la comprobación de la instalación de puesta a tierra, al menos anualmente, en la época en la que el terreno esté más seco. Para ello, se medirá la resistencia de tierra, y se repararán con carácter urgente los defectos que se encuentren.

En los lugares en que el terreno no sea favorable a la buena conservación de los electrodos, éstos y los conductores de enlace entre ellos hasta el punto de puesta a tierra, se pondrán al descubierto para su examen, al menos una vez cada cinco años.

#### 1.8.30. Receptores de alumbrado

Las luminarias serán conformes a los requisitos establecidos en las normas de la serie UNE-EN 60598-2-18.

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.

#### 1.8.31. 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 superiora 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

## 1.9. Protección Contra incendios

### 1.9.1. Características constructivas

#### 1.9.1.1. Descripción del establecimiento

La nave de almacenamiento de productos químicos objeto del proyecto de instalación eléctrica e instalación contra incendios está situada en el Polígono industrial Oeste de San Gines, en Alcantarilla, entre la Avenida del Descubrimiento y la Calle Ecuador, en el municipio de Alcantarilla.

Dicho almacén tiene una superficie total de 1760 m<sup>2</sup> y se encuentra rodeada parcialmente por viales públicos y por otras naves industriales, siendo una valla de cerramiento la encargada de separar físicamente la parcela de dichos viales públicos.

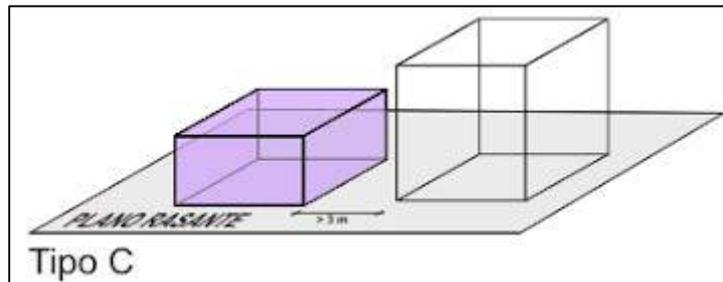
#### 1.9.1.2. Caracterización del establecimiento

Según el punto 2.1. del Anexo I del Real Decreto 2267/2004, de 3 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de seguridad contra incendios en los establecimientos industriales (RSCIEI), y con relación a la caracterización del establecimiento industrial, el edificio queda clasificado como:

### **TIPO C**

El establecimiento industrial ocupa totalmente un edificio, o varios, en su caso, que está a una distancia mayor de tres metros del edificio más próximo de otros establecimientos. Dicha distancia deberá estar libre de mercancías combustibles o elementos intermedios susceptibles de propagar el incendio.

**Figura 6.** Establecimientos tipo C.



Fuente:Konstruir.com

#### 1.9.1.3. Sectorización del establecimiento

El almacén es una nave totalmente diáfana y por tanto se considera como un único sector de incendios.

#### 1.9.1.4. Cálculo del nivel de riesgo intrínseco de los distintos sectores de incendios. Nivel de riesgo intrínseco

A continuación, se determinará el nivel de riesgo intrínseco del almacén. Para los edificios tipo C, se considera sector de incendio el espacio del edificio cerrado por elementos resistentes al fuego durante un periodo de tiempo que se establezca.

Para ello el nivel de riesgo intrínseco se evaluará calculando la densidad de carga de fuego del área mediante la siguiente expresión:

$$Q_s = \frac{\sum_1^i G_i \times q_i \times C_i}{A} \times R_a \quad (MJ/m^2) \text{ o } (Mcal/m^2)$$

donde:

- $Q_s$  = densidad de carga de fuego, ponderada y corregida, del sector o área de incendio, en MJ/m<sup>2</sup> o Mcal/m<sup>2</sup>.
- $G_i$  = masa, en kg, de cada uno de los combustibles (i) que existen en el sector o área de incendio (incluidos los materiales constructivos combustibles).
- $q_i$  = poder calorífico, en MJ/kg o Mcal/kg, de cada uno de los combustibles (i) que existen en el sector de incendio.

- 
- $C_i$  = coeficiente adimensional que pondera el grado de peligrosidad (por la combustibilidad) de cada uno de los combustibles ( $i$ ) que existen en el sector de incendio.
- $R_a$  = coeficiente adimensional que corrige el grado de peligrosidad (por la activación) inherente a la actividad industrial que se desarrolla en el sector de incendio, producción, montaje, transformación, reparación, almacenamiento, etc.
- $A$  = superficie construida del sector de incendio o superficie ocupada del área de incendio, en m<sup>2</sup>.

En el almacenamiento objeto de este estudio se ha establecido una cantidad aproximada de 130 toneladas de producto químico de las cuales, 70 toneladas corresponderán al producto Acetamida y 60 toneladas al producto Dipropilenglicol.

### Nivel de riesgo intrínseco

**Tabla 7.** Nivel de riesgo intrínseco calculado.

Sector de incendios	$G_i$ (kg)	$Q_i$ (Mcal/kg)	$C_i$	$G_i \times q_i \times C_i$ (Mcal/m <sup>2</sup> )
Almacén productos químicos				
Acetamida	70000	5	1*	350000
Dipropilenglicol	60000	4	1*	240000
IBCs	130	4	1*	88400

Fuente: Elaboración propia.

\*El valor se ha obtenido de la Tabla 1.1 del Reglamento de Seguridad Contra incendios en Establecimientos Industriales, donde indica que aquellos productos clasificados como clase C en la ITC MIE-APQ1 tienen un  $C_i = 1,30$  y los de clase D con un  $C_i = 1$ .

$A$  (Superficie construida) = 1760 m<sup>2</sup>.

$R_a$  (coeficiente adimensional) = 2.

$$Q_s = \frac{\sum_1^i G_i \times q_i \times C_i}{A} \times R_a = \frac{350000 + 240000 + 88400}{1760} \times 2 = 770,91 \text{ Mcal/m}^2$$

En función de este valor, en la tabla 1.3 del ANEXO I del Real Decreto 2267/2004, de 3 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de seguridad

contra incendios en los establecimientos industriales (RSCIEI) se clasifica el nivel de riesgo intrínseco de la nave como:

**Figura 7.** Nivel de riesgo intrínseco.

Nivel de riesgo intrínseco		Densidad de carga de fuego ponderada y corregida	
		Mcal/m <sup>2</sup>	MJ/m <sup>2</sup>
BAJO	1	$Q_s \leq 100$	$Q_s \leq 425$
	2	$100 < Q_s \leq 200$	$425 < Q_s \leq 850$
MEDIO	3	$200 < Q_s \leq 300$	$850 < Q_s \leq 1.275$
	4	$300 < Q_s \leq 400$	$1.275 < Q_s \leq 1.700$
	5	$400 < Q_s \leq 800$	$1.700 < Q_s \leq 3.400$
ALTO	6	$800 < Q_s \leq 1.600$	$3.400 < Q_s \leq 6.800$
	7	$1.600 < Q_s \leq 3.200$	$6.800 < Q_s \leq 13.600$
	8	$3.200 < Q_s$	$13600 < Q_s$

Fuente: Tabla 1.3 Anexo I del RD 2267/2004 (RSCIEI)

Nivel de riesgo intrínseco **MEDIO GRADO 5.**

1.9.1.5. Cálculo del nivel de riesgo intrínseco del edificio o conjunto de sectores. Nivel de riesgo intrínseco.

Al tratarse como un edificio de un único sector de incendios, el riesgo intrínseco coincidirá con el calculado en el apartado anterior.

1.9.1.6. Cálculo del nivel de riesgo intrínseco de un establecimiento industrial. Nivel de riesgo intrínseco.

El establecimiento industrial quedará caracterizado de la siguiente manera:

- Edificio de configuración **TIPO C.**
- Nivel de riesgo intrínseco **MEDIO GRADO 5.**

1.9.1.7. Acreditación de las características de los sectores (superficie, perímetro accesible, altura de evacuación), edificio y establecimiento industrial como consecuencia de los distintos niveles de riesgos intrínsecos.

El establecimiento se ha caracterizado como TIPO C y deberá cumplir con lo establecido en el punto 2.1 del ANEXO I del Real Decreto 2267/2004, de 3 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de seguridad contra incendios en los establecimientos industriales (RSCIEI), donde indica que los establecimientos TIPO C ocupan totalmente un edificio, y que la distancia al edificio más próximo de otros establecimientos será mayor de tres metros y dicha distancia deberá estar libre de mercancías combustibles o elementos intermedios susceptibles de propagar el incendio.

De acuerdo al subapartado a) del apartado A1, condiciones del entorno de los edificios, del ANEXO II, requisitos constructivos de los establecimientos industriales según su configuración, ubicación y nivel de riesgo intrínseco del RSCIEI, los edificios con una altura de evacuación descendente mayor que nueve m deben disponer de un espacio de maniobra apto para el paso de vehículos y cumplir con las condiciones descritas:

1. Anchura mínima libre: 6 m.
2. Altura libre: la del edificio.
3. Separación máxima del edificio: 10 m.
4. Distancia máxima hasta cualquier acceso principal al edificio: 30 m.
5. Pendiente máxima: 10 por ciento.
6. Capacidad portante del suelo: 2000 kp/m<sup>2</sup>.
7. Resistencia al punzonamiento del suelo: 10 t sobre 20 cm Ø.

Aunque no es de aplicación ya que la altura de la nave es de 8 metros, se va a considerar cumplir con los requisitos anteriores para asegurar unas condiciones adecuadas para la evacuación o respuesta ante una emergencia.

A su vez se dará cumplimiento a lo establecido en el punto A2, condiciones de aproximación de edificios, donde indica que los viales de aproximación hasta las fachadas accesibles de los establecimientos industriales, así como los espacios de maniobra a los que se refiere el apartado anterior, deben cumplir las condiciones siguientes:

1. Anchura mínima libre: 5 m.
2. Altura mínima libre o gálibo: 4,50 m.
3. Capacidad portante del vial: 2000 kp/m<sup>2</sup>.

Con las características de edificio TIPO C y riesgo intrínseco MEDIO GRADO 5 y siguiendo la tabla 2.1 de la máxima superficie construida admisible para cada sector del ANEXO II del RSCIEI.

**Figura 8.** Máxima superficie construida admisible.

Riesgo intrínseco del sector de incendio	Configuración del establecimiento		
	TIPO A (m <sup>2</sup> )	TIPO B (m <sup>2</sup> )	TIPO C (m <sup>2</sup> )
BAJO	(1)-(2)-(3)	(2) (3) (5)	(3) (4)
1	2000	6000	SIN LÍMITE
2	1000	4000	6000
MEDIO	(2)-(3)	(2) (3)	(3) (4)
3	500	3500	5000
4	400	3000	4000
5	300	2500	3500
ALTO		(3)	(3)(4)
6	NO	2000	3000
7	ADMITIDO	1500	2500
8		NO ADMITIDO	2000

Fuente: Tabla 2.1 Anexo II del RD 2267/2004 (RSCIEI)

No se establece ningún tipo de restricción para el almacén de productos químicos.

#### 1.9.1.8. Materiales a emplear. Descripción y acreditación o justificación reglamentaria

##### 1.9.1.8.1. Productos de revestimiento

En conformidad con el RSCIEI en el punto 3.1 del ANEXO II, los materiales utilizados tanto para los revestimientos como para los acabados superficiales tendrán las exigencias de comportamiento ante el fuego contempladas en las normas UNE 23727, clasificación de los materiales utilizados en la construcción y UNE-EN 13501-1, clasificación en función del comportamiento frente al fuego de los productos de construcción y elementos para la edificación quedando de la siguiente manera:

**Tabla 8.** Materiales de revestimientos.

En paredes y techos	C-s3 d0 M2, o más favorable
En suelos	C <sub>FL-s</sub> 1 M2, o más favorable
Revestimientos exteriores de fachadas	C-s3d0 M2, o más favorables
Lucernarios (no continuos y/o eliminación de humos)	D-s2d0 Clase M3, o más favorable
Lucernarios (continuos en cubierta)	B-s 1d0 Clase M1, o más favorable

Fuente: Elaboración propia sacada del punto 3.1 del ANEXO II del RSCIEI

#### 1.9.1.8.2. Productos incluidos en paredes y cerramientos

En conformidad con el RSCIEI en el punto 3.2 del ANEXO II, cuando un producto que constituya una capa contenida en un suelo, pared o techo sea de una clase más desfavorable que la exigida al revestimiento correspondiente, según el apartado 3.1, la capa y su revestimiento, en su conjunto, serán, como mínimo, EI 30 (RF-30).

#### 1.9.1.8.3. Otros productos

En conformidad con el RSCIEI en el punto 3.3 del ANEXO II los productos situados en el interior de falsos techos o suelos elevados, tanto los utilizados para aislamiento térmico y para acondicionamiento acústico como los que constituyan o revistan conductos de aire acondicionado o de ventilación, etc., deben ser de clase B-s3 d0 (M1) o más favorable. Los cables deberán ser no propagadores de incendio y con emisión de humo y opacidad reducida.

La justificación de que un producto de construcción alcanza la clase de reacción al fuego exigida se acreditará mediante ensayo de tipo o certificado de conformidad a normas UNE, emitidos por un organismo de control que cumpla los requisitos establecidos en el Real Decreto 2200/1995, de 28 de diciembre. Conforme los distintos productos deban contener con carácter obligatorio el marcado «CE», los métodos de ensayo aplicables en cada caso serán los definidos en las normas UNE -EN y UNE-EN ISO. La clasificación será conforme con la norma UNE-EN 13501-1. 3.5 Los productos de construcción pétreos, cerámicos y metálicos, así como los vidrios, morteros, hormigones o yesos, se considerarán de clase A1 (M0).

#### 1.9.1.9. Estabilidad al fuego de los elementos constructivos portantes y cerramientos

##### 1.9.1.9.1. Elementos estructurales

La estabilidad de los elementos estructurales frente al fuego las define el RSCIEI en el punto 4 del ANEXO II por el tiempo en minutos, durante el que dicho elemento debe mantener la estabilidad mecánica (o capacidad portante) en el ensayo normalizado conforme a la norma correspondiente de las incluidas en la Decisión 2000/367/CE de la Comisión, de 3 de mayo de 2000, modificada por la Decisión 2003/629/CE de la Comisión.

**Figura 9.** Estabilidad frente al fuego.

NIVEL DE RIESGO INTRÍNSECO	TIPO A		TIPO B		TIPO C	
	Planta sótano	Planta sobre rasante	Planta sótano	Planta sobre rasante	Planta sótano	Planta sobre rasante
BAJO	R 120 (EF -120)	R 90 (EF - 90)	R 90 (EF - 90)	R 60 (EF - 60)	R 60 (EF - 60)	R 30 (EF - 30)
MEDIO	NO ADMITIDO	R 120 (EF-120)	R 120 (EF-120)	R 90 (EF - 90)	R 90 (EF - 90)	R 60 (EF - 60)
ALTO	NO ADMITIDO	NO ADMITIDO	R 180 (EF -180)	R 120 (EF -120)	R 120 (EF -120)	R 90 (EF - 90)

Fuente: Tabla 2.2 del ANEXO II del RSCIEI

Siguiendo la tabla 2.2 del ANEXO II del RSCIEI y para el almacén tipo C de una sola planta sobre rasante, la estabilidad al fuego debe ser de R60 (EF-60).

#### 1.9.1.9.2. Cubiertas

Para la estructura principal de la cubierta y sus soportes se seguirá el punto 4.2 del ANEXO II del RSCIEI donde se indica que para la estructura principal de cubiertas ligeras y sus soportes en plantas sobre rasante, no previstas para ser utilizadas en la evacuación de los ocupantes, siempre que se justifique que su fallo no pueda ocasionar daños graves a los edificios o establecimientos próximos, ni comprometan la estabilidad de otras plantas inferiores o la sectorización de incendios implantada y, si su riesgo intrínseco es medio o alto, disponga de un sistema de extracción de humos, se podrán adoptar los valores siguientes:

**Figura 10.** Estabilidad frente al fuego en cubiertas.

Nivel de riesgo intrínseco	Tipo B	Tipo C
	Sobre rasante	Sobre rasante
Riesgo bajo	R15 (EF-15)	NO SE EXIGE
Riesgo medio	R 30 (EF-30)	R15 (EF-15)
Riesgo alto	R 60 (EF-60)	R30 (EF-30)

Fuente: Tabla 2.3 del ANEXO II del RSCIEI

En nuestro caso se tomará la protección R15 (EF150), ya que ni las cubiertas ni los soportes en plantas no están previstas para la evacuación de los ocupantes.

#### 1.9.1.9.3. Elementos delimitadores del sector de incendio

No procede este punto ya que el almacén es tipo C y constituye un único sector de incendios.

#### 1.9.1.10. Evacuación

Se entiende por vía de evacuación, el recorrido horizontal o vertical que, a través de las zonas comunes de la edificación, debe seguirse desde la puerta de cada local o vivienda hasta la salida a la vía pública o a espacio abierto y comunicado directamente con vía pública.

En el almacén de productos químicos se estima que habrá una ocupación máxima de 5 trabajadores.

##### 1.9.1.10.1. Cálculo de la ocupación

Para el cálculo de la ocupación (P) se seguirá las expresiones del punto 6.1 del ANEXO II del RSCIEI siendo:

$P = 1,10 p$ , cuando  $p < 100$ .

$P = 110 + 1,05 (p - 100)$ , cuando  $100 < p < 200$ .

$P = 215 + 1,03 (p - 200)$ , cuando  $200 < p < 500$ .

$P = 524 + 1,01 (p - 500)$ , cuando  $500 < p$ .

Donde p representa el número de personas que ocupa el sector de incendio.

Los valores obtenidos para P, según las anteriores expresiones, se redondearán al entero inmediatamente superior.

En nuestro caso, se estima que el número de personas será de 5, por lo que para la ocupación se utilizará la primera expresión, siendo la ocupación como:

$P = 1,10 p = 1,10 \times 5 = 5,5$ , aproximando = 6.

##### 1.9.1.10.2. Preinscripciones a cumplir, según tipo de edificio

Al ser el almacén catalogado como tipo C, deberá cumplir con todas las prescripciones expuestas en el punto 6.4 del ANEXO II del RSCIEI que son:

###### 1.9.1.10.2.1. Elementos de evacuación

El almacén de productos químicos dispondrá de salidas de evacuación con un recorrido que se determinará en el siguiente punto.

Las salidas de evacuación darán acceso a un espacio abierto y seguro.

No se instalarán ascensores ni rampas.

El almacenamiento estará compuesto por estanterías metálicas independientes.

#### 1.9.1.10.2.2. Recorridos de evacuación

Para el cálculo de los recorridos de evacuación nos dirigiremos a la tabla del apartado 2, del punto 6.3, del ANEXO II del RSCIEI.

**Figura 11.** Distancias mínimas recorridos de evacuación.

Riesgo	1 salida recorrido único	2 salidas alternativas
Bajo(*)	35 m (**)	50 m
Medio	25 m (***)	50 m
Alto	–	25 m

Fuente: Apartado 2, del punto 6.3, del ANEXO II del RSCIEI

Nuestro almacén se ha determinado como riesgo intrínseco medio, por lo que deberá disponer de 2 salidas alternativas con una longitud máxima de 50 metros.

#### 1.9.1.10.2.3. Número y disposición de salidas

El almacén dispondrá de 2 salidas de emergencia.  
Estás salidas darán acceso directo hacia un espacio abierto y seguro.

#### 1.9.1.10.2.4. Escaleras mecánicas y aparatos elevadores

No procede ya que en el almacén no existen aparatos elevadores ni escaleras mecánicas.

#### 1.9.1.10.2.5. Rampas

No procede ya que en el almacén no hay ubicada ninguna rampa.

#### 1.9.1.10.2.6. Dimensionado de salidas, pasillos y escaleras

El cálculo y dimensionado de las salidas, pasillos y escaleras se realizará de acuerdo con lo especificado en el apartado 4.2 de la sección SI-3, Evacuación de los Ocupantes, del Código Técnico de la Edificación donde:

#### Puertas y Pasos:

$$A \geq P/200 \geq 0,80m.$$

Siendo:

A = Anchura del elemento en metros.

P = Número total de personas cuyo paso está previsto por el punto cuya anchura se dimensiona.

Por lo que:

$A \geq 5/200 \geq 0,025$  m -> Se tomará una anchura de 1 metro y una altura de 2 metros.

Nota: La anchura de toda hoja de puerta no debe ser menor que 0,60 m, ni exceder de 1,20 m.

#### Pasillos y rampas

No procede puesto que no hay prevista la instalación de ninguna rampa ni ningún pasillo.

#### Escaleras protegidas

No procede puesto que no hay prevista la instalación de ninguna escalera.

#### Escaleras no protegidas

No procede puesto que no hay prevista la instalación de ninguna escalera.

#### 1.9.1.10.2.7. Salidas

Las salidas del edificio se consideran puertas o huecos de salida a un espacio exterior seguro.

Como se ha comentado anteriormente, las dos salidas dispondrán de unas puertas con unas dimensiones de 1m de ancho y 2 m de alto y un recorrido de evacuación con una longitud máxima de 50 metros.

Deberán de estar libres de obstáculos y bien señalizadas.

#### 1.9.1.10.2.8. Señalización e iluminación

Para la señalización e iluminación se seguirá lo especificado en el punto 7 de la sección SI-3, Evacuación de los Ocupantes, del Código Técnico de la Edificación y conformes al Real Decreto 485/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.

#### 1.9.1.11. Cálculos de la ventilación

Para el cálculo de la ventilación se seguirá lo indicado en el apartado b del punto 7.1 del ANEXO II del RSCIEI donde se establece que dispondrán de sistema de evacuación de humos:

a) Los sectores con actividades de almacenamiento:

1. De riesgo intrínseco medio y superficie construida  $\geq 1000$  m<sup>2</sup>.
2. De riesgo intrínseco alto y superficie construida  $\geq 800$  m<sup>2</sup>.

Para naves de menor superficie, se podrán aplicar los siguientes valores mínimos de la superficie aerodinámica de evacuación de humos.

En nuestro caso, se trata de un almacén de productos químicos clasificado con riesgo intrínseco medio y con una superficie superior a los 1000 m<sup>2</sup>, por lo que el almacén deberá de disponer de un sistema de evacuación de humos.

#### 1.9.1.12. Almacenamiento

Según el punto 8 del ANEXO II del RSCIEI Los almacenamientos se caracterizan por los sistemas de almacenaje, cuando se realizan en estanterías metálicas. Se clasifican en autoportantes o independientes, que, en ambos casos, podrá ser automáticos y manuales.

1. Sistema de almacenaje autoportante. Soportan, además de la mercancía almacenada, los cerramientos de fachada y la cubierta, y actúan como una estructura de cubierta.
2. Sistema de almacenaje independiente. Solamente soportan la mercancía almacenada y son elementos estructurales desmontables e independientes de la estructura de cubierta.
3. Sistema de almacenaje automático. Las unidades de carga que se almacenan se transportan y elevan mediante una operativa automática, sin presencia de personas en el almacén.
4. Sistema de almacenaje manual. Las unidades de carga que se almacenan se transportan y elevan mediante operativa manual, con presencia de personas en el almacén.

En nuestro caso se tendrán estanterías metálicas independientes y con sistema de almacenaje manual.

Las estanterías metálicas operadas manualmente deberán cumplir con los siguientes requisitos expuestos en el punto 8.2 del ANEXO II del RSCIEI:

- a) En el caso de disponer de sistema de rociadores automáticos, respetar las holguras para el buen funcionamiento del sistema de extinción.
- b) Las dimensiones de las estanterías no tendrán más limitación que la correspondiente al sistema de almacenaje diseñado.
- c) Los pasos longitudinales y los recorridos de evacuación deberán tener una anchura libre igual o mayor que un m.

- d) Los pasos transversales entre estanterías deberán estar distanciados entre sí en longitudes máximas de 10 m para almacenaje manual y 20 m para almacenaje mecanizado, longitudes que podrán duplicarse si la ocupación en la zona de almacén es inferior a 25 personas. El ancho de los pasos será igual al especificado en el párrafo c).

#### 1.9.1.13. Instalaciones técnicas

Siguiendo con el punto 9 del ANEXO II del RSCIEI, las instalaciones técnicas cumplirán con los requisitos y exigencias establecidos en los diferentes reglamentos que le son de aplicación.

El establecimiento deberá de disponer de las instalaciones técnicas que se describen a continuación, correctamente inscritas y autorizadas por parte de la Dirección General de Industria de la Región de Murcia:

- Instalación eléctrica de B.T.
- Instalación de APQ.
- Instalación de Protección contra incendios

#### 1.9.1.14. Riesgo de fuego forestal

No procede ya que el almacén no se encuentra ubicado cerca de un bosque.

#### 1.9.2. Requisitos de las instalaciones de protección contra incendios en establecimientos industriales

A continuación, se describirán los requisitos y medios de protección contra incendios del almacén siguiendo Real Decreto 2267/2004, de 3 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de seguridad contra incendios en los establecimientos industriales (RSCIEI).

##### 1.9.2.1. Sistema automático de detección de incendio

Estos sistemas son la medida más eficaz para detectar de forma rápida un incendio con el fin de adoptar medidas para contralar y extinguir el fuego.

Siguiendo el RSCIEI en su Anexo III punto 3.1 en su apartado b Actividades de almacenamiento, se instalarán sistemas automáticos de detección de incendio si:

1. Están ubicados en edificios de tipo A y su superficie total construida es de 150 m<sup>2</sup> o superior.
2. Están ubicados en edificios de tipo B, su nivel de riesgo intrínseco es medio y su superficie total construida es de 1.000 m<sup>2</sup> o superior.

3. Están ubicados en edificios tipo B, su nivel de riesgo intrínseco es alto y su superficie total construida es de 500 m<sup>2</sup> o superior.
4. Están ubicados en edificios de tipo C, su nivel de riesgo intrínseco es medio y su superficie total construida es de 1.500 m<sup>2</sup> o superior.
5. Están ubicados en edificios de tipo C, su nivel de riesgo intrínseco es alto y su superficie total construida es de 800 m<sup>2</sup> o superior.

En nuestro caso, el almacén cumpliría el punto 4 estando ubicado en edificio tipo C, el nivel de riesgo intrínseco es medio y la superficie total construida es superior a 1500 m<sup>2</sup>.

Por tanto, **SI ES NECESARIO INSTALAR SISTEMAS AUTOMÁTICOS DE DETECCIÓN DE INCENDIO.**

**Figura 12.** Sistema automático de detección de incendio.



Fuente: Google imágenes

#### 1.9.2.2. Sistema manual de detección de incendio

Estos sistemas se utilizan para transmitir una señal de alarma de manera manual ante un posible conato de incendio. Su señal es recibida por una centralita que activará las acciones programadas por dicha señal.

Siguiendo el RSCIEI en su Anexo III punto 4.1. apartado b Actividades de almacenamiento, se instalarán sistemas manuales de detección de incendio si:

1. Su superficie total construida es de 800 m<sup>2</sup> o superior.
2. No se requiere la instalación de sistemas automáticos de detección de incendios, según el apartado 3.1 de este anexo.

En nuestro caso, el almacén cumpliría el punto 1, donde la superficie total es superior a 800 m<sup>2</sup>.

Por tanto, **SI ES NECESARIO INSTALAR SISTEMAS MANUALES DE DETECCIÓN DE INCENDIO.**

Adicionalmente en punto 4.2. del RSCIEI se indica que, cuando sea requerida la instalación de un sistema manual de alarma de incendio, se situará, en todo caso, un pulsador junto a cada salida de evacuación del sector de incendio, y la

distancia máxima a recorrer desde cualquier punto hasta alcanzar un pulsador no debe superar los 25 m.

**Figura 13.** Sistema manual de detección de incendio.



Fuente: Google imágenes

#### 1.9.2.3. Sistemas de comunicación de alarma

Estos sistemas se utilizan para transmitir señales acústicas o visuales y suelen estar integrados junto a los sistemas automáticos o manuales de detección de alarmas.

Siguiendo el RSCIEI en su Anexo III punto 5 se indica que será obligatorio instalar sistemas de comunicación de alarma si:

1. Se instalarán sistemas de comunicación de alarma en todos los sectores de incendio de los establecimientos industriales, si la suma de la superficie construida de todos los sectores de incendio del establecimiento industrial es de 10.000 m<sup>2</sup> o superior.
2. La señal acústica transmitida por el sistema de comunicación de alarma de incendio permitirá diferenciar si se trata de una alarma por «emergencia parcial» o por «emergencia general», y será preferente el uso de un sistema de megafonía.

No cumple ninguno de los requisitos y por tanto **NO SE CONSIDERA NECESARIO INSTALAR SISTEMAS DE COMUNICACIÓN DE ALARMA.**

**Figura 14.** Sistema de comunicación de alarma.



Fuente: Google imágenes

#### 1.9.2.4. Sistema de abastecimiento de agua

Según el RSCIEI se instalará un sistema de abastecimiento de agua contra incendios («red de agua contra incendios»), si:

- a) Lo exigen las disposiciones vigentes que regulan actividades industriales sectoriales o específicas, de acuerdo con el artículo 1 de este reglamento.
- b) Cuando sea necesario para dar servicio, en las condiciones de caudal, presión y reserva calculados, a uno o varios sistemas de lucha contra incendios, tales como:
  - Red de bocas de incendio equipadas (BIE).
  - Red de hidrantes exteriores.
  - Rociadores automáticos.
  - Agua pulverizada.
  - Espuma.

También se cumplirá con el punto 2 del ANEXO I del Real Decreto 513/2017, de 22 de mayo, por el que se aprueba el Reglamento de instalaciones de protección contra incendios, donde se indica que:

El sistema de abastecimiento de agua contra incendios estará formado por un conjunto de fuentes de agua, equipos de impulsión y una red general de incendios destinada a asegurar, para uno o varios sistemas específicos de protección, el caudal y presión de agua necesarios durante el tiempo de autonomía requerido.

Cuando se exija un sistema de abastecimiento de agua contra incendios, sus características y especificaciones serán conformes a lo establecido en la norma UNE 23500.

Para los sistemas de extinción de incendios que dispongan de una evaluación técnica favorable de la idoneidad para su uso previsto, según se establece en el artículo 5.3 del Reglamento, los sistemas de abastecimiento de agua contra incendios, contemplados en dichos documentos, se considerarán conformes con este Reglamento.

El almacenamiento objeto del presente proyecto precisa de la instalación de BIEs según se verá en el apartado 1.9.2.7 y las necesidades de abastecimiento de agua para dar suministro a las mismas se indica a continuación.

Se instalarán bombas FOC-CP. Estas son bombas centrífugas horizontales de cámara partida axialmente con las bridas de aspiración e impulsión fundidas en su cuerpo inferior para permitir un fácil acceso y desmontaje de las partes móviles evitando la desconexión de las tuberías.

El conjunto de impulsión a instalar estará formado por:

- Bomba principal eléctrica con bomba de cámara partida CPH
- Bomba principal diésel con bomba de cámara partida CPH
- Bomba auxiliar (jockey) con bombas VIPV, NX, NXA
- Cuadros eléctricos de arranque y control
- Acumulador de membrana o depósito
- Presostato de seguridad “Bomba en marcha”
- Conjunto de presostatos y manómetro
- Válvulas, limitadora de presión, de retención, y de regulación.
- Colector de impulsión
- Bancada
- colector de pruebas y caudalímetro.

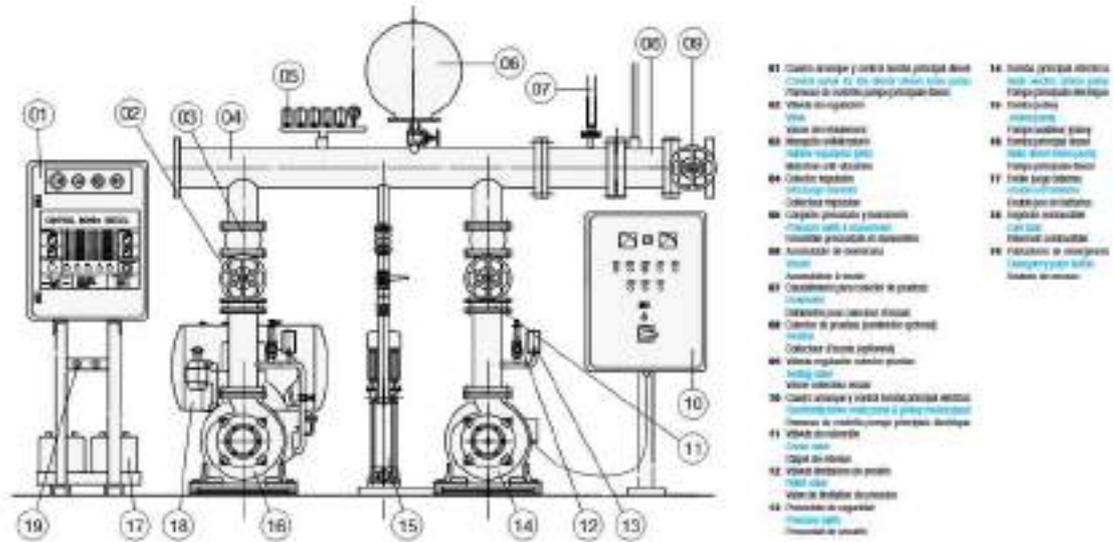
**Figura 15.** Sistema de bombas de impulsión mod. FOC.



Fuente: Bombas Ideal

Los componentes principales del conjunto se indican a continuación:

**Figura 16.** Componentes principales del equipo FOC.  
Disposición eléctrica + diésel + jockey



Fuente: Bombas Ideal

Considerando lo establecido en el RD 2267/04 para el abastecimiento de agua de BIEs, tendremos las siguientes necesidades:

**Figura 17.** Cálculo grupo de presión contra incendios



**Cálculo grupo de presión contra incendios**

Rociadoras

BIEs

Hidrantes

**BOMBAS IDEAL**  
Polígono industrial Mediterráneo C/CM, 8  
46560 Massalfassar (Valencia)  
Telf. +34 961 402 143 / 902 203 400  
<https://www.bombasideal.com/>

Página: 1/2  
Fecha: 01/09/2023

---

Tipo establecimiento: **C - Ocupa totalmente un edificio, distancia otros edificios > 3 metros.**  
Superficie: **1670** m<sup>2</sup> Actividad: **Almacenamiento.**  
Nivel de riesgo: **MEDIO: Densidad carga de fuego 400 < Qs <= 900 Mcal/m<sup>2</sup>**

---

**BIES**

Datos BIES		Accesorios y válvulas	
Tipo	DN 45 mm	Codo roscado 90°	2
Nº Simultáneo	2	Codo soldado 90°	0
Caudal por BIE	200,00 l/min	Codo roscado 45°	2
<b>Zona más desfavorable</b>		T rosc. normal ó cruz	0
Diametro tubería	50 mm	Válvula de compuerta	1
Longitud tubería	50 m	Válvula retención clapeta	0
Altura geométrica	1 m	Válvula retención seta	1
Cálculo pérdidas carga	Método Hazen-Williams	Válvula de mariposa	0
		Válvula de esfera	0

1009



**BOMBAS IDEAL**  
Polígono industrial Mediterráneo C/Cid, 8  
46560 Messalfassar (Valencia)  
Telf: +34 961 402 143 / 902 203 400  
https://www.bombasideal.com/

**Cálculo grupo de presión contra incendios**

Rociadores  
 BIES  
 Hidrantes

Página: 2/2  
Fecha: 01/09/2023

---

Tipo establecimiento: **C - Ocupa totalmente un edificio, distancia otros edificios > 3 metros.**  
Superficie: **1670** m<sup>2</sup> Actividad: **Almacenamiento.**  
Nivel de riesgo: **MEDIO: Densidad carga de fuego 400 < Qs <= 800 Mcal/m<sup>2</sup>**

---

**RESULTADOS**

Simultaneidad **Según Reglamento**  
Tipo edificio

**Requerido rociadores**

Caudal	0,00 m <sup>3</sup> /h
Presión	0,00 mca
Tiempo autonomía	0 min

**Requerido BIES**

Caudal	24,00 m <sup>3</sup> /h
Presión	65,29 mca
Tiempo autonomía	60 min

**Requerido hidrantes**

Caudal	0,00 m <sup>3</sup> /h
Presión	0,00 mca
Tiempo autonomía	0 min

**Cálculo de grupo contra incendios**

RSCIEI		Suma	
Caudal	24,00 m <sup>3</sup> /h	Caudal	24,00 m <sup>3</sup> /h
Presión	65,29 mca	Presión	65,29 mca
Capacidad depósito	24 m <sup>3</sup>	Capacidad depósito	24 m <sup>3</sup>

Fuente: Programa de cálculo de Bombas Ideal

#### 1.9.2.5. Sistemas de hidrantes exteriores

Los hidrantes exteriores son sistemas de protección contra incendios para el exterior del edificio. Estos sistemas ayudan a combatir el fuego y a su vez permiten la refrigeración de los edificios o naves aledañas con el fin de evitar la propagación del incendio.

Seguendo el RSCIEI en su Anexo III punto 7 se indica que será obligatorio la instalación de un sistema de hidrantes exteriores si:

1. Lo exigen las disposiciones vigentes que regulan actividades industriales sectoriales o específicas, de acuerdo con el artículo 1 de este reglamento.
2. Concurren las circunstancias que se reflejan en la tabla siguiente:

3.

**Tabla 9.** Obligación sistema de hidrantes.

Configuración de la zona de incendio	Superficie del sector o área de incendio (m <sup>2</sup> )	Riesgo Intrínseco		
		Bajo	Medio	Alto
A	≥ 300	NO	SI	
	≥ 1000	SI*	SI	
B	≥ 1000	NO	NO	SI
	≥ 2500	NO	SI	SI
	≥ 3500	SI	SI	SI
C	≥ 2000	NO	NO	SI
	≥ 3500	NO	SI	SI
D o E	≥ 5000	SI	SI	SI
	≥ 15000	SI	SI	SI

Fuente: Punto 7 del ANEXO II del RSCIEI

En nuestro caso, al ser configuración tipo C y riesgo intrínseco medio, **NO SERÁ OBLIGATORIO LA INSTALACIÓN DE SISTEMAS DE HIDRANTES EXTERIORES.**

**Figura 18.** Sistemas de hidrantes exteriores.



Fuente: Google imágenes

#### 1.9.2.6. Extintores de incendios

Los extintores de incendios son elementos portátiles destinados a la lucha contra conatos de incendio los cuales pueden ser dominados y extinguidos de forma breve en primera intervención.

Siguiendo el RSCIEI en su Anexo III punto 8.1 se instalarán extintores de incendio portátiles en todos los sectores de incendio de los establecimientos industriales.

El agente extintor a utilizar será seleccionado de acuerdo con la clase de fuego. En el Anexo I apartado 4, Extintores de Incendio, del Real Decreto 513/2017, de 22 de mayo, por el que se aprueba el Reglamento de instalaciones de protección contra incendios se indican las distintas clases de fuego que existen:

- Clase A: Fuegos de materiales sólidos, generalmente de naturaleza orgánica, cuya combinación se realiza normalmente con la formación de brasas.
- Clase B: Fuegos de líquidos o de sólidos licuables.
- Clase C: Fuegos de gases.
- Clase D: Fuegos de metales.
- Clase F: Fuegos derivados de la utilización de ingredientes para cocinar (aceites y grasas vegetales o animales) en los aparatos de cocina.

En nuestro caso, el almacenamiento se destina exclusivamente a materiales líquidos combustibles, por tanto, el tipo de extintor a utilizar será de:

**CLASE B.**

**Figura 19.** Extintor CLASE B.



Fuente: Google imágenes

Continuando con el RSCIEI en el punto 8.2, si la clase de fuego del sector de incendio es B, se determinará la dotación de extintores del sector de incendio de acuerdo con la tabla 3.2, respectivamente.

**Tabla 10.** Dotación de extintores.

	VOLUMEN MÁXIMO, V (1), DE COMBUSTIBLES LÍQUIDOS EN EL SECTOR DE INCENDIO (1) (2)			
	V≤20	20<V≤50	50<V≤100	100<V≤200
EFICACIA MÍNIMA DEL EXTINTOR	113 B	113 B	144 B	233 B

Fuente: Tabla 3.2 del RSCIEI

#### NOTAS:

(1) Cuando más del 50 por ciento del volumen de los combustibles líquidos, V, esté contenido en recipientes metálicos perfectamente cerrados, la eficacia mínima del extintor puede reducirse a la inmediatamente anterior de la clase B, según la Norma UNE-EN 3-7.

(2) Cuando el volumen de combustibles líquidos en el sector de incendio, V, supere los 200 l, se incrementará la dotación de extintores portátiles con extintores móviles sobre ruedas, de 50 kg de polvo BC, o ABC, a razón de:

- Un extintor, si:
  - $200 \text{ l} < V \leq 750 \text{ l}$ .
- Dos extintores, si:
  - $750 \text{ l} < V \leq 2000 \text{ l}$ .

Si el volumen de combustibles de clase B supera los 2000 l, se determinará la protección del sector de incendio de acuerdo con la reglamentación sectorial específica que lo afecte.

Así mismo, los extintores deberán de cumplir con lo establecido en el punto 4, del ANEXO I del Real Decreto 513/2017, de 22 de mayo, por el que se aprueba el Reglamento de instalaciones de protección contra incendios.

Se colocarán un total de 10 extintores. De esta manera cumpliremos con los requisitos de distancia máxima a un extintor de 15 metros en todo el almacén.

#### 1.9.2.7. Sistemas de bocas de incendio equipadas

Se tratan de instalaciones semifijas que utilizan el agua como agente extintor y constituyen la alternativa más eficaz para sofocar incendios en los que no basta la utilización de medios portátiles como los extintores.

Siguiendo el RSCIEI en su Anexo III punto 9.1 se instalarán bocas de incendio equipadas en los sectores de incendio de los establecimientos industriales si:

1. Están ubicados en edificios de tipo A y su superficie total construida es de 300 m<sup>2</sup> o superior.
2. Están ubicados en edificios de tipo B, su nivel de riesgo intrínseco es medio y su superficie total construida es de 500 m<sup>2</sup> o superior.
3. Están ubicados en edificios de tipo B, su nivel de riesgo intrínseco es alto y su superficie total construida es de 200 m<sup>2</sup> o superior.
4. Están ubicados en edificios de tipo C, su nivel de riesgo intrínseco es medio y su superficie total construida es de 1.000 m<sup>2</sup> o superior.
5. Están ubicados en edificios de tipo C, su nivel de riesgo intrínseco es alto y su superficie total construida es de 500 m<sup>2</sup> o superior.
6. Son establecimientos de configuraciones de tipo D o E, su nivel de riesgo intrínseco es alto y la superficie ocupada es de 5.000 m<sup>2</sup> o superior.

Nota: en las zonas de los almacenamientos operados automáticamente, en los que la actividad impide el acceso de personas, podrá justificarse la no instalación de bocas de incendio equipadas.

En nuestro caso, cumplimos con el apartado 4) y por tanto será obligatorio el uso de bocas de incendio equipadas.

Una vez establecido la necesidad de instalar estos medios de extinción de incendio se debe establecer qué tipo de BIE y que necesidad de agua hay que disponer. En este caso y siguiendo el punto 9.2 del anexo III del RSCIEI las BIEs deben cumplir las siguientes condiciones hidráulicas:

**Tabla 11.** Tipo de BIEs a instalar.

NIVEL DE RIESGO INTRÍNSECO DEL ESTABLECIMIENTO INDUSTRIAL	TIPO DE BIE	SIMULTANEIDAD	TIEMPO DE AUTONOMÍA
BAJO	DN 25 mm	2	60 min
MEDIO	DN 45 mm*	2	60 min
ALTO	DN 45 mm*	3	90 min

Fuente: Punto 9.2, Anexo III del RSCIEI

\* Se admitirá BIE 25 mm como toma adicional del 45mm, y se considerará, a los efectos de cálculo hidráulico, como BIE de 45 mm.

Por tanto, se debe disponer de **BOCAS DE INCENDIO EQUIPADAS con un DN de 45mm, una simultaneidad de 2 y un tiempo de autonomía de 60 minutos.**

**Figura 20.** Boca de incendio equipada.



Fuente: Google imágenes

Según lo indicado anteriormente, se deberán instalar BIEs en el almacén.

Los requisitos a cumplir serán los descritos en el punto 5 del ANEXO I del Real Decreto 513/2017, de 22 de mayo, por el que se aprueba el Reglamento de instalaciones de protección contra incendios, donde destacan las siguientes condiciones:

- La distancia entre BIEs no será superior a 50 metros.
- La distancia de las BIEs a la puerta de salida no superará los 5 metros.
- Las longitud de las mangueras de las BIEs deberán poder cubrir toda el área del almacén, con una distancia máxima de manguera de 30 metros
- Radio de acción de la manguera, 5 metros.
- Bocas de incendio equipadas con un DN de 45mm, una simultaneidad de 2 y un tiempo de autonomía de 60 minutos.

Las medidas de la nave son de 55 metros x 32 metros.

Se colocarán 4 BIEs situadas en cada una de las salidas de emergencia. Cumpliendo así con los requisitos anteriores.

#### 1.9.2.8. Sistemas de columna seca

Son instalaciones que se realizan en edificios de alturas considerables. El objetivo de la columna seca es poder transportar agua desde el camión de bomberos por todo el edificio con el caudal adecuado y sin necesidad de extender las mangueras, facilitando así su trabajo.

Siguiendo el RSCIEI en su Anexo III punto 10 se instalarán sistemas de columna seca en los establecimientos industriales si son de riesgo intrínseco medio o alto y su altura de evacuación es de 15 m o superior.

En nuestro caso **NO SERÁ OBLIGATORIO LA INSTALACIÓN DE SISTEMAS DE COLUMNA SECA.**

#### 1.9.2.9. Sistemas de rociadores automáticos de agua

Los sistemas de rociadores automáticos de agua o sprinkler son sistemas activos de protección contra incendios cuyo objetivo es controlar el incendio evitando su propagación.

Siguiendo el RSCIEI en su Anexo III punto 11 apartado b, actividades de almacenamiento, se instalarán sistemas de rociadores automáticos de agua si:

1. Están ubicados en edificios de tipo A, su nivel de riesgo intrínseco es medio y su superficie total construida es de 300 m<sup>2</sup> o superior.
2. Están ubicados en edificios de tipo B, su nivel de riesgo intrínseco es medio y su superficie total construida es de 1500 m<sup>2</sup> o superior.
3. Están ubicados en edificios de tipo B, su nivel de riesgo intrínseco es alto y su superficie total construida es de 800 m<sup>2</sup> o superior.
4. Están ubicados en edificios de tipo C, su nivel de riesgo intrínseco es medio y su superficie total construida es de 2000 m<sup>2</sup> o superior.
5. Están ubicados en edificios de tipo C, su nivel de riesgo intrínseco es alto y su superficie total construida es de 1000 m<sup>2</sup> o superior.

NOTA: Cuando se realice la instalación de un sistema de rociadores automáticos de agua, concurrentemente con la de un sistema automático de detección de incendio que emplee detectores térmicos de acuerdo con las condiciones de diseño (apartado 1 de este anexo), quedará cancelada la exigencia del sistema de detección.

En nuestro caso no se cumple con ninguno de los apartados anteriores, por lo que **NO SERÁ OBLIGATORIO INSTALAR SISTEMAS DE ROCIADORES AUTOMÁTICOS DE AGUA.**

Figura 21. Sprinkler de agua.



Fuente: Google imágenes

#### 1.9.2.10. Sistema de agua pulverizada

Siguiendo el RSCIEI en su Anexo III punto 12, se instalarán sistemas de agua pulverizada cuando por la configuración, contenido, proceso y ubicación del riesgo sea necesario refrigerar partes de este para asegurar la estabilidad de su estructura, y evitar los efectos del calor de radiación emitido por otro riesgo cercano. Y en aquellos sectores de incendio y áreas de incendio donde sea preceptiva su instalación de acuerdo con las disposiciones vigentes que regulan la protección contra incendios en actividades industriales sectoriales o específicas (artículo 1 de este reglamento).

#### 1.9.2.11. Sistemas de espuma física

Siguiendo el RSCIEI en su Anexo III punto 13, se instalarán sistemas de espuma física en aquellos sectores de incendio y áreas de incendio donde sea preceptiva su instalación de acuerdo con las disposiciones vigentes que regulan la protección contra incendios en actividades industriales, sectoriales o específicas (artículo 1 de este reglamento) y, en general, cuando existan áreas de un sector de incendio en las que se manipulan líquidos inflamables que, en caso de incendios, puedan propagarse a otros sectores.

En nuestro caso, **NO SE VA A INSTALAR SISTEMAS DE ESPUMA FÍSICA** puesto que no se realiza ningún tipo de trasvase de producto químico en su interior. Además el material inflamable en su interior únicamente ocupa un 5% del total de la capacidad de almacenamiento.

#### 1.9.2.12. Sistema de extinción por polvo

Siguiendo el RSCIEI en su Anexo III punto 14, se instalarán sistemas de extinción por polvo en aquellos sectores de incendio donde sea preceptiva su instalación de acuerdo con las disposiciones vigentes que regulan la protección contra incendios en actividades industriales sectoriales o específicas (artículo 1 de este reglamento), en nuestro caso **NO APLICA** la instalación de este tipo de sistemas.

#### 1.9.2.13. Sistema de extinción por agentes extintores gaseosos

Siguiendo el RSCIEI en su Anexo III punto 15, se instalarán sistemas de extinción por agentes extintores gaseosos en los sectores de incendio de los establecimientos industriales cuando:

- a) Sea preceptiva su instalación de acuerdo con las disposiciones vigentes que regulan la protección contra incendios en actividades industriales sectoriales o específicas (artículo 1 de este reglamento).
- b) Constituyan recintos donde se ubiquen equipos electrónicos, centros de cálculo, bancos de datos, centros de control o medida y análogos y la protección con sistemas de agua pueda dañar dichos equipos.

En nuestro caso **NO APLICA** la instalación de este tipo de sistemas.

#### 1.9.2.14. Sistemas de alumbrado de emergencia

Siguiendo el RSCIEI en su Anexo III punto 16:

16.1. Los sistemas de alumbrado de emergencia contarán con una instalación de alumbrado de emergencia de las vías de evacuación los sectores de incendio de los edificios industriales cuando:

- a) Estén situados en planta bajo rasante.
- b) Estén situados en cualquier planta sobre rasante, cuando la ocupación, P, sea igual o mayor de 10 personas y sean de riesgo intrínseco medio o alto.
- c) En cualquier caso, cuando la ocupación, P, sea igual o mayor de 25 personas.

16.2. Contarán con una instalación de alumbrado de emergencia:

- a) Los locales o espacios donde estén instalados cuadros, centros de control o mandos de las instalaciones técnicas de servicios (citadas en el anexo II.8 [i.e. II.9] de este reglamento) o de los procesos que se desarrollan en el establecimiento industrial.
- b) Los locales o espacios donde estén instalados los equipos centrales o los cuadros de control de los sistemas de protección contra incendios.

16.3. La instalación de los sistemas de alumbrado de emergencia cumplirá las siguientes condiciones:

- a) Será fija, estará provista de fuente propia de energía y entrará automáticamente en funcionamiento al producirse un fallo del 70 por ciento de su tensión nominal de servicio.
- b) Mantendrá las condiciones de servicio durante una hora, como mínimo, desde el momento en que se produzca el fallo.
- c) Proporcionará una iluminancia de un lx, como mínimo, en el nivel del suelo en los recorridos de evacuación.
- d) La iluminancia será, como mínimo, de cinco lx en los espacios definidos en el apartado 16.2 de este anexo.
- e) La uniformidad de la iluminación proporcionada en los distintos puntos de cada zona será tal que el cociente entre la iluminancia máxima y la mínima sea menor que 40.
- f) Los niveles de iluminación establecidos deben obtenerse considerando nulo el factor de reflexión de paredes y techos y contemplando un factor de mantenimiento que comprenda la reducción del rendimiento luminoso debido al envejecimiento de las lámparas y a la suciedad de las luminarias.

En nuestro caso **será necesario la instalación de del sistema de alumbrado de emergencia.**

Se dotará el almacén de alumbrado de emergencia para que, en caso de fallo del alumbrado general, sea posible realizar una evacuación general y segura para el personal.

El alumbrado deberá de cumplir con la norma UNE20392:1993 o con la UNE 20062:1993 así como con las características descritas anteriormente para los locales de riesgo de incendio o explosión.

**Figura 22.** Alumbrado de emergencia.



Fuente: Google imágenes

#### 1.9.2.15. Señalización

Siguiendo el RSCIEI en su Anexo III punto 17, se procederá a la señalización de las salidas de uso habitual o de emergencia, así como la de los medios de protección contra incendios de utilización manual, cuando no sean fácilmente localizables desde algún punto de la zona protegida, teniendo en cuenta lo dispuesto en el Reglamento de señalización de los centros de trabajo, aprobado por el Real Decreto 485/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.

En nuestra instalación **quedaran señalizadas todas las salidas de emergencia, así como los medios de protección contra incendios.**

**Figura 23.** Señales de emergencia.



Fuente: Google imágenes

1.9.2.16. Protecciones mínimas del sistema de contraincendios.

Protecciones mínimas a instalar del sistema contraincendios	
Tipo de protección	Obligatorio (SI/NO)
Sistema automático de detección de incendio	SI
Sistemas manuales de detección de incendio	SI
Sistemas de comunicación de alarma	NO
Sistemas de hidrantes exteriores	NO
Extintores de incendio	SI
Bocas de incendio equipadas	SI
Sistemas de rociadores automáticos de agua	NO
Sistema de agua pulverizada	NO
Sistema de espuma física	NO
Sistema de extinción por polvo	NO
Sistema de extinción por agentes extintores gaseosos	NO
Alumbrado	SI
Señalización	SI

## 2. CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS

### 2.1. Cálculo de la instalación eléctrica

#### 2.1.1. Cuadro general de mando y protección

Emplearemos las siguientes fórmulas:

##### Sistema Trifásico

- $I = P_c / 1,732 \times U \times \text{Cos}\varphi \times R = \text{amp (A)}$
- $e = (L \times P_c / k \times U \times n \times S \times R) + (L \times P_c \times X_u \times \text{Sen}\varphi / 1000 \times U \times n \times R \times \text{Cos}\varphi) = \text{voltios (V)}$

##### Sistema Monofásico:

- $I = P_c / U \times \text{Cos}\varphi \times R = \text{amp (A)}$
- $e = (2 \times L \times P_c / k \times U \times n \times S \times R) + (2 \times L \times P_c \times X_u \times \text{Sen}\varphi / 1000 \times U \times n \times R \times \text{Cos}\varphi) = \text{voltios (V)}$

En donde:

- $P_c$  = Potencia de Cálculo en Watios.
- $L$  = Longitud de Cálculo en metros.
- $e$  = Caída de tensión en Voltios.
- $K$  = Conductividad.
- $I$  = Intensidad en Amperios.
- $U$  = Tensión de Servicio en Voltios (Trifásica ó Monofásica).
- $S$  = Sección del conductor en  $\text{mm}^2$ .
- $\text{Cos } \varphi$  = Coseno de  $\varphi$ . Factor de potencia.
- $R$  = Rendimiento. (Para líneas motor).
- $n$  = N° de conductores por fase.
- $X_u$  = Reactancia por unidad de longitud en  $\text{m}\Omega/\text{m}$ .

##### Fórmula Conductividad Eléctrica

- $K = 1/\rho$
- $\rho = \rho_{20}[1+\alpha (T-20)]$
- $T = T_0 + [(T_{\text{max}}-T_0) (I/I_{\text{max}})^2]$

Siendo:

- $K$  = Conductividad del conductor a la temperatura  $T$ .
- $\rho$  = Resistividad del conductor a la temperatura  $T$ .
- $\rho_{20}$  = Resistividad del conductor a  $20^{\circ}\text{C}$ .
- $Cu = 0.017241 \text{ ohmios}\cdot\text{mm}^2/\text{m}$
- $Al = 0.028264 \text{ ohmios}\cdot\text{mm}^2/\text{m}$
- $\alpha$  = Coeficiente de temperatura:
- $Cu = 0.003929$
- $Al = 0.004032$
- $T$  = Temperatura del conductor ( $^{\circ}\text{C}$ ).
- $T_0$  = Temperatura ambiente ( $^{\circ}\text{C}$ ):
- Cables enterrados =  $25^{\circ}\text{C}$
- Cables al aire =  $40^{\circ}\text{C}$
- $T_{\text{max}}$  = Temperatura máxima admisible del conductor ( $^{\circ}\text{C}$ ):
- XLPE, EPR =  $90^{\circ}\text{C}$
- PVC =  $70^{\circ}\text{C}$
- Barras Blindadas =  $85^{\circ}\text{C}$
- $I$  = Intensidad prevista por el conductor (A).
- $I_{\text{max}}$  = Intensidad máxima admisible del conductor (A).

#### Fórmulas Sobrecargas

- $I_b \leq I_n \leq I_z$
- $I_2 \leq 1,45I_z$

Donde:

- $I_b$ : Intensidad utilizada en el circuito.
- $I_z$ : Intensidad admisible de la canalización según la norma UNE-HD 60364-5-52.
- $I_n$ : Intensidad nominal del dispositivo de protección. Para los dispositivos de protección regulables,  $I_n$  es la intensidad de regulación escogida.
- $I_2$ : Intensidad que asegura efectivamente el funcionamiento del dispositivo de protección. En la práctica  $I_2$  se toma igual:
  - A la intensidad de funcionamiento en el tiempo convencional, para los interruptores automáticos ( $1,45 I_n$  como máximo).
  - A la intensidad de fusión en el tiempo convencional, para los fusibles ( $1,6 I_n$ ).

### Fórmulas compensación energía reactiva

- $\cos\varnothing = P / \sqrt{(P^2 + Q^2)}$ .
- $\operatorname{tg}\varnothing = Q/P$ .
- $Q_c = P(\operatorname{tg}\varnothing_1 - \operatorname{tg}\varnothing_2)$ .
- $C = Q_c \times 1000 / U^2 \times \omega$ ; (Monofásico - Trifásico conexión estrella).
- $C = Q_c \times 1000 / 3 \times U^2 \times \omega$ ; (Trifásico conexión triángulo).

Siendo:

- P = Potencia activa instalación (kW).
- Q = Potencia reactiva instalación (kVAr).
- $Q_c$  = Potencia reactiva a compensar (kVAr).
- $\varnothing_1$  = Angulo de desfase de la instalación sin compensar.
- $\varnothing_2$  = Angulo de desfase que se quiere conseguir.
- U = Tensión compuesta (V).
- $\omega = 2\pi f$ ;  $f = 50$  Hz.
- C = Capacidad condensadores (F);  $\times 1000000$ ( $\mu\text{F}$ ).

### Fórmulas Resistencia Tierra

Placa enterrada:

- $R_t = 0,8 \cdot \rho/P$

Siendo:

- $R_t$ : Resistencia de tierra (Ohm)
- $\rho$ : Resistividad del terreno (Ohm·m)
- P: Perímetro de la placa (m)

Pica vertical

- $R_t = \rho/L$

Siendo:

- $R_t$ : Resistencia de tierra (Ohm)
- $\rho$ : Resistividad del terreno (Ohm·m)
- L: Longitud de la pica (m)

Conductor enterrado horizontalmente

- $R_t = 2 \cdot \rho/L$

Siendo:

- Rt: Resistencia de tierra (Ohm)
- $\rho$ : Resistividad del terreno (Ohm·m)
- L: Longitud del conductor (m)

Asociación en paralelo de varios electrodos

➤  $R_t = 1 / (L_c/2\rho + L_p/\rho + P/0,8\rho)$

Siendo:

- Rt: Resistencia de tierra (Ohm)
- $\rho$ : Resistividad del terreno (Ohm·m)
- Lc: Longitud total del conductor (m)
- Lp: Longitud total de las picas (m)
- P: Perímetro de las placas (m)

2.1.2. Demanda de potencias - esquema de distribución tt

- Potencia total instalada:

Iluminación 1	1550 W
Iluminación 2	1550 W
Iluminación 3	1550 W
Iluminación 4	1550 W
Iluminación 5	1550 W
Enchufes 1	350 W
Enchufes 2	350 W
Enchufes 3	350 W
Enchufes 4	350 W
Extractor	750 W
<b>TOTAL</b>	<b>9900 W</b>

- Potencia Instalada Alumbrado (W): 7750
- Potencia Instalada Fuerza (W): 2150
- Potencia Máxima Admisible (W)\_Cosfi 0.8: 17735.68
- Potencia Máxima Admisible (W)\_Cosfi 1: 22169.6

Reparto de Fases - Líneas Monofásicas:

- Potencia Fase R (W): 3100
- Potencia Fase S (W): 3100
- Potencia Fase T (W): 2950

### 2.1.3. Cálculo de la acometida

- Tensión de servicio: 400 V.
- Canalización: Enterrados Bajo Tubo (R.Subt)
- Longitud: 5 m; Cosφ: 0.8; Xu(m□/m): 0.08;
- Potencia a instalar: 9900 W.
- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-47 y ITC-BT-44):
- $750 \times 1.25 + 15350 = 16287.5$  W. (Coef. de Simult.: 1)

➤  $I = 16287.5 / 1,732 \times 400 \times 0.8 = 29.39$  A.

- Se eligen conductores Unipolares 4x16mm<sup>2</sup>Al
- Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, XLPE. Desig. UNE: RV-AI Eca
- I.ad. a 25°C (Fc=1) 62 A. según ITC-BT-07
- Diámetro exterior tubo: 63 mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 39.6

$$e(\text{parcial}) = (5 \times 16287.5 / 32.79 \times 400 \times 16)$$

$$+ (5 \times 16287.5 \times 0.08 \times 0.6 / 1000 \times 400 \times 1 \times 0.8) = 0.4 \text{ V.} = 0.1 \%$$

$$e(\text{total}) = 0.1\% \text{ ADMIS (2\% MAX.)}$$

### 2.1.4. Cálculo de la derivación individual

- Tensión de servicio: 400 V.
- Canalización: B1-Unip.Tubos Superf.o Emp.Obra
- Longitud: 5 m; Cosφ: 0.8; Xu(m□/m): 0.08;
- Potencia a instalar: 9900 W.
- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-47 y ITC-BT-44):

- 
- $750 \times 1.25 + 15350 = 16287.5$  W. (Coef. de Simult.: 1)

- $I = 16287.5 / 1,732 \times 400 \times 0.8 = 29.39$  A.
  - Se eligen conductores Unipolares  $4 \times 6 + TT \times 6 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$
  - Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, XLPE+Pol - No propagador incendio y emisión humos y opacidad reducida -. Desig. UNE: RZ1-K(AS) Cca-s1b,d1,a1
  - I.ad. a  $40^\circ\text{C}$  ( $F_c=1$ ) 41 A. según ITC-BT-19
  - Diámetro exterior tubo: 50 mm.

#### Caída de tensión:

Temperatura cable ( $^\circ\text{C}$ ): 65.69

$e(\text{parcial}) = (5 \times 16287.5 / 49.17 \times 400 \times 6)$

$+ (5 \times 16287.5 \times 0.08 \times 0.6 / 1000 \times 400 \times 1 \times 0.8) = 0.7$  V. = 0.18 %

$e(\text{total}) = 0.18\%$  ADMIS (4.5% MAX.)

#### Prot. Térmica:

- I.Mag. Tetrapolar Int. 32 A.

#### 2.1.4.1. Cálculo de la Línea: Cuadro iluminación

- Tensión de servicio: 400 V.
- Canalización: B2-Mult.Tubos Superf.o Emp.Obra
- Longitud: 5 m;  $\cos \phi$ : 0.8;  $X_u(\text{m}\phi/\text{m})$ : 0;
- Potencia a instalar: 7750 W.
- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-44):  
13950 W.(Coef. de Simult.: 1)

- $I = 13950 / 1,732 \times 400 \times 0.8 = 25.17$  A.
- Se eligen conductores Tetrapolares  $4 \times 6 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$
- Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, XLPE+Pol,RF - No propagador incendio y emisión humos y opacidad reducida, resistente al fuego -, Apantallado. Desig. UNE: RZ1KZ1-K(AS+) Cca-s1b, d1,a1
- I.ad. a  $40^\circ\text{C}$  ( $F_c=1$ ) 39 A. según ITC-BT-19
- Diámetro exterior tubo: 25 mm.

#### Caída de tensión:

Temperatura cable ( $^\circ\text{C}$ ): 60.83

$e(\text{parcial}) = 5 \times 13950 / 49.98 \times 400 \times 6 = 0.58$  V. = 0.15 %

$e(\text{total}) = 0.32\%$  ADMIS (4.5% MAX.)

Prot. Térmica:

Mag. Tetrapolar Int. 32 A.

Protección diferencial:

Inter. Dif. Tetrapolar Int.: 40 A. Sens. Int.: 30 mA. Clase AC.

#### 2.1.4.2. Cálculo de la Línea: Iluminación 1

- Tensión de servicio: 230.94 V.
- Canalización: B2-Mult.Tubos Superf.o Emp.Obra
- Longitud: 75 m;  $\text{Cos}\varphi$ : 1;  $X_u(\text{m}\Omega/\text{m})$ : 0;
- Potencia a instalar: 1550 W.
- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-44):
- $1550 \times 1.8 = 2790$  W.

$$I = 2790 / 230.94 \times 1 = 12.08 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Bipolares 2x4+TTx4mm<sup>2</sup>Cu

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, XLPE+Pol,RF - No propagador incendio y emisión humos y opacidad reducida, resistente al fuego -, Armado.

Desig. UNE: RZ1MZ1-K(AS+) Cca-s1b,d1,a1

I.ad. a 40°C ( $F_c=1$ ) 32 A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 20 mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 47.13

$$e(\text{parcial}) = 2 \times 75 \times 2790 / 52.41 \times 230.94 \times 4 = 8.64 \text{ V.} = 3.74 \%$$

$$e(\text{total}) = 4.06\% \text{ ADMIS (4.5\% MAX.)}$$

Prot. Térmica:

I. Mag. Bipolar Int. 16 A.

#### 2.1.4.3. Cálculo de la Línea: Iluminación 2

- Tensión de servicio: 230.94 V.
- Canalización: B2-Mult.Tubos Superf.o Emp.Obra
- Longitud: 75 m;  $\text{Cos}\varphi$ : 1;  $X_u(\text{m}\Omega/\text{m})$ : 0;
- Potencia a instalar: 1550 W.
- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-44):
- $1550 \times 1.8 = 2790$  W.

$$I = 2790 / 230.94 \times 1 = 12.08 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Bipolares 2x4+TTx4mm<sup>2</sup>Cu  
Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, XLPE+Pol,RF - No propagador incendio y emisión humos y opacidad reducida, resistente al fuego -, Armado.  
Desig. UNE: RZ1MZ1-K(AS+) Cca-s1b,d1,a1  
I.ad. a 40°C (Fc=1) 32 A. según ITC-BT-19  
Diámetro exterior tubo: 20 mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 47.13

$e(\text{parcial})=2 \times 75 \times 2790 / 52.41 \times 230.94 \times 4 = 8.64 \text{ V.} = 3.74 \%$

$e(\text{total})=4.06\% \text{ ADMIS (4.5\% MAX.)}$

Prot. Térmica:

I. Mag. Bipolar Int. 16 A.

#### 2.1.4.4. Cálculo de la Línea: Iluminación 3

- Tensión de servicio: 230.94 V.
- Canalización: B2-Mult.Tubos Superf.o Emp.Obra
- Longitud: 75 m; Cosφ: 1; Xu(mΩ/m): 0;
- Potencia a instalar: 1550 W.
- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-44):
- $1550 \times 1.8 = 2790 \text{ W.}$

$I=2790/230.94 \times 1=12.08 \text{ A.}$

Se eligen conductores Bipolares 2x4+TTx4mm<sup>2</sup>Cu  
Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, XLPE+Pol,RF - No propagador incendio y emisión humos y opacidad reducida, resistente al fuego -, Armado.  
Desig. UNE: RZ1MZ1-K(AS+) Cca-s1b,d1,a1  
I.ad. a 40°C (Fc=1) 32 A. según ITC-BT-19  
Diámetro exterior tubo: 20 mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 47.13

$e(\text{parcial})=2 \times 75 \times 2790 / 52.41 \times 230.94 \times 4 = 8.64 \text{ V.} = 3.74 \%$

$e(\text{total})=4.06\% \text{ ADMIS (4.5\% MAX.)}$

Prot. Térmica:

I. Mag. Bipolar Int. 16 A.

#### 2.1.4.5. Cálculo de la Línea: Iluminación 4

- Tensión de servicio: 230.94 V.
- Canalización: B1-Unip.Tubos Superf.o Emp.Obra
- Longitud: 75 m;  $\cos\varphi$ : 1;  $X_u(m\Omega/m)$ : 0;
- Potencia a instalar: 1550 W.
- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-44):
- $1550 \times 1.8 = 2790$  W.

$$I = 2790 / 230.94 \times 1 = 12.08 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 2x4+TTx4mm<sup>2</sup>Cu

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 450/750 V, PVC. Desig. UNE: H07V-K Eca

I.ad. a 40°C (Fc=1) 26 A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 20 mm.

#### Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 46.48

$e(\text{parcial}) = 2 \times 75 \times 2790 / 52.54 \times 230.94 \times 4 = 8.62 \text{ V.} = 3.73 \%$

$e(\text{total}) = 4.05\% \text{ ADMIS (4.5\% MAX.)}$

#### Prot. Térmica:

I. Mag. Bipolar Int. 16 A.

#### 2.1.4.6. Cálculo de la Línea: Iluminación 5

- Tensión de servicio: 230.94 V.
- Canalización: B2-Mult.Tubos Superf.o Emp.Obra
- Longitud: 75 m;  $\cos\varphi$ : 1;  $X_u(m\Omega/m)$ : 0;
- Potencia a instalar: 1550 W.
- Potencia de cálculo:(Según ITC-BT-44):
- $1550 \times 1.8 = 2790$  W.

$$I = 2790 / 230.94 \times 1 = 12.08 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Bipolares 2x4+TTx4mm<sup>2</sup>Cu

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, XLPE+Pol,RF - No propagador incendio y emisión humos y opacidad reducida, resistente al fuego -, Armado.

Desig. UNE: RZ1MZ1-K(AS+) Cca-s1b,d1, a1

I.ad. a 40°C (Fc=1) 32 A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 20 mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 47.13

$e(\text{parcial})=2 \times 75 \times 2790 / 52.41 \times 230.94 \times 4 = 8.64 \text{ V.} = 3.74 \%$

$e(\text{total})=4.06\% \text{ ADMIS (4.5\% MAX.)}$

Prot. Térmica:

I. Mag. Bipolar Int. 16 A.

#### 2.1.4.7. Cálculo de la Línea: Cuadro Fuerza

- Tensión de servicio: 400 V.
- Canalización: C-Unip.o Mult.sobre Pared
- Longitud: 5 m;  $\text{Cos}\phi$ : 0.8;  $X_u(\text{m}\Omega/\text{m})$ : 0;
- Potencia a instalar: 2150 W.
- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-47):
- $750 \times 1.25 + 1400 = 2337.5 \text{ W.}$  (Coef. de Simult.: 1)

$I = 2337.5 / 1,732 \times 400 \times 0.8 = 4.22 \text{ A.}$

Se eligen conductores Unipolares  $4 \times 2.5 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 450/750 V, PVC. Desig. UNE: H07V-K Eca  
I.ad. a 40°C ( $F_c=1$ ) 20 A. según ITC-BT-19

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 41.33

$e(\text{parcial})=5 \times 2337.5 / 53.52 \times 400 \times 2.5 = 0.22 \text{ V.} = 0.05 \%$

$e(\text{total})=0.23\% \text{ ADMIS (4.5\% MAX.)}$

Prot. Térmica:

I. Mag. Tetrapolar Int. 16 A.

Protección diferencial:

Inter. Dif. Tetrapolar Int.: 25 A. Sens. Int.: 30 mA. Clase AC.

#### 2.1.4.8. Cálculo de la Línea: Enchufes 1

- Tensión de servicio: 230.94 V.
- Canalización: B1-Unip.Tubos Superf.o Emp.Obra
- Longitud: 75 m;  $\text{Cos}\phi$ : 0.8;  $X_u(\text{m}\Omega/\text{m})$ : 0;
- Potencia a instalar: 350 W.
- Potencia de cálculo: 350 W.

$$I=350/230.94 \times 0.8=1.89 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 2x2.5+TTx2.5mm<sup>2</sup>Cu

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 450/750 V, El.Term.+Poliolef. - No propagador incendio y emisión humos y opacidad reducida -. Desig. UNE: H07ZZ-F(AS) Cca-s1b, d1, a1

I.ad. a 40°C (Fc=1) 28 A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 20 mm.

#### Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 40.23

$$e(\text{parcial})=2 \times 75 \times 350 / 53.73 \times 230.94 \times 2.5=1.69 \text{ V.}=0.73 \%$$

$$e(\text{total})=0.96\% \text{ ADMIS (6.5\% MAX.)}$$

#### Prot. Térmica:

I. Mag. Bipolar Int. 16 A.

Protección diferencial:

Inter. Dif. Bipolar Int.: 25 A. Sens. Int.: 30 mA. Clase AC.

#### 2.1.4.9. Cálculo de la Línea: Enchufes 2

- Tensión de servicio: 230.94 V.
- Canalización: B1-Unip.Tubos Superf.o Emp.Obra
- Longitud: 75 m; Cos  $\varphi$ : 0.8; Xu(m $\Omega$ /m): 0;
- Potencia a instalar: 350 W.
- Potencia de cálculo: 350 W.

$$I=350/230.94 \times 0.8=1.89 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 2x2.5+TTx2.5mm<sup>2</sup>Cu

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 450/750 V, El. Term.+Poliolef. - No propagador incendio y emisión humos y opacidad reducida -. Desig. UNE: H07ZZ-F(AS) Cca-s1b, d1, a1

I.ad. a 40°C (Fc=1) 28 A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 20 mm.

#### Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 40.23

$$e(\text{parcial})=2 \times 75 \times 350 / 53.73 \times 230.94 \times 2.5=1.69 \text{ V.}=0.73 \%$$

$$e(\text{total})=0.96\% \text{ ADMIS (6.5\% MAX.)}$$

#### Prot. Térmica:

I. Mag. Bipolar Int. 16 A.

Protección diferencial:

Inter. Dif. Bipolar Int.: 25 A. Sens. Int.: 30 mA. Clase AC.

#### 2.1.4.10. Cálculo de la Línea: Enchufes 3

- Tensión de servicio: 230.94 V.
- Canalización: B1-Unip.Tubos Superf.o Emp.Obra
- Longitud: 75 m; Cosφ: 0.8; Xu(mΩ/m): 0;
- Potencia a instalar: 350 W.
- Potencia de cálculo: 350 W.

$$I=350/230.94 \times 0.8=1.89 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 2x2.5+TTx2.5mm<sup>2</sup>Cu

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 450/750 V, PVC. Desig. UNE: H07V-K Eca

I.ad. a 40°C (Fc=1) 20 A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 20 mm.

#### Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 40.27

$$e(\text{parcial})=2 \times 75 \times 350 / 53.72 \times 230.94 \times 2.5=1.69 \text{ V.}=0.73 \%$$

$$e(\text{total})=0.96\% \text{ ADMIS (6.5\% MAX.)}$$

#### Prot. Térmica:

I. Mag. Bipolar Int. 16 A.

Protección diferencial:

Inter. Dif. Bipolar Int.: 25 A. Sens. Int.: 30 mA. Clase AC.

#### 2.1.4.11. Cálculo de la Línea: Enchufes 4

- Tensión de servicio: 230.94 V.
- Canalización: B1-Unip.Tubos Superf.o Emp.Obra
- Longitud: 75 m; Cosφ: 0.8; Xu(mΩ/m): 0;
- Potencia a instalar: 350 W.
- Potencia de cálculo: 350 W.

$$I=350/230.94 \times 0.8=1.89 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 2x2.5+TTx2.5mm<sup>2</sup>Cu

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 450/750 V, PVC. Desig. UNE: H07V-K Eca

I.ad. a 40°C (Fc=1) 20 A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 20 mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 40.27

$e(\text{parcial})=2 \times 75 \times 350 / 53.72 \times 230.94 \times 2.5 = 1.69 \text{ V.} = 0.73 \%$

$e(\text{total})=0.96\% \text{ ADMIS (6.5\% MAX.)}$

Prot. Térmica:

I. Mag. Bipolar Int. 16 A.

Protección diferencial:

Inter. Dif. Bipolar Int.: 25 A. Sens. Int.: 30 mA. Clase AC.

2.1.4.12. Cálculo de la Línea: Extractor

- Tensión de servicio: 400 V.
- Canalización: B1-Unip.Tubos Superf.o Emp.Obra
- Longitud: 100 m; Cos  $\phi$ : 0.8;  $X_u(\text{m}\Omega/\text{m})$ : 0; R: 1
- Potencia a instalar: 750 W.
- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-47):
- $750 \times 1.25 = 937.5 \text{ W.}$

$I=937.5/1,732 \times 400 \times 0.8 \times 1 = 1.69 \text{ A.}$

Se eligen conductores Unipolares  $4 \times 2.5 + \text{TT} \times 2.5 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, XLPE+Pol,RF - No propagador incendio y emisión humos y opacidad reducida, resistente al fuego -, Armado.

Desig. UNE: RZ1MZ1-K(AS+) Cca-s1b, d1,a1

I.ad. a 40°C (Fc=1) 24 A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 20 mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 40.25

$e(\text{parcial})=100 \times 937.5 / 53.73 \times 400 \times 2.5 \times 1 = 1.74 \text{ V.} = 0.44 \%$

$e(\text{total})=0.67\% \text{ ADMIS (6.5\% MAX.)}$

Prot. Térmica:

I. Mag. Tetrapolar Int. 16 A.

Protección diferencial:

Inter. Dif. Tetrapolar Int.: 25 A. Sens. Int.: 30 mA. Clase AC.

Los resultados obtenidos se reflejan en las siguientes tablas:

Cuadro General de Mando y Protección

Denominación	P.Cálculo (W)	Dist.C álc. (m)	Sección (mm <sup>2</sup> )	I.Cálculo (A)	I.Ad m. (A)	C.T. Parc. (%)	C.T.T otal (%)	Dimensiones (mm) Tubo, Canal, Band.
ACOMETIDA	16287.5	5	4x16Al	29.39	62	0.1	0.1	63
DERIVACION IND.	16287.5	5	4x6+TTx6Cu	29.39	41	0.18	0.18	50
Cuadro iluminación	13950	5	4x6Cu	25.17	39	0.15	0.32	25
Iluminación 1	2790	75	2x4+TTx4Cu	12.08	32	3.74	4.06	20
Iluminación 2	2790	75	2x4+TTx4Cu	12.08	32	3.74	4.06	20
Iluminación 3	2790	75	2x4+TTx4Cu	12.08	32	3.74	4.06	20
Iluminación 4	2790	75	2x4+TTx4Cu	12.08	26	3.73	4.05	20
Iluminación 5	2790	75	2x4+TTx4Cu	12.08	32	3.74	4.06	20
Cuadro Fuerza	2337.5	5	4x2.5Cu	4.22	20	0.05	0.23	
Enchufes 1	350	75	2x2.5+TTx2.5Cu	1.89	28	0.73	0.96	20
Enchufes 2	350	75	2x2.5+TTx2.5Cu	1.89	28	0.73	0.96	20
Enchufes 3	350	75	2x2.5+TTx2.5Cu	1.89	20	0.73	0.96	20
Enchufes 4	350	75	2x2.5+TTx2.5Cu	1.89	20	0.73	0.96	20
Extractor	937.5	100	4x2.5+TTx2.5Cu	1.69	24	0.44	0.67	20

## 3. PLIEGO DE CONDICIONES

### 3.1. Condiciones Facultativas

#### 3.1.1. Técnico director de obra.

Corresponde al Técnico Director:

- Redactar los complementos o rectificaciones del proyecto que se precisen.
- Asistir a las obras, cuantas veces lo requiera su naturaleza y complejidad, a fin de resolver las contingencias que se produzcan e impartir las órdenes complementarias que sean precisas para conseguir la correcta solución técnica.
- Aprobar las certificaciones parciales de obra, la liquidación final y asesorar al promotor en el acto de la recepción.
- Redactar cuando sea requerido el estudio de los sistemas adecuados a los riesgos del trabajo en la realización de la obra y aprobar el Plan de Seguridad y Salud para la aplicación del mismo.
- Efectuar el replanteo de la obra y preparar el acta correspondiente, suscribiéndola en unión del Constructor o Instalador.
- Comprobar las instalaciones provisionales, medios auxiliares y sistemas de seguridad e higiene en el trabajo, controlando su correcta ejecución.
- Ordenar y dirigir la ejecución material con arreglo al proyecto, a las normas técnicas y a las reglas de la buena construcción.
- Realizar o disponer las pruebas o ensayos de materiales, instalaciones y demás unidades de obra según las frecuencias de muestreo programadas en el plan de control, así como efectuar las demás comprobaciones que resulten necesarias para asegurar la calidad constructiva de acuerdo con el proyecto y la normativa técnica aplicable. De los resultados informará puntualmente al Constructor o Instalador, impartándole, en su caso, las órdenes oportunas.
- Realizar las mediciones de obra ejecutada y dar conformidad, según las relaciones establecidas, a las certificaciones valoradas y a la liquidación de la obra.
- Suscribir el certificado final de la obra.

### 3.1.2. Constructor o instalador

Corresponde al Constructor o Instalador:

- Organizar los trabajos, redactando los planes de obras que se precisen y proyectando o autorizando las instalaciones provisionales y medios auxiliares de la obra.
- Elaborar, cuando se requiera, el Plan de Seguridad e Higiene de la obra en aplicación del estudio correspondiente y disponer en todo caso la ejecución de las medidas preventivas, velando por su cumplimiento y por la observancia de la normativa vigente en materia de seguridad e higiene en el trabajo.
- Suscribir con el Técnico Director el acta del replanteo de la obra.
- Ostentar la jefatura de todo el personal que intervenga en la obra y coordinar las intervenciones de los subcontratistas.
- Asegurar la idoneidad de todos y cada uno de los materiales y elementos constructivos que se utilicen, comprobando los preparativos en obra y rechazando los suministros o prefabricados que no cuenten con las garantías o documentos de idoneidad requeridos por las normas de aplicación.
- Custodiar el Libro de órdenes y seguimiento de la obra, y dar el enterado a las anotaciones que se practiquen en el mismo.
- Facilitar al Técnico Director con antelación suficiente los materiales precisos para el cumplimiento de su cometido.
- Preparar las certificaciones parciales de obra y la propuesta de liquidación final.
- Suscribir con el Promotor las actas de recepción provisional y definitiva.
- Concertar los seguros de accidentes de trabajo y de daños a terceros durante la obra.

### 3.1.3. Verificación de los documentos del proyecto

Antes de dar comienzo a las obras, el Constructor o Instalador consignará por escrito que la documentación aportada le resulta suficiente para la comprensión de la totalidad de la obra contratada o, en caso contrario, solicitará las aclaraciones pertinentes.

El Contratista se sujetará a las Leyes, Reglamentos y Ordenanzas vigentes, así como a las que se dicten durante la ejecución de la obra.

#### 3.1.4. Plan de seguridad y salud en el trabajo

El Constructor o Instalador, a la vista del Proyecto, conteniendo, en su caso, el Estudio de Seguridad y Salud, presentará el Plan de Seguridad y Salud de la obra a la aprobación del Técnico de la Dirección Facultativa.

#### 3.1.5. Presencia del constructor o instalador en la obra

El Constructor o Instalador viene obligado a comunicar a la propiedad la persona designada como delegado suyo en la obra, que tendrá carácter de Jefe de la misma, con dedicación plena y con facultades para representarle y adoptar en todo momento cuantas disposiciones competan a la contrata.

El incumplimiento de esta obligación o, en general, la falta de cualificación suficiente por parte del personal según la naturaleza de los trabajos facultará al Técnico para ordenar la paralización de las obras, sin derecho a reclamación alguna, hasta que se subsane la deficiencia.

El Jefe de la obra, por sí mismo o por medio de sus técnicos encargados, estará presente durante la jornada legal de trabajo y acompañará al Técnico Director, en las visitas que haga a las obras, poniéndose a su disposición para la práctica de los reconocimientos que se consideren necesarios y suministrándole los datos precisos para la comprobación de mediciones y liquidaciones.

#### 3.1.6. Trabajos no estipulados expresamente

Es obligación de la contrata el ejecutar cuanto sea necesario para la buena construcción y aspecto de las obras, aun cuando no se halle expresamente determinado en los documentos de Proyecto, siempre que, sin separarse de su espíritu y recta interpretación, lo disponga el Técnico Director dentro de los límites de posibilidades que los presupuestos habiliten para cada unidad de obra y tipo de ejecución.

El Contratista, de acuerdo con la Dirección Facultativa, entregará en el acto de la recepción provisional, los planos de todas las instalaciones ejecutadas en la obra, con las modificaciones o estado definitivo en que hayan quedado.

El Contratista se compromete igualmente a entregar las autorizaciones que preceptivamente tienen que expedir las Delegaciones Provinciales de Industria, Sanidad, etc., y autoridades locales, para la puesta en servicio de las referidas instalaciones.

Son también por cuenta del Contratista, todos los arbitrios, licencias municipales, vallas, alumbrado, multas, etc., que ocasionen las obras desde su inicio hasta su total terminación.

### 3.1.7. Interpretaciones, aclaraciones y modificaciones de los documentos del proyecto

Cuando se trate de aclarar, interpretar o modificar preceptos de los Pliegos de Condiciones o indicaciones de los planos o croquis, las órdenes e instrucciones correspondientes se comunicarán precisamente por escrito al Constructor o Instalador estando éste obligado a su vez a devolver los originales o las copias suscribiendo con su firma el enterado, que figurará al pie de todas las órdenes, avisos o instrucciones que reciba del Técnico Director.

Cualquier reclamación que en contra de las disposiciones tomadas por éstos crea oportuno hacer el Constructor o Instalador, habrá de dirigirla, dentro precisamente del plazo de tres días, a quien la hubiera dictado, el cual dará al Constructor o Instalador, el correspondiente recibo, si este lo solicitase.

El Constructor o Instalador podrá requerir del Técnico Director, según sus respectivos cometidos, las instrucciones o aclaraciones que se precisen para la correcta interpretación y ejecución de lo proyectado.

### 3.1.8. Reclamaciones contra las órdenes de la dirección facultativa

Las reclamaciones que el Contratista quiera hacer contra las órdenes o instrucciones dimanadas de la Dirección Facultativa, sólo podrá presentarlas ante la Propiedad, si son de orden económico y de acuerdo con las condiciones estipuladas en los Pliegos de Condiciones correspondientes. Contra disposiciones de orden técnico, no se admitirá reclamación alguna, pudiendo el Contratista salvar su responsabilidad, si lo estima oportuno, mediante exposición razonada dirigida al Técnico Director, el cual podrá limitar su contestación al acuse de recibo, que en todo caso será obligatoria para ese tipo de reclamaciones.

### 3.1.9. Faltas de personal

El Técnico Director, en supuestos de desobediencia a sus instrucciones, manifiesta incompetencia o negligencia grave que comprometan o perturben la marcha de los trabajos, podrá requerir al Contratista para que aparte de la obra a los dependientes u operarios causantes de la perturbación.

El Contratista podrá subcontratar capítulos o unidades de obra a otros contratistas e industriales, con sujeción en su caso, a lo estipulado en el Pliego de Condiciones Particulares y sin perjuicio de sus obligaciones como Contratista general de la obra.

### 3.1.10. Caminos y accesos

El Constructor dispondrá por su cuenta los accesos a la obra y el cerramiento o vallado de ésta.

El Técnico Director podrá exigir su modificación o mejora.

Asimismo el Constructor o Instalador se obligará a la colocación en lugar visible, a la entrada de la obra, de un cartel exento de panel metálico sobre estructura auxiliar donde se reflejarán los datos de la obra en relación al título de la misma, entidad promotora y nombres de los técnicos competentes, cuyo diseño deberá ser aprobado previamente a su colocación por la Dirección Facultativa.

### 3.1.11. Replanteo

El Constructor o Instalador iniciará las obras con el replanteo de las mismas en el terreno, señalando las referencias principales que mantendrá como base de ulteriores replanteos parciales. Dichos trabajos se considerarán a cargo del Contratista e incluidos en su oferta.

El Constructor someterá el replanteo a la aprobación del Técnico Director y una vez este haya dado su conformidad preparará un acta acompañada de un plano que deberá ser aprobada por el Técnico, siendo responsabilidad del Constructor la omisión de este trámite.

### 3.1.12. Comienzo de la obra. Ritmo de ejecución de los trabajos

El Constructor o Instalador dará comienzo a las obras en el plazo marcado en el Pliego de Condiciones Particulares, desarrollándolas en la forma necesaria para que dentro de los períodos parciales en aquél señalados queden ejecutados los trabajos correspondientes y, en consecuencia, la ejecución total se lleve a efecto dentro del plazo exigido en el Contrato.

Obligatoriamente y por escrito, deberá el Contratista dar cuenta al Técnico Director del comienzo de los trabajos al menos con tres días de antelación.

### 3.1.13. Orden de los trabajos

En general, la determinación del orden de los trabajos es facultad de la contrata, salvo aquellos casos en los que, por circunstancias de orden técnico, estime conveniente su variación la Dirección Facultativa.

### 3.1.14. Facilidades para otros contratistas

De acuerdo con lo que requiera la Dirección Facultativa, el Contratista General deberá dar todas las facilidades razonables para la realización de los trabajos que le sean encomendados a todos los demás Contratistas que intervengan en la obra. Ello sin perjuicio de las compensaciones económicas a que haya lugar entre Contratistas por utilización de medios auxiliares o suministros de energía u otros conceptos.

En caso de litigio, ambos Contratistas estarán a lo que resuelva la Dirección Facultativa.

### 3.1.15. Ampliación del proyecto por causas imprevistas o de fuerza mayor

Cuando sea preciso por motivo imprevisto o por cualquier accidente, ampliar el Proyecto, no se interrumpirán los trabajos, continuándose según las instrucciones dadas por el Técnico Director en tanto se formula o se tramita el Proyecto Reformado.

El Constructor o Instalador está obligado a realizar con su personal y sus materiales cuanto la Dirección de las obras disponga para apeos, apuntalamientos, derribos, recalzos o cualquier otra obra de carácter urgente.

### 3.1.16. Prórroga por causa de fuerza mayor

Si por causa de fuerza mayor o independiente de la voluntad del Constructor o Instalador, éste no pudiese comenzar las obras, o tuviese que suspenderlas, o no le fuera posible terminarlas en los plazos prefijados, se le otorgará una prórroga proporcionada para el cumplimiento de la contrata, previo informe favorable del Técnico. Para ello, el Constructor o Instalador expondrá, en escrito dirigido al Técnico, la causa que impide la ejecución o la marcha de los trabajos y el retraso que por ello se originaría en los plazos acordados, razonando debidamente la prórroga que por dicha causa solicita.

### 3.1.17. Responsabilidad de la dirección facultativa en el retraso de la obra

El Contratista no podrá excusarse de no haber cumplido los plazos de obra estipulados, alegando como causa la carencia de planos u órdenes de la Dirección Facultativa, a excepción del caso en que habiéndolo solicitado por escrito no se le hubiesen proporcionado.

### 3.1.18. Condiciones generales de ejecución de los trabajos

Todos los trabajos se ejecutarán con estricta sujeción al Proyecto, a las modificaciones del mismo que previamente hayan sido aprobadas y a las órdenes e instrucciones que bajo su responsabilidad y por escrito entregue el Técnico al Constructor o Instalador, dentro de las limitaciones presupuestarias.

### 3.1.19. Obras ocultas

De todos los trabajos y unidades de obra que hayan de quedar ocultos a la terminación del edificio, se levantarán los planos precisos para que queden perfectamente definidos; estos documentos se extenderán por triplicado, siendo entregados: uno, al Técnico; otro a la Propiedad; y el tercero, al Contratista, firmados todos ellos por los tres. Dichos planos, que deberán ir

suficientemente acotados, se considerarán documentos indispensables e irrecusables para efectuar las mediciones.

### 3.1.20. Trabajos defectuosos

El Constructor debe emplear los materiales que cumplan las condiciones exigidas en las "Condiciones Generales y Particulares de índole Técnica "del Pliego de Condiciones y realizará todos y cada uno de los trabajos contratados de acuerdo con lo especificado también en dicho documento.

Por ello, y hasta que tenga lugar la recepción definitiva del edificio es responsable de la ejecución de los trabajos que ha contratado y de las faltas y defectos que en éstos puedan existir por su mala gestión o por la deficiente calidad de los materiales empleados o aparatos colocados, sin que le exima de responsabilidad el control que compete al Técnico, ni tampoco el hecho de que los trabajos hayan sido valorados en las certificaciones parciales de obra, que siempre serán extendidas y abonadas a buena cuenta.

Como consecuencia de lo anteriormente expresado, cuando el Técnico Director advierta vicios o defectos en los trabajos citados, o que los materiales empleados o los aparatos colocados no reúnen las condiciones preceptuadas, ya sea en el curso de la ejecución de los trabajos, o finalizados éstos, y para verificarse la recepción definitiva de la obra, podrá disponer que las partes defectuosas demolidas y reconstruidas de acuerdo con lo contratado, y todo ello a expensas de la contrata. Si ésta no estimase justa la decisión y se negase a la demolición y reconstrucción o ambas, se planteará la cuestión ante la Propiedad, quien resolverá.

### 3.1.21. Vicios ocultos

Si el Técnico tuviese fundadas razones para creer en la existencia de vicios ocultos de construcción en las obras ejecutadas, ordenará efectuar en cualquier tiempo, y antes de la recepción definitiva, los ensayos, destructivos o no, que crea necesarios para reconocer los trabajos que suponga defectuosos.

Los gastos que se observen serán de cuenta del Constructor o Instalador, siempre que los vicios existan realmente.

### 3.1.22. De los materiales y los aparatos. Su procedencia

El Constructor tiene libertad de proveerse de los materiales y aparatos de todas clases en los puntos que le parezca conveniente, excepto en los casos en que el Pliego Particular de Condiciones Técnicas preceptúe una procedencia determinada.

Obligatoriamente, y para proceder a su empleo o acopio, el Constructor o Instalador deberá presentar al Técnico una lista completa de los materiales y aparatos que vaya a utilizar en la que se indiquen todas las indicaciones sobre marcas, calidades, procedencia e idoneidad de cada uno de ellos.

### 3.1.23. Materiales no utilizables

El Constructor o Instalador, a su costa, transportará y colocará, agrupándolos ordenadamente y en el lugar adecuado, los materiales procedentes de las excavaciones, derribos, etc., que no sean utilizables en la obra.

Se retirarán de ésta o se llevarán al vertedero, cuando así estuviese establecido en el Pliego de Condiciones particulares vigente en la obra.

Si no se hubiese preceptuado nada sobre el particular, se retirarán de ella cuando así lo ordene el Técnico.

### 3.1.24. Gastos ocasionados por pruebas y ensayos

Todos los gastos originados por las pruebas y ensayos de materiales o elementos que intervengan en la ejecución de las obras serán de cuenta de la contrata.

Todo ensayo que no haya resultado satisfactorio o que no ofrezca las suficientes garantías podrá comenzarse de nuevo a cargo del mismo.

### 3.1.25. Limpieza de las obras

Es obligación del Constructor o Instalador mantener limpias las obras y sus alrededores, tanto de escombros como de materiales sobrantes, hacer desaparecer las instalaciones provisionales que no sean necesarias, así como

adoptar las medidas y ejecutar todos los trabajos que sean necesarios para que la obra ofrezca un buen aspecto.

#### 3.1.26. Documentación final de la obra

El Técnico Director facilitará a la Propiedad la documentación final de las obras, con las especificaciones y contenido dispuesto por la legislación vigente.

#### 3.1.27. Plazo de garantía

El plazo de garantía será de doce meses, y durante este período el Contratista corregirá los defectos observados, eliminará las obras rechazadas y reparará las averías que por esta causa se produjeran, todo ello por su cuenta y sin derecho a indemnización alguna, ejecutándose en caso de resistencia dichas obras por la Propiedad con cargo a la fianza.

El Contratista garantiza a la Propiedad contra toda reclamación de tercera persona, derivada del incumplimiento de sus obligaciones económicas o disposiciones legales relacionadas con la obra.

Tras la Recepción Definitiva de la obra, el Contratista quedará relevado de toda responsabilidad salvo en lo referente a los vicios ocultos de la construcción.

#### 3.1.28. Conservación de las obras recibidas provisionalmente

Los gastos de conservación durante el plazo de garantía comprendido entre las recepciones provisionales y definitiva, correrán a cargo del Contratista.

Por lo tanto, el Contratista durante el plazo de garantía será el conservador del edificio, donde tendrá el personal suficiente para atender a todas las averías y reparaciones que puedan presentarse, aunque el establecimiento fuese ocupado o utilizado por la propiedad, antes de la Recepción Definitiva.

#### 3.1.29. De la recepción definitiva

La recepción definitiva se verificará después de transcurrido el plazo de garantía en igual forma y con las mismas formalidades que la provisional, a partir de cuya fecha cesará la obligación del Constructor o Instalador de reparar

a su cargo aquellos desperfectos inherentes a la norma de conservación de los edificios y quedarán sólo subsistentes todas las responsabilidades que pudieran alcanzarle por vicios de la construcción.

### 3.1.30. Prórroga del plazo de garantía

Si al proceder al reconocimiento para la recepción definitiva de la obra, no se encontrase ésta en las condiciones debidas, se aplazará dicha recepción definitiva y el Técnico Director marcará al Constructor o Instalador los plazos y formas en que deberán realizarse las obras necesarias y, de no efectuarse dentro de aquellos, podrá resolverse el contrato con pérdida de la fianza.

### 3.1.31. De las recepciones de trabajos cuya contrata haya sido rescindida

En el caso de resolución del contrato, el Contratista vendrá obligado a retirar, en el plazo que se fije en el Pliego de Condiciones Particulares, la maquinaria, medios auxiliares, instalaciones, etc., a resolver los subcontratos que tuviese concertados y a dejar la obra en condiciones de ser reanudadas por otra empresa.

## 3.2. Condiciones Económicas

### 3.2.1. Composición de los precios unitarios

El cálculo de los precios de las distintas unidades de la obra es el resultado de sumar los costes directos, los indirectos, los gastos generales y el beneficio industrial.

Se considerarán costes directos:

- La mano de obra, con sus pluses, cargas y seguros sociales, que intervienen directamente en la ejecución de la unidad de obra.
- Los materiales, a los precios resultantes a pie de la obra, que queden integrados en la unidad de que se trate o que sean necesarios para su ejecución.
- Los equipos y sistemas técnicos de la seguridad e higiene para la prevención y protección de accidentes y enfermedades profesionales.
- Los gastos de personal, combustible, energía, etc., que tenga lugar por accionamiento o funcionamiento de la maquinaria e instalaciones utilizadas en la ejecución de la unidad de obras.

- 
- Los gastos de amortización y conservación de la maquinaria, instalaciones, sistemas y equipos anteriormente citados.

Se considerarán costes indirectos:

- Los gastos de instalación de oficinas a pie de obra, comunicaciones, edificación de almacenes, talleres, pabellones temporales para obreros, laboratorios, seguros, etc., los del personal técnico y administrativo adscrito exclusivamente a la obra y los imprevistos. Todos estos gastos, se cifrarán en un porcentaje de los costes directos.

Se considerarán Gastos Generales:

- Los Gastos Generales de empresa, gastos financieros, cargas fiscales y tasas de la administración legalmente establecidas. Se cifrarán como un porcentaje de la suma de los costes directos e indirectos (en los contratos de obras de la Administración Pública este porcentaje se establece un 13 por 100).

Beneficio Industrial:

- El Beneficio Industrial del Contratista se establece en el 6 por 100 sobre la suma de las anteriores partidas.

Precio de Ejecución Material:

- Se denominará Precio de Ejecución Material al resultado obtenido por la suma de los anteriores conceptos a excepción del Beneficio Industrial y los gastos generales.

Precio de Contrata:

- El precio de Contrata es la suma de los costes directos, los indirectos, los Gastos Generales y el Beneficio Industrial.
- El IVA gira sobre esta suma pero no integra el precio.

### 3.2.2. Precio de contrata. Importe de contrata

En el caso de que los trabajos a realizar en un edificio u obra aneja cualquiera se contratasen a riesgo y ventura, se entiende por Precio de Contrata el que importa el coste total de la unidad de obra, es decir, el precio de Ejecución material, más el tanto por ciento (%) sobre este último precio en concepto de Gastos Generales y Beneficio Industrial del Contratista. Los Gastos Generales se estiman normalmente en un 13% y el beneficio se estima normalmente en 6 por 100, salvo que en las condiciones particulares se establezca otro destino.

### 3.2.3. Precios contradictorios

Se producirán precios contradictorios sólo cuando la Propiedad por medio del Técnico decida introducir unidades o cambios de calidad en alguna de las previstas, o cuando sea necesario afrontar alguna circunstancia imprevista.

El Contratista estará obligado a efectuar los cambios.

A falta de acuerdo, el precio se resolverá contradictoriamente entre el Técnico y el Contratista antes de comenzar la ejecución de los trabajos y en el plazo que determina el Pliego de Condiciones Particulares. Si subsistiese la diferencia se acudirá en primer lugar, al concepto más análogo dentro del cuadro de precios del proyecto, y en segundo lugar, al banco de precios de uso más frecuente en la localidad.

Los contradictorios que hubiere se referirán siempre a los precios unitarios de la fecha del contrato.

### 3.2.4. Reclamaciones de aumento de precios por causas diversas.

Si el Contratista, antes de la firma del contrato, no hubiese hecho la reclamación u observación oportuna, no podrá bajo ningún pretexto de error u omisión reclamar aumento de los precios fijados en el cuadro correspondiente del presupuesto que sirva de base para la ejecución de las obras (con referencia a Facultativas).

### 3.2.5. De la revisión de los precios contratados

Contratándose las obras a riesgo y ventura, no se admitirá la revisión de los precios en tanto que el incremento no alcance en la suma de las unidades que falten por realizar de acuerdo con el Calendario, un montante superior al cinco por ciento (5 por 100) del importe total del presupuesto de Contrato.

Caso de producirse variaciones en alza superiores a este porcentaje, se efectuará la correspondiente revisión de acuerdo con la fórmula establecida en el Pliego de Condiciones Particulares, percibiendo el Contratista la diferencia en más que resulte por la variación del IPC superior al 5 por 100.

No habrá revisión de precios de las unidades que puedan quedar fuera de los plazos fijados en el Calendario de la oferta.

### 3.2.6. Acopio de materiales

El Contratista queda obligado a ejecutar los acopios de materiales o aparatos de obra que la Propiedad ordena por escrito.

Los materiales acopiados, una vez abonados por el Propietario son, de la exclusiva propiedad de éste; de su guarda y conservación será responsable el Contratista.

### 3.2.7. Responsabilidad del constructor o instalador en el bajo rendimiento de los trabajadores

Si de los partes mensuales de obra ejecutada que preceptivamente debe presentar el Constructor al Técnico Director, éste advirtiese que los rendimientos de la mano de obra, en todas o en algunas de las unidades de obra ejecutada, fuesen notoriamente inferiores a los rendimientos normales generalmente admitidos para unidades de obra iguales o similares, se lo notificará por escrito al Constructor o Instalador, con el fin de que éste haga las gestiones precisas para aumentar la producción en la cuantía señalada por el Técnico Director.

Si hecha esta notificación al Constructor o Instalador, en los meses sucesivos, los rendimientos no llegasen a los normales, el Propietario queda facultado para resarcirse de la diferencia, rebajando su importe del quince por ciento (15 por 100) que por los conceptos antes expresados correspondería abonarle al Constructor en las liquidaciones quincenales que preceptivamente deben efectuársele. En caso de no llegar ambas partes a un acuerdo en cuanto a los rendimientos de la mano de obra, se someterá el caso a arbitraje.

### 3.2.8. Relaciones valoradas y certificaciones

En cada una de las épocas o fechas que se fijan en el contrato o en los "Pliegos de Condiciones Particulares" que rijan en la obra, formará el Contratista una relación valorada de las obras ejecutadas durante los plazos previstos, según la medición que habrá practicado el Técnico.

Lo ejecutado por el Contratista en las condiciones preestablecidas, se valorará aplicando el resultado de la medición general, cúbica, superficial, lineal, ponderal o numeral correspondiente a cada unidad de la obra y a los precios señalados en el presupuesto para cada una de ellas, teniendo presente además lo establecido en el presente "Pliego General de Condiciones Económicas", respecto a mejoras o sustituciones de material y a las obras accesorias y especiales, etc.

Al Contratista, que podrá presenciar las mediciones necesarias para extender dicha relación, se le facilitarán por el Técnico los datos correspondientes de la relación valorada, acompañándolos de una nota de envío, al objeto de que, dentro del plazo de diez (10) días a partir de la fecha de recibo de dicha nota, pueda el Contratista examinarlos o devolverlos firmados con su conformidad o hacer, en caso contrario, las observaciones o reclamaciones que considere oportunas. Dentro de los diez (10) días siguientes a su recibo, el Técnico Director aceptará o rechazará las reclamaciones del Contratista si las hubiere, dando cuenta al mismo de su resolución, pudiendo éste, en el segundo caso, acudir ante el Propietario contra la resolución del Técnico Director en la forma prevenida de los "Pliegos Generales de Condiciones Facultativas y Legales".

Tomando como base la relación valorada indicada en el párrafo anterior, expedirá el Técnico Director la certificación de las obras ejecutadas.

De su importe se deducirá el tanto por ciento que para la constitución de la fianza se haya preestablecido.

Las certificaciones se remitirán al Propietario, dentro del mes siguiente al período a que se refieren, y tendrán el carácter de documento y entregas a buena cuenta, sujetas a las rectificaciones y variaciones que se deriven de la liquidación final, no suponiendo tampoco dichas certificaciones aprobación ni recepción de las obras que comprenden.

Las relaciones valoradas contendrán solamente la obra ejecutada en el plazo a que la valoración se refiere.

### 3.2.9. Mejoras de obras libremente ejecutadas

Cuando el Contratista, incluso con autorización del Técnico Director, emplease materiales de más esmerada preparación o de mayor tamaño que el señalado en el Proyecto o sustituyese una clase de fábrica con otra que tuviese asignado mayor precio, o ejecutase con mayores dimensiones cualquier parte de la obra, o, en general, introdujese en ésta y sin pedírsela, cualquiera otra modificación que sea beneficiosa a juicio del Técnico Director, no tendrá derecho, sin

embargo, más que al abono de lo que pudiera corresponderle en el caso de que hubiese construido la obra con estricta sujeción a la proyectada y contratada o adjudicada.

### 3.2.10. Abono de trabajos presupuestados con partida alzada

Salvo lo preceptuado en el "Pliego de Condiciones Particulares de índole económica", vigente en la obra, el abono de los trabajos presupuestados en partida alzada se efectuará de acuerdo con el procedimiento que corresponda entre los que a continuación se expresan:

- a) Si existen precios contratados para unidades de obra iguales, las presupuestadas mediante partida alzada, se abonarán previa medición y aplicación del precio establecido.
- b) Si existen precios contratados para unidades de obra similares, se establecerán precios contradictorios para las unidades con partida alzada, deducidos de los similares contratados.
- c) Si no existen precios contratados para unidades de obra iguales o similares, la partida alzada se abonará íntegramente al Contratista, salvo el caso de que en el Presupuesto de la obra se exprese que el importe de dicha partida debe justificarse, en cuyo caso, el Técnico Director indicará al Contratista y con anterioridad a su ejecución, el procedimiento que ha de seguirse para llevar dicha cuenta, que en realidad será de Administración, valorándose los materiales y jornales a los precios que figuren en el Presupuesto aprobado o, en su defecto, a los que con anterioridad a la ejecución convengan las dos partes, incrementándose su importe total con el porcentaje que se fije en el Pliego de Condiciones Particulares en concepto de Gastos Generales y Beneficio Industrial del Contratista.

### 3.2.11. Pagos

Los pagos se efectuarán por el Propietario en los plazos previamente establecidos, y su importe, corresponderá precisamente al de las certificaciones de obra conformadas por el Técnico Director, en virtud de las cuales se verifican aquéllos.

### 3.2.12. Importe de la indemnización por retraso no justificado en el plazo de terminación de las obras

La indemnización por retraso en la terminación se establecerá en un tanto por mil (o/oo) del importe total de los trabajos contratados, por cada día natural de retraso, contados a partir del día de terminación fijado en el Calendario de Obra.

Las sumas resultantes se descontarán y retendrán con cargo a la fianza.

### 3.2.13. Demora de los pagos

Se rechazará toda solicitud de resolución del contrato fundada en dicha demora de Pagos, cuando el Contratista no justifique en la fecha el presupuesto correspondiente al plazo de ejecución que tenga señalado en el contrato.

### 3.2.14. Mejoras y aumentos de obra. Casos contrarios

No se admitirán mejoras de obra, más que en el caso en que el Técnico Director haya ordenado por escrito la ejecución de trabajos nuevos o que mejoren la calidad de los contratados, así como la de los materiales y aparatos previstos en el contrato. Tampoco se admitirán aumentos de obra en las unidades contratadas, salvo caso de error en las mediciones del Proyecto, a menos que el Técnico Director ordene, también por escrito, la ampliación de las contratadas.

En todos estos casos será condición indispensable que ambas partes contratantes, antes de su ejecución o empleo, convengan por escrito los importes totales de las unidades mejoradas, los precios de los nuevos materiales o aparatos ordenados emplear y los aumentos que todas estas mejoras o aumentos de obra supongan sobre el importe de las unidades contratadas.

Se seguirán el mismo criterio y procedimiento, cuando el Técnico Director introduzca innovaciones que supongan una reducción apreciable en los importes de las unidades de obra contratadas.

### 3.2.15. Unidades de obra defectuosas pero aceptables

Cuando por cualquier causa fuera menester valorar obra defectuosa, pero aceptable a juicio del Técnico Director de las obras, éste determinará el precio o partida de abono después de oír al Contratista, el cual deberá conformarse con dicha resolución, salvo el caso en que, estando dentro del plazo de ejecución, prefiera demoler la obra y rehacerla con arreglo a condiciones, sin exceder de dicho plazo.

### 3.2.16. Seguro de las obras

El Contratista estará obligado a asegurar la obra contratada durante todo el tiempo que dure su ejecución hasta la recepción definitiva; la cuantía del seguro coincidirá en cada momento con el valor que tengan por contrata los objetos asegurados. El importe abonado por la Sociedad Aseguradora, en el caso de siniestro, se ingresará en cuenta a nombre del Propietario, para que con cargo a ella se abone la obra que se construya y a medida que ésta se vaya realizando. El reintegro de dicha cantidad al Contratista se efectuará por certificaciones, como el resto de los trabajos de la construcción. En ningún caso, salvo conformidad expresa del Contratista, hecho en documento público, el Propietario podrá disponer de dicho importe para menesteres distintos del de reconstrucción de la parte siniestrada; la infracción de lo anteriormente expuesto será motivo suficiente para que el Contratista pueda resolver el contrato, con devolución de fianza, abono completo de gastos, materiales acopiados, etc.; y una indemnización equivalente al importe de los daños causados al Contratista por el siniestro y que no se hubiesen abonado, pero sólo en proporción equivalente a lo que suponga la indemnización abonada por la Compañía Aseguradora, respecto al importe de los daños causados por el siniestro, que serán tasados a estos efectos por el Técnico Director.

En las obras de reforma o reparación, se fijarán previamente la porción de edificio que debe ser asegurada y su cuantía, y si nada se prevé, se entenderá que el seguro ha de comprender toda la parte del edificio afectada por la obra.

Los riesgos asegurados y las condiciones que figuren en la póliza o pólizas de Seguros, los pondrá el Contratista, antes de contratarlos en conocimiento del Propietario, al objeto de recabar de éste su previa conformidad o reparos.

### 3.2.17. Conservación de la obra

Si el Contratista, siendo su obligación, no atiende a la conservación de las obras durante el plazo de garantía, en el caso de que el edificio no haya sido ocupado por el Propietario antes de la recepción definitiva, el Técnico Director en representación del Propietario, podrá disponer todo lo que sea preciso para que se atienda a la guardería, limpieza y todo lo que fuese menester para su buena conservación abonándose todo ello por cuenta de la Contrata.

Al abandonar el Contratista el edificio, tanto por buena terminación de las obras, como en el caso de resolución del contrato, está obligado a dejarlo desocupado y limpio en el plazo que el Técnico Director fije.

Después de la recepción provisional del edificio y en el caso de que la conservación del edificio corra a cargo del Contratista, no deberá haber en él más herramientas, útiles, materiales, muebles, etc., que los indispensables para su guardería y limpieza y para los trabajos que fuese preciso ejecutar.

En todo caso, ocupado o no el edificio está obligado el Contratista a revisar la obra, durante el plazo expresado, procediendo en la forma prevista en el presente "Pliego de Condiciones Económicas".

### 3.2.18. Uso por el contratista del edificio o bienes del propietario

Cuando durante la ejecución de las obras ocupe el Contratista, con la necesaria y previa autorización del Propietario, edificios o haga uso de materiales o útiles pertenecientes al mismo, tendrá obligación de repararlos y conservarlos para hacer entrega de ellos a la terminación del contrato, en perfecto estado de conservación reponiendo los que se hubiesen inutilizado, sin derecho a indemnización por esta reposición ni por las mejoras hechas en los edificios, propiedades o materiales que haya utilizado.

En el caso de que al terminar el contrato y hacer entrega del material propiedades o edificaciones, no hubiese cumplido el Contratista con lo previsto en el párrafo anterior, lo realizará el Propietario a costa de aquél y con cargo a la fianza.

### 3.3. Condiciones Técnicas para la ejecución y montaje de instalaciones eléctricas en baja tensión

#### 3.3.1. Condiciones generales

Todos los materiales a emplear en la presente instalación serán de primera calidad y reunirán las condiciones exigidas en el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión y demás disposiciones vigentes referentes a materiales y prototipos de construcción.

Todos los materiales podrán ser sometidos a los análisis o pruebas, por cuenta de la contrata, que se crean necesarios para acreditar su calidad. Cualquier otro que haya sido especificado y sea necesario emplear deberá ser aprobado por la Dirección Técnica, bien entendiendo que será rechazado el que no reúna las condiciones exigidas por la buena práctica de la instalación.

Los materiales no consignados en proyecto que dieran lugar a precios contradictorios reunirán las condiciones de bondad necesarias, a juicio de la Dirección Facultativa, no teniendo el contratista derecho a reclamación alguna por estas condiciones exigidas.

Todos los trabajos incluidos en el presente proyecto se ejecutarán esmeradamente, con arreglo a las buenas prácticas de las instalaciones eléctricas, de acuerdo con el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión, y cumpliendo estrictamente las instrucciones recibidas por la Dirección Facultativa, no pudiendo, por tanto, servir de pretexto al contratista la baja en subasta, para variar esa esmerada ejecución ni la primerísima calidad de las instalaciones proyectadas en cuanto a sus materiales y mano de obra, ni pretender proyectos adicionales.

#### 3.3.2. 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.

### 3.3.2.1. 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 61386-21: Sistemas de tubos rígidos.
- UNE-EN 61386-22: Sistemas de tubos curvables.
- UNE-EN 61386-23: Sistemas de tubos flexibles.
- UNE-EN 61386-24: 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 61386-24. 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 a continuación:

Característica	Código	Grado
Resistencia a la compresión	4	Fuerte
Resistencia al impacto	3	Media
Temperatura mínima de instalación y servicio	2	- 5 °C
Temperatura máxima de instalación y servicio	1	+ 60 °C
Resistencia al curvado	1-2	Rígido/curvable
Propiedades eléctricas	1-2	Continuidad eléctrica/aislante
Resistencia a la penetración de objetos sólidos	4	Contra objetos $D \geq 1$ mm
Resistencia a la penetración del agua	2	Contra gotas de agua cayendo verticalmentecuando el sistema de tubos está inclinado 15°
Resistencia a la corrosión de tubos metálicosy compuestos	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

### Tubos en canalizaciones empotradas

En las canalizaciones empotradas, los tubos protectores podrán ser rígidos, curvables o flexibles, con unas características mínimas indicadas a continuación:

- a) 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 °C
Temperatura máxima de instalación y servicio	1	+ 60 °C
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 $D \geq 1 \text{ mm}$
Resistencia a la penetración del agua	2	Contra gotas de agua cayendo verticalmente cuando el sistema de tubos está inclinado $15^\circ$
Resistencia a la corrosión de tubos metálicos y compuestos	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

- b) 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 °C
Temperatura máxima de instalación y servicio	2	+ 90 °C (+ 60 °C canal. precabl. ordinarias)
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 y compuestos	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

### 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 a continuación:

Característica	Código	Grado
Resistencia a la compresión	4	Fuerte
Resistencia al impacto	3	Media
Temperatura mínima de instalación y servicio	2	- 5 °C
Temperatura máxima de instalación y servicio	1	+ 60 °C
Resistencia al curvado	4	Flexible
Propiedades eléctricas	1/2	Continuado/aislado

Resistencia a la penetración de objetos sólidos	4	Contra objetos $D \geq 1 \text{ mm}$
Resistencia a la penetración del agua	2	Contra gotas de agua cayendo verticalmente cuando el sistema de tubos está inclinado $15^\circ$
Resistencia a la corrosión de tubos metálicos y compuestos	2	Protección interior, mediana y exterior elevada
Resistencia a la tracción	2	Ligera
Resistencia a la propagación de la llama	1	No propagador
Resistencia a las cargas suspendidas	2	Ligera

Se recomienda no utilizar este tipo de instalación para secciones nominales de conductor superiores a  $16 \text{ mm}^2$ .

#### Tubos en canalizaciones enterradas.

Las características mínimas de los tubos enterrados serán las siguientes:

Característica	Código	Grado
Resistencia a la compresión	N/A	250N/450N/750N
Resistencia al impacto	N/A	Ligero/Normal/Normal
Temperatura mínima de instalación y servicio	N/A	N/A
Temperatura máxima de instalación y servicio	N/A	N/A
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 $D \geq 1 \text{ mm}$
Resistencia a la penetración del agua	3	Contra el agua en forma de lluvia

Resistencia a la corrosión de tubos metálicos y compuestos	2	Protección interior y exterior media
Resistencia a la tracción	0	No declarada
Resistencia a la propagación de la llama	0	No declarada
Resistencia a las cargas suspendidas	0	No declarada



#### Notas:

- NA: No aplicable.
- Para tubos embebidos en hormigón aplica 250 N y grado Ligerito; para tubos en suelo ligero aplica 450 N y grado Normal; para tubos en suelos pesados aplica 750 N y grado Normal.

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.

### 3.3.2.2. Conductores aislados fijados directamente sobre las paredes

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.

#### 3.3.2.3. 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.

#### 3.3.2.4. 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 -5°C y 90°C respectivamente (polietileno reticulado o etileno-propileno).

### 3.3.2.5. 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.

### 3.3.2.6. 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	
	≤ 16 mm	> 16 mm
Dimensión del lado mayor de la sección transversal	≤ 16 mm	> 16 mm
Resistencia al impacto	Muy ligera	Media
Temperatura mínima de instalación y servicio	+ 15 °C	- 5 °C
Temperatura máxima de instalación y servicio	+ 60 °C	+ 60 °C
Propiedades eléctricas	Aislante	Continuidad eléctrica/aislante
Resistencia a la penetración de objetos sólidos	4	No inferior a 2
Resistencia a la penetración de agua	No declarada	No declarada
Resistencia a la propagación de la llama	No propagador	No propagador

El cumplimiento de estas características se realizará según los ensayos indicados en las normas UNE-EN 50085.

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.

#### 3.3.2.7. 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 mm<sup>2</sup> 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.

#### 3.3.2.8. Conductores aislados en bandeja o soporte de bandejas

Sólo se utilizarán conductores aislados con cubierta (incluidos cables armados o con aislamiento mineral), unipolares o multipolares según norma UNE-HD 60364-5-52:2014.

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.

#### 3.3.2.9. Normas de instalación en presencia de otras 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.

#### 3.3.2.10. Accesibilidad a 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.

### 3.3.3. Conductores

Los conductores utilizados se regirán por las especificaciones del proyecto, según se indica en Memoria, Planos y Mediciones.

#### 3.3.3.1. 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 °C 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 hidrociorhídrico de 1,088 de peso específico a una temperatura de 20 °C. 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 mm<sup>2</sup> deberán estar constituidos por cable obtenido por trenzado de hilo de cobre del diámetro correspondiente a la sección del conductor de que se trate.

### 3.3.3.2. 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 elegirá 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.

### 3.3.3.3. 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.

### 3.3.3.4. 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 instalación	Tensión ensayo corriente continua (V)	Resistencia de aislamiento (MΩ)
MBTS o MBTP	250	≥ 0,25
≤ 500 V	500	≥ 0,50
> 500 V	1000	≥ 1,00

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.

#### 3.3.4. 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 contratueras 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.

#### 3.3.5. Mecanismos y tomas de corriente

Los interruptores y conmutadores cortarían 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 toma 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 °C 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.

### 3.3.6. Aparamenta de mando y protección

#### 3.3.6.1. 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.

### 3.3.6.2. 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 sobrecargas de cada uno de los circuitos que parten de dicho cuadro.

La protección contra sobrecargas 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.

### 3.3.6.3. 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.

#### 3.3.6.4. 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 contruidos 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.

#### 3.3.6.5. Interruptores diferenciales

1ºLa 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 UNE-EN 60529. 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:

$$R_a \times I_a \leq U$$

donde:

- $R_a$  es la suma de las resistencias de la toma de tierra y de los conductores de protección de masas.
- $I_a$  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 ó 24V).

#### 3.3.6.6. 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.

#### 3.3.6.7. 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.

#### 3.3.6.8. 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 aluminio 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.

#### 3.3.6.9. 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.

#### 3.3.6.10. 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 superiora 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 UNE-EN 50347, UNE-EN 60034-7, UNE-ISO 20.121, IEC 60323 y UNE-EN 60529.

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-EN 60529 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 °C sobre la temperatura ambiente de referencia de 40 °C, con un límite máximo de temperatura del devanado de 130 °C.

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 sollicitaciones térmicas y dinámicas a las que viene sometido.

- Rotor: formado por un paquete ranurado de chapa magnética, donde se alojará el devanado 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 alrededor del 5 %. Si se prevén desviaciones hacia la baja superiores al mencionado valor, la potencia del motor deberá "desatarse" 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 estático sea superior a 1,5 megohmios. 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 con 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.
- Nombre del fabricante y modelo.

#### 3.3.6.11. 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.
- Contemplan los posibles riesgos debidos a electrólisis que pudieran afectar a otras partes metálicas.

### 3.3.6.12. Uniones a tierra

#### 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-EN 60228.

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, deberán 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 protección apdo. 7.7.1	16 mm <sup>2</sup> Cu 16 mm <sup>2</sup> Acero Galvanizado
No protegido contra la corrosión	25 mm <sup>2</sup> Cu 50 mm <sup>2</sup> Hierro	25 mm <sup>2</sup> Cu 50 mm <sup>2</sup> Hierro

\* La protección contra la corrosión puede obtenerse mediante una envolvente.

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 conductores fase (mm <sup>2</sup> )	Sección conductores protección (mm <sup>2</sup> )
$S_f \leq 16$	$S_f$
$16 < S_f \leq 35$	16
$S_f > 35$	$S_f/2$

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 mm<sup>2</sup>, si los conductores de protección disponen de una protección mecánica.
- 4 mm<sup>2</sup>, si los conductores de protección no disponen de una protección mecánica.

Como conductores de protección pueden utilizarse:

- conductores en los cables multiconductores, o
- conductores aislados o desnudos que posean una envolvente común con los conductores activos, o
- 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.

### 3.3.6.13. Inspecciones y pruebas en fábrica

La aparatamenta se someterá en fábrica a una serie de ensayos para comprobar que están libres de defectos mecánicos y eléctricos.

En particular se harán por lo menos las siguientes comprobaciones:

- Se medirá la resistencia de aislamiento con relación a tierra y entre conductores, que tendrá un valor de al menos 0,50 Mohm.
- Una prueba de rigidez dieléctrica, que se efectuará aplicando una tensión igual a dos veces la tensión nominal más 1.000 voltios, con un mínimo de 1.500 voltios, durante 1 minuto a la frecuencia nominal. Este ensayo se realizará estando los aparatos de interrupción cerrados y los cortocircuitos instalados como en servicio normal.
- Se inspeccionarán visualmente todos los aparatos y se comprobará el funcionamiento mecánico de todas las partes móviles.
- Se pondrá el cuadro de baja tensión y se comprobará que todos los relés actúan correctamente.
- Se calibrarán y ajustarán todas las protecciones de acuerdo con los valores suministrados por el fabricante.

Estas pruebas podrán realizarse, a petición de la DO, en presencia del técnico encargado por la misma.

Cuando se exijan los certificados de ensayo, la EIM enviará los protocolos de ensayo, debidamente certificados por el fabricante, a la DO.

#### 3.3.6.14. Control

Se realizarán cuantos análisis, verificaciones, comprobaciones, ensayos, pruebas y experiencias con los materiales, elementos o partes de la instalación que se ordenen por el Técnico Director de la misma, siendo ejecutados en laboratorio que designe la dirección, con cargo a la contrata.

Antes de su empleo en la obra, montaje o instalación, todos los materiales a emplear, cuyas características técnicas, así como las de su puesta en obra, han quedado ya especificadas en apartados anteriores, serán reconocidos por el Técnico Director o persona en la que éste delegue, sin cuya aprobación no podrá procederse a su empleo. Los que por mala calidad, falta de protección o aislamiento u otros defectos no se estimen admisibles por aquél, deberán ser retirados inmediatamente. Este reconocimiento previo de los materiales no constituirá su recepción definitiva, y el Técnico Director podrá retirar en cualquier momento aquellos que presenten algún defecto no apreciado anteriormente, aún a costa, si fuera preciso, de deshacer la instalación o montaje ejecutados con ellos. Por tanto, la responsabilidad del contratista en el cumplimiento de las especificaciones de los materiales no cesará mientras no sean recibidos definitivamente los trabajos en los que se hayan empleado.

#### 3.3.6.15. 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.

#### 3.3.6.16. 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.

#### 3.3.6.17. 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.

#### 3.3.6.18. Criterios de medición

Las unidades de obra serán medidas con arreglo a lo 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.

## 4. MEDICIONES

### 4.1. Medición general

#### 4.1.1. Medición de cables

Sección (mm <sup>2</sup> )	Metal	Diseño	Polaridad	Total (m)
2,5	Cu	H07V-K Eca	Unipolar	320
2,5	Cu	H07ZZ-F(AS) Cca-s1b,d1,a1	Unipolar	300
2,5	Cu	RZ1MZ1-K(AS+) Cca-s1b,d1,a1	Unipolar	400
2,5	Cu	TT	Unipolar	400
4	Cu	H07V-K Eca	Unipolar	150
4	Cu	RZ1MZ1-K(AS+) Cca-s1b,d1,a1	Bipolar	300
4	Cu	TT	Unipolar	375
6	Cu	RZ1-K(AS) Cca-s1b,d1,a1	Unipolar	20
6	Cu	RZ1KZ1-K(AS+) Cca-s1b,d1,a1	Tetrapolar	5
6	Cu	TT	Unipolar	5
16	Al	RV-Al Eca	Unipolar	20

#### 4.1.2. Medición de tubos

Diámetro (mm)	Total metros
20	775
25	5
50	5
63	5

#### 4.1.3. Medición de magnetotérmicos, interruptores automáticos y fusibles

Descripción	Intensidad (A)	Cantidad
Mag/Bip	16	9
Mag/Tetr	16	2
Mag/Tetr	32	1

#### 4.1.4. Medición de diferenciales

Descripción	Clase	Intensidad (A)	Sensibilidad (mA)	Cantidad
Diferen/Bipo	AC	25	30	4
Diferen/Tetr	AC	25	30	2
Diferen/Tetr	AC	40	30	1

#### 4.1.5. Medición de protecciones línea general alimentación y derivación individual

Descripción	Intensidad (A)	Cantidad
Mag/Tetr	32	1

### 4.2. Medición por subcuadros

#### 4.2.1. Medición de magnetotérmicos, interruptores automáticos y fusibles

Descripción	Intensidad (A)	Cantidad
Mag/Bip	16	9
Mag/Tetr	16	2
Mag/Tetr	32	2

Subtotal aparatos: 13

Subtotal elementos: 34

#### 4.2.2. Medición de diferenciales

Descripción	Clase	Intensidad (A)	Sensibilidad (mA)	Cantidad
Diferen/Bipo	AC	25	30	4
Diferen/Tetr	AC	25	30	2
Diferen/Tetr	AC	40	30	1

Subtotal aparatos: 7

Subtotal elementos: 20

Total Aparatos cuadro	20
Total elementos cuadro	54

## 5. PRESUPUESTOS



# ANEXO A PROYECTO DE



## INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE BAJA TENSIÓN E INSTALACIÓN DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS EN ALMACÉN DE PRODUCTOS QUÍMICOS

### ÍNDICE

### PRESUPUESTO INSTALACIÓN ELÉCTRICA

UDS.	CONCEPTO	PRECIO	IMPORTE
	<b>CAPÍTULO I: CUADRO GENERAL</b>		
1	Adecuación Caja General de Protección y Medida según normas de la compañía suministradora	1.200,00 €	1.200,00 €
10	Acometida a Cuadro General de Baja Tensión (CGBT) trifásica con neutro y TT, formada por conductores unipolares.	150,00 €	1.500,00 €
1	Suministro y montaje de puestas a tierra de la instalación, incluidas piquetas y borne principal, puente seccionador y conductores de enlace.	2.500,00 €	2.500,00 €
	<b>CAPÍTULO II: SUBCUADRO ILUMINACIÓN</b>		
1	Módulo contador más fusibles BUC	250,00 €	
5	Acometida Principal 4x6mm <sup>2</sup> Cu Tetrapolar sobre Tubo Apantallado.....	15,00 €	75,00 €
400	Línea de 2x4+TTmm <sup>2</sup> Cu Bipolar en Tubo.....	10,00 €	4.000,00 €
100	Línea de Tierra.....		0,00 €
1	Interruptor Magnetotérmico 32A	35,00 €	35,00 €
1	Interruptor Diferencial 40A, 30mA	27,16 €	27,16 €
5	Interruptor Magnetotérmico 16A	28,00 €	140,00 €
35	Luminarias APPLETON AMLHL2CG6 AREAMASTER LED 30000 LUMENS NEMA 7X 7 CLEAR GLASS 5000 CCT	800,00 €	28.000,00 €
	<b>CAPÍTULO II: SUBCUADRO FUERZA</b>		
1	Módulo contador más fusibles BUC	250,00 €	250,00 €
5	Acometida Principal 4x2,5mm <sup>2</sup> Cu Unipolar sobre pared.....	15,00 €	75,00 €
400	Línea de 2x2,5+TTmm <sup>2</sup> Cu Bipolar en Tubo.....	10,00 €	4.000,00 €
100	Línea de Tierra.....		0,00 €
6	Interruptor Diferencial 25A, 30mA	27,16 €	162,96 €
6	Interruptor Magnetotérmico 16A	28,00 €	168,00 €
	<b>CAPÍTULO III: GESTIÓN DE RESIDUOS</b>		
	2% Gestión de los residuos resultantes, canon y transporte		842,66 €
	<b>CAPÍTULO IV: SEGURIDAD Y SALUD</b>		
	2% Estudios de Seguridad y Salud, Recurso Preventivo, vallado perimetral, EPIS, formaciones y reconocimientos médicos		842,66 €
	<b>CAPÍTULO VII: OTROS CONEPTOS</b>		
	10% Costes indirectos y sobrecostes por ATEX		4.381,84 €
	<b>TOTAL PRESUPUESTO SISTEMA CONTRAINCENDIOS</b>		<b>48.200,29 €</b>

# ANEXO A PROYECTO DE



## INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE BAJA TENSIÓN E INSTALACIÓN DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS EN ALMACÉN DE PRODUCTOS QUÍMICOS

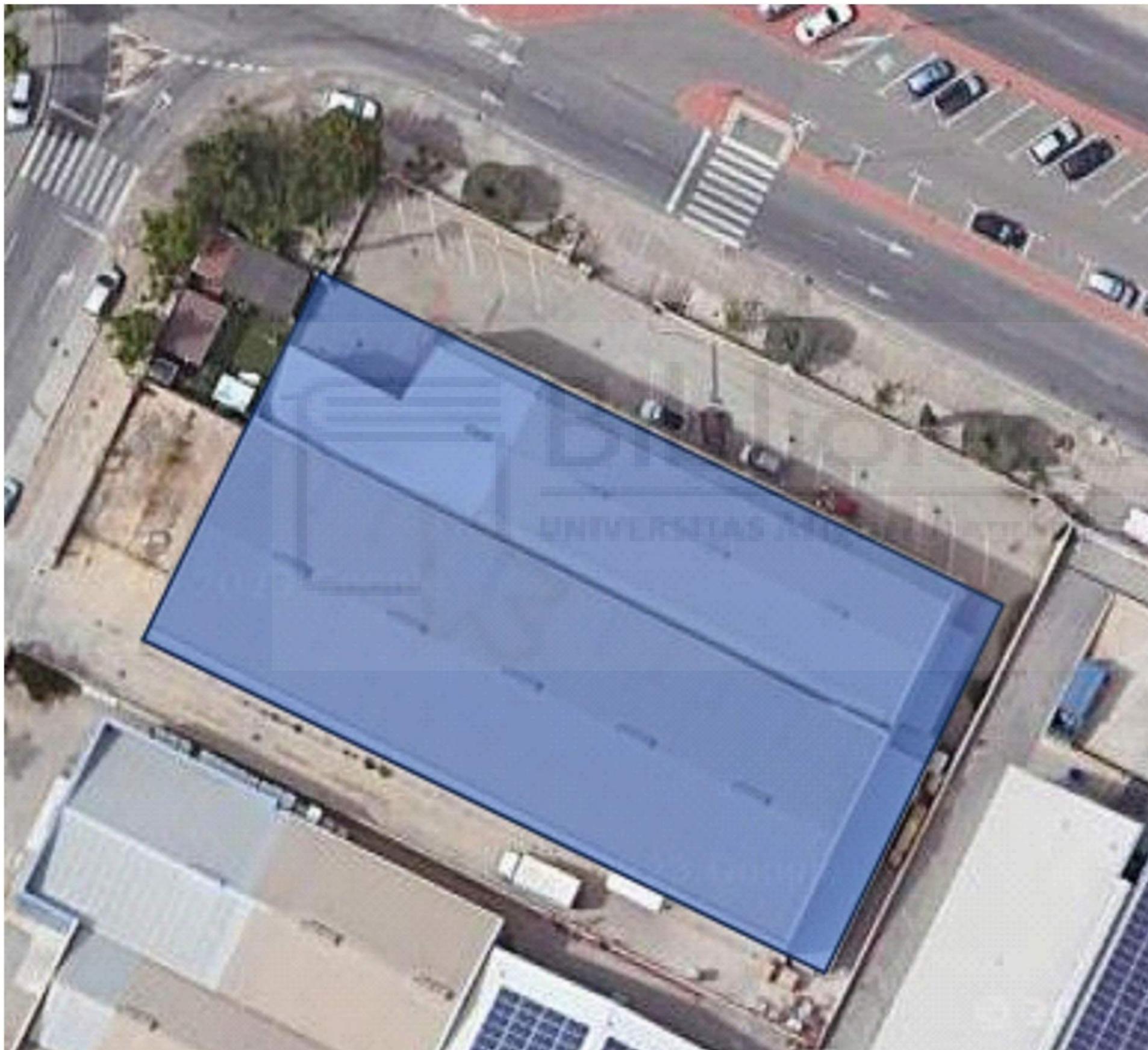
### ÍNDICE

#### PRESUPUESTO PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS

UDS.	CONCEPTO	PRECIO	IMPORTE
	<b>CAPÍTULO I: EXTINTORES</b>		
10	Extintor tipo ABC de 9kgs y alta eficacia 55A-233B.....	63,00 €	630,00 €
8	Cartel indicador en PVC de "Extintor".....	2,00 €	16,00 €
			0,00 €
	<b>CAPÍTULO II: DETECCIÓN/ALARMA DE INCENDIOS</b>		
			0,00 €
1	Central de detección de alarma. Equipo básico principal, fuente de alimentación, tapas, tarjetas, programación y puesta en marcha.....	3.500,00 €	3.500,00 €
20	Detector de humos.....	43,00 €	860,00 €
4	Pulsador de alarmas de fuego	31,00 €	124,00 €
4	Cartel indicador de "Pulsador de alarma"	2,00 €	8,00 €
1	Cableado, canalización, instalación de detección y alarma mediante PVC.	6.000,00 €	6.000,00 €
			0,00 €
	<b>CAPÍTULO III: RED DE BIES</b>		
			0,00 €
4	Boca de incendio equipada de 45mm, toma axial, 20 metros de manguera plana y lanza de tres efectos.....	248,00 €	992,00 €
4	Cartel indicador de "BIE"	2,00 €	8,00 €
150	Tubería de acero de 3", instalada y pintada en rojo.....	11,00 €	1.650,00 €
8	Tubería de acero de 3", instalada y pintada en rojo.....	14,00 €	112,00 €
			0,00 €
	<b>CAPÍTULO IV: GRUPO DE PRESIÓN CONTRA INCENDIOS</b>		
	Grupo de presión contra incendios compuesto por: - 1 Ud. Bomba JOCKEY VIP 1810 de 7,5 CV. - 2 Uds. Bombas principales de cámara partida con rodets en bronce y eje de ac/inox, modelo CPR 150-260 T de 300 m3, 75 mca, 150 CV y 3000 rpm. cada una.		0,00 €
1	1 Cuadro de control y maniobra (Jockey +1ª Bomba). 1 Cuadro de control y maniobra (2ª Bomba). 1 P/A de manómetros, presostatos, válvulas de retención y corte, calderín con membrana, etc...	10.500,00 €	10.500,00 €
1	Montaje del grupo a presión contra incendios	1.300,00 €	1.300,00 €
	<b>CAPÍTULO V: GESTIÓN DE RESIDUOS</b>		
	2% Gestión de los residuos resultantes, canon y transporte		514,00 €
	<b>CAPÍTULO VI: SEGURIDAD Y SALUD</b>		
	2% Estudios de Seguridad y Salud, Recurso Preventivo, vallado perimetral, EPIs, formaciones y reconocimientos médicos		514,00 €
	<b>CAPÍTULO VII: OTROS CONEPTOS</b>		
	10% Costes indirectos y sobrecostes		2.672,80 €
	<b>TOTAL PRESUPUESTO SISTEMA CONTRAINCENDIOS</b>		<b>29.400,80 €</b>

## 6. PLANOS



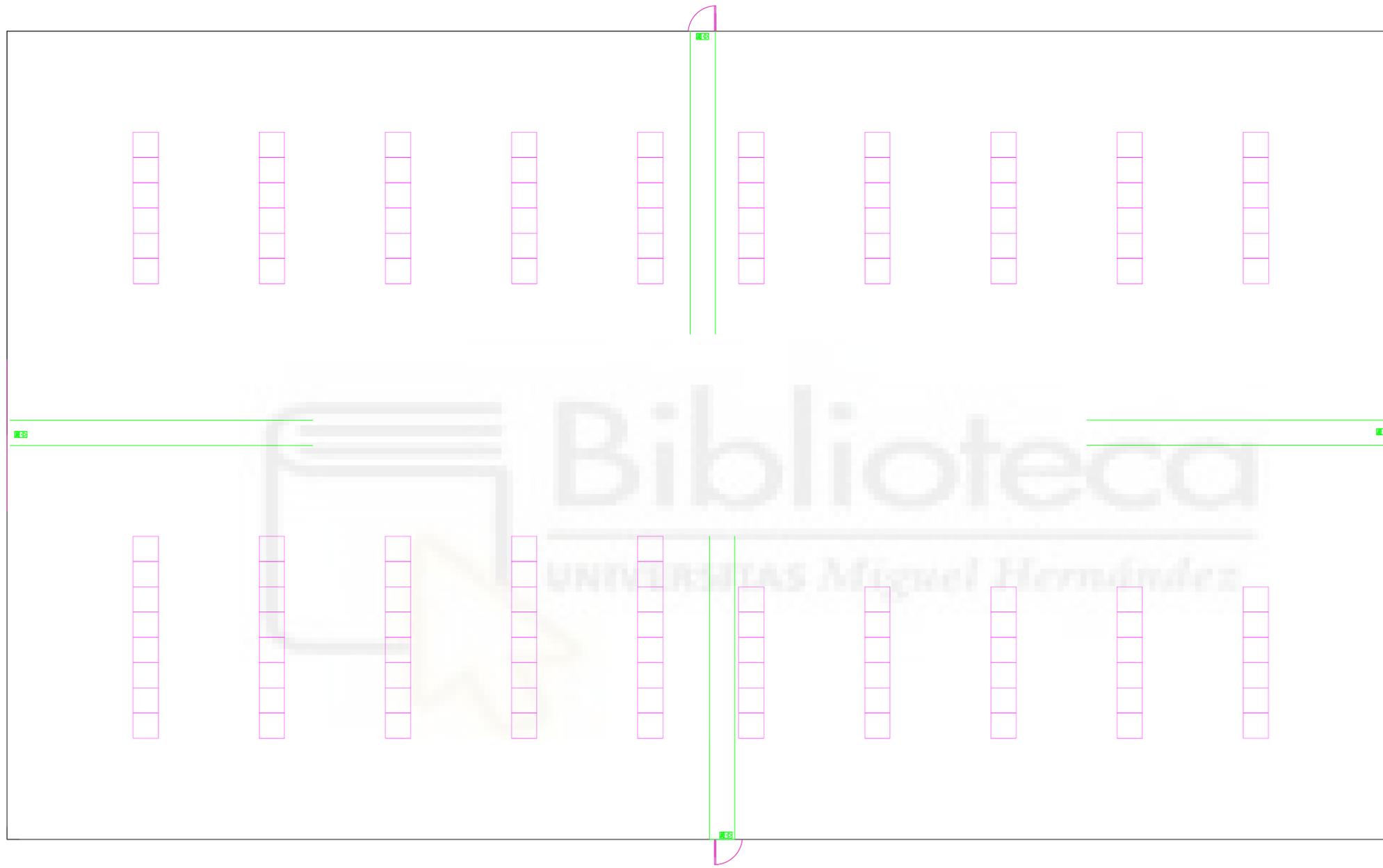


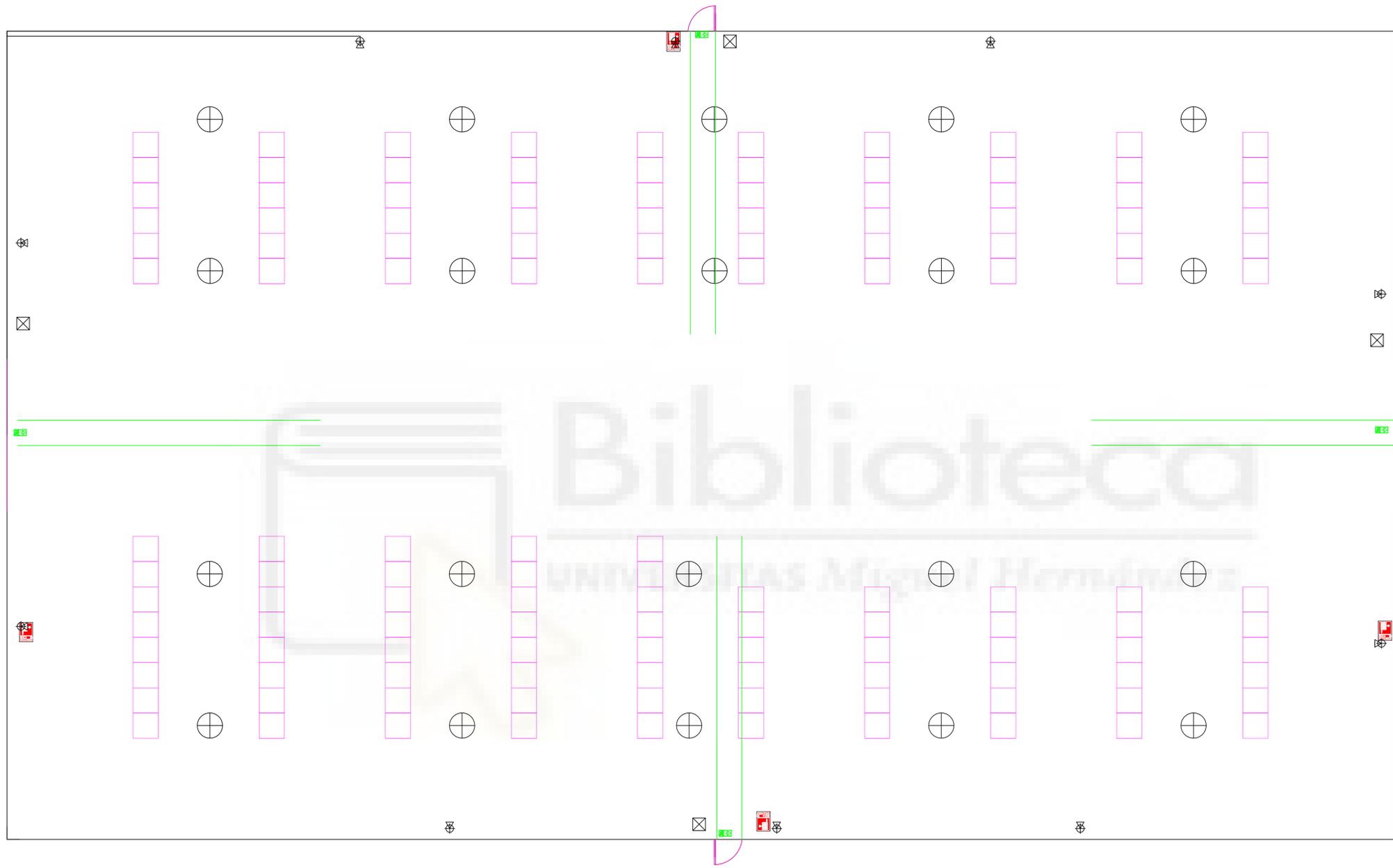


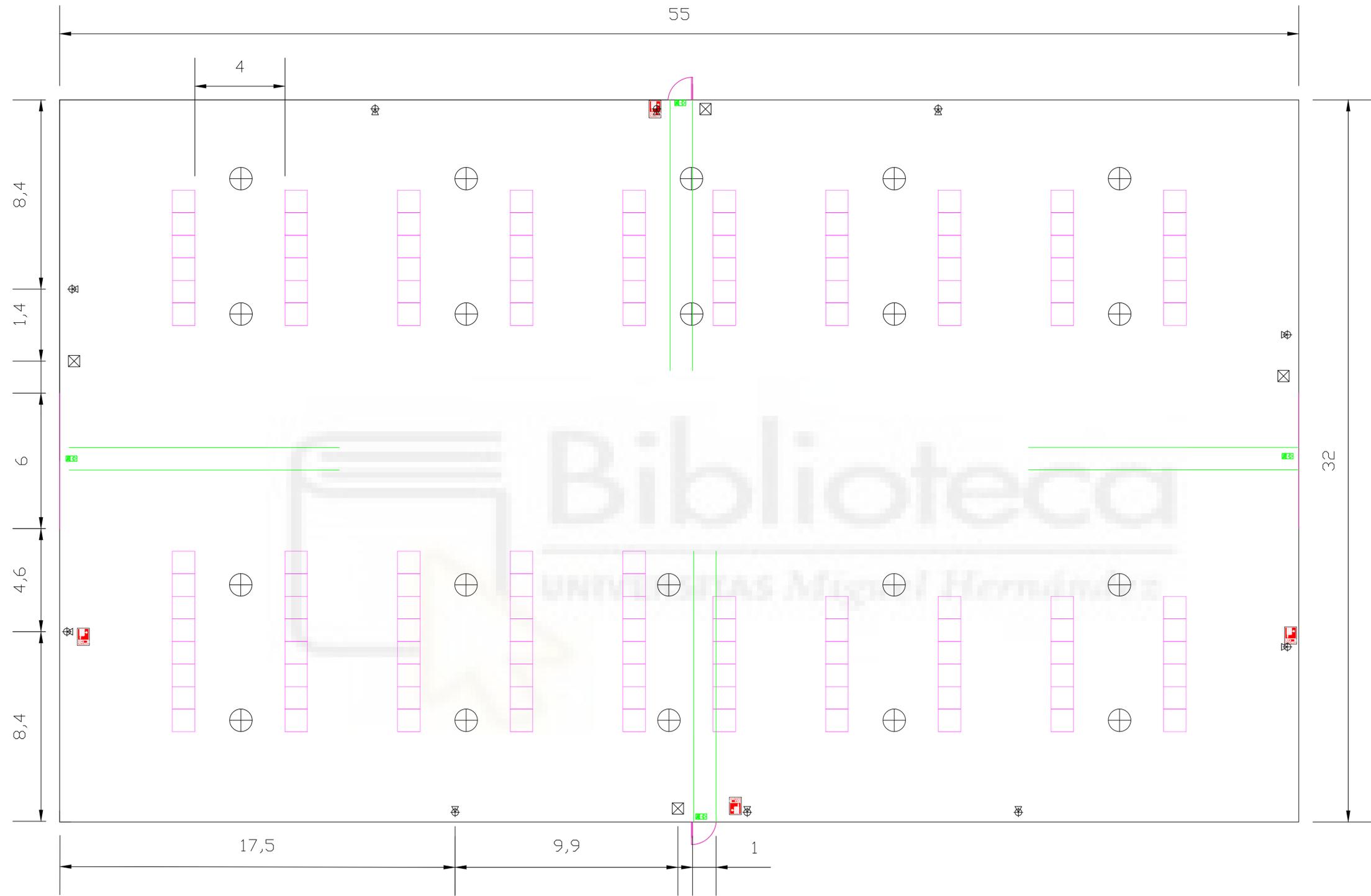




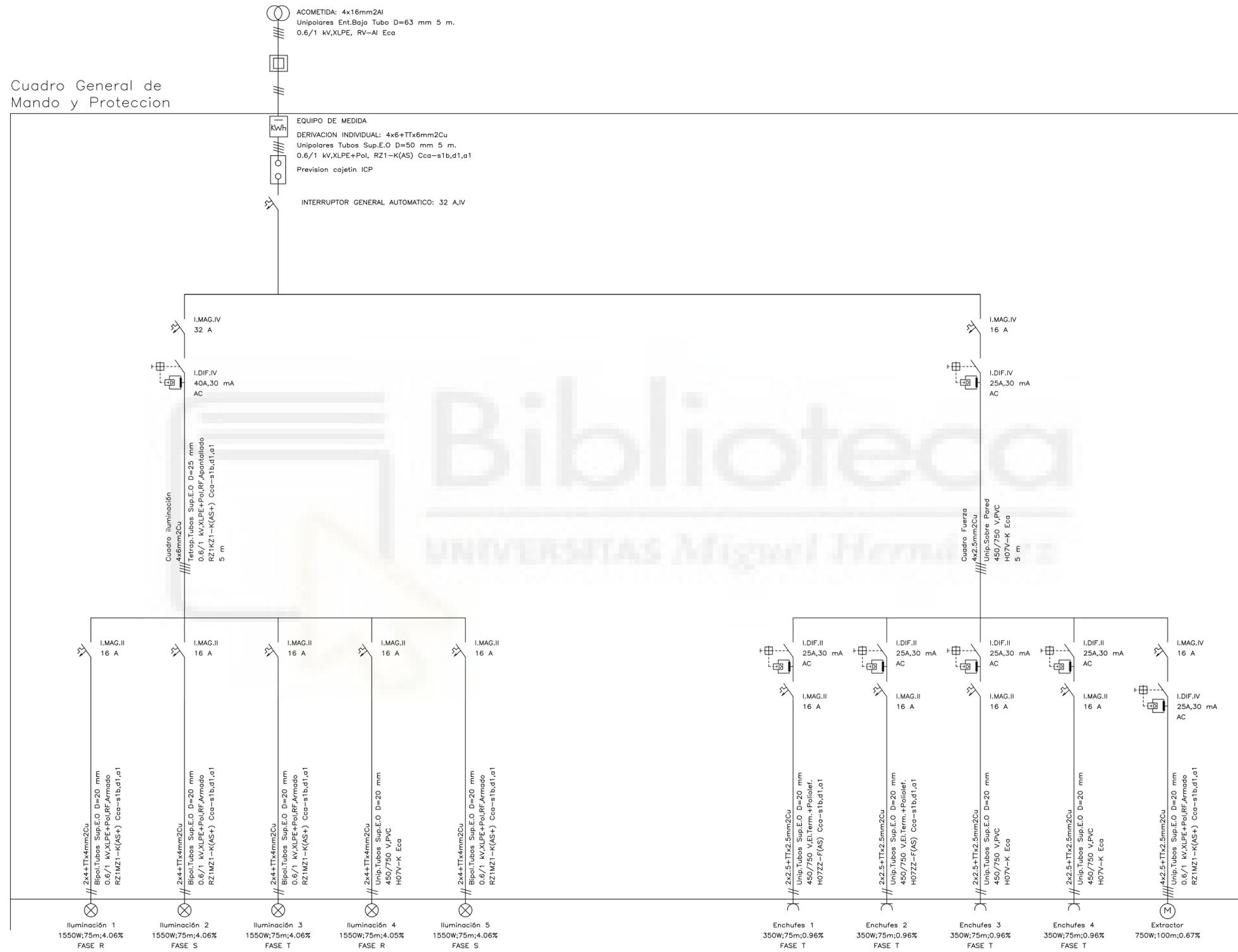








Cuadro General de Mando y Protección



## 7. BIBLIOGRAFÍA

### DOCUMENTO I. BIBLIOGRAFÍA

- 2022—UNE-EN IEC 60079-10 *Atmósferas explosivas, Parte 1.pdf.* (s. f.).
- BOE.es—BOE-A-2003-12099 *Real Decreto 681/2003, de 12 de junio, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores expuestos a los riesgos derivados de atmósferas explosivas en el lugar de trabajo.* (2003). <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2003-12099>
- BOE.es—BOE-A-2016-3539 *Real Decreto 144/2016, de 8 de abril, por el que se establecen los requisitos esenciales de salud y seguridad exigibles a los aparatos y sistemas de protección para su uso en atmósferas potencialmente explosivas y por el que se modifica el Real Decreto 455/2012, de 5 de marzo, por el que se establecen las medidas destinadas a reducir la cantidad de vapores de gasolina emitidos a la atmósfera durante el repostaje de los vehículos de motor en las estaciones de servicio.* (s. f.). Recuperado 7 de febrero de 2023, de <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2016-3539>
- *Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión, Pub. L. No. Real Decreto 842/2002, BOE-A-2002-18099 33084 (2002).* <https://www.boe.es/eli/es/rd/2002/08/02/842>
- *UNE-EN IEC 60079-10-1:2022 Atmósferas explosivas. Parte 10-1: ...* (2022). <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma?c=N0068089>
- *Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión e Instrucciones Técnicas Complementarias (Real Decreto 842/2002 de 2 de agosto de 2002).*
- *Real Decreto 513/2017, de 22 de mayo, por el que se aprueba el Reglamento de instalaciones de protección contra incendios.*
- *Real Decreto 656/2017, de 23 de junio, por el que se aprueba el Reglamento de Almacenamiento de Productos Químicos y sus Instrucciones Técnicas Complementarias MIE APQ 0 a 10.*
- *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.*
- *Código Técnico de la Edificación, DB SI sobre Seguridad en caso de incendio.*
- *Reglamento de Seguridad contra incendios en los establecimientos industriales (Real Decreto 2267/2004 de 3 de diciembre)*
- *Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales.*

- *Real Decreto 1627/1997 de 24 de octubre de 1.997, sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras.*
- *Real Decreto 486/1997 de 14 de abril de 1997, sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.*
- *Real Decreto 485/1997 de 14 de abril de 1997, sobre Disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.*
- *Real Decreto 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.*
- *Real Decreto 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.*

