



# ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación:

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL ELÉCTRICO

Título del proyecto:

INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN BAJA TENSION DE NAVE  
INDUSTRIAL Y CENTRO DE TRANSFORMACIÓN

Alumno: Aitor Iñigo Regaira

Tutora: Amaya Pérez Ezcurdia

Pamplona, Julio de 2013



## ÍNDICE DE DOCUMENTOS:

- 1. MEMORIA**
- 2. CÁLCULOS**
- 3. PLANOS**
- 4. PLIEGO DE CONDICIONES**
- 5. PRESUPUESTO**
- 6. ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD**





# ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación:

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL ELÉCTRICO

Título del proyecto:

INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN BAJA TENSION DE NAVE  
INDUSTRIAL Y CENTRO DE TRANSFORMACIÓN

**DOCUMENTO N°1. Memoria.**

Alumno: Aitor Iñigo Regaira

Tutora: Amaya Pérez Ezcurdia

Pamplona, Julio de 2013

## ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	4
1.1 OBJETO DEL PROYECTO .....	4
1.2 ANTECEDENTES .....	4
1.3 SITUACIÓN.....	4
1.4 DESCRIPCIÓN DE LA NAVE .....	4
1.5 SUPERFICIE.....	5
1.6. DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD.....	6
1.7. SUMINISTRO DE ENERGÍA.....	6
1.8. RELACIÓN DE LA MAQUINARIA INSTALADA.....	6
1.9. NORMATIVA.....	7
2. ESQUEMA DE DISTRIBUCIÓN.....	8
2.1 INTRODUCCIÓN.....	8
2.2. TIPOS DE ESQUEMAS DE DISTRIBUCIÓN.....	8
2.3. SOLUCIÓN ADOPTADA PARA EL ESQUEMA DE DISTRIBUCIÓN .....	9
3. ALUMBRADO .....	10
3.1. INTRODUCCIÓN.....	10
3.2. CONCEPTOS LUMINOTÉRMICOS.....	10
3.3. PROCESO DE CÁLCULO .....	13
3.3.1 INFORMACIÓN PREVIA DE LOS FACTORES DE PARTIDA.....	13
3.3.2 DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE ILUMINACIÓN Y VALOR DE EFICIENCIA ENERGETICA .....	14
3.3.3 DETERMINACIÓN DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN Y TIPO DE LUMINARIA- LÁMPARA .....	17
3.3.4 DETERMINACIÓN DEL FACTOR DE MANTENIMIENTO .....	20
3.3.5 CÁLCULO DEL ÍNDICE DEL LOCAL.....	21
3.3.6 DETERMINACIÓN DEL FACTOR DE UTILIZACIÓN .....	22
3.3.7 CÁLCULO DEL FLUJO A INSTALAR.....	26
3.3.8 CÁLCULO DEL NÚMERO DE LUMINARIAS.....	26
3.3.9 DISTRIBUCIÓN DE LAS LUMINARIAS .....	27
3.4. ALUMBRADO INTERIOR.....	27
3.4.1. JUSTIFICACIÓN DE LAS LÁMPARAS Y LUMINARIAS EMPLEADAS .....	27
3.4.2. TABLA RESUMEN.....	30
3.6 ALUMBRADO EXTERIOR.....	31
3.7 ALUMBRADOS ESPECIALES.....	33

3.7.1 SOLUCIÓN EMPLEADA .....	34
3.7.2 TABLA RESUMEN.....	36
4. CONDUCTORES Y DISTRIBUCIÓN EN BAJA TENSIÓN .....	37
4.1 INTRODUCCIÓN.....	37
4.2 FACTORES PARA EL CÁLCULO DE CABLES.....	37
4.3 PRESCRIPCIONES GENERALES .....	39
4.3.1 CONDUCTORES ACTIVOS .....	39
4.3.2 CONDUCTORES DE PROTECCIÓN .....	39
4.4 SISTEMAS DE CANALIZACIÓN .....	40
4.4.1 CANALIZACIONES .....	40
4.4.2 TUBOS PROTECTORES .....	41
4.5 RECEPTORES .....	42
4.5.1. RECEPTORES PARA EL ALUMBRADO.....	43
4.5.2 RECEPTORES A MOTOR.....	43
4.6 TOMAS DE CORRIENTE .....	44
4.7 PROCESO PARA EL CÁLCULO DE SECCIONES.....	44
4.8 NORMAS PARA LA ELECCIÓN DEL CABLE .....	45
4.9 NORMAS PARA LA ELECCIÓN DEL TUBO.....	45
4.10 SOLUCIONES ADOPTADAS .....	46
4.10.1 EQUILIBRADO DE LINEAS .....	49
5. PROTECCIONES EN BAJA TENSIÓN .....	50
5.1 INTRODUCCIÓN.....	50
5.2 PROTECCIÓN DE LA INSTALACIÓN.....	50
5.2.1 PROTECCIÓN CONTRA SOBRECARGAS .....	50
5.2.2 PROTECCIONES CONTRA CORTOCIRCUITOS .....	51
5.2.3 PROCESO PARA EL CÁLCULO DE LAS CORRIENTES DE CORTOCIRCUITO.....	53
5.3 PROTECCIÓN DE PERSONAS .....	55
5.3.1 PROTECCIÓN CONTRA CONTACTOS DIRECTOS .....	55
5.3.2 PROTECCIÓN CONTRA CONTACTOS INDIRECTOS.....	56
5.4 SOLUCIÓN ADOPTADA .....	57
6. PUESTAS A TIERRA .....	68
6.1 INTRODUCCIÓN.....	68
6.1.1 OBJETIVO DE LA PUESTA A TIERRA.....	68
6.1.2 PARTES DE LA PUESTA A TIERRA .....	69
6.2 ELEMENTOS A CONECTAR A LA TOMA DE TIERRA .....	72
6.3 SOLUCIÓN ADOPTADA.....	72

7. CORRECCIÓN DEL FACTOR DE POTENCIA.....	73
7.1 GENERALIDADES .....	73
7.2 VENTAJAS DE UN ELEVADO FACTOR DE POTENCIA .....	73
7.3 MÉTODOS PARA MEJORAR EL FACTOR DE POTENCIA.....	74
7.3.1 PROCEDIMIENTOS DIRECTOS.....	74
7.3.2 PROCEDIMIENTOS INDIRECTOS .....	74
7.3.3 ELECCIÓN DEL MÉTODO DE COMPENSACIÓN.....	74
7.4 CLASIFICACIÓN Y ELECCIÓN DE LA COMPENSACIÓN.....	74
7.4.1 CLASIFICACIÓN POR LA SITUACIÓN DE LA COMPENSACIÓN.....	74
7.4.2 ELECCIÓN DE LA SITUACIÓN PARA LA COMPENSACIÓN.....	75
7.4.3 CLASIFICACIÓN POR TIPO DE CONDENSADOR .....	75
7.4.4 ELECCIÓN DEL TIPO DE COMPENSACIÓN.....	76
7.5 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL EQUIPO DE COMPENSACIÓN AUTOMÁTICA .....	76
8. CENTRO DE TRANSFORMACIÓN.....	78
8.1 INTRODUCCIÓN.....	78
8.2 OBJETO DEL PROYECTO .....	78
8.3. REGLAMENTACIÓN Y DISPOSICIONES OFICIALES.....	78
8.4. EMPLAZAMIENTO.....	80
8.5. CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN .....	80
8.6. PROGRAMA DE NECESIDADES Y POTENCIA INSTALADA EN KVA ...	81
8.7. DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN .....	81
8.7.1 OBRA CIVIL .....	81
8.7.2 INSTALACIÓN ELÉCTRICA .....	84
8.7.3 MEDIDA DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA .....	91
8.7.4 UNIDADES DE PROTECCIÓN, AUTOMATISMO Y CONTROL .....	92
8.7.5 PUESTA A TIERRA.....	93
8.7.6 INSTALACIONES SECUNDARIAS.....	93
9. NORMATIVA Y REFERENCIAS .....	95
9.1 NORMATIVA.....	95
9.2 BIBLIOGRAFÍA .....	96
9.3 PROGRAMAS DE CÁLCULO .....	96
10. RESUMEN DEL PRESUPUESTO.....	97
11. ORDEN DE PRIORIDAD ENTRE LOS DOCUMENTOS.....	98

## **1. INTRODUCCIÓN**

### **1.1 OBJETO DEL PROYECTO**

El objeto de este proyecto fin de carrera relativo a la instalación eléctrica en baja tensión y centro de transformación, será el de facilitar los datos y características técnicas para su realización.

Se trata de una nave que será destinada a taller de producción por mecanizado de piezas para automoción.

### **1.2 ANTECEDENTES**

Actualmente se está ejerciendo la actividad en otra nave situada en la localidad de Paternain. Debido a la antigüedad de esta, se decide trasladar la actividad a una nueva nave situada en el polígono industrial Iperregui II, en el municipio de Orcoyen.

### **1.3 SITUACIÓN**

La nave está situada en la parcela número 69 del polígono industrial Iperregui II, perteneciente al municipio de Orcoyen (Navarra). La nave limita con las calles B y C de dicho polígono.

### **1.4 DESCRIPCIÓN DE LA NAVE**

La nave en la que se desarrollará la actividad es limítrofe en los laterales con otras naves de similares características constructivas, en las que se desarrollan actividades también de tipo industrial.

La nave es de forma rectangular y está formada por planta baja y una entreplanta de despachos y oficinas.

Las paredes delantera y trasera constituyen fachada y las dos laterales son paredes medianeras con las naves limítrofes.

Las características constructivas de la nave son las siguientes:

- La zona delantera de la nave está formada por pórticos con pilares de hormigón armado colocados a una distancia aproximada de 5 metros.
- El resto de la nave está constituida por pórticos metálicos colocados a una distancia de 5 metros por pilares compuestos de perfiles simples metálicos unidos con presillas y vigas metálicas. Cada pórtico está formado por dos pilares laterales y uno central que generan dos pórticos iguales con vigas de cubierta a dos aguas.

- La estructura de cubierta es metálica y está formada por dos estructuras iguales formadas por vigas metálicas a dos aguas colocadas en paralelo. Las correas de cubierta son metálicas que soportan las placas de fibrocemento.
- La altura libre mínima de la nave correspondiente a los laterales de los pórticos es de 6 metros.
- La entreplanta está soportada en los pilares de hormigón existentes en el lateral delantero de la nave. La altura libre en planta baja es de 3.08 metros y entreplanta es de 2.7 metros. Se dispone de un falso techo para aislamiento térmico-acústico de unos 27 cm.
- Las paredes de compartimentación de zona de oficinas y entreplanta están formados por tabiques de fábrica lucidos por ambas caras. Las correspondientes a los aseos se hallan alicatadas con baldosas cerámicas.
- El suelo de la nave es de hormigón. La zona de oficinas y aseos se halla pavimentada con terrazo.
- La nave posee de un acceso directo de vehículos desde la calle B. La fachada que limita con la calle C estará cerrada con una valla y en el interior de ese patio se encontrara el centro de transformación. A este patio solo accederá personal autorizado con el fin de realizar los pertinentes trabajos de mantenimiento en el centro de transformación.
- El acceso de peatones a la zona de oficinas se realiza a través de puerta peatonal en fachada delantera.
- Los accesos a la nave son amplios, pudiendo llegar fácilmente hasta la misma los Servicios Públicos de Extinción de Incendios y Protección Civil.

## 1.5 SUPERFICIE

La superficie total construida es de 275,9 m<sup>2</sup>, mientras que la superficie útil es de 259,5 m<sup>2</sup>. La distribución de la superficie útil de los diferentes locales es la siguiente.

### PLANTA BAJA

Vestuario	6,89 m <sup>2</sup> .
Aseo	7,35 m <sup>2</sup> .
Almacén	23,37 m <sup>2</sup> .
Zona taller	184,46 m <sup>2</sup> .
Total planta baja útil	222,07 m <sup>2</sup> .
Total planta baja construido	232,56 m <sup>2</sup>

### ENTREPLANTA

Oficina general	19,33 m <sup>2</sup> .
Despacho	11,36 m <sup>2</sup> .
Archivo	2,66 m <sup>2</sup> .
Aseo	4,08 m <sup>2</sup> .
Total entreplanta útil	37,43 m <sup>2</sup> .

Superficie construida entreplanta	
Entreplanta	41,29 m <sup>2</sup>
Escalera	5,91 m <sup>2</sup>
Total entreplanta construida	47,2 m <sup>2</sup>
TOTAL SUPERFICIE ÚTIL	259,50 m <sup>2</sup> .
TOTAL SUPERFICIE CONSTRUIDA	275,90 m <sup>2</sup>

## 1.6. DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD.

La actividad a desarrollar es la misma que se ejerce en la nave actual. Es de tipo industrial y consiste en la fabricación de diferentes piezas para el mundo del automóvil.

Consiste en una línea de producción que consta de diferentes máquinas de producción por mecanizado.

La maquinaria en su mayoría son tornos de producción mecánica y también se dispone de un centro de mecanizado.

Así pues la actividad, a modo genérico, consiste en recoger la materia prima del almacén del que se dispone y mediante las maquinas anteriormente mencionadas trabajarlas de forma específica y concreta hasta lograr unos resultados finales óptimos. Para ello se contara con personal totalmente capacitado y autorizado. Este personal será ajeno a la instalación que se está desarrollando en este proyecto.

## 1.7. SUMINISTRO DE ENERGÍA.

Iberdrola abastece de energía al polígono industrial en el que está ubicado la nave mediante red de media tensión. Ésta red proporciona una tensión alterna trifásica de 13.200 voltios con una frecuencia de 50 ciclos por segundo.

La empresa suministradora se compromete, previo acuerdo, a facilitar e instalar una línea subterránea hasta el centro de transformación.

## 1.8. RELACIÓN DE LA MAQUINARIA INSTALADA.

La actividad comercial contará con los útiles y herramientas necesarios para el correcto funcionamiento de la actividad.

Para el desarrollo de la actividad el local cuenta con la siguiente maquinaria:

Núm.	Maquina	Descripción	Potencia (KW)
1	Torno	BIGLIA-11/S4-CNC	22,37
2	Torno	BIGLIA-11/S4-CNC	22,37
3	Centro de mecanizado	MATSUURA	12,75
4	Torno	BIGLIA-B131/S3-CNC	33,56
5	Torno	BIGLIA-B131/S3-CNC	33,56
6	Torno	CNC HAAS-SL.10.TAIL STOCK	14,9
7	Torno	CNC HAAS-SL.10.TAIL STOCK	14,9
8	Compresor	ASD 32	18,5

## 1.9. NORMATIVA

La realización del presente proyecto así como la ejecución del mismo, se realizará de acuerdo a lo especificado en las normas y reglamentos vigentes en el momento, que son:

- Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión e Instrucciones complementarias (Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto de 2002).
- R.C.E. Reglamento sobre Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación, e instrucciones técnicas complementarias.
- Normas Tecnológicas de la Edificación (NTE-IE).
- Normas particulares de la empresa suministradora de energía: Iberdrola.
- Ley 31/1995 de 8 de noviembre de prevención de riesgos laborales y Real Decreto 1.215/1997, de 18 de julio, de disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de protección.
- Real Decreto 2.267/2004 de 3 de diciembre, Reglamento de Seguridad contra incendios en establecimientos industriales.
- Real Decreto 208/2005 de 25 de febrero, sobre Aparatos Eléctricos o Electrónicos y la gestión de sus residuos.



## **2. ESQUEMA DE DISTRIBUCIÓN.**

### **2.1 INTRODUCCIÓN**

Para la determinación de las características de las medidas de protección contra choques eléctricos en caso de defecto (contactos indirectos) y contra sobreintensidades, así como de las especificaciones de la aparamenta encargada de tales funciones, será preciso tener en cuenta el esquema de distribución empleado.

Los esquemas de distribución se establecen en función de las conexiones a tierra de la red de distribución o de la alimentación, por un lado, y de las masas de la instalación receptora, por otro.

La denominación se realiza con un código de letras con el significado siguiente:

Primera letra: se refiere a la situación de la alimentación con respecto a tierra:

- **T** = conexión directa de un punto de la alimentación a tierra.
- **I** = aislamiento de todas las partes activas de la alimentación con respecto a tierra o conexión de un punto a tierra a través de una impedancia.

Segunda letra: se refiere a la situación de las masas de la instalación receptora con respecto a tierra:

- **T** = masas conectadas directamente a tierra, independientemente de la eventual puesta a tierra de la alimentación.
- **N** = masas conectadas directamente al punto de la alimentación puesto a tierra (en corriente alterna, este punto es normalmente el punto neutro).

### **2.2. TIPOS DE ESQUEMAS DE DISTRIBUCIÓN.**

Existen tres tipos de esquemas de distribución:

#### 1) Esquema TN:

Los esquemas TN tienen un punto de la alimentación, generalmente el neutro o compensador, conectado directamente a tierra y las masas de la instalación receptora conectadas a dicho punto mediante conductores de protección.

En los esquemas TN cualquier intensidad de defecto franco fase-masa es una intensidad de cortocircuito.

#### 2) Esquema TT:

El esquema TT tiene un punto de alimentación, generalmente el neutro o compensador, conectado directamente a tierra. Las masas de la instalación receptora están conectadas a una toma de tierra separada de la toma de tierra de la alimentación.

En este esquema las intensidades de defecto fase-masa o fase-tierra pueden tener valores inferiores a los de cortocircuito, pero pueden ser suficientes para provocar la aparición de tensiones peligrosas.

### 3) Esquema IT:

El esquema IT no tiene ningún punto de la alimentación conectado directamente a tierra, sino que se conectan a través de una impedancia. Las masas de la instalación receptora están puestas directamente a tierra.

En estos tipos de esquema, la intensidad resultante de un primer defecto fase masa o fase-tierra, tiene un valor lo suficientemente reducido como para no provocar la aparición de tensiones de contacto peligrosas.

## 2.3. SOLUCIÓN ADOPTADA PARA EL ESQUEMA DE DISTRIBUCIÓN

En este caso se podría elegir cualquiera de los tres tipos de esquema pero se cogerá un esquema TT ya que es la solución más apropiada y flexible a la hora de afrontar futuras ampliaciones, teniendo presente que los defectos fase-masa pueden tener valores inferiores a los de cortocircuito y provocar la aparición de tensiones peligrosas.

### **3. ALUMBRADO**

#### **3.1. INTRODUCCIÓN**

El objeto de todo alumbrado artificial, es complementar la luz natural o en su defecto reemplazarla, para que se pueda continuar con la actividad a realizar, durante las horas donde la luz diurna es insuficiente o inexistente.

Se trata de dotar de la iluminación adecuada a espacios cubiertos donde se desarrollen actividades laborales, docentes, deportivas y recreativas.

En el caso del alumbrado industrial, la iluminación es un factor de productividad y rendimiento, además de aumentar la seguridad laboral.

Las cualidades principales del alumbrado que deben considerarse al proyectar una instalación son:

- a) La intensidad de iluminación: suministrar una cantidad de luz suficiente para crear unas buenas condiciones de visibilidad.
- b) La distribución espacial de la luz, que comprende la combinación de la luz difusa y luz dirigida, el ángulo de incidencia, la distribución de las luminarias, la medida de la homogeneidad y el grado de deslumbramiento.
- c) Utilización de fuentes luminosas que aseguren, para cada caso una satisfactoria distribución de los colores.
- d) Prever aparatos de alumbrado apropiados para cada caso particular: una buena elección de la fuente de luz y de su armadura.

#### **3.2. CONCEPTOS LUMINOTÉRMICOS**

Debemos tener en cuenta una serie de conceptos básicos sobre luminotecnica, como son:

- Flujo radiante ( $\phi$ ):  
Se define como la potencia emitida, transportada o recibida, en forma de radiación. La unidad es el vatio (W).
- Flujo luminoso ( $\phi_v$ ):  
Es la magnitud que deriva del flujo radiante al evaluar su acción sobre el observador. Es la energía luminosa emitida por unidad de tiempo. La unidad es el Lúmen (Lm).
- Lúmen:  
Es el flujo luminoso emitido por un foco puntual de una Candela de intensidad sobre una porción esférica de un metro cuadrado a la distancia de un metro que corresponde a un ángulo sólido de un estéreo-radián.

- **Angulo sólido (w):**

Se define por el volumen formado por la superficie lateral de un cono cuyo vértice coincide con el centro de una esfera de radio r, y cuya base se encuentra situada sobre la superficie de la esfera, si el radio es un metro y la superficie de la base del cono es un metro cuadrado, el ángulo sólido vale un estereo-radián.

$$w = \frac{S}{r^2} \qquad \phi_v = I \times w$$

siendo:

w: ángulo sólido.

S: superficie de la base del cono.

r: radio de la base del cono.

I: intensidad lumínica.

$\phi_v$ : flujo luminoso.

- **Energía radiante (Q<sub>e</sub>):**

Es la energía emitida, transportada o recibida en forma de radiación. La unidad es el Julio (J).

- **Cantidad de luz (Q<sub>v</sub>):**

Es la energía en función del tiempo del flujo luminoso, durante una duración dada de tiempo. Las unidades son: Lúmen por segundo (Lm\* sg) o Lúmen por hora (Lm\* hora).

- **Intensidad luminosa (I):**

Es el flujo emitido en una dirección dada, por unidad de ángulo sólido. La unidad es la Candela (Cd).

- **Candela (Cd):**

Se define como la intensidad luminosa en una dirección dada, de una fuente que emite una radiación monocromática de frecuencia  $540 \cdot 10^{12}$  Hz y cuya intensidad radiante en esa dirección es  $1/683$  w\* estereo-radián.

- **Distancia luminosa:**

Conjunto de la intensidad luminosa de una lámpara en todas direcciones.

- **Iluminancia (E):**

Es el flujo luminoso recibido por unidad de superficie. Es el cociente entre el flujo luminoso recibido por un elemento de la superficie que contiene al punto y el área de dicho elemento. La unidad es el Lux (Lx).

$$E = \frac{\phi_v}{S}$$

- **Lux (Lx):**

Se define como la iluminancia producida por un flujo de un lúmen que se distribuye uniformemente sobre una superficie de un metro cuadrado.

$$1\text{Lux} = \frac{1\text{ Lm}}{1\text{ m}^2}$$

- **Luminancia:**

Es la intensidad luminosa en una dirección dada por unidad de superficie aparente iluminada. Su unidad es  $\text{Cd} \cdot \text{m}^2$ .

- **Rendimiento luminoso o eficacia luminosa:**

Es la relación entre el flujo emitido por la fuente y la potencia empleada para obtener tal flujo, con ella se puede evaluar el ahorro de energía que puede dar una lámpara con respecto a otra. Su unidad de medida es el lúmen por vatio ( $\text{Lm}/\text{W}$ ).

Valores indicativos del rendimiento luminoso de algunos tipos de lámpara son:

- Incandescentes (1-2000W): 8- 20  $\text{Lm}/\text{W}$
- Incandescentes con halogenuros (3-10000W): 18- 22  $\text{Lm}/\text{W}$
- Fluorescentes tubulares (4-250W): 40- 93  $\text{Lm}/\text{W}$
- Fluorescentes compactas (5-36W): 50- 82  $\text{Lm}/\text{W}$
- Vapor de mercurio (50-2000W): 40- 58  $\text{Lm}/\text{W}$
- Halogenuros metálicos (75-3500W): 60- 95  $\text{Lm}/\text{W}$
- Sodio a alta presión (50-1000W): 66- 130  $\text{Lm}/\text{W}$
- Sodio a baja presión (18-180W): 100- 183  $\text{Lm}/\text{W}$

- **Temperatura del color:**

La temperatura de color de una fuente de luz es la correspondiente a la temperatura del “cuerpo negro” que presenta el mismo color de la fuente. Su unidad de medida es el grado Kelvin (K). Se puede decir que la temperatura es un elemento de elección cualitativa de una lámpara, así como el flujo un elemento cuantitativo.

La Comisión Electrónica Internacional (CEI) con fines prácticos de aplicación ha sugerido la siguiente clasificación, en cuanto a correspondencia entre la apariencia de color y la temperatura de color de las lámparas:

- Blanco cálido: 3000 K
- Blanco: 3500K
- Blanco frío: 4200 K
- Luz día: 6500 K

Ejemplos de distintas temperaturas de color:

- Incandescentes: 2600-2800 K
- Incandescentes con halogenuros: 3000 K
- Fluorescentes tubulares: 2600-6500 K
- Fluorescentes compactas: 2700 K
- Vapor de mercurio: 4000-4500 K
- Halogenuros metálicos : 4800-6500 K
- Sodio a alta presión: 2100 K
- Sodio a baja presión: 1800 K

Existe una relación entre la temperatura de color y el nivel de iluminación de una determinada instalación de forma que para tener una sensación visual confortable, a bajas iluminaciones le deben corresponder lámparas con una baja temperatura de color y a altas iluminaciones, lámparas con una temperatura de color elevada.

- Reproducción cromática:

Es la capacidad de una fuente de luz de reproducir los colores. Se expresa por un número comprendido entre 0 y 100. Una fuente de luz con  $R_a = 100$ , muestra todos los colores correctamente. Cuanto menor es el índice, peor es la reproducción cromática.

Para estimar la calidad de reproducción cromática de una fuente de luz, se establece la siguiente escala de valores:  $R_a < 50$  rendimiento bajo; entre 50 y 80 rendimiento moderado; entre 80 y 90 bueno y entre 90 y 100 rendimiento excelente.

### 3.3. PROCESO DE CÁLCULO

El proceso de cálculo de una instalación de interiores conlleva los siguientes pasos:

1. Obtención de información previa de los factores de partida.
2. Fijar el nivel de iluminación.
3. Determinación del sistema de iluminación y del tipo de luminaria.
4. Determinación del factor de mantenimiento.
5. Calcular el índice local.
6. Calcular el flujo a instalar.
7. Cálculo del número de luminarias
8. Distribución de las luminarias.

#### 3.3.1 INFORMACIÓN PREVIA DE LOS FACTORES DE PARTIDA

Para conseguir un buen diseño de iluminación general y uniforme, hay que tener en cuenta los siguientes factores de partida:

- Forma y configuración del local.
- Tipo de tarea a realizar.
- Tensión de alimentación de la red eléctrica.
- Características y tipo del objeto a iluminar.

### 3.3.2 DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE ILUMINACIÓN Y VALOR DE EFICIENCIA ENERGÉTICA

Existen diferentes niveles de iluminación para los diferentes tipos de locales y las diferentes tareas que se realicen en ellos.

Mediante una serie de investigaciones científicas, surgen tablas que relacionan el nivel de iluminación con los distintos locales y las tareas a realizar. Estas tablas nos sirven como guía para poder determinar que iluminación llenará cada local, siendo estas de carácter orientativo ya que siempre se deberá estudiar cada caso.

A continuación se incluye una tabla con los niveles de iluminación según la clase de edificio y la tarea a realizar:

Clase de edificio y tipo de espacio a iluminar	Nivel de iluminación en lux (Lx)
Escuelas:	
Pasillos, vestíbulos, aseos	200
Aulas y bibliotecas	750
Cocinas y talleres general	500
Aulas de dibujo	1000
Hospitales:	
Pasillos durante el día	250
Pasillos durante la noche	40
Aseos, locales de mantenimiento	200
Habitación iluminación general	150
Habitación iluminación lectura	250
Servicio médico general	250
Servicio médico reconocimiento	500
Sala de operación y autopsias:	
Iluminación general	1000

Puesto de trabajo Quirófano Zona adyacente quirófano	mayor 5000 20000-100000 10000
Hoteles y restaurantes: Habitaciones y pasillos Cocinas Sala de lectura Restaurante y autoservicio Salas de costura	200 500 500 300 750
Imprenta: Alumbrado general Comprobación colores Fotocomposición y montaje Locales de trabajo: Garajes y aparcamientos Locales de vestuario, ducha y aseo Locales de almacenaje Fundiciones, cerámicas y granjas	500 1200 1500 80 200 300 150
Locales de venta y exposición: Almacenaje y exposición Comercio y salas de exposición Pabellones de ferias Supermercados Escaparates	250 500 500 1000 Más de 1000
Montaje de piezas: Mecánica en general Montajes precisión eléctricos Trabajos finos en cristal Piezas miniaturizadas	500 1500 1500 2000
Oficinas: Trabajos de mecanografía Dibujo técnico Comprobación de colores	750 1200 1200



Punto y confección:	
Telares punto oscuro	700
Telares punto claro	500
Control calidad	1000
Trabajo de la madera:	
Trabajo en banco	300
Trabajo en máquinas	500
Acabado, pulido y barnizado	500

Además hay que destacar que cuando la diferencia de nivel de iluminación entre dos locales contiguos sea superior al 20 por 100, el nivel menos iluminado de ambos no será inferior a 200 Lx. En el de un local desprovisto totalmente de ventanas o huecos de iluminación natural, el nivel de iluminación no será inferior a 500 Lx.

- **VEEI: VALOR DE EFICIENCIA ENERGETICA EN INSTALACIONES INTERIORES**

Con la finalidad de establecer los correspondientes valores de eficiencia energética límite, las instalaciones de iluminación se identificarán según la zona dentro de uno de los grupos siguientes:

- *Grupo 1:* Zona de no representación o espacios en los que el criterio de diseño, de imagen o el estado anímico que se quiere transmitir al usuario con la iluminación, queda relegado a un segundo plano frente a otros criterios como el nivel de iluminación, el confort visual, la seguridad y la eficiencia energética.
- *Grupo 2:* Zonas de representación o espacios donde el criterio de diseño, imagen o el estado anímico que se quiere transmitir al usuario con la iluminación, son preponderantes frente a los criterios de eficiencia energética.

Los valores de eficiencia energética límite en recintos interiores de un edificio se establecen en la siguiente tabla:

grupo	Zonas de actividad diferenciada	VEEI límite
1 zonas de no representación	administrativo en general	3,5
	andenes de estaciones de transporte	3,5
	salas de diagnóstico <sup>(4)</sup>	3,5
	pabellones de exposición o ferias	3,5
	aulas y laboratorios <sup>(2)</sup>	4,0
	habitaciones de hospital <sup>(3)</sup>	4,5
	recintos interiores asimilables a grupo 1 no descritos en la lista anterior	4,5
	zonas comunes <sup>(1)</sup>	4,5
	almacenes, archivos, salas técnicas y cocinas	5
	aparcamientos	5
espacios deportivos <sup>(5)</sup>	5	
2 zonas de representación	administrativo en general	6
	estaciones de transporte <sup>(6)</sup>	6
	supermercados, hipermercados y grandes almacenes	6
	bibliotecas, museos y galerías de arte	6
	zonas comunes en edificios residenciales	7,5
	centros comerciales (excluidas tiendas) <sup>(9)</sup>	8
	hostelería y restauración <sup>(8)</sup>	10
	recintos interiores asimilables a grupo 2 no descritos en la lista anterior	10
	religioso en general	10
	salones de actos, auditorios y salas de usos múltiples y convenciones, salas de ocio o espectáculo, salas de reuniones y salas de conferencias <sup>(7)</sup>	10
	tiendas y pequeño comercio	10
	zonas comunes <sup>(1)</sup>	10
habitaciones de hoteles, hostales, etc.	12	

### 3.3.3 DETERMINACIÓN DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN Y TIPO DE LUMINARIA- LÁMPARA

#### 3.3.3.1 Sistemas de iluminación

Existen cinco tipos de iluminación: directa, semidirecta, difusa, semiindirecta e indirecta.

La iluminación directa es apropiada para la obtención económica de altos niveles de iluminación sobre el plano útil de las mesas y de los puestos de trabajo. Por su propia naturaleza deja en la sombra las partes superiores del local y por lo tanto, reduce las pérdidas de luz por las claraboyas.

Es necesario aumentar considerablemente los aparatos de alumbrado, con el propósito de conseguir que cada objeto iluminado, reciba luz desde varias direcciones simultáneamente, con lo que se consigue la disminución de sombras molestas.

La iluminación directa se realiza, en general, por medio de reflectores de chapa esmaltada o de aluminio pulido, anodizado y abrillantado. Con el objeto de dar a la luz obtenida cierto grado de difusión favorable al suavizado, de las sombras, a la vez,

concentrar el flujo luminoso hacia las zonas útiles del local, estos reflectores deben de ser anchos y profundos.

Mediante la iluminación directa se consigue una distribución luminosa tal que del 90% al 100% del flujo luminoso emitido llegue directamente al plano de trabajo.

La iluminación semidirecta hace que parte de la luz emitida por los aparatos de alumbrado sea reflejada sobre el techo, por ello su empleo está restringido para techos no muy altos, y no debe utilizarse en locales provistos de claraboyas en el techo.

Permite la realización relativamente económica de elevados niveles de iluminación con las ventajas sobre la iluminación directa de que las sombras son bastante más suaves porque, como ya sabemos los objetos reciben simultáneamente, la luz directa de los aparatos de alumbrado y la reflejada en el techo y en las paredes.

Con este tipo de iluminación se consigue entre el 60 y el 90 por 100 del flujo luminoso emitido se dirige hacia abajo, hacia el plano de trabajo, mientras el resto del flujo luminoso, del 10 al 40 por 100 se dirige hacia techo y paredes.

La iluminación difusa, da una importancia creciente al la reflexión de la luz sobre el techo y las paredes. Desaparecen por completo las sombras de los objetos, pero se aconseja que el techo y las paredes estén pintados de colores claros, con el objeto de disminuir las pérdidas por absorción que, de otro modo, resultarían muy elevadas.

Con la iluminación difusa el flujo luminoso emitido hacia abajo es del 40 al 60 por 100 con ángulos por debajo de la horizontal, y entre el 40 y el 60 por 100 del flujo luminoso se dirige hacia arriba.

La iluminación semiindirecta, y la iluminación indirecta, hacen que los manantiales luminosos secundarios, que equivalen a las paredes y techo del local, tengan un efecto preponderante sobre los manantiales luminosos primarios, que son las lámparas eléctricas.

Desaparecen las sombras totalmente y también el riesgo de deslumbramiento directo, ya que las lámparas están totalmente ocultas a los ojos del observador. La falta de plasticidad obtenida con estos sistemas obliga en algunos casos a completar el alumbrado del local mediante alumbrado auxiliar. Estos dos tipos de iluminación, precisan que las paredes y techos del local estén pintados con materiales de alto factor de reflexión, y aunque esta condición se cumpla, el consumo de energía es mayor que para cualquier otro sistema de iluminación.

Mediante la iluminación semiindirecta e indirecta, del 60 al 100 por 100 del flujo luminoso emitido es dirigido hacia arriba en ángulos superiores a la horizontal.

Con cada uno de los cinco tipos de iluminación descritos con anterioridad, se pueden obtener tres clases o métodos de alumbrado, según la distribución de la luz en el local a iluminar.

### A) Alumbrado general

Se trata de un alumbrado uniforme de un espacio, sin tener en cuenta las necesidades particulares de ciertas zonas determinadas. La iluminación media deberá ser igual al nivel de iluminación que requiera la tarea específica visual. Presenta como ventaja que se pueden cambiar los puestos de trabajo sin modificar las luminarias. Es por antonomasia, el método de distribución uniforme de la luz.

La distribución luminosa más normal, se obtiene colocando las luminarias de forma simétrica en filas por columnas, cuyo producto da el número total de luminarias instaladas (reajustadas por exceso o por defecto al número de luminarias calculado).

Por razones de uniformidad, la distancia entre luminarias, no puede ser mayor que un determinado valor. Este valor depende de la altura de montaje, del nivel de iluminación, así como de las características propias del local y de la luminaria. Generalmente, la distancia entre luminarias es doble que entre estas y las paredes.

### B) Alumbrado general localizado

Alumbrado general en zonas especiales de trabajo, donde se necesita un alto nivel de iluminación, siendo suficiente la iluminación general para las zonas contiguas, de modo que este tipo de alumbrado se caracteriza por la concentración de luminarias.

### C) Alumbrado suplementario

Alumbrado que proporciona un alto nivel de iluminación en puntos específicos de trabajo, mediante la combinación del alumbrado general o del alumbrado general localizado.

## 3.3.3.2 Tipos de lámparas

### A) Lámpara de Incandescencia

Es de cómodo empleo y en el mercado existe una amplia gama, con todo tipo de potencias. Es aconsejable para un nivel de iluminación inferior a 200 lux, tiene un bajo rendimiento luminoso y una duración media reducida. Se emplean principalmente en alumbrado doméstico y de señalización. Debido al bajo rendimiento luminoso y a su reducida duración, no son rentables para alumbrado de grandes espacios con alto nivel de iluminación, ni para naves industriales o locales comerciales con altura de montaje superior a cuatro metros.

### B) Lámpara Fluorescente

Se utiliza cuando se necesita una elevada temperatura de color, (se define  $T^a$  de color de una fuente luminosa como la que corresponde por comparación, con la del cuerpo negro que presenta el mismo color que la fuente analizada. La  $T^a$  de color define únicamente el color (tono) de la luz), también se utiliza cuando el nivel de iluminación necesario sobre el plano útil de trabajo, ha de alcanzar o sobrepasar los 200 lux, sobre todo si la instalación ha de estar funcionando durante un elevado número de horas el

año (2000 horas o más). El flujo luminoso es del orden de siete veces mayor comparado con el que producen las lámparas incandescentes de igual potencia. Este factor unido a su larga vida (también siete veces mayor) y calidad de luz, hacen que sean las lámparas universales de alumbrado contemporáneo. Estas características hacen que sean de aplicación universal para fines generales de alumbrado, sobre todo, en interiores de oficina, grandes almacenes, comercio escuelas, hospitales, industrias, est.; donde la altura de montaje no supere los cinco metros.

### C) Lámpara de vapor de Mercurio

Se utilizan para alumbrado industrial, cuando las condiciones de calidad de la luz son menos imperativas. Existen dos tipos: de luz mixta y de color corregido, estas últimas resultan económicas por su elevado rendimiento luminoso (similar al de las fluorescentes), y por su larga vida media (suele ser de 6000-9000 horas), resultando especialmente indicadas para alumbrado directo, con aparatos de alumbrado suspendidos a mucha altura, en las naves industriales. En esta aplicación, su elevada potencia unitaria permite aprovechar bien su gran altura de suspensión, separando débilmente los aparatos de alumbrado y disminuyendo el número de estos aparatos.

### D) Lámpara de vapor de Sodio

Se utilizan en el alumbrado de exteriores y en el interior de naves industriales con elevadas alturas de montaje. Existen de dos tipos: de baja presión y de alta presión, estas últimas presentan un elevado rendimiento, además de una gran duración, lo que implica intervalos de reposición más largos. Además, su elevada potencia unitaria permite aprovechar bien su gran altura de suspensión, de forma que resultan especialmente indicadas para instalaciones interiores de industria.

## 3.3.4 DETERMINACIÓN DEL FACTOR DE MANTENIMIENTO

En toda instalación de alumbrado hay tres elementos de mantenimiento que son variables y que afectan a la cantidad de flujo luminoso útil que se obtiene en el espacio a iluminar.

- A) La depreciación luminosa de la propia lámpara.
- B) La pérdida por acumulación de polvo y suciedad sobre la superficie de la lámpara y la superficie reflectora y transmisora de la luminaria.
- C) Pérdida de luz reflejada en las paredes.

Teniendo en cuenta estos tres elementos, se definen tres condiciones de mantenimiento que nos permiten valorar cuantitativamente el factor de mantenimiento o factor de depreciación.

### 3.3.4.1 Factor de mantenimiento bueno

Cuando las luminarias se limpian frecuentemente y las lámparas se sustituyen por grupos antes de fundirse. Condiciones atmosféricas buenas exentas de polvo y suciedad. Este factor de mantenimiento toma valores comprendidos entre 0,70 - 0,80. Típicamente se toma 0,75 o 0,7.

### 3.3.4.2 Factor de mantenimiento medio

Cuando las luminarias no se limpian con frecuencia y las lámparas sólo se reponen cuando se funden. Condiciones atmosféricas menos limpias. Este factor de mantenimiento medio toma valores comprendidos entre 0,60 - 0,70. Típicamente se toma 0,65.

### 3.3.4.3 Factor de mantenimiento malo

Cuando las condiciones atmosféricas son bastante sucias y la instalación tiene un mantenimiento deficiente. Este factor de mantenimiento malo toma valores comprendidos entre 0,50 - 0,60. Típicamente se toma 0,55.

## 3.3.5 CÁLCULO DEL ÍNDICE DEL LOCAL

Los locales a iluminar se clasifican según la relación que existe entre sus dimensiones, la altura de montaje, y el tipo de alumbrado. Es lo que denominamos índice local y nos sirve después, para determinar el factor de utilización. Se calcula de la siguiente forma:

Para iluminaciones directas, semidirectas y difusas, se utiliza:

$$\text{Relación del local} = \frac{A \times L}{h \times (A + L)}$$

Para iluminaciones indirectas y semiindirectas, se utiliza:

$$\text{Relación del local} = \frac{3 A \times L}{2 h \times (A + L)}$$

En ambas fórmulas:

A= ancho del local en metros.

L= longitud del local en metros.

h = altura de montaje en metros. Se considera la distancia que hay desde la luminaria hasta el plano útil o de trabajo situado a 0,85 metros sobre el suelo según la NTE.

La altura del local, H es la suma de la altura de suspensión de la luminaria C, mas la altura de montaje h, y más el 0.85 metros al que está el plano de trabajo. Es decir:

$$H = C + h + 0.85 \text{ m}$$

Como H y C son datos previos de las instalación, la altura de montaje se calcula mediante la fórmula:

$$h = H - (C + 0.85) \text{ m}$$

Con el de relación del local calculado, lo llevamos a la siguiente tabla y determinamos el índice del local, K:

Índice del local	Relación del local	
	Valor	Punto central
J	Menos de 0.7	0.60
I	0.7 a 0.9	0.80
H	0.9 a 1.12	1.00
G	1.12 a 1.38	1.25
F	1.38 a 1.75	1.50
E	1.75 a 2.25	2.00
D	2.25 a 2.75	2.50
C	2.75 a 3.50	3.00
B	3.50 a 4.50	4.00
A	Más de 4.50	5.00

### 3.3.6 DETERMINACIÓN DEL FACTOR DE UTILIZACIÓN

El factor de utilización de un sistema de alumbrado es la relación que existe entre el flujo luminoso que llega al plano de trabajo y el flujo total que emiten las lámparas instaladas.

Este es un factor muy importante para el cálculo del alumbrado, a la vez que complejo y difícil de calcular, pues depende de una diversidad de factores como son: el valor adecuado del nivel de iluminación, el sistema de alumbrado, las luminarias, las dimensiones del local, la reflexión (techos, paredes y suelos) y el factor de mantenimiento.

En general, para su detección, existen valores tabulados según cada fabricante e incluso programas de ordenador. A continuación se expone una tabla con los valores del factor de utilización, en función de los tipos de luminaria más frecuentes, del índice del local y de la reflexión de techos y paredes:

Tipo de luminaria	Reflexión techo	75 %			50 %			30 %	
	Reflexión pared	50 %	30 %	10 %	50 %	30 %	10 %	30 %	10 %
	Índice local K	Factor o coeficiente de utilización, $F_u$							
Fluorescente empotrado	J	0.40	0.37	0.35	0.39	0.37	0.35	0.37	0.35
	I	0.48	0.46	0.45	0.47	0.45	0.44	0.44	0.43
	H	0.52	0.50	0.50	0.51	0.49	0.49	0.48	0.48
	G	0.55	0.54	0.53	0.54	0.53	0.51	0.51	0.50
	F	0.58	0.56	0.54	0.55	0.54	0.53	0.53	0.52
	E	0.60	0.59	0.59	0.59	0.58	0.56	0.57	0.55
	D	0.65	0.62	0.60	0.62	0.61	0.59	0.59	0.58
	C	0.66	0.64	0.61	0.64	0.62	0.61	0.61	0.60
	B	0.67	0.65	0.64	0.65	0.63	0.62	0.62	0.61
	A	0.68	0.66	0.65	0.66	0.65	0.63	0.64	0.62
Fluorescente descubierta	J	0.32	0.27	0.23	0.32	0.26	0.23	0.25	0.23
	I	0.40	0.35	0.61	0.39	0.34	0.30	0.34	0.30
	H	0.44	0.39	0.36	0.43	0.39	0.35	0.36	0.35
	G	0.48	0.43	0.40	0.46	0.42	0.39	0.41	0.39
	F	0.52	0.47	0.43	0.50	0.46	0.42	0.45	0.42
	E	0.57	0.52	0.48	0.55	0.51	0.47	0.50	0.46
	D	0.62	0.56	0.52	0.59	0.55	0.51	0.54	0.51
	C	0.65	0.59	0.54	0.62	0.57	0.54	0.56	0.53
	B	0.69	0.63	0.59	0.65	0.61	0.58	0.60	0.58



Luminaria industrial abierta	J	0.38	0.32	0.28	0.37	0.32	0.28	0.31	0.28
	I	0.47	0.52	0.39	0.46	0.41	0.38	0.40	0.37
	H	0.51	0.47	0.44	0.50	0.47	0.43	0.46	0.43
	G	0.55	0.51	0.48	0.54	0.51	0.47	0.50	0.47
	F	0.58	0.54	0.51	0.57	0.53	0.51	0.52	0.50
	E	0.63	0.60	0.57	0.62	0.59	0.56	0.58	0.55
	D	0.68	0.64	0.61	0.66	0.64	0.61	0.63	0.60
	C	0.70	0.67	0.63	0.68	0.65	0.63	0.64	0.62
	B	0.73	0.70	0.68	0.71	0.68	0.67	0.67	0.66
	A	0.74	0.72	0.70	0.72	0.70	0.68	0.69	0.67
Luminaria directa con rejilla difusora	J	0.33	0.28	0.26	0.32	0.28	0.26	0.28	0.26
	I	0.39	0.36	0.34	0.39	0.35	0.34	0.35	0.34
	H	0.43	0.40	0.38	0.42	0.40	0.38	0.39	0.38
	G	0.46	0.43	0.41	0.45	0.43	0.41	0.42	0.41
	F	0.48	0.46	0.43	0.47	0.45	0.43	0.45	0.43
	E	0.52	0.50	0.47	0.51	0.49	0.47	0.48	0.47
	D	0.55	0.53	0.51	0.54	0.52	0.51	0.52	0.51
	C	0.57	0.55	0.52	0.56	0.53	0.52	0.53	0.52
	B	0.59	0.57	0.56	0.57	0.56	0.55	0.55	0.54
	A	0.60	0.58	0.56	0.59	0.57	0.56	0.56	0.55
Luminaria esférica de vidrio	J	0.24	0.19	0.16	0.22	0.18	0.15	0.16	0.14
	I	0.29	0.25	0.22	0.27	0.23	0.20	0.21	0.19
	H	0.33	0.28	0.26	0.30	0.26	0.24	0.24	0.21
	G	0.37	0.32	0.29	0.33	0.29	0.26	0.26	0.24
	F	0.40	0.36	0.31	0.36	0.32	0.29	0.29	0.26
	E	0.45	0.40	0.36	0.40	0.36	0.33	0.32	0.29
	D	0.48	0.43	0.39	0.43	0.39	0.36	0.34	0.33
	C	0.51	0.46	0.42	0.45	0.41	0.38	0.37	0.34
	B	0.55	0.50	0.47	0.49	0.45	0.42	0.40	0.38
	A	0.57	0.53	0.49	0.51	0.47	0.44	0.41	0.40

Luminaria reflector haz estrecho (incandescente o descarga)	J	0.43	0.40	0.39	0.42	0.40	0.39	0.40	0.38
	I	0.51	0.50	0.49	0.50	0.49	0.48	0.49	0.46
	H	0.55	0.54	0.53	0.54	0.53	0.52	0.53	0.52
	G	0.59	0.58	0.57	0.58	0.56	0.55	0.56	0.55
	F	0.61	0.60	0.58	0.59	0.58	0.58	0.58	0.57
	E	0.64	0.63	0.62	0.63	0.62	0.61	0.61	0.60
	D	0.68	0.65	0.64	0.66	0.65	0.64	0.64	0.63
	C	0.69	0.67	0.65	0.67	0.66	0.64	0.64	0.64
	B	0.70	0.68	0.67	0.68	0.67	0.66	0.66	0.65
	A	0.71	0.70	0.68	0.69	0.67	0.67	0.67	0.66
Luminaria reflector haz medio-ancho (incandescente o descarga)	J	0.40	0.36	0.34	0.39	0.36	0.34	0.36	0.33
	I	0.48	0.45	0.43	0.47	0.44	0.43	0.44	0.42
	H	0.52	0.50	0.48	0.51	0.49	0.47	0.49	0.47
	G	0.55	0.53	0.52	0.55	0.52	0.51	0.52	0.51
	F	0.58	0.56	0.53	0.56	0.55	0.53	0.55	0.53
	E	0.62	0.60	0.58	0.61	0.59	0.57	0.58	0.57
	D	0.66	0.63	0.61	0.64	0.62	0.61	0.62	0.61
	C	0.67	0.65	0.62	0.66	0.64	0.62	0.63	0.62
	B	0.69	0.67	0.66	0.67	0.65	0.64	0.65	0.64
	A	0.70	0.68	0.67	0.69	0.67	0.65	0.66	0.62

El factor de reflexión, se define como la relación entre la luz reflejada por una superficie y la luz incidente sobre la misma, se expresa en tanto por ciento y es distinto para diferentes colores. Para la luz blanca y para distintos colores y tonalidades exista la siguiente tabla empírica normalizada que da el valor de reflexión.

Color de paredes y techos	Factor de reflexión en %
Blanco	70 – 90
Beige claro	70 – 80
Amarillo y crema claro	60 – 75
Verde muy claro	60 – 75
Verde claro	70 – 80
Verde claro y roas	45 – 65
Azul claro	45 – 55
Gris claro	40 – 50
Rojo claro	30 – 50
Marrón claro	30 – 40
Beige oscuro	25 – 35
Marrón, verde, azul oscuros	5 – 20
Negro	3 - 4

### 3.3.7 CÁLCULO DEL FLUJO A INSTALAR

El siguiente paso es calcular el flujo total a instalar, para ello se emplea la siguiente fórmula:

$$\phi_t = \frac{E \times L \times A}{F_m \times F_u} \text{ (Lm)}$$

Donde:

E = nivel de iluminación en lux según la tarea.

L = largo del local en metros.

A = ancho del local en metros.

F<sub>m</sub> = factor de mantenimiento, determinado según se ha visto.

F<sub>u</sub> = factor de utilización, determinado según se ha visto.

### 3.3.8 CÁLCULO DEL NÚMERO DE LUMINARIAS

Una vez calculado el flujo total  $\phi_t$ , como conocemos el flujo que nos aporta cada luminaria  $\phi_l$  (dato proporcionado por el fabricante), podemos calcular el número de luminarias a instalar mediante la siguiente fórmula:

$$N = \frac{\phi_t}{\phi_i}$$

### 3.3.9 DISTRIBUCIÓN DE LAS LUMINARIAS

La distribución de las luminarias más normal, se obtiene colocando las luminarias de forma simétrica en filas y columnas, cuyo producto da el número total de luminarias instaladas. Es posible reajustar el número de luminarias por exceso o por defecto, por cuestiones de uniformidad.

En los locales de aseos, aseos de hombres y mujeres, la separación para baños y duchas no llega hasta el techo de la planta baja, tiene una altura de 2m, con lo que se ha aumentado el número de luminarias recomendadas para poder alumbrar las zonas en las que existiera dicha separación.

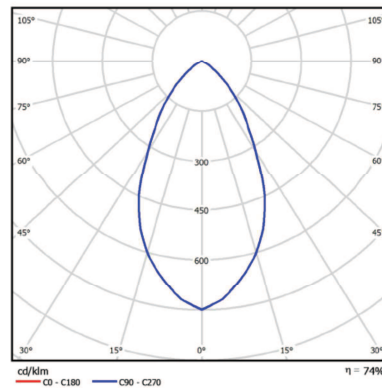
## 3.4. ALUMBRADO INTERIOR

### 3.4.1. JUSTIFICACIÓN DE LAS LÁMPARAS Y LUMINARIAS EMPLEADAS

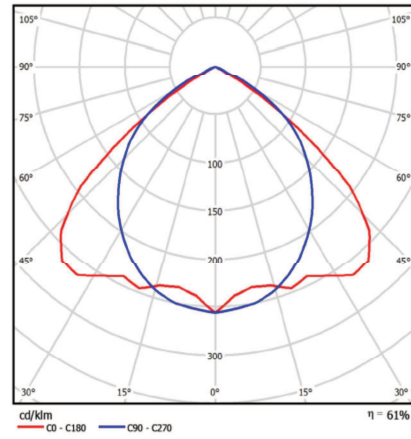
- *Philips BY150P 1xHPI-P400W-BU P-NB +BY150G R +BY150Z GC*



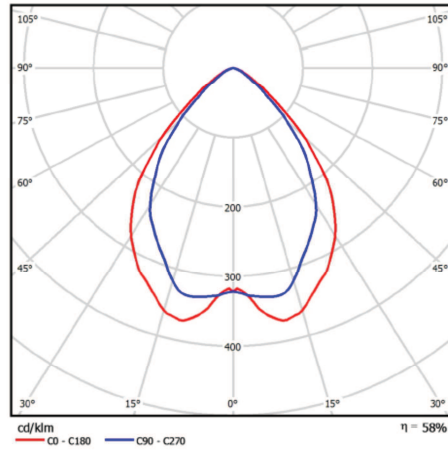
Emisión de luz 1:



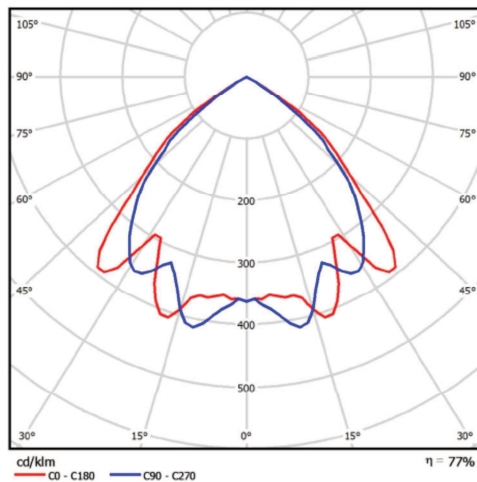
- *Philips TCS160 2xTL-D58W HFP C5*



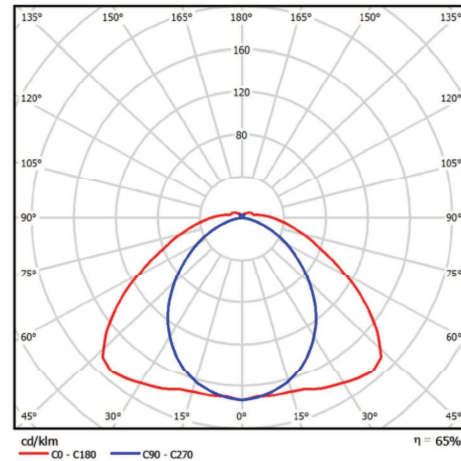
- *Philips FBS120 2xPL-C/4P18W HF P (1000)*



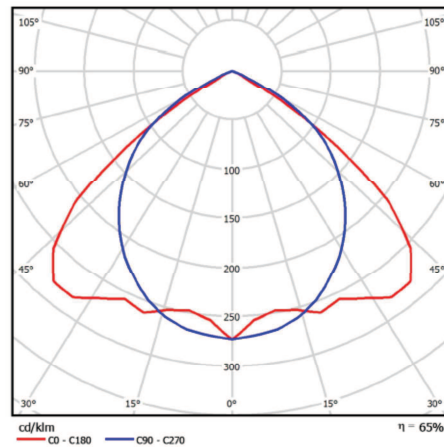
- *Philips FBS296 1xPL-C/4P18W HFP C (1000)*



- Philips TCS022 2xTL-D18W HFP P



- Philips TCS160 4xTL-D18W HFP C5 (1000)



Están recomendadas para alumbrado interior de naves industriales, salas de exposición, supermercados, calles comerciales, grandes almacenes de bricolaje, iglesias, antesalas de aeropuertos y salas de espera de estaciones.

Solución:

- **Local: Taller**
  - 8 lámparas Philips BY150P 1xHPI-P400W-BU P-NB +BY150G R +BY150Z GC
- **Local: Almacén**
  - 2 lámparas Philips TCS160 2xTL-D58W HFP C5

- **Local: Vestuarios y aseos**
  - 1 lámparas Philips FBS120 2xPL-C/4P18W HF P (1000)
  - 3 lámparas Philips FBS296 1xPL-C/4P18W HFP C (1000)
  - 2 lámparas Philips TCS022 2xTL-D18W HFP P
  
- **Local: Oficina General**
  - 5 lámparas Philips TCS160 4xTL-D18W HFP C5 (1000)
  
- **Local: Archivo**
  - 1 lámpara Philips FBS120 2xPL-C/4P18W HF P (1000)
- **Local: Aseo entreplanta**
  - 1 lámpara Philips FBS120 2xPL-C/4P18W HF P (1000)
  - 1 lámpara Philips FBS296 1xPL-C/4P18W HFP C (1000)
  
- **Local: Despacho**
  - 3 lámparas Philips TCS160 4xTL-D18W HFP C5 (1000)

### 3.4.2. TABLA RESUMEN

Como resumen de la iluminación interior utilizada y la potencia necesaria para dicha iluminación tenemos la siguiente tabla:

Planta baja	Núm. lámparas	Potencia por luminaria (W)	Potencia total (W)
Taller	8	428	3424
Almacén	2	110	220
Vestuarios y aseos	6	3 de 38W y 3 de 18W	168

Entreplanta	Núm. lámparas	Potencia por luminaria (W)	Potencia total (W)
Oficina general	5	69.5	347.5
Archivo	1	38	38
Aseo	2	1 de 38W y 1 de 18W	56
Despacho	3	69.5	208.5

### 3.6 ALUMBRADO EXTERIOR

Al igual que en el alumbrado de interiores, se emplea el método del flujo luminoso sacado del libro llamado LLUMINOTECNIA enciclopedia CEAC de electricidad.

$$\phi = \frac{ExS}{\eta \times F_m \times \eta_A}$$

Donde:

- $\phi$  → Flujo luminoso unitario de cada lámpara.
- E → Iluminancia media deseada.
- S → Superficie que ilumina cada aparato de alumbrado.
- $\eta$  → Coeficiente de utilización.
- $F_m$  → Factor de mantenimiento.
- $\eta_A$  → Rendimiento de la luminaria.

En la siguiente tabla se indican valores orientativos del nivel de iluminación medio necesario en distintas vías y recintos.

Tipo	Iluminancia E (lux)
Aparcamientos	20
Vías urbanas y provinciales	25 – 28
Vías urbanas de tráfico rápido	30
Autopistas, autovías y carreteras principales	35
Recintos deportivos	100 - 1000

El coeficiente de utilización se halla en tablas en función de las características de la luminaria y del tipo de vía o recinto a iluminar. De todas maneras, pueden considerarse los siguientes valores orientativos.

- Para colocación axial de los focos :  $\eta = 0.5$ .
- Para colocación lateral de los focos:  $\eta = 0.4$ .

La colocación axial está en desuso, y en la colocación lateral existen tres variantes que son tresbolillo, unilateral y bilateral. En este caso se colocarán los focos en disposición unilateral fijados a la fachada de la nave.

La altura recomendada a la que debe colocarse el punto de luz es función del flujo de la lámpara, según la siguiente tabla.

Altura del punto de luz (m)	Iluminancia E (lux)
< 7.5	< 15000



7.5 – 9	15000 – 20000
9 – 12	20000 – 40000
> 12	> 40000

La altura de la luminaria está en relación directa con la anchura de la vía o ancho de la superficie a iluminar y la disposición de los focos, de forma que:

Tipo de colocación	Relación altura / ancho
Unilateral	0.85 - 1
Tresbolillo	0.5 – 0.85
Pareada	0.33 – 0.5

La separación entre aparatos de alumbrado se relaciona con la altura de colocación de los mismos y es función de la iluminación media requerida sobre la superficie a iluminar, como se observa en la siguiente tabla:

Iluminación media, E (lux)	Relación separación / altura
$2 < E < 7$	5 – 4
$7 < E < 15$	4 – 3.5
$15 < E < 30$	3.5 - 2

El factor de mantenimiento lo suministra el fabricante, según el envejecimiento de la lámpara y la cantidad de suciedad que se va acumulando en la luminaria. Como valor orientativo, y para luminaria hermética con lámparas de vapor de mercurio o de vapor de sodio, se puede emplear un factor de mantenimiento de 0.75.

Las luminarias y lámparas se colocarán dos en la fachada delantera y otras dos en la fachada trasera y han sido escogidas las siguientes:

Solución:

- 4 luminarias Philips master HPI-T 250W -645 E40. El flujo lumínico de cada una es de 20500 lm. Se colocarán a 7m de altura respecto del suelo, encima de ambas puertas delantera y trasera. La separación entre cada una de las luminarias será de unos 5m.

### 3.7 ALUMBRADOS ESPECIALES

Las instalaciones especiales destinadas a alumbrados especiales tienen por objeto asegurar, aun faltando el alumbrado general, la iluminación en los locales y el acceso hasta las salidas, para una eventual evacuación de público o iluminar otros puntos que señalen. Se distinguen tres tipos de alumbrado especial: de emergencia, de señalización y de reemplazamiento.

Las líneas que alimentan directamente a los circuitos individuales de las lámparas de los alumbrados especiales, estarán protegidas por interruptores automáticos, con una intensidad nominal de 10 amperios como máximo. Una misma línea no podrá alimentar más de 12 puntos de luz, o si en la misma dependencia existiesen varios puntos de luz de alumbrado especial, estos deben ser repartidos al menos entre dos líneas diferentes, aunque un número sea inferior a 12.

El alumbrado de emergencia debe permitir, en caso de fallo general, la evacuación segura y fácil del público hacia el exterior.

Sólo puede ser alimentado por fuentes propias de energía, sean o no exclusivas para dicho alumbrado, pero no por fuente de suministro exterior. Si esta fuente propia está constituida por baterías de acumuladores o por aparatos autónomos automáticos, se puede utilizar un suministro exterior para proceder a su carga.

Debe poder funcionar durante un mínimo de una hora, proporcionando en el eje de los pasos principales una iluminación mínima de 1 lux.

La iluminación será, como, mínimo de 5 lux en los puntos en los que estén situados los equipos de las instalaciones de protección contra incendios que exijan utilización manual y en los cuadros de distribución del alumbrado.

Entrará en funcionamiento automáticamente al producirse el fallo de los alumbrados generales o cuando la tensión de éstos baje a menos del 70% de su valor nominal.

Se situará en las salidas de los locales y de las dependencias indicadas en cada caso y en las señales indicadoras de la dirección de los mismos. Cuando existe un cuadro principal de distribución, tanto el local donde está ubicado como sus accesos estarán provistos de este tipo de alumbrado.

Constarán de una instalación de alumbrado de emergencia las siguientes zonas:

- a) Todos los recintos cuya ocupación sea mayor que 100 personas.
- b) Los recorridos generales de evacuación de zonas destinadas a uso residencial o uso hospitalario, y los de zonas destinadas a cualquier uso que estén previstos para evacuación de más de 100 personas.
- c) Todas las escaleras y pasillos protegidos, los vestíbulos previos y las escaleras de incendios.
- d) Los aparcamientos para más de 5 vehículos, incluidos los pasillos y escaleras que conduzcan desde aquellos hasta el exterior o hasta las zonas generales del edificio.

- e) Los locales de riesgo especial y los aseos generales de planta en edificios de acceso público.
- f) Los locales que alberguen equipos generales de las instalaciones de protección.
- g) Los cuadros de distribución de la instalación de alumbrado de las zonas antes citadas.

Para cumplir las condiciones del articulado deben aplicarse las siguiente reglas prácticas para la distribución de las luminarias:

- Dotación: 5 lúmenes / m
- Flujo luminoso de las luminarias 4 h, siendo h la altura a las que estén instaladas las luminarias comprendida entre 2.00 y 2.50 metros.

El alumbrado de señalización se instala para funcionar de un modo continuo durante determinados períodos de tiempo. Debe señalar de modo permanente la situación de puertas, pasillos, escaleras y salidas de los locales, durante todo el tiempo que permanezca con público.

Estará alimentado, al menos, por dos suministros, sean ellos normales, complementarios o procedentes de fuente propia de energía eléctrica admitida.

En el eje de los pasos principales debe proporcionar una iluminación mínima de un lux.

Se situará en las salidas de los locales y dependencias indicados en cada caso y en las señalizaciones indicadoras de la dirección de los mismos.

Cuando los locales, dependencias o indicaciones que deben iluminarse con este alumbrado coinciden con los que precisan el de emergencia, los puntos de luz de ambos pueden ser los mismos.

Si el suministro habitual del alumbrado de señalización falla, o su tensión baja a menos del 70 % de su valor nominal, la alimentación del mismo debe pasar automáticamente al segundo suministro.

### 3.7.1 SOLUCIÓN EMPLEADA

En el mercado existen aparatos que proporcionan en el mismo soporte, los alumbrados de emergencia y señalización. Como esta solución está permitida, es la que se utilizará en este caso.

En concreto, se utilizarán Luminarias de Emergencia de la marca DAISA-LUX.

La colocación del alumbrado de emergencia y señalización se situarán a una altura de 2.30m respecto del suelo, justo encima de los marcos de las puertas, excepto en la zona del taller que se colocaran adosadas al techo de la nave y encima de los cuadros tanto general como auxiliar.

- **Local: Taller**
  - 2 Proyectoros autónomos de emergencia Daisa-Lux serie Zenit PL modelo ZG4-N48
  - 5 Luminarias de emergencia de superficie Daisa-Lux serie Hydra modelo N3 (2 sobre puertas y 3 sobre cuadros eléctricos)
- **Local: Almacén**
  - 2 Luminarias de emergencia de superficie Daisa-Lux serie Hydra modelo N10
- **Local: Vestuarios y aseos**
  - 4 Luminarias de emergencia de superficie Daisa-Lux serie Hydra modelo N5
- **Local: Oficina general**
  - 2 Luminarias de emergencia de superficie Daisa-Lux serie Hydra modelo N10
- **Local: Archivo**
  - 1 Luminarias de emergencia de superficie Daisa-Lux serie Hydra modelo N5
- **Local: Aseos entreplanta**
  - 1 Luminarias de emergencia de superficie Daisa-Lux serie Hydra modelo N5
- **Local: Despacho**
  - 1 Luminarias de emergencia de superficie Daisa-Lux serie Hydra modelo N10
- **Local: Escaleras**
  - 17 luminarias de balizamiento ALZIR-SHE/A RS (NT, RAL9006), serie Alzir-SHE

**3.7.2 TABLA RESUMEN**

<b>Tipo Luminaria</b>	<b>Potencia (W)</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Pot. Total (W)</b>
Daisa-Lux Hydra N3	8	5	40
Daisa-Lux Hydra N5	8	6	48
Daisa-Lux Hydra N10	8	5	40
Proyector autónomo Daisa-Lux Zenit modelo ZG4-N48	44	2	88
Balizamiento serie ALZIR-SHE/A RS	1	17	17

**Potencia Total: 233W**

## **4. CONDUCTORES Y DISTRIBUCIÓN EN BAJA TENSIÓN**

### **4.1 INTRODUCCIÓN**

Se llaman líneas interiores a las instalaciones llevadas a cabo en el interior de los edificios. Comprenden en este caso, desde el punto de conexión con el transformador hasta los aparatos receptores.

Se va a realizar la conducción eléctrica del centro de transformación a los distintos receptores de la instalación, la instalación es de baja tensión y han de emplearse tensiones normalizadas como indica el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión. Emplearemos corriente alterna trifásica 400 / 230 V.

Los conductores de corriente eléctrica deben calcularse de modo que tengan la resistencia mecánica suficiente para las conducciones de la línea y además no sufran calentamientos excesivos, así como una caída de tensión en el propio conductor dentro de los límites establecidos en el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión.

### **4.2 FACTORES PARA EL CÁLCULO DE CABLES**

Para el cálculo de las líneas de distribución, se tendrán en cuenta los siguientes factores:

1. Calentamiento de los conductores.
2. Caída de tensión y pérdidas de potencia en los conductores.

#### **1. Calentamiento de los conductores**

Si por un conductor cuya resistencia es “R” ohmios, circula una intensidad de “I” amperios, se eleva su temperatura hasta que el calor transmitido por la corriente al conductor, se iguala al calor cedido por el conductor al ambiente en igual tiempo; según la ley de Joule, la cantidad de calorías recibidas en un segundo son:

$$Q = 0,24 \times I^2 \times R \quad \text{Calorías}$$

Partiendo de esta fórmula y teniendo en cuenta que las calorías cedidas dependen de la temperatura del conductor respecto del ambiente que la rodea, a su superficie, al material que forma su aislante, etc. Se demuestra que el aumento de temperatura es directamente proporcional al cuadrado de la intensidad (considerando despreciables las variaciones de la resistencia con la temperatura).

$$\Delta T = \left( \frac{I}{I_n} \right)^2 \times \Delta T_n$$

Siendo:

$\Delta T$  = incremento admisible de la temperatura.

$\Delta T_n$  = incremento de la temperatura en condiciones normales.  
 $I_n$  = intensidad nominal en condiciones normales.  
 $I$  = intensidad admisible.

El calor que adquiere un conductor, lo va cediendo a través del medio que le rodea (aislamiento, tubo, pared, aire, etc.), produciéndose un equilibrio entre el calor que recibe por el paso de la corriente y el que desprende hacia el exterior.

El calor que es cedido al exterior es:

$$Q = M \times C \times \Delta T$$

Si la intensidad  $I$  crece, el calor producido por el paso de la corriente crece también. Al cabo de un periodo transitorio, el calor cedido al exterior será igual al producido por el paso de intensidad, por lo tanto este calor cedido al exterior aumenta también, produciéndose por consiguiente un aumento del incremento de la temperatura, pero como la temperatura del exterior es prácticamente constante, el aumento del incremento de la temperatura es debido al aumento de la temperatura del conductor.

Si la intensidad es elevada, la temperatura del conductor es elevada, con el peligro de deterioro de los aislantes por no estar diseñados para soportar esas temperaturas (con el riesgo de provocar cortocircuitos).

Por lo tanto, para cada sección de los conductores existe un límite de carga en amperios que no debe sobrepasarse, que se corresponde con la temperatura máxima admisible que puede soportar esa sección del conductor sin que se produzcan los efectos antes reseñados.

Las intensidades de las corrientes eléctricas admisibles en los conductores, (Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión, ITC BT 19), se regularán en función de las condiciones técnicas de las redes de distribución y de los sistemas de protección empleados en los mismos.

Los cálculos y condiciones a las que deben ajustarse los proyectos y la ejecución de estas redes están fijadas en las instrucciones complementarias correspondientes a este reglamento.

En estas tablas se dan las intensidades máximas admisibles según unas determinadas condiciones (condiciones normales), para cada sección de cable.

Complementando a estas tablas existen otras, que dan unos factores de corrección de esa intensidad admisible, según nuestra instalación varíe de las condiciones normales; como disposición de los cables, resistividad térmica del suelo (para cables subterráneos), clase de recubrimiento, temperatura ambiente, etc.

## 2. Caída de tensión y pérdidas de potencia en los conductores

Una vez elegida la sección de acuerdo con la intensidad nominal que ha de circular por esa sección, es menor que la intensidad máxima admisible de dicho conductor para dicha sección, deberemos comprobar que cumple las condiciones relativas a la caída de tensión.

La sección de los conductores a utilizar se determina de forma que la caída de tensión entre el origen de la instalación y cualquier punto de utilización sea menor del 4,5% de la tensión nominal en el origen de la instalación para el alumbrado y del 6,5% para la fuerza.

### 4.3 PRESCRIPCIONES GENERALES

#### 4.3.1 CONDUCTORES ACTIVOS itc bt 19

Son los destinados a la transmisión de la energía eléctrica. Esta consideración se aplica a los conductores de fase y al conductor neutro en corriente alterna.

Los conductores flexibles serán únicamente de cobre.

La sección de los conductores será tal que la caída de tensión entre el origen de la instalación y cualquier punto de utilización, sea menor del 4,5 % de la tensión nominal en el origen de la instalación, para alumbrado, y del 6,5 % para los demás usos. Esta caída de tensión se calculará considerando alimentados todos los aparatos de utilización susceptibles de funcionar simultáneamente.

Las intensidades máximas admisibles en servicio permanente para una temperatura ambiente del aire de 40° C y para distintos métodos de instalación, agrupamientos y tipos de cable, están señaladas en una tabla en la instrucción ITC BT 19 del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión.

#### 4.3.2 CONDUCTORES DE PROTECCIÓN itc bt 19

Si los conductores de protección están constituidos del mismo metal que los conductores de fase, tendrán una sección mínima, en función de la sección de los conductores de fase de la instalación como se establece a continuación.

Secciones de los conductores de fase (mm <sup>2</sup> )	Secciones mínimas de los conductores de protección (mm <sup>2</sup> )
$S \leq 16$	S
$16 < S \leq 35$	16
$S > 35$	$S / 2$
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Con un mínimo de 2.5 mm<sup>2</sup> si los conductores de protección no forman parte de la canalización de alimentación y tienen una protección mecánica.</li> <li>- Con un mínimo de 4 mm<sup>2</sup> si los conductores de protección no forman parte de la canalización de alimentación y no tienen una protección mecánica.</li> </ul>	



Cuando la sección de los conductores de fase o polares sea superior a  $35 \text{ mm}^2$ , se puede admitir para los conductores de protección, unas secciones menores que las que resulten de la aplicación de las tablas pero por lo menos iguales a  $16 \text{ mm}^2$ .

Los conductores de protección irán bajo los mismos tubos que los conductores de fase y las conexiones se realizarán por medio de empalmes, por piezas de conexión de apriete por rosca.

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.

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.

La instalación deberá presentar una resistencia de aislamiento por lo menos igual a  $1000 \times U$  ohmios, siendo U la tensión máxima de servicio expresada en voltios, con un mínimo de 250000 ohmios.

La rigidez dieléctrica de una instalación, ha de ser tal, que desconectados los aparatos de utilización, resista durante un minuto una prueba de tensión de  $2U + 1000$  voltios a frecuencia industrial, siendo U la tensión máxima de servicio expresada en voltios y con un mínimo de 1500 V.

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 de por lo menos 3 cm.

Las canalizaciones eléctricas se dispondrán de manera que en cualquier momento se pueda controlar su aislamiento, localizar y separar las partes averiadas y, llegando el caso, reemplazar fácilmente los conductores deteriorados.

## 4.4 SISTEMAS DE CANALIZACIÓN

### 4.4.1 CANALIZACIONES

Hay muchos sistemas de instalación de los conductores para una canalización fija. Algunas de estas variantes son: conductores desnudos colocados sobre aisladores, conductores aislados colocados sobre aisladores, conductores aislados bajo molduras, conductores aislados fijados directamente sobre las paredes, etc.

La solución más empleada hoy en día es la de conductores aislados sobre bandejas o a través de tubos.

Cuando las canalizaciones pasen a través de elementos de la construcción, tales como muros, tabiques y techo, se realizará de acuerdo con prescripciones tales como: las canalizaciones estarán protegidas contra deterioros mecánicos, en toda la longitud de los pasos no habrá empalmes o derivaciones, se utilizarán tubos no obturados, etc.

#### 4.4.2 TUBOS PROTECTORES

Hay muchas clases de tubos, dependiendo de las necesidades que tengamos. Algunas de estas son: Tubos metálicos rígidos blindados, tubos metálicos rígidos blindados con aislamiento interior, tubos aislantes rígidos normales curvables, tubos aislantes flexibles normales, tubo PVC rígido, etc.

Los tubos deberían soportar, como mínimo, sin deformación alguna, las siguientes temperaturas:

- 60° C para los tubos aislantes constituidos por PVC.
- 70° C para los tubos metálicos aislantes.

Tanto el diámetro de los tubos como el número de conductores que deben pasar por cada uno están largamente especificadas en las tablas de la instrucción ITC BT 21 del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión.

Para la colocación de las canalizaciones bajo tubos protectores se tendrá que tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- El trazado de las canalizaciones se hará siguiendo preferentemente líneas paralelas a las verticales y horizontales 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.
- Las curvas practicadas en los tubos serán continuas y no originarán reducciones de sección admisibles.
- Será posible la fácil introducción y retirada de los conductores en los tubos después de colocados 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 materias aislantes y no propagadoras de llama. Las dimensiones de estas cajas serán tales que permitan alojar holgadamente todos los conductores que deban contener.
- 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 montados individualmente o constituyendo bloques o regletas de conexión; puede permitirse asimismo la utilización de bridas de conexión.
- En los tubos metálicos sin aislamiento interior, se tendrán en cuenta las posibilidades de que se produzcan condensaciones de agua en su interior, para lo cual se elegirá convenientemente el trazado de su instalación.
- 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 coloquen 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. 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.
- 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.
- En los cruces de tubos rígidos con juntas de dilatación de un edificio, deberán interrumpirse los tubos, quedando los extremos del mismo separados entre sí 5 centímetros.

Cuando los tubos se coloquen empotrados, se tendrán en cuenta 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.
- No se instalarán entre forjado y revestimiento tubos destinados a la instalación eléctrica de las plantas inferiores.
- En los cambios de dirección, los tubos estarán convenientemente curvados o bien provistos de codos o "T" apropiados.
- Las tapas de los registros y de las cajas de conexión quedarán accesibles y desmontables una vez finalizada la obra.

La elección de los tubos con sus diámetros correspondientes está especificada en el documento CÁLCULOS del presente proyecto.

#### **4.5 RECEPTORES ITC BT 43**

Los aparatos receptores satisfarán los requisitos concernientes a una correcta instalación, utilización y seguridad. Durante su funcionamiento no deberán producir perturbaciones en las redes de distribución pública ni en las comunicaciones.

Los receptores se instalarán de acuerdo con su destino (clase del local, emplazamiento, utilización, etc.), teniendo en cuenta los esfuerzos mecánicos previsibles y en las condiciones de ventilación, necesarias para que ninguna temperatura

peligrosa, tanto para la propia instalación como para objetos próximos. Soportarán la influencia de los agentes externos a que estén sometidos en servicio, por ejemplo, polvo, humedad, gases y vapores.

Los receptores podrán conectarse a las canalizaciones directamente o por intermedio de un conductor movable. Cuando esta conexión se efectúe directamente a una canalización fija, los receptores se situarán de manera que se pueda verificar su funcionamiento y controlar esa conexión.

#### **4.5.1. RECEPTORES PARA EL ALUMBRADO**      **ITC BT 44**

Las lámparas de descarga deberán cumplir una serie de condiciones:

- Serán accionadas por interruptores, previstos para cargas inductivas o, en defecto de esta característica, tendrá una capacidad de corte no inferior a dos veces la intensidad del receptor o grupo de receptores.
- Para receptores con lámparas de descarga, la carga mínima prevista en voltiamperios será de 1,8 veces la potencia en vatios de la lámparas. En el caso de distribuciones monofásicas, el conductor neutro tendrá la misma sección que los de fase.
- En el caso de lámparas fluorescentes, será obligatoria la compensación del factor de potencia hasta un valor mínimo de 0,90, cumpliendo así con lo dispuesto en la ITC BT 44.

#### **4.5.2 RECEPTORES A MOTOR**      **ITC BT 47**

Según indica el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión, en su Instrucción 47, las secciones mínimas que deben tener los conductores de conexión de los motores, con objeto de que no se produzca en ellos un calentamiento excesivo serán las siguientes:

##### 4.5.2.1 Un solo motor

Los conductores de conexión que alimentan a un solo motor deberán estar dimensionados para una intensidad del 125 % de la intensidad a plena carga del motor.

##### 4.5.2.2 Varios motores

Los conductores de conexión que alimentan a varios motores deberán estar dimensionados para una intensidad no inferior a la suma de 125 % de la intensidad a plena carga del motor de mayor potencia, más la intensidad a plena carga de todos los demás.

#### 4.6 TOMAS DE CORRIENTE

Se ha dotado a las tomas de corriente con un factor de utilización sobre su potencia total, y así, para el cálculo de la sección se ha tenido en cuenta igualmente, la fracción de la potencia total obtenida de multiplicar ésta por el factor de utilización.

El cálculo de la potencia a instalar en las tomas de corriente se encuentra en el documento CÁLCULOS del presente proyecto.

#### 4.7 PROCESO PARA EL CÁLCULO DE SECCIONES

1. Se diferencian los cálculos de fuerza y alumbrado.
2. Se determinan las intensidades que circulan por cada tramo.
3. Se calcula la sección según la intensidad admisible.
4. Se calculan las caídas de tensión en los distintos tramos teniendo en cuenta las condiciones más desfavorables de longitud e intensidad que pueden darse.
5. Si la caída de tensión en ese tramo es mayor que la fijada, procederemos a tomar un conductor de sección superior, y volveremos a repetir el cálculo de la caída de tensión, hasta que esté dentro de los márgenes que nos fijan.

La caída de tensión por línea depende de donde se encuentre ésta y de la función a la que ha sido encomendada. Así, para la acometida, que es la línea que une el transformador con el cuadro general de distribución, es permitida una caída de tensión tal que para la fuerza y el alumbrado se permiten un 6,5 % y un 4,5 % de la tensión nominal respectivamente. Los cálculos se basan en las siguientes fórmulas:

Monofásica:

$$I = \frac{P}{V \cos \varphi} \qquad e = \frac{2LI \cos \varphi}{S\gamma}$$

Trifásica:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3}V \cos \varphi} \qquad e = \frac{\sqrt{3}LI \cos \varphi}{S\gamma}$$

dónde:

I = intensidad nominal (A).

- P = potencia consumida (W).  
V = tensión nominal (V).  
Cos  $\varphi$  = factor de potencia .  
e = caída de tensión en voltios.  
L = longitud de la línea en metros.  
 $\gamma$  = conductividad del material del conductor  
(56 para el cobre, 35 para el aluminio).  
S = sección del cable en mm<sup>2</sup>.

#### 4.8 NORMAS PARA LA ELECCIÓN DEL CABLE

Además de lo expuesto anteriormente para el cálculo del conductor, se harán las siguientes consideraciones a la hora de elegir el cable:

1. El aislamiento del cable ha de ser tal que asegure en su parte conductora una continuidad eléctrica duradera. Normalmente el aislamiento del cable se determina con los picos de tensión que este tiene que soportar en cualquier momento.
2. La sección del cable a colocar en el alumbrado normalmente la determina la caída de tensión (si la longitud no es pequeña).

La sección de los conductores de fuerza la determina la corriente a transportar y el calentamiento que esta puede producir, de tal forma que nunca se superen temperaturas determinadas por encima de las cuales el cable se deteriora.

3. El cable elegido, teniendo en cuenta todo lo anteriormente expuesto, será capaz de soportar los cortocircuitos que puedan producirse, mejor que cualquier otra parte de la instalación.

Se preverá que la temperatura y los esfuerzos electrodinámicos producidos por el cortocircuito, no deterioren en ningún momento el cable.

#### 4.9 NORMAS PARA LA ELECCIÓN DEL TUBO ITC BT 21

Para la elección del tubo protector de los conductores de distribución se ha atendido a lo dispuesto en la ITC BT 21 del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión.

Los tubos deberán soportar como mínimo sin deformación alguna, las siguientes temperaturas:

- 60° C para los tubos aislantes constituidos por PVC o polietileno.
- 70° C para los tubos metálicos con forros aislantes de papel impregnado.

Los diámetros de los tubos se eligen de acuerdo a las tablas que aparecen en la ITC BT 21 del citado reglamento. En estas tablas viene expresado el diámetro exterior

mínimo en función del número, clase y sección de los conductores que ha de alojar, según el sistema de instalación y la clase de los tubos.

Para tubos en canalizaciones fijas en superficie, para más de 5 conductores por tubo o para conductores aislados o cables de secciones diferentes a instalar por el mismo tubo, su sección interior será como mínimo, igual a 2,5 veces la sección total ocupada por los conductores.

Para tubos en canalizaciones empotradas, para más de 5 conductores por tubo o para conductores aislados o cables de secciones diferentes a instalar por el mismo tubo, su sección interior será como mínimo, igual a 3 veces la sección total ocupada por los conductores.

Para canalizaciones aéreas o con tubos al aire, para más de 5 conductores por tubo o para conductores aislados o cables de secciones diferentes a instalar por el mismo tubo, su sección interior será como mínimo, igual a 4 veces la sección total ocupada por los conductores.

Para tubos en canalizaciones enterradas, para más de 10 conductores por tubo o para conductores aislados o cables de secciones diferentes a instalar por el mismo tubo, su sección interior será como mínimo, igual a 4 veces la sección total ocupada por los conductores.

El trazado de las canalizaciones se hará preferentemente siguiendo líneas paralelas a las verticales y horizontales.

Los tubos se unirán entre sí mediante accesorios adecuados a cada clase que aseguren la continuidad de la protección que proporcionan los conductores.

Será posible la fácil introducción y retirada de los conductores en los tubos después de colocados y fijados estos y sus accesorios, disponiendo para ello los registros que se consideren convenientes y que en tramos rectos nos estarán separados entre sí más de 25 metros.

Las conexiones entre los conductores se realizarán en el interior de cajas apropiadas de material aislante.

## 4.10 SOLUCIONES ADOPTADAS

### 1. Conductores.

Sección(mm <sup>2</sup> )	Metal	Design	Polaridad	Total(m)
1.5	Cu	H07V-K	Unipolar	0.4
1.5	Cu	ES07Z1-K(AS)	Unipolar	536
1.5	Cu	TT	Unipolar	216.5
2.5	Cu	ES07Z1-K(AS)	Unipolar	203

2.5	Cu	TT	Unipolar	87.9
4	Cu	ES07Z1-K(AS)	Unipolar	24.6
4	Cu	RZ1-K(AS)	Unipolar	266.4
4	Cu	TT	Unipolar	78.9
6	Cu	RZ1-K(AS)	Unipolar	64
6	Cu	TT	Unipolar	16
10	Cu	RZ1-K(AS)	Unipolar	48
10	Cu	TT	Unipolar	12
16	Cu	RZ1-K(AS)	Unipolar	64
16	Cu	TT	Unipolar	30
25	Cu	RZ1-K(AS)	Unipolar	56
95	Cu	RZ1-K(AS)	Unipolar	30
95	Al	RZ1-Al(AS)	Unipolar	2
95	Cu	TT	Unipolar	36
120	Cu	RZ1-K(AS)	Unipolar	136
185	Cu	RZ1-K(AS)	Unipolar	108
185	Al	RZ1-Al(AS)	Unipolar	6

#### RZ1-K(AS) 0.6/ 1 kV,

(para la acometida y motores y tomas trifasicas).

Conductor: Cobre recocido flexible clase 5.

Aislamiento: Polietileno reticulado XLPE.

Cubierta: Mezcla especial cero halógenos, tipo AFUMEX Z1.

Tª de servicio:

Servicio permanente: 90°.

Cortocircuito: 250°.

#### RZ1-Al(AS) 0.6/ 1 kV,

(Desde el transformador al cuadro baja del centro de transformación).

Conductor: Aluminio.

Aislamiento: Polietileno reticulado XLPE.

Cubierta: PVC.

Tª de servicio:

Servicio permanente: 90°.

Cortocircuito: 250°.

#### ES07Z1-K(AS),

(Para alumbrado, instalaciones interiores de oficinas y tomas monofásicas).

Conductor: Cobre recocido flexible clase 5.

Aislamiento: Poliolefina

Cubierta: PVC

Tª de servicio:

Servicio permanente: 90°.

Cortocircuito: 250°.



H07V-K,  
(Para instalaciones interiores).  
Conductor: Cobre recocido flexible clase 5.  
Aislamiento: PVC  
Cubierta: PVC  
Tª de servicio:  
Servicio permanente: 90°.  
Cortocircuito: 250°.

Tendrán sección suficiente para las caídas de tensión, conforme al Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión y contada desde el origen de la instalación no excedan del 4,5 % para el alumbrado y del 6,5 % para la fuerza, siendo las intensidades admisibles por los conductores, en todos los casos, siempre superiores a las máximas previsibles para el circuito de la instalación.

Las secciones adoptadas, se justifican en el documento CÁLCULOS del presente proyecto, tanto por lo que se refiere a intensidades admisibles como a caídas de tensión.

## 2. Canalizaciones

La canalización por donde se llevarán los conductores se dividirá en las siguientes partes:

### a) Línea general de alimentación:

La línea general de alimentación partirá desde el centro de transformación hasta el cuadro general en el interior de la nave. Irá enterrada bajo tubo de 250 mm<sup>2</sup> y tendrá una longitud aproximada de 15 m. Se llevarán tres fases y neutro, constituida cada una de las fases por tres conductores unipolares de 185 mm<sup>2</sup> y el neutro por tres cables unipolares de 95 mm<sup>2</sup>. Los cables de cada fase irán dispuestos en trébol y separada cada terna de cables 2 veces el diámetro del conductor unipolar como mínimo.

### b) Canalización general:

La canalización general de la nave se realizará en dos modos. Al cuadro auxiliar de la sala de oficinas, que es el más cercano al cuadro general, a través de tubos unipolares empotrados en obra de 25 mm de diámetro. Al cuadro auxiliar que se encuentra más alejado del cuadro general se acometerá mediante bandeja perforada de 75x60 mm<sup>2</sup>. Esta bandeja irá rodeando las diferentes zonas de la empresa, a una altura de 4 metros. En los casos en que el cuadro auxiliar se encuentre alejado de la pared de la nave, la bajante de la línea se hará a través de tubo de acero galvanizado grapado a la pared y posteriormente en canalización enterrada a 20 cm de profundidad hasta el cuadro auxiliar destinado.

### c) Derivaciones:

La derivación de esta canalización a las diferentes máquinas se realizará a través de tubos empotrados en obra de 20 mm de diámetro.

Así mismo las derivaciones a la zona de oficinas se realizarán a través bien de tubo empotrado en obra de 20 mm, bien mediante cables unipolares grapados en pared.

Además se realizará la instalación de alumbrado interior y alumbrado de emergencia y señalización por medio de bandeja perforada de 75x60 mm<sup>2</sup> y mediante tubos unipolares grapados en pared en algunos casos, según se especifica en los planos.

La derivación a la iluminación exterior se realizara también mediante tubos unipolares empotrados en obra de 16mm<sup>2</sup>.

#### 4.10.1 EQUILIBRADO DE LINEAS

Se asegurará que las líneas conductoras queden distribuidas de manera equilibrada al máximo posible. Esto se conseguirá haciendo que las diferentes fases, R, S y T soporten cada una valores similares de potencia.

Para ello se sumarán las potencias que soportan todas las líneas monofásicas y el resultante se dividirá entre el número de fases a repartir, es decir 3.

En el caso de la iluminación interior de la nave en la zona de taller, llegaran a cada una de las luminarias conductores trifásicos. Una vez allí se realizara a cada luminaria la derivación adecuada con fase y neutro. Se disponen de 8 luminarias para estos casos y dado que no son múltiplos de 3, el modo óptimo para que las líneas queden equilibradas al máximo posible será repartir 3 luminarias a fase R, otras 3 a fase S y las 2 restantes a fase T, como se detalla en los planos.

## **5. PROTECCIONES EN BAJA TENSIÓN**

### **5.1 INTRODUCCIÓN**

En las instalaciones de baja tensión, y de acuerdo con las instrucciones de Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión ITC BT 22, ITC BT 23, ITC BT 24; se deben considerar las siguientes protecciones:

- a) Protección de la instalación
  - Contra sobrecargas.
  - Contra cortocircuitos.
- b) Protección de las personas
  - Contra contactos directos.
  - Contra contactos indirectos.

### **5.2 PROTECCIÓN DE LA INSTALACIÓN**

Los dispositivos de protección tienen por finalidad registrar de forma selectiva las averías y separar las partes de la instalación defectuosa, así como para limitar las sobreintensidades.

Cuando se disponen varios interruptores en serie, generalmente se requiere que estos sean selectivos. Un dispositivo de protección se considera selectivo cuando solamente dispara el interruptor inmediatamente anterior al punto defectuoso, tomando como base el sentido de flujo de la energía. En caso de fallar el interruptor, tiene que actuar otro de orden superior.

Se entiende por tiempo de escalonamiento, el intervalo necesario para que dispare con seguridad sólo el elemento de protección anterior al punto de defecto.

Las características de disparo de los diversos elementos de protección no deben entrecruzarse.

#### **5.2.1 PROTECCIÓN CONTRA SOBRECARGAS**

Se denomina sobrecarga, al paso de una intensidad superior a la nominal de la instalación. Esta intensidad superior a la nominal, no producirá daños en la instalación si su duración es breve, sin embargo si la duración es larga se producirán daños, ya que los aparatos receptores y conductores no están preparados para soportar este incremento de temperatura a la que se verán sometidos como consecuencia del incremento de la intensidad.

La consecuencia más directa de la sobrecarga, es una elevación de la temperatura, que por otra parte es la causa directa de los desperfectos que pueda ocasionar la sobrecarga en la instalación.

Las protecciones que se utilizan contra las sobrecargas, se tratan esencialmente de una protección térmica, o sea, basada en la medición directa o indirecta de la temperatura del objeto que se ha de proteger, permitiendo además la utilización racional de la capacidad de sobrecarga de este mismo objeto.

La medida directa de la temperatura se realiza por medio de una imagen térmica o relé térmico más o menos aproximada que reproduce las condiciones de carga y calentamiento del objeto que se ha de proteger.

Los dispositivos de protección contra sobrecargas vienen indicados en la instrucción ITC BT 22 y son los siguientes:

- Cortacircuitos fusibles calibrados de características de funcionamiento adecuadas.
- Interruptor automático de corte omnipolar con curva térmica de corte.

### 5.2.2 PROTECCIONES CONTRA CORTOCIRCUITOS

Es necesario tener en cuenta las siguientes consideraciones sobre los cortocircuitos:

#### - **Corriente de cortocircuito**

Es la corriente que fluye por el punto en que se ha producido el cortocircuito mientras este dure.

La corriente de cortocircuito transcurre, generalmente, en un principio de forma asimétrica con respecto a la línea cero y contiene una componente alterna y otra continua. La componente de corriente alterna se amortigua hasta alcanzar el valor de la intensidad permanente de cortocircuito, la componente de corriente continua se atenúa hasta anularse.

#### - **Corriente alterna de cortocircuito**

Es la componente de la corriente de cortocircuito que fluye al punto defectuoso a través de las distintas derivaciones.

#### - **Impulso de la corriente de cortocircuito**

Es el máximo valor instantáneo de la corriente después de producirse el cortocircuito. Se indica como valor de cresta. Varía según el momento en que se produzca el cortocircuito.

#### - **Corriente alterna inicial de cortocircuito**

Es el valor eficaz de la intensidad de la corriente alterna de cortocircuito en el momento de producirse este.

#### - **Corriente permanente de cortocircuito**

Es el valor eficaz de la corriente alterna que permanece después de finalizado el proceso de amortiguamiento. Depende de la excitación de los generadores. Si no se indica otra cosa, en los generadores se entiende por corriente permanente de cortocircuito la que se establece en caso de cortocircuito en todos los polos de las bornas y a la excitación nominal.

#### - **Potencia inicial de cortocircuito**

Es igual al producto entre la intensidad de la corriente alterna inicial de cortocircuito, la tensión de servicio y el factor de concatenación.

#### - **Retardo mínimo de desconexión**

Es el tiempo que transcurre entre el momento de producirse el cortocircuito y la separación de los contactos al abrir el cortocircuito en todos los polos del interruptor.

El retardo mínimo de desconexión viene dado por la suma del tiempo propio de reacción del relé y el tiempo de ruptura del interruptor. Los retardos ajustables de los dispositivos de disparo no deben considerarse, puesto que el retardo mínimo de desconexión no incluye los tiempos de retardo intencionado.

#### - **Tipos de cortocircuito según las clases de defecto**

Cortocircuitos tripolares, cortocircuitos bipolares, cortocircuitos bipolares con contacto a tierra y contactos a tierra simples y dobles.

#### - **Impedancia de cortocircuito**

Es la impedancia de la trayectoria total de la corriente de cortocircuito. Lo que caracteriza a los cortocircuitos en las instalaciones eléctricas, es que el valor de la intensidad que circula es muy grande. La intensidad permanente de cortocircuito suele ser superior a 10 veces la intensidad nominal de la instalación.

En los casos en que se produzcan cortocircuitos lo que interesa, es una interrupción rápida de la corriente por el punto más cercano al cortocircuito.

Los dispositivos de protección contra cortocircuitos vienen indicados en la instrucción ITC BT 22 y son los siguientes:

- Cortocircuitos fusibles calibrados de características de funcionamiento adecuadas.
- Interruptor automático con sistema de corte omnipolar.

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 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

sobrecarga, mientras que un solo dispositivo general, pueda asegurar la protección contra cortocircuitos para todos los circuitos derivados.

Para la correcta aplicación de las medidas de protección expuestas en la norma UNE 20.460 se deberá aplicar lo indicado en la tabla 1 de la ITC BT 22, del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión.

### 5.2.3 PROCESO PARA EL CÁLCULO DE LAS CORRIENTES DE CORTOCIRCUITO

#### Ley general

El valor de la corriente de cortocircuito se obtiene por la relación:

$$I_{cc} = \frac{U_s}{\sqrt{3}Z_T}$$

Donde:

$I_{cc}$  = corriente de cortocircuito eficaz en KA

$U_s$  = tensión entre fases en vacío del secundario del transformador

$Z_T$  = impedancia total por fase de la red aguas arriba del defecto en  $m\Omega$ .

#### Cálculo de $Z_T$ :

Cada constituyente de una red de baja tensión se caracteriza por una impedancia  $Z$  compuesta de:

- Un elemento resistente **R**.
- Un elemento inductivo **X** llamado reactancia.

El método consiste en descomponer la red en trozos y en calcular para cada uno de ellos los valores de  $R$  y  $X$ , después se suman aritméticamente por separado. A continuación se compone un triángulo rectángulo de forma que la suma de las  $R$  es un cateto y la suma de las  $X$  es el otros cateto, la hipotenusa es el valor de  $Z_T$  que estamos buscando y se halla mediante la siguiente fórmula:

$$Z_T = \sqrt{R^2 + X^2}$$

#### Determinación de la impedancia “aguas arriba de la red”.

La potencia de cortocircuito de la red es un dato que suministra la compañía eléctrica (500 MVA).

Despreciando la resistencia frente a la reactancia se puede calcular la impedancia de la red aguas arriba llevada el secundario del transformador:

$$Z = X = \frac{U_s^2}{P_{CC}}$$

Dónde:

$U_s^2$  = tensión en vacío del secundario en voltios.

$P_{CC}$  = potencia de cortocircuito en KVA.

Z, X = impedancia o reactancia aguas arriba en mΩ.

## Transformador

Para un cálculo aproximado, se puede despreciar la resistencia debida a las pérdidas en el cobre según la relación:

$$Z = X = U_s^2 \frac{U_{CC}}{S100}$$

Dónde:

$U_s$  = tensión en vacío entre fases en voltios.

$U_{CC}$  = tensión de cortocircuito en % (4%)

S = potencia aparente en KVA (800 KVA)

Z, X = impedancia o reactancia al secundario en mΩ.

La resistencia del transformador es despreciable

La resistencia y reactancia de todo el aparellaje de alta tensión lo consideramos despreciable.

## Conductores

La resistencia de los conductores se calculará mediante la siguiente fórmula:

$$R = \rho \frac{L}{S}$$

Dónde:

R = resistencia del conductor (Ω).

$\rho$  = resistividad del conductor (en nuestro caso cobre).

L = longitud del conductor.

S = sección por fase del conductor.

El cálculo de la reactancia

$$X = 0.15 \times L$$

Dónde:

X = reactancia del conductor (para secciones inferiores a 25 mm<sup>2</sup> se podría despreciar la reactancia)

### 5.3 PROTECCIÓN DE PERSONAS

Siempre que existe entre dos puntos una diferencia de potencial y un elemento conductor los une entre sí, se establecerá una corriente eléctrica entre ellos. La circulación de la corriente por las personas se puede producir de dos formas posibles:

a) Cuando las personas se pongan en contacto con una parte eléctrica que normalmente estará en tensión (contacto directo) debido a que un conductor descubierto se ha hecho accesible por ruptura, defecto de aislamiento, etc.

b) Cuando la persona se pone en contacto con una parte metálica accidentalmente bajo tensión (contacto indirecto), como puede ser la carcasa conductora de un motor o máquina, etc., que puedan quedar bajo tensión por defecto de aislamiento por confusión en la conexión del conductor de protección con el de fase activa.

Diversos estudios se han realizado para determinar con exactitud, los valores peligrosos en intensidad y tiempo, trazándose de esta forma curvas límites tiempo-corriente para diferentes grados de peligrosidad. En general, valores superiores a 30 mA se ha comprobado que no son peligrosos para el hombre, así como tiempos superiores a 30 ms. Como es lógico, los valores de esta intensidad dependerán de los de la tensión existente y de la resistencia eléctrica del cuerpo humano. Las distintas precauciones que se emplean tenderán a limitar la tensión de contacto.

La tensión límite convencional según la instrucción ITC BT 24 es igual a 50 V, valor eficaz en corriente alterna, en condiciones normales. En ciertas condiciones pueden especificarse valores menos elevados, como por ejemplo 24 V para las instalaciones de alumbrado público.

El Reglamento Electrotécnico para Baja tensión fija unos valores de tensiones máximos de contacto que son:

- En locales o emplazamientos húmedos 24 V.
- En locales secos la tensión será inferior a 50 V.

El grado de peligrosidad de la corriente eléctrica para la persona que pueda establecer contacto directo o indirecto, dependerá de factores fisiológicos, e incluso de su estado concreto en el momento del contacto; sin embargo, al margen de ello, a nivel general, se puede decir que depende del valor de la corriente que pasa por él y de la duración de la misma.

#### 5.3.1 PROTECCIÓN CONTRA CONTACTOS DIRECTOS



Para considerar satisfecha en las instalaciones la protección contra contactos directos se llevará a cabo alguno de los métodos indicados en la Norma UNE 20.460 que son:

- Recubrimiento de las partes activas de la instalación por medio de un aislamiento apropiado capaz de conservar sus propiedades con el tiempo y que limite la corriente a un valor no superior a 1 mA.
- Protección por medio de barreras o envolventes; las partes activas se situarán en el interior de las envolventes o detrás de las barreras que posean, como mínimo, el grado de protección IP XXB según UNE 20.324.
- Protección por medio de obstáculos que impidan todo contacto accidental con las partes activas de la instalación. Esta medida no garantiza una protección completa y su aplicación se limita, en la práctica, a los locales de servicio eléctrico sólo accesibles al personal autorizado.
- Protección por alejamiento de las partes activas de la instalación a una distancia tal del lugar donde las personas habitualmente se encuentren o circulen que no sea posible un contacto fortuito con las manos por la manipulación de objetos conductores cuando estos se utilicen habitualmente cerca de la instalación. Esta medida no garantiza una protección completa y su aplicación se limita, en la práctica, a los locales de servicio eléctrico sólo accesibles al personal autorizado.
- Protección complementaria por dispositivos de corriente diferencial residual; 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; tales dispositivos no constituyen por sí mismos una medida de protección completa.

En la instalación se adoptará principalmente que todos los conductores activos estarán recubiertos por aislamientos apropiados.

### 5.3.2. PROTECCIÓN CONTRA CONTACTOS INDIRECTOS

Para la elección de las medidas de protección contra contactos indirectos, se tendrá en cuenta la naturaleza de los locales, las masas y los elementos conductores, la extensión e importancia de la instalación, etc.

Las medidas de protección contra contactos indirectos dependen del esquema de distribución; siendo en este caso un esquema TT las características y prescripciones serán las siguientes:

- Todas las masas de los equipos eléctricos y 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, o, si no existe, un conductor de fase de cada generador o transformador, debe ponerse a tierra.

Se cumplirá la siguiente condición:

$$R_A \times I_A < U$$

Siendo:

$R_A$  = suma de las resistencias de tina de tierra y de los conductores de protección de las masas.

$I_A$  = corriente que asegura el funcionamiento automático del dispositivo de protección.

$U$  = tensión de contacto límite convencional.

Los dispositivos de protección utilizados en el esquema TT son los siguientes:

- Dispositivos de protección de corriente diferencial residual.
- Dispositivos de protección de máxima corriente, tales como fusibles interruptores automáticos.

Con miras a la selectividad pueden instalarse dispositivos de corriente diferencial- residual temporizada, en serie con dispositivos de protección diferencial-residual de tipo general, con un tiempo de funcionamiento como máximo igual a 1 s.

## 5.4 SOLUCIÓN ADOPTADA

La solución adoptada consiste en colocar un interruptor general automático a la entrada del cuadro general de distribución; a la salida de cada línea se colocarán un interruptor magnetotérmico y un interruptor diferencial.

En los cuadros auxiliares se colocará un interruptor magnetotermico o un interruptor de corte en carga en el caso del cuadro de baja tensión en el centro de transformacion; a la salida de cada línea se colocarán un interruptor magnetotérmico y un interruptor diferencial.

Se instalarán interruptores diferenciales de diferentes sensibilidades según sea el caso:

En líneas de fuerza  $I_s = 300\text{mA}$ .

En líneas de alumbrado y tomas de corriente  $I_s = 30 \text{ mA}$ .

Estos interruptores magnetotérmicos irán asociados a las puestas a tierra de las masas.

Para la elección de los elementos de protección se tendrá en cuenta, aparte del calibre y del poder de corte, la selectividad y las curvas de limitación de los mismos que aparecen en los catálogos comerciales.

La protección diferencial se incluye en todas las derivaciones del embarrado y cuadros auxiliares que siguen a estas derivaciones, de forma que no pueda tener lugar ninguna electrocución o defecto peligroso.

La protección diferencial debe ser selectiva para lo cual se debe dotar a los diferenciales situados en cabecera de línea del retraso correspondiente en función de los diferenciales colocados en dichas líneas aguas abajo.

#### -Protecciones contra contactos directos

Descripción	Intens(A)	Cantidad
Mag/Bip.	10	6
Mag/Tetr.	10	2
Mag/Bip.	16	7
Mag/Tetr.	16	1
Mag/Bip.	20	1
Mag/Bip.	25	1
Mag/Tetr.	25	4
Mag/Tetr.	30	1
Mag/Tetr.	40	2
Mag/Tetr.	50	1
Mag/Tetr.	63	2
I.Aut/Tetr.	100	2
I.Aut/Trip.	400	1
I.Aut/Tetr.	400	2
I.Aut/Tetr.	630	1
Fusibles	630	3

#### -Protecciones contra contactos indirectos

Descripción	Intens(A)	Sensibilidad(mA)	Cantidad
Diferen./Bipo.	25	30	7
Diferen./Tetr.	25	30	5
Diferen./Bipo.	40	30	1
Diferen./Tetr.	40	30	2
Diferen./Tetr.	40	300	1
Diferen./Tetr.	63	300	5
Relé y Transf.	100	300	2
Relé y Transf.	400	30	1

A continuación se detalla cómo se han utilizado cada una de estas protecciones.

**Cuadro General de Distribución****ENTRADA:**

Conductor: RZ1-K(AS) 0,6/1KV, XLPE+Poliolefina.

Sección: 4x185/95+TTx95 mm<sup>2</sup> Cu

Canalización: Unipolares enterrado bajo tubo de 250 mm de diámetro

*Protecciones:*

Interruptor automático tetrapolar. Intensidad nominal 630A. Intensidad de regulación 480A. Poder de corte 15KA.

**SALIDAS:****Línea. Iluminación interior nave 1.**

Conductor: ESO7Z1-K(AS) 450/750V, Poliolefina

Sección: 4x1.5 + TTx1.5 mm<sup>2</sup> Cu

Canalización: Unipolares sobre pared

*Protecciones:*

Interruptor magnetotérmico tetrapolar. Calibre 10 A. Poder de corte 15KA. Curva C

Interruptor diferencial tetrapolar. Calibre 25 A. Sensibilidad 30mA

**Línea. Iluminación interior nave 2.**

Conductor: ESO7Z1-K(AS) 450/750V, Poliolefina

Sección: 4x1.5 + TTx1.5 mm<sup>2</sup> Cu

Canalización: Unipolares en bandeja perforada de 75x60mm

*Protecciones:*

Interruptor magnetotérmico tetrapolar. Calibre 10 A. Poder de corte 15KA. Curva C

Interruptor diferencial tetrapolar. Calibre 25 A. Sensibilidad 30mA

**Línea. Luz exterior delantera.**

Conductor: ESO7Z1-K(AS) 450/750V, Poliolefina

Sección: 2x1.5 + TTx1.5 mm<sup>2</sup> Cu

Canalización: Unipolares en tubos superficiales o empotrados en obra de 16mm de diámetro.

*Protecciones:*

Interruptor magnetotérmico bipolar. Calibre 10 A. Poder de corte 15KA. Curva C

Interruptor diferencial bipolar. Calibre 25 A. Sensibilidad 30mA

Línea. Motor. Torno 1.

Conductor: RZ1-K(AS) 0,6/1KV, XLPE+Poliolefina.

Sección: 4x16 + TTx16 mm<sup>2</sup> Cu

Canalización: Unipolares en tubos superficiales o empotrados en obra de 40mm de diámetro.

*Protecciones:*

Interruptor magnetotérmico tetrapolar. Calibre 63 A. Poder de corte 15KA. Curva D

Interruptor diferencial tetrapolar. Calibre 63 A. Sensibilidad 300mA.

Línea. Motor. Torno 2.

Conductor: RZ1-K(AS) 0,6/1KV, XLPE+Poliolefina.

Sección: 4x16 + TTx16 mm<sup>2</sup> Cu

Canalización: Unipolares en tubos superficiales o empotrados en obra de 40mm de diámetro.

*Protecciones:*

Interruptor magnetotérmico tetrapolar. Calibre 63 A. Poder de corte 15KA. Curva D

Interruptor diferencial tetrapolar. Calibre 63 A. Sensibilidad 300mA.

Línea. Tomas de corriente trifásicas nave 1.

Conductor: RZ1-K(AS) 0,6/1KV, XLPE+Poliolefina.

Sección: 4x4 + TTx4 mm<sup>2</sup> Cu

Canalización: Unipolares sobre pared y en tubos superficiales o empotrados en obra de 25mm de diámetro.

*Protecciones:*

Interruptor magnetotérmico tetrapolar. Calibre 25 A. Poder de corte 15KA. Curva C

Interruptor diferencial tetrapolar. Calibre 40 A. Sensibilidad 30mA.

Línea. Tomas de corriente monofásicas nave 1.

Conductor: ESO7Z1-K(AS) 450/750V, Poliolefina

Sección: 2x2.5 + TTx2.5 mm<sup>2</sup> Cu

Canalización: Unipolares sobre pared y en tubos superficiales o empotrados en obra de 20mm de diámetro.

*Protecciones:*

Interruptor magnetotérmico bipolar. Calibre 20 A. Poder de corte 15KA. Curva C

Interruptor diferencial bipolar. Calibre 25 A. Sensibilidad 30mA.

Línea. Cuadro auxiliar oficinas.

Conductor: RZ1-K(AS) 0,6/1KV, XLPE+Poliolefina.

Sección: 4x4 + TTx4 mm<sup>2</sup> Cu

Canalización: Unipolares en tubos superficiales o empotrados en obra de 25mm de diámetro.

*Protecciones:*

Interruptor magnetotérmico tetrapolar. Calibre 25 A. Poder de corte 15KA. Curva B

Línea. Cuadro auxiliar nave.

Conductor: RZ1-K(AS) 0,6/1KV, XLPE+Poliolefina.

Sección: 4x120 mm<sup>2</sup> Cu

Canalización: Unipolares sobre bandeja perforada de 75x60mm.

*Protecciones:*

Interruptor automático tetrapolar. Calibre 400 A. Intensidad de regulación 290 A. Poder de corte 15KA. Curva B

Línea. Batería de condensadores.

Conductor: RZ1-K(AS) 0,6/1KV, XLPE+Poliolefina.

Sección: 3x185 + TTx95 mm<sup>2</sup> Cu

Canalización: Unipolares sobre bandeja perforada de 100x60mm.

*Protecciones:*

Interruptor automático con relé y transformador tripolar. Calibre 400 A. Intensidad de regulación 387 A. Poder de corte 15KA. Curva C

Sensibilidad del diferencial 30mA.

**Cuadro Auxiliar Oficinas**

**ENTRADA:**

Conductor: RZ1-K(AS) 0,6/1KV, XLPE+Poliolefina.

Sección: 4x4 + TTx4 mm<sup>2</sup> Cu

Canalización: Unipolares en tubos superficiales o empotrados en obra de 25mm de diámetro.

*Protecciones:*

Interruptor magnetotérmico tetrapolar. Calibre 25 A. Poder de corte 4.5KA. Curva C

**SALIDAS:**

Línea. Termo.

Conductor: ESO7Z1-K(AS) 450/750V, Poliolefina

Sección: 2x2.5 + TTx2.5 mm<sup>2</sup> Cu

Canalización: Unipolares en tubos superficiales o empotrados en obra de 20mm de diámetro.

*Protecciones:*

Interruptor magnetotérmico bipolar. Calibre 16 A. Poder de corte 4.5KA. Curva D

Interruptor diferencial bipolar. Calibre 25 A. Sensibilidad 30mA.

Línea. Clima.

Conductor: ESO7Z1-K(AS) 450/750V, Poliolefina

Sección: 2x2.5 + TTx2.5 mm<sup>2</sup> Cu

Canalización: Unipolares en tubos superficiales o empotrados en obra de 20mm de diámetro.

*Protecciones:*

Interruptor magnetotérmico tetrapolar. Calibre 16 A. Poder de corte 4.5KA. Curva D

Interruptor diferencial tetrapolar. Calibre 25 A. Sensibilidad 30mA.

Línea. Seca-manos.

Conductor: ESO7Z1-K(AS) 450/750V, Poliolefina

Sección: 2x2.5 + TTx2.5 mm<sup>2</sup> Cu

Canalización: Unipolares en tubos superficiales o empotrados en obra de 20mm de diámetro.

*Protecciones:*

Interruptor magnetotérmico bipolar. Calibre 16 A. Poder de corte 4.5KA. Curva D

Interruptor diferencial bipolar. Calibre 25 A. Sensibilidad 30mA.

Línea. Tomas de corriente monofásicas almacén y vestuarios.

Primer tramo:

Conductor: ESO7Z1-K(AS) 450/750V, Poliolefina

Sección: 4x2.5 + TTx2.5 mm<sup>2</sup> Cu

Canalización: Unipolares sobre pared.

*Protecciones:*

Interruptor diferencial tetrapolar. Calibre 25 A. Sensibilidad 30mA.

Segundo tramo:

Conductor: ESO7Z1-K(AS) 450/750V, Poliolefina

Sección: 2x2.5 + TTx2.5 mm<sup>2</sup> Cu

Canalización: Unipolares en tubos superficiales o empotrados en obra de 20mm de diámetro.

*Protecciones:*

Interruptor magnetotérmico bipolar. Calibre 16 A. Poder de corte 4.5KA. Curva C.

#### Línea. Tomas de corriente monofásicas aseos.

Primer tramo:

Conductor: ESO7Z1-K(AS) 450/750V, Poliolefina

Sección: 4x2.5 + TTx2.5 mm<sup>2</sup> Cu

Canalización: Unipolares sobre pared.

*Protecciones:*

Interruptor diferencial tetrapolar. Calibre 25 A. Sensibilidad 30mA.

Segundo tramo:

Conductor: ESO7Z1-K(AS) 450/750V, Poliolefina

Sección: 2x2.5 + TTx2.5 mm<sup>2</sup> Cu

Canalización: Unipolares en tubos superficiales o empotrados en obra de 20mm de diámetro.

*Protecciones:*

Interruptor magnetotérmico bipolar. Calibre 16 A. Poder de corte 4.5KA. Curva C.

#### Línea. Tomas de corriente monofásicas despacho y oficina.

Conductor: ESO7Z1-K(AS) 450/750V, Poliolefina

Sección: 2x2.5 + TTx2.5 mm<sup>2</sup> Cu

Canalización: Unipolares sobre pared y en tubos superficiales o empotrados en obra de 20mm de diámetro.

*Protecciones:*

Interruptor magnetotérmico bipolar. Calibre 16 A. Poder de corte 4.5KA. Curva C.

Interruptor diferencial bipolar. Calibre 25 A. Sensibilidad 30mA.



Línea. Iluminación salas planta baja.

Primer tramo:

Conductor: ESO7Z1-K(AS) 450/750V, Poliolefina

Sección: 4x1.5 mm<sup>2</sup> Cu

Canalización: Unipolares sobre pared

*Protecciones:*

Interruptor diferencial tetrapolar. Calibre 25 A. Sensibilidad 30mA

Segundo tramo:

Conductor: ESO7Z1-K(AS) 450/750V, Poliolefina

Sección: 2x1.5 + TTx1.5 mm<sup>2</sup> Cu

Canalización: Unipolares sobre pared y en tubos superficiales o empotrados en obra de 16mm de diámetro.

*Protecciones:*

Interruptor magnetotérmico bipolar. Calibre 10 A. Poder de corte 15KA. Curva C.

Línea. Iluminación salas entreplanta.

Primer tramo:

Conductor: ESO7Z1-K(AS) 450/750V, Poliolefina

Sección: 4x1.5 mm<sup>2</sup> Cu

Canalización: Unipolares sobre pared

*Protecciones:*

Interruptor diferencial tetrapolar. Calibre 25 A. Sensibilidad 30mA

Segundo tramo:

Conductor: ESO7Z1-K(AS) 450/750V, Poliolefina

Sección: 4x1.5 mm<sup>2</sup> Cu

Canalización: Unipolares sobre pared y en tubos superficiales o empotrados en obra de 16mm de diámetro.

*Protecciones:*

Interruptor magnetotérmico bipolar. Calibre 10 A. Poder de corte 15KA. Curva C.

Cuadro Auxiliar Nave

**ENTRADA:**

Conductor: RZ1-K(AS) 0,6/1KV, XLPE+Poliolefina.

Sección: 4x120 mm<sup>2</sup> Cu

Canalización: Unipolares sobre bandeja perforada de 75x60mm.

*Protecciones:*

Interruptor automático tetrapolar. Calibre 400 A. Intensidad de regulación 290 A. Poder de corte 15KA. Curva C.

**SALIDAS:**

Línea. Motor. Torno 3.

Conductor: RZ1-K(AS) 0,6/1KV, XLPE+Poliolefina.

Sección: 4x6 + TTx6 mm<sup>2</sup> Cu

Canalización: Unipolares en tubos superficiales o empotrados en obra de 25mm de diámetro.

*Protecciones:*

Interruptor magnetotérmico tetrapolar. Calibre 40 A. Poder de corte 15KA. Curva D

Interruptor diferencial tetrapolar. Calibre 63 A. Sensibilidad 300mA.

Línea. Motor. Torno 4.

Conductor: RZ1-K(AS) 0,6/1KV, XLPE+Poliolefina.

Sección: 4x6 + TTx6 mm<sup>2</sup> Cu

Canalización: Unipolares en tubos superficiales o empotrados en obra de 25mm de diámetro.

*Protecciones:*

Interruptor magnetotérmico tetrapolar. Calibre 40 A. Poder de corte 15KA. Curva D

Interruptor diferencial tetrapolar. Calibre 63 A. Sensibilidad 300mA.

Línea. Motor. Torno 5.

Conductor: RZ1-K(AS) 0,6/1KV, XLPE+Poliolefina.

Sección: 4x25 + TTx16 mm<sup>2</sup> Cu

Canalización: Unipolares en tubos superficiales o empotrados en obra de 50mm de diámetro.

*Protecciones:*

Interruptor automático con relé y transformador tetrapolar. Calibre 100 A. Intensidad de regulación 85 A. Poder de corte 15KA. Curva D

Sensibilidad del diferencial 300mA.

Línea. Motor. Torno 6.

Conductor: RZ1-K(AS) 0,6/1KV, XLPE+Poliolefina.

Sección: 4x25 + TTx16 mm<sup>2</sup> Cu

Canalización: Unipolares en tubos superficiales o empotrados en obra de 50mm de diámetro.

*Protecciones:*

Interruptor automático con relé y transformador tetrapolar. Calibre 100 A. Intensidad de regulación 85 A. Poder de corte 15KA. Curva D

Sensibilidad del diferencial 300mA.

Línea. Motor. Centro de mecanizado.

Conductor: RZ1-K(AS) 0,6/1KV, XLPE+Poliolefina.

Sección: 4x4 + TTx4 mm<sup>2</sup> Cu

Canalización: Unipolares en tubos superficiales o empotrados en obra de 25mm de diámetro.

*Protecciones:*

Interruptor magnetotérmico tetrapolar. Calibre 30 A. Poder de corte 15KA. Curva D

Interruptor diferencial tetrapolar. Calibre 40 A. Sensibilidad 300mA.

Línea. Motor. Compresor.

Conductor: RZ1-K(AS) 0,6/1KV, XLPE+Poliolefina.

Sección: 4x10 + TTx10 mm<sup>2</sup> Cu

Canalización: Unipolares en tubos superficiales o empotrados en obra de 32mm de diámetro.

*Protecciones:*

Interruptor magnetotérmico tetrapolar. Calibre 50 A. Poder de corte 15KA. Curva D

Interruptor diferencial tetrapolar. Calibre 63 A. Sensibilidad 300mA.

Línea. Tomas de corriente trifásicas nave 2.

Conductor: RZ1-K(AS) 0,6/1KV, XLPE+Poliolefina.

Sección: 4x4 + TTx4 mm<sup>2</sup> Cu

Canalización: Unipolares sobre pared y en tubos superficiales o empotrados en obra de 25mm de diámetro.

*Protecciones:*

Interruptor magnetotérmico tetrapolar. Calibre 25 A. Poder de corte 15KA. Curva C.

Interruptor diferencial tetrapolar. Calibre 40 A. Sensibilidad 30mA.

Línea. Tomas de corriente monofásicas nave 2.

Conductor: ESO7Z1-K(AS) 450/750V, Poliolefina

Sección: 2x4 + TTx4 mm<sup>2</sup> Cu

Canalización: Unipolares sobre pared y en tubos superficiales o empotrados en obra de 20mm de diámetro.

*Protecciones:*

Interruptor magnetotérmico bipolar. Calibre 25 A. Poder de corte 15KA. Curva C.

Interruptor diferencial bipolar. Calibre 40 A. Sensibilidad 30mA.

Línea. Luz exterior trasera.

Conductor: ESO7Z1-K(AS) 450/750V, Poliolefina

Sección: 2x1.5 + TTx1.5 mm<sup>2</sup> Cu

Canalización: Unipolares en tubos superficiales o empotrados en obra de 16mm de diámetro.

*Protecciones:*

Interruptor magnetotérmico bipolar. Calibre 10 A. Poder de corte 15KA. Curva C.

Interruptor diferencial bipolar. Calibre 25 A. Sensibilidad 30mA

## **6. PUESTAS A TIERRA**

### **6.1 INTRODUCCIÓN**

Las puestas a tierra se establecen con el objeto principal 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 a tierra se plantea como una instalación paralela a la instalación eléctrica, como un circuito de protección, que tiene que proteger a las personas, a las instalaciones eléctricas y a los receptores conectados a ellas.

El límite de tensión admisible entre una masa cualquiera en relación a tierra, o entre masas distintas, nos viene definido en la instrucción 18 del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión.

Locales húmedos	24 voltios.
Locales secos	50 voltios.

Estos valores son los máximos que se supone soporta el cuerpo humano sin alteraciones significativas.

Las tomas de tierra limitan las sobreintensidades que por diferentes causas aparecen en las instalaciones, siendo esta limitación tanto mayor en cuanto las tomas de tierra presenten menor impedancia al paso de esta corriente.

Durante el transcurso de las perturbaciones, los equipos de una misma instalación deben quedar al mismo potencial; siendo muy importante la necesidad de corregir pequeños valores de puesta a tierra, con el fin de obtener la equipotencialidad.

#### **6.1.1 OBJETIVO DE LA PUESTA A TIERRA**

La puesta a tierra, es la unión eléctrica directa, sin fusibles ni protección alguna, de sección suficiente, entre determinados elementos o partes de una instalación y un electrodo o grupos de electrodos enterrados en el suelo, con el objeto de conseguir que en el conjunto de instalaciones, edificios y superficie próxima del terreno no existan diferencias de potencial peligrosas y que al mismo tiempo permita el paso a tierra de las corrientes de falta, o la de descargas de origen atmosférico.

La instalación a tierra se convierte en una especie de embudo sumidero que manda a tierra toda la corriente eléctrica que se salga de su recorrido normal y también enviará a tierra corrientes o descargas de origen atmosférico o procedentes de otras fuentes.

El paso de estas diferentes corrientes por el terreno conductor, con unas características eléctricas variables por sus características geológicas, producen unas distribuciones de potencial en toda su masa y en particular en su superficie, con las consiguientes diferencias de potencial entre puntos del terreno que inciden directamente

sobre la seguridad de las personas. Por ello, los estudios de las puestas a tierra deberían considerar:

- La seguridad de las personas.
- La protección de las instalaciones.
- La protección de los equipos sensibles.
- Un potencial de referencia.

Para ello es necesario conocer:

- Los elementos que forman las instalaciones.
- Las diferentes fuentes de corriente que las solicitan.
- Las respuestas de los diferentes elementos a estas diferentes fuentes.
- El terreno, teniendo en cuenta su heterogeneidad (rocas que lo forman, estratos, textura, etc.) y los factores que sobre él actúan (humedad y temperatura).

### 6.1.2 PARTES DE LA PUESTA A TIERRA

Los elementos de puesta a tierra, se dividen en cinco partes o grupos:

#### 1) El terreno.

El terreno, desde el punto de vista eléctrico, se considera como el elemento encargado de disipar corrientes de defecto o descargas de origen atmosférico.

Este comportamiento viene determinado por la resistividad, que es una característica de todos los materiales y que nos da una idea de la resistencia que ofrece un material al ser atravesado por una corriente eléctrica.

Los cuerpos que tienen una resistividad muy baja, dejan pasar fácilmente la corriente eléctrica y los materiales que tienen una resistividad alta, se oponen al paso de corriente.

La resistividad del terreno se mide en ohmios por metro.

Como los terrenos no suelen ser uniformes en cuanto a su composición, un determinado terreno tendrá una resistividad aparente que promedia los efectos de las diferentes capas que componen el terreno.

La investigación de las características eléctricas del terreno es un requerimiento de la instrucción MIE-RAT-13, para realizar el proyecto de una instalación de puesta a tierra.

El terreno, como conductor de la corriente eléctrica, se puede considerar como un agregado formado por una parte sólida mineral y sendas partes líquida y gaseosa. La resistividad del terreno depende de los siguientes concepto:

- Humedad.
- Resistividad de los minerales que forman la fracción sólida.

- Resistividad de los líquidos y gases que rellenan los poros de la fracción sólida.
- Porosidad.
- Salinidad.
- Superficie de separación de la fase líquida con la fase sólida.
- Temperatura.
- Textura.

## 2) Tomas de tierra.

La toma de tierra es el elemento de unión entre el terreno y el circuito instalado en el interior del edificio.

La toma de tierra consta de tres partes fundamentales:

### 1.- Electrodo.

Son la masa metálica que se encuentra en contacto permanente con el terreno para facilitar a este el paso de corrientes de defecto, o la carga eléctrica que pueda tener.

Pueden ser naturales o artificiales; los electrodos naturales, suelen estar constituidos por conducciones metálicas enterradas, como conducciones de agua, cubiertas de plomo de cables de redes subterráneas, pilares metálicos de los edificios que se construyen con estructuras metálicas, etc. Los electrodos artificiales pueden ser barras (picas), tubos, placas metálicas, cables, u otros perfiles que a su vez puedan combinarse formando anillos o mallas.

De la sección en contacto con el terreno dependerá el valor de la resistencia a tierra. En general, la sección de un electrodo no debe ser inferior a un cuarto de la sección del conductor de línea principal de tierra.

Los metales deben ser inalterables a las acciones de la humedad y del terreno como son el cobre, el hierro galvanizado, fundición de hierro, etc.

### 2.- Líneas de enlace con tierra.

La línea de enlace con la tierra está formada por los conductores que unen el electrodo, conjunto de electrodos o anillo, con el punto de puesta a tierra. Los conductores de enlace con tierra desnudos en el suelo, se consideran que forman parte del electrodo y deberán ser de cobre u otro metal de alto punto de fusión con un mínimo de  $35 \text{ mm}^2$  de sección en caso de ser de cobre o su equivalente de otros metales.

### 3.- Punto de puesta a tierra.

El elemento de la puesta a tierra, es el situado fuera del terreno y que sirve de unión entre la línea de enlace con tierra y la línea principal de tierra. El punto de puesta es un elemento de conexión, placa, regleta, grapa, etc. que une los conductores de la

línea de enlace con la principal de tierra. El número de puntos de puesta a tierra conectados al mismo electrodo o conjunto de ellos dependerá del tipo de instalación.

### 3) Línea principal de tierra.

Es la parte del circuito de puesta a tierra del edificio, que está formado por conductores de cobre, que partiendo de los puntos de puesta a tierra, conecta con las derivaciones necesarias para la puesta a tierra de todas las masas o elementos necesarios.

Serán de cobre y se dimensionarán con la máxima corriente de falta que se prevé, siendo como mínimo de  $16 \text{ mm}^2$  de sección.

Su tendido se hará buscando los caminos más cortos y evitando los cambios bruscos de dirección. Se evitará someterlos a desgastes mecánicos y estarán protegidos contra la corrosión y los desgastes mecánicos. La línea principal de tierra termina en el punto de puesta a tierra, teniendo especial cuidado en la conexión, asegurando una conexión efectiva.

### 4) Derivaciones de las líneas principales de tierra.

Son los conductores que unen la línea principal de tierra con los conductores de protección o bien directamente las masas significativas que existen en el edificio. Serán de cobre o de otro metal de elevado punto de fusión. El dimensionamiento viene en la ITC BT 18.

Secciones de los conductores de fase ( $\text{mm}^2$ )	Secciones mínimas de los conductores de protección ( $\text{mm}^2$ )
$S \leq 16$	S
$16 < S \leq 35$	16
$S > 35$	$S / 2$
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Con un mínimo de <math>2.5 \text{ mm}^2</math> si los conductores de protección no forman parte de la canalización de alimentación y tienen una protección mecánica.</li> <li>- Con un mínimo de <math>4 \text{ mm}^2</math> si los conductores de protección no forman parte de la canalización de alimentación y no tienen una protección mecánica.</li> </ul>	

### 5) Conductores de protección.

Son los conductores de cobre, encargados de unir eléctricamente las masas de una instalación y de los aparatos eléctricos, con las derivaciones de la línea principal de tierra, con el fin de asegurar la protección contra los contactos indirectos.



El dimensionamiento de estos conductores, viene dado en función de la sección del conductor de fase de la instalación que protege, según la ITC BT 19.

## 6.2 ELEMENTOS A CONECTAR A LA TOMA DE TIERRA

Una vez realizada la toma de tierra del edificio, se deberá conectar en los puntos de puesta a tierra todos los elementos metálicos o elementos susceptibles de ponerse en tensión, con el fin de conseguir una gran red equipotencial dentro del edificio y en contacto íntimo con tierra.

Según la norma tecnológica de la edificación, deberá conectarse a tierra:

- a) Las instalaciones de fontanería, gas y calefacción, depósitos, calderas, etc.
- b) Guías metálicas de los aparatos elevadores.
- c) Caja General de Protección (no obligatorio según R.E.B.T.).
- d) Instalación de pararrayos.
- e) Instalación de antenas colectivas de TV y FM.
- f) Redes equipotenciales de cuarto de baño, que unan enchufes eléctricos y masas metálicas.
- g) Toda masa o elemento metálico significativo.
- h) Estructuras metálicas y armaduras de muros de hormigón.

## 6.3 SOLUCIÓN ADOPTADA

El electrodo de puesta a tierra está formado por un conductor de cobre de 50 mm<sup>2</sup> desnudo y enterrado a una profundidad de 0.8 m. El conductor abarca todo el perímetro de la nave, y en cada vértice tendrá una pica de acero recubierto de cobre de 14 mm de diámetro y 2 metros de longitud.

El número total de picas será 4, y toda la red estará unida al mallazo metálico de cimentación y a los pilares metálicos. Todas las uniones se realizarán mediante soldadura aluminotérmica. En cada pica se pondrá una arqueta de registro para poder comprobar el buen estado de las picas y de las conexiones al anillo de cobre desnudo.

El anillo de puesta a tierra se conectará al borneo principal de tierra del cuadro general a través de una caja de seccionamiento y medida de puesta a tierra situada junto al cuadro. Mediante esta técnica se conectara también el anillo de tierra con el cuadro auxiliar situado en la zona de taller. Desde el cuadro principal partirán las derivaciones al cuadro auxiliar de distribución situado en la zona de oficinas y de estos partirán los conductores de protección a los distintos receptores (alumbrado, tomas de corriente...).

Los conductores de tierra se distinguirán fácilmente de los conductores activos por el color amarillo-verde.

## **7. CORRECCIÓN DEL FACTOR DE POTENCIA**

### **7.1 GENERALIDADES**

Los aparatos y máquinas utilizados, además de un consumo de energía activa, tienen un consumo de energía reactiva inductiva; los receptores inductivos absorben energía de la red durante la creación de los campos magnéticos y la entregan durante la destrucción de estos. Esto provoca un consumo de energía que no es aprovechado directamente por los receptores. La energía reactiva está representada por el  $\cos\phi$  o factor de potencia.

El factor de potencia depende únicamente de las características de los receptores y de su régimen de funcionamiento (tipo de motor, velocidad, carga), y es independiente del rendimiento propio de estos receptores.

### **7.2 VENTAJAS DE UN ELEVADO FACTOR DE POTENCIA**

Las ventajas de un buen factor de potencia se pueden resumir en las siguientes:

- Reducción en el recibo de la electricidad.
- Optimización de las instalaciones eléctricas. Entre estas se pueden describir:

- a) Disminución de la caída de tensión en las líneas.
- b) Reducción del dimensionamiento de las líneas.
- c) Disminución de las pérdidas por calentamiento en línea.

La resistencia de los conductores siempre provoca pérdidas de potencia. Estas pérdidas son proporcionales al cuadrado de la corriente transportada, la cual, para una misma potencia activa, disminuye a medida que el factor de potencia aumenta.

- d) Aumento de la potencia disponible en el transformador de alimentación.

Mientras el factor de potencia crece, la potencia aparente  $S$  para una misma potencia activa  $P$  disminuye; es decir, se utiliza tanto mejor un transformador conforme el factor de potencia de la carga más se aproxima a la unidad.

- e) Facilita el suministro de la tensión nominal a los receptores.

- f) Reporta una disminución de costes de la factura de energía eléctrica al realizar una bonificación la compañía suministradora para valores:

$$0.9 < \cos\phi < 1$$

## 7.3 MÉTODOS PARA MEJORAR EL FACTOR DE POTENCIA

### 7.3.1 PROCEDIMIENTOS DIRECTOS

Actúan directamente sobre la causa misma del bajo factor de potencia, es decir, procura en lo posible disminuir el consumo innecesario de energía reactiva actuando sobre las cargas normales de la instalación.

Los más importantes son:

- Correcta elección del equipo eléctrico.
- Evitar marchas en vacío o cargas reducidas de los motores eléctricos.
- Sustituir los motores defectuosos fuera de las horas de trabajo.
- Reducir las marchas en vacío o con poca carga de los transformadores.

### 7.3.2 PROCEDIMIENTOS INDIRECTOS

Consisten en compensar el consumo de energía reactiva mediante elementos productores de energía capacitiva, compensando parcial o totalmente la energía inductiva consumida por los elementos receptores. Para este tipo de procedimientos se utilizan compensadores que se dividen en:

- Compensadores giratorios, también llamados compensadores síncronos. Son motores síncronos trabajando sobreexcitados, los cuales proporcionan energía capacitiva.
- Compensadores estáticos o condensadores, pueden ser individualmente o en baterías de condensadores conectados adecuadamente.

### 7.3.3. ELECCIÓN DEL MÉTODO DE COMPENSACIÓN

Aunque a la hora de realizar la instalación se tendrán en cuenta todos los casos expuestos en la compensación directa, considerando que aún así el factor de potencia no es el adecuado se optará por realizar una compensación indirecta con una batería de condensadores.

## 7.4 CLASIFICACIÓN Y ELECCIÓN DE LA COMPENSACIÓN

### 7.4.1 CLASIFICACIÓN POR LA SITUACIÓN DE LA COMPENSACIÓN

#### a) Situación en cabecera

Si los condensadores están situados en cabecera de la instalación, se conseguirá la reducción del consumo de energía reactiva y por tanto se evitarán las penalizaciones económicas por un consumo excesivo de dicha energía.

También se conseguirá ajustar la potencia aparente “S”, a lo que se necesite en la instalación.

Pero, la corriente reactiva estará presente en toda la instalación, ya que la compensación está en la cabecera, con lo cual no se conseguirá disminuir las pérdidas por efecto Joule.

b) Situación en cada receptor inductivo

Si se sitúan los condensadores en los bornes de cada uno de los receptores de tipo inductivo, se consigue, además de evitar las penalizaciones por consumo de energía reactiva y ajustar “S” a la necesidad real, reducir las pérdidas por efecto Joule de los cables, ya que la corriente reactiva se abastece en el mismo lugar de su consumo y por tanto no circula en los cables de la instalación.

c) Situación en una zona intermedia

Situando los condensadores en una zona intermedia, se conseguirá evitar la penalización por consumo de energía reactiva y se reducirán por tanto las pérdidas por efecto Joule.

## 7.4.2 ELECCIÓN DE LA SITUACIÓN PARA LA COMPENSACIÓN

En este caso la segunda opción de compensación individual no es viable ya que son numerosos, y de poca potencia, los receptores con carga inductiva, con lo cual resultaría imposible la compensación individual.

Por otro lado la longitud de los conductores es relativamente corta con lo cual la diferencia de las pérdidas por efecto Joule no van a ser importantes.

Se optará por una compensación en la cabecera de la instalación.

## 7.4.3 CLASIFICACIÓN POR TIPO DE CONDENSADOR

a) Compensación fija

Con este tipo de compensación, en todo momento los condensadores están suministrando una energía reactiva fija, que debe ser consumida en su totalidad por el receptor. De no ser así la red absorbería energía capacitiva.

b) Compensación automática (variable)

La compensación automática se realiza con un equipo de condensadores que se adecuan a las variaciones de potencia reactiva de la instalación para conseguir mantener el  $\cos\phi$  objetivo.

El equipo de compensación automático, o batería de condensadores, está compuesto de un regulador, que mide el  $\cos\phi$  de la instalación y conecta los distintos escalones de energía reactiva, contactores, que conectan los distintos condensadores de la batería para conseguir los distintos escalones de potencia.

#### 7.4.4 ELECCIÓN DEL TIPO DE COMPENSACIÓN

Si se elige una compensación fija para la instalación, en los momentos en los que la potencia reactiva de la instalación sea menor que la potencia que suministran los condensadores, se estará introduciendo energía capacitiva en la red.

Según lo establecido en el reglamento de baja tensión; se podrá realizar la compensación de energía reactiva “pero sin que en ningún momento la energía absorbida por la red pueda ser capacitiva” por tanto el  $\cos\phi$  de la instalación en el punto de conexión con la compañía nunca podrá ser capacitivo.

Para que esto no ocurra se elegirá compensación automática para la instalación ya que el consumo de energía reactiva de la instalación no va a ser siempre el mismo, variará en función de las cargas inductivas conectadas (luminarias, motores, etc).

Así que se colocará un equipo de compensación automática en cabecera de la instalación del edificio, para compensar la energía reactiva consumida por la totalidad de las cargas inductivas de la instalación.

#### 7.5 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL EQUIPO DE COMPENSACIÓN AUTOMÁTICA

Batería de condensadores elegida:

Fabricante: LIFASA- International capacitors S.A.

Serie: BATN240

Referencia: BATN2440180

#### Referencias

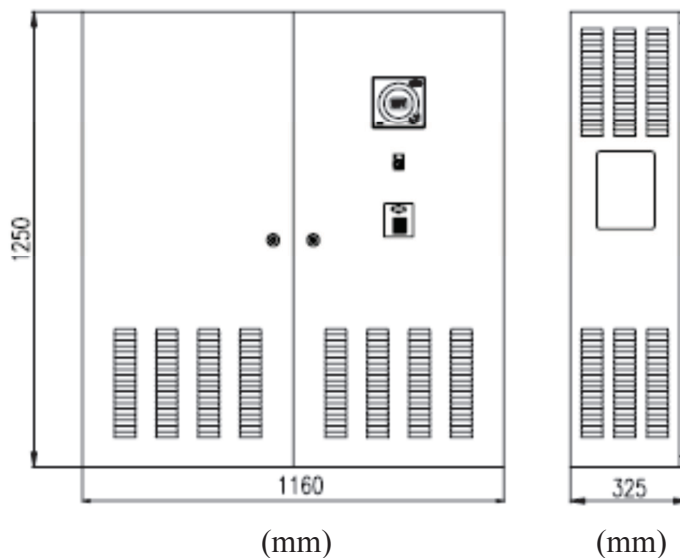
Q (kvar)	Composición kvar (nº grupos x kvar)	Escalones	Tensión (V)
180	9 x 20	9 x 20	400

## Características técnicas

<b>Tensión nominal</b>	400 V 50 Hz
<b>Potencia nominal</b>	70... 240 kvar
<b>Condensadores</b>	MINIFILMETAL
<b>Fusibles protección</b>	Tipo Neozed
<b>Regulador tipo</b>	MCE
<b>Programa de trabajo</b>	1:1:1 y 1:2:2:
<b>Construcción</b>	Armario metálico
<b>Grado de protección</b>	IP 31
<b>Color</b>	Gris RAL 7032
<b>Instalación</b>	Interior
<b>Montaje</b>	Sobre suelo
<b>Entrada cables</b>	4 aberturas 130x180mm (2 superiores y 2 laterales)
<b>Señalización de escalones conectados</b>	En el display LCD del regulador

## Accesorios

Interruptor de corte en carga.  
Escalón fijo con interruptor paro/marcha.



## **8. CENTRO DE TRANSFORMACIÓN**

### **8.1 Introducción**

La alimentación de todos los circuitos de la instalación se realizará a partir del centro de transformación propiedad de la empresa, ubicado en un local de uso exclusivo y de fácil acceso. En él se encuentran los elementos de unión entre la red de distribución y el transformador de potencia.

Al centro de transformación llegará la acometida de alta tensión a 13.2 KV subterránea, y en él se dispondrán los elementos necesarios y exigidos por la reglamentación vigente.

Las necesidades de la instalación serán cubiertas mediante un transformador de 400 KVA.

### **8.2 Objeto del Proyecto**

Este proyecto tiene por objeto definir las características de un Centro destinado al suministro de energía eléctrica, así como justificar y valorar los materiales empleados en el mismo.

### **8.3. Reglamentación y Disposiciones Oficiales**

#### **Normas Generales:**

- **Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Líneas Eléctricas de Alta Tensión.** Aprobado por Real Decreto 223/2008, de 15 de febrero.
- **Instrucciones Técnicas Complementarias del Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Líneas Eléctricas de Alta Tensión.**
- **Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación.** Aprobado por Real Decreto 3.275/1982, de 12 noviembre, B.O.E. 01-12-1982.
- **Instrucciones Técnicas Complementarias del Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación.** Real Decreto 3275/1982. Aprobadas por Orden del MINER de 18 de octubre de 1984, B.O.E. 25-10-1984.
- **Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión.** Aprobado por Decreto 842/2002, de 02 de agosto, B.O.E. 224 de 18-09-2002.
- **Instrucciones Técnicas Complementarias, denominadas MI-BT.** Aprobadas por Orden del MINER de 18 de septiembre de 2002.
- **Modificaciones a las Instrucciones Técnicas Complementarias.** Hasta el 10 de marzo de 2000.



- **Autorización de Instalaciones Eléctricas.** Aprobado por Ley 40/94, de 30 de diciembre, B.O.E. de 31-12-1994.
  - **Ordenación del Sistema Eléctrico Nacional** y desarrollos posteriores. Aprobado por Ley 40/1994, B.O.E. 31-12-1994.
  - **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 (B.O.E. de 27 de diciembre de 2000).
  - **Real Decreto 614/2001, de 8 de junio**, sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico. Condiciones impuestas por los Organismos Públicos afectados.
  - **Ley de Regulación del Sector Eléctrico**, Ley 54/1997 de 27 de noviembre.
  - **Reglamento de Verificaciones Eléctricas y Regularidad en el Suministro de Energía**, Decreto de 12 Marzo de 1954 y **Real Decreto 1725/84** de 18 de Julio.
  - **Real Decreto 2949/1982** de 15 de Octubre de Acometidas Eléctricas.
  - **NTE-IEP.** Norma tecnológica de 24-03-1973, para **Instalaciones Eléctricas de Puesta a Tierra.**
  - Normas **UNE / IEC.**
  - Condiciones impuestas por los Organismos Públicos afectados.
  - Ordenanzas municipales del ayuntamiento donde se ejecute la obra.
  - Condicionados que puedan ser emitidos por organismos afectados por las instalaciones.
  - Normas particulares de la compañía suministradora.
  - Cualquier otra normativa y reglamentación de obligado cumplimiento para este tipo de instalaciones.
- Normas y recomendaciones de diseño del edificio:
- **CEI 62271-202                    UNE-EN 62271-202**  
Centros de Transformación prefabricados.
  - **NBE-X**  
Normas básicas de la edificación.
- Normas y recomendaciones de diseño de aparamenta eléctrica:
- **CEI 62271-1                    UNE-EN 60694**  
Estipulaciones comunes para las normas de aparamenta de Alta Tensión.
  - **CEI 61000-4-X                UNE-EN 61000-4-X**  
Compatibilidad electromagnética (CEM). Parte 4: Técnicas de ensayo y de medida.
  - **CEI 62271-200                UNE-EN 62271-200 (UNE-EN 60298)**



*Aparamenta bajo envolvente metálica para corriente alterna de tensiones asignadas superiores a 1 kV e inferiores o iguales a 52 kV.*

- **CEI 62271-102**            **UNE-EN 62271-102**  
*Seccionadores y seccionadores de puesta a tierra de corriente alterna.*
  - **CEI 62271-103**            **UNE-EN 60265-1**  
*Interruptores de Alta Tensión. Interruptores de Alta Tensión para tensiones asignadas superiores a 1 kV e inferiores a 52 kV.*
  - **CEI 62271-105**            **UNE-EN 62271-105**  
*Combinados interruptor - fusible de corriente alterna para Alta Tensión.*
  - **CEI 60255-X-X**            **UNE-EN 60255-X-X**  
*Relés eléctricos.*
  - **UNE-EN 60801-2**  
*Compatibilidad electromagnética para los equipos de medida y de control de los procesos industriales. Parte 2: Requisitos relativos a las descargas electrostáticas.*
- Normas y recomendaciones de diseño de transformadores:
- **CEI 60076-X**  
*Transformadores de Potencia.*
  - **UNE 21428**  
*Transformadores trifásicos sumergidos en aceite para distribución en baja tensión de 50 a 2 500 kVA, 50 Hz, con tensión más elevada para el material de hasta 36 kV.*

#### **8.4. Emplazamiento**

El Centro se halla ubicado en la localidad de Orcoyen, Navarra. Concretamente en el polígono industrial Ipertergui 2, nave número 69.

En la nave industrial se encuentra situado en un patio trasero con acceso restringido a personal ajeno a la empresa.

#### **8.5. Características Generales del Centro de Transformación**

*El Centro de Transformación, tipo cliente, objeto de este proyecto tiene la misión de suministrar energía, realizándose la medición de la misma en Media Tensión.*

La energía será suministrada por la compañía Iberdrola a la tensión trifásica de 13,2 kV y frecuencia de 50 Hz, realizándose la acometida por medio de cables subterráneos.

Los tipos generales de equipos de Media Tensión empleados en este proyecto son:

- **CGMCOSMOS:** Celdas modulares de aislamiento y corte en gas, extensibles "in situ" a derecha e izquierda, sin necesidad de reponer gas.

## 8.6. Programa de necesidades y potencia instalada en kVA

Se precisa el suministro de energía a una tensión de <tensión BT> V, con una potencia máxima simultánea de <potencia instalada> kW.

Para atender a las necesidades arriba indicadas, la potencia total instalada en este Centro de Transformación es de 400 kVA.

## 8.7. Descripción de la instalación

### 8.7.1 Obra Civil

El Centro de Transformación objeto de este proyecto consta de una única envolvente, en la que se encuentra toda la aparamenta eléctrica, máquinas y demás equipos.

Para el diseño de este Centro de Transformación se han tenido en cuenta todas las normativas anteriormente indicadas.

### Características de los Materiales

Edificio de Transformación: **PFU-4/20**

#### - Descripción

Los Edificios PFU para Centros de Transformación, de superficie y maniobra interior (tipo caseta), constan de una envolvente de hormigón, de estructura monobloque, en cuyo interior se incorporan todos los componentes eléctricos, desde la aparamenta de MT, hasta los cuadros de BT, incluyendo los transformadores, dispositivos de control e interconexiones entre los diversos elementos.

La principal ventaja que presentan estos edificios prefabricados es que tanto la construcción como el montaje y equipamiento interior pueden ser realizados íntegramente en fábrica, garantizando con ello una calidad uniforme y reduciendo considerablemente los trabajos de obra civil y montaje en el punto de instalación. Además, su cuidado diseño permite su instalación tanto en zonas de carácter industrial como en entornos urbanos.

#### - Envolvente

La envolvente de estos centros es de hormigón armado vibrado. Se compone de dos partes: una que aglutina el fondo y las paredes, que incorpora las puertas y rejillas de ventilación natural, y otra que constituye el techo.

Las piezas construidas en hormigón ofrecen una resistencia característica de 300 kg/cm<sup>2</sup>. Además, disponen de una armadura metálica, que permite la interconexión entre sí y al colector de tierras. Esta unión se realiza mediante latiguillos de cobre, dando lugar a una superficie equipotencial que envuelve completamente al centro. Las puertas y rejillas están aisladas eléctricamente, presentando una resistencia de 10 kOhm respecto de la tierra de la envolvente.

Las cubiertas están formadas por piezas de hormigón con inserciones en la parte superior para su manipulación.

En la parte inferior de las paredes frontal y posterior se sitúan los orificios de paso para los cables de MT y BT. Estos orificios están semiperforados, realizándose en obra la apertura de los que sean necesarios para cada aplicación. De igual forma, dispone de unos orificios semiperforados practicables para las salidas a las tierras exteriores.

El espacio para el transformador, diseñado para alojar el volumen de líquido refrigerante de un eventual derrame, dispone de dos perfiles en forma de "U", que se pueden deslizar en función de la distancia entre las ruedas del transformador.

#### - Placa piso

Sobre la placa base y a una altura de unos 400 mm se sitúa la placa piso, que se sustenta en una serie de apoyos sobre la placa base y en el interior de las paredes, permitiendo el paso de cables de MT y BT a los que se accede a través de unas troneras cubiertas con losetas.

#### - Accesos

En la pared frontal se sitúan las puertas de acceso de peatones, las puertas del transformador (ambas con apertura de 180°) y las rejillas de ventilación. Todos estos materiales están fabricados en chapa de acero.

Las puertas de acceso disponen de un sistema de cierre con objeto de garantizar la seguridad de funcionamiento para evitar aperturas intempestivas de las mismas del Centro de Transformación. Para ello se utiliza una cerradura de diseño ORMAZABAL que anclan las puertas en dos puntos, uno en la parte superior y otro en la parte inferior.

#### - Ventilación

Las rejillas de ventilación natural están formadas por lamas en forma de "V" invertida, diseñadas para formar un laberinto que evita la entrada de agua de lluvia en el Centro de Transformación y se complementa cada rejilla interiormente con una malla mosquitera.

#### - Acabado

El acabado de las superficies exteriores se efectúa con pintura acrílica rugosa de color blanco en las paredes y marrón en el perímetro de la cubierta o techo, puertas y rejillas de ventilación.

Las piezas metálicas expuestas al exterior están tratadas adecuadamente contra la corrosión.

- Calidad

Estos edificios prefabricados han sido acreditados con el Certificado de Calidad ISO 9001.

- Alumbrado

El equipo va provisto de alumbrado conectado y gobernado desde el cuadro de BT, el cual dispone de un interruptor para realizar dicho cometido.

- Varios

Sobrecargas admisibles y condiciones ambientales de funcionamiento según normativa vigente.

- Cimentación

Para la ubicación de los edificios PFU para Centros de Transformación es necesaria una excavación, cuyas dimensiones variarán en función de la solución adoptada para la red de tierras, sobre cuyo fondo se extiende una capa de arena compactada y nivelada de 100 mm de espesor.

- **Características Detalladas**

Nº de transformadores:	1
Tipo de ventilación:	Normal
Puertas de acceso peatón:	1 puerta de acceso

Dimensiones exteriores

Longitud:	4460 mm
Fondo:	2380 mm
Altura:	3045 mm
Altura vista:	2585 mm
Peso:	13465 kg

Dimensiones interiores

Longitud:	4280 mm
Fondo:	2200 mm
Altura:	2355 mm

Dimensiones de la excavación

Longitud:	5260 mm
-----------	---------

Fondo:	3180 mm
Profundidad:	560 mm

Nota: Estas dimensiones son aproximadas en función de la solución adoptada para el anillo de tierras.

## 8.7.2 Instalación Eléctrica

### 8.7.2.1 Características de la Red de Alimentación

La red de la cual se alimenta el Centro de Transformación es del tipo subterráneo, con una tensión de 13,2 kV, nivel de aislamiento según la MIE-RAT 12, y una frecuencia de 50 Hz.

La potencia de cortocircuito en el punto de acometida, según los datos suministrados por la compañía eléctrica, es de 365,8 MVA, lo que equivale a una corriente de cortocircuito de 16 kA eficaces.

### 8.7.2.2 Características de la Aparamenta de Media Tensión

Características Generales de los Tipos de Aparamenta Empleados en la Instalación.

Celdas: **CGMCOSMOS**

Sistema de celdas de Media Tensión modulares bajo envolvente metálica de aislamiento integral en gas SF<sub>6</sub> de acuerdo a la normativa UNE-EN 62271-200 para instalación interior, clase -5 °C según IEC 62271-1, hasta una altitud de 2000 m sobre el nivel del mar sin mantenimiento con las siguientes características generales estándar:

#### - Construcción:

Cuba de acero inoxidable de sistema de presión sellado, según IEC 62271-1, conteniendo los elementos del circuito principal sin necesidad de reposición de gas durante 30 años.

3 Divisores capacitivos de 24 kV.

Bridas de sujeción de cables de Media Tensión diseñadas para sujeción de cables unipolares de hasta 630 mm<sup>2</sup> y para soportar los esfuerzos electrodinámicos en caso de cortocircuito.

Alta resistencia a la corrosión, soportando 150 h de niebla salina en el mecanismo de maniobra según norma ISO 7253.

#### -Seguridad:

Enclavamientos propios que no permiten acceder al compartimento de cables hasta haber conectado la puesta de tierra, ni maniobrar el equipo con la tapa del compartimento de cables retirada. Del mismo modo, el interruptor y el seccionador de puesta a tierra no pueden estar conectados simultáneamente.

Enclavamientos por candado independientes para los ejes de maniobra del interruptor y de seccionador de puesta a tierra, no pudiéndose retirar la tapa del compartimento de mecanismo de maniobras con los candados colocados.

Posibilidad de instalación de enclavamientos por cerradura independientes en los ejes de interruptor y de seccionador de puesta a tierra.

Inundabilidad: equipo preparado para mantener servicio en el bucle de Media Tensión en caso de una eventual inundación de la instalación soportando ensayo de 3 m de columna de agua durante 24 h.

#### *Grados de Protección :*

- Celda / Mecanismos de Maniobra: IP 2XD según EN 60529
- Cuba: IP X7 según EN 60529
- Protección a impactos en:
  - cubiertas metálicas: IK 08 según EN 5010
  - cuba: IK 09 según EN 5010

#### - Conexión de cables

La conexión de cables se realiza desde la parte frontal mediante unos pasatapas estándar.

#### - Enclavamientos

La función de los enclavamientos incluidos en todas las celdas CGMCOSMOS es que:

- No se pueda conectar el seccionador de puesta a tierra con el aparato principal cerrado, y recíprocamente, no se pueda cerrar el aparato principal si el seccionador de puesta a tierra está conectado.
- No se pueda quitar la tapa frontal si el seccionador de puesta a tierra está abierto, y a la inversa, no se pueda abrir el seccionador de puesta a tierra cuando la tapa frontal ha sido extraída.

#### - Características eléctricas

Las características generales de las celdas CGMCOSMOS son las siguientes:

Tensión nominal 24 kV

Nivel de aislamiento

Frecuencia industrial (1 min)	
a tierra y entre fases	50 kV
a la distancia de seccionamiento	60 kV

Impulso tipo rayo	
a tierra y entre fases	125 kV
a la distancia de seccionamiento	145 kV

En la descripción de cada celda se incluyen los valores propios correspondientes a las intensidades nominales, térmica y dinámica, etc.

### 8.7.2.3 Características Descriptivas de la Aparamenta MT y Transformadores

#### Entrada / Salida 1: **CGMCOSMOS-L Interruptor-seccionador**

Celda con envolvente metálica, fabricada por ORMAZABAL, formada por un módulo con las siguientes características:

La celda **CGMCOSMOS-L** de línea, está constituida por un módulo metálico con aislamiento y corte en gas, que incorpora en su interior un embarrado superior de cobre, y una derivación con un interruptor-seccionador rotativo, con capacidad de corte y aislamiento, y posición de puesta a tierra de los cables de acometida inferior-frontal mediante bornas enchufables. Presenta también captadores capacitivos ekorVPIS para la detección de tensión en los cables de acometida y alarma sonora de prevención de puesta a tierra ekorSAS.

#### - Características eléctricas:

· Tensión asignada:	24 kV
· Intensidad asignada:	400 A
· Intensidad de corta duración (1 s), eficaz:	16 kA
· Intensidad de corta duración (1 s), cresta:	40 kA
· Nivel de aislamiento	
- Frecuencia industrial (1 min) a tierra y entre fases:	28 kV
- Impulso tipo rayo a tierra y entre fases (cresta):	75 kV
· Capacidad de cierre (cresta):	40 kA
· Capacidad de corte	
- Corriente principalmente activa:	400 A

#### - Características físicas:

· Ancho:	365 mm
· Fondo:	735 mm

- Alto: 1740 mm
- Peso: 95 kg

- Otras características constructivas :

- Mecanismo de maniobra interruptor: manual tipo B

Protección General: **CGMCOSMOS-P Protección fusibles**

Celda con envolvente metálica, fabricada por ORMAZABAL, formada por un módulo con las siguientes características:

La celda CGMCOSMOS-P de protección con fusibles, está constituida por un módulo metálico con aislamiento y corte en gas, que incorpora en su interior un embarrado superior de cobre, y una derivación con un interruptor-seccionador rotativo, con capacidad de corte y aislamiento, y posición de puesta a tierra de los cables de acometida inferior-frontal mediante bornas enchufables, y en serie con él, un conjunto de fusibles fríos, combinados o asociados a ese interruptor. Presenta también captadores capacitivos para la detección de tensión en los cables de acometida y puede llevar una de alarma sonora de prevención de puesta a tierra ekorSAS, que suena cuando habiendo tensión en la línea se introduce la palanca en el eje del seccionador de puesta a tierra. Al introducir la palanca en esta posición, un sonido indica que puede realizarse un cortocircuito o un cero en la red si se efectúa la maniobra.

- Características eléctricas:

- Tensión asignada: 24 kV
- Intensidad asignada en el embarrado: 400 A
- Intensidad asignada en la derivación: 200 A
- Intensidad fusibles: 3x40 A
- Intensidad de corta duración (1 s), eficaz: 16 kA
- Intensidad de corta duración (1 s), cresta: 40 kA
- Nivel de aislamiento
- Frecuencia industrial (1 min)  
a tierra y entre fases: 50 kV
- Impulso tipo rayo  
a tierra y entre fases (cresta): 125 kV



- Capacidad de cierre (cresta): 40 kA
- Capacidad de corte
- Corriente principalmente activa: 400 A

- Características físicas:

- Ancho: 470 mm
- Fondo: 735 mm
- Alto: 1740 mm
- Peso: 140 kg

- Otras características constructivas:

- Mando posición con fusibles: manual tipo BR
- Combinación interruptor-fusibles: combinados
- Relé de protección: ekorRPT-201A

Medida: **CGMCOSMOS-M Medida**

Celda con envolvente metálica, fabricada por ORMAZABAL, formada por un módulo con las siguientes características:

La celda CGMCOSMOS-M de medida es un módulo metálico, construido en chapa galvanizada, que permite la incorporación en su interior de los transformadores de tensión e intensidad que se utilizan para dar los valores correspondientes a los aparatos de medida, control y contadores de medida de energía.

Por su constitución, esta celda puede incorporar los transformadores de cada tipo (tensión e intensidad), normalizados en las distintas compañías suministradoras de electricidad.

La tapa de la celda cuenta con los dispositivos que evitan la posibilidad de contactos indirectos y permiten el sellado de la misma, para garantizar la no manipulación de las conexiones.

- Características eléctricas:

- Tensión asignada: 24 kV

- Características físicas:

- Ancho: 800 mm
- Fondo: 1025 mm
- Alto: 1740 mm
- Peso: 165 kg

- Otras características constructivas:

- Transformadores de medida: 3 TT y 3 TI

De aislamiento seco y construido atendiendo a las correspondientes normas UNE y CEI, con las siguientes características:

\* Transformadores de tensión

Relación de transformación:	13200/V3-110/V3 V
Sobretensión admisible en permanencia:	1,2 Un en permanencia y 1,9 Un durante 8 horas

Medida

Potencia:	15 VA
Clase de precisión:	0,2

\* Transformadores de intensidad

Relación de transformación:	15 - 30/5 A
Intensidad térmica:	80 In (mín. 5 kA)
Sobreint. admisible en permanencia:	$F_s \leq 5$

Medida

Potencia:	15 VA
Clase de precisión:	0,2 s

Transformador 1: **Transformador aceite 24 kV**

Transformador trifásico reductor de tensión, construido según las normas citadas anteriormente, de marca COTRADIS, con neutro accesible en el secundario, de potencia 400 kVA y refrigeración natural aceite, de tensión primaria 13,2 - 20 kV y tensión secundaria 420 V en vacío (B2).

- Otras características constructivas:

- Regulación en el primario: + 2,5%, + 5%, + 7,5%, + 10 %
- Tensión de cortocircuito (Ecc): 4%
- Grupo de conexión: Dyn11
- Protección incorporada al transformador: Sin protección propia

#### 8.7.2.4 Características Descriptivas de los Cuadros de Baja Tensión

##### Cuadros BT - B2 Transformador 1: *Interruptor en carga + Fusibles*

El Cuadro de Baja Tensión (CBT), es un conjunto de aparata de BT cuya función es recibir el circuito principal de BT procedente del transformador MT/BT y distribuirlo en un número determinado de circuitos individuales.

El cuadro tiene las siguientes características:

- Interruptor manual de corte en carga de 630 A.
- 1 Salida formadas por bases portafusibles.
- Interruptor diferencial bipolar de 25 A, 30 mA.
- Base portafusible de 32 A y cartucho portafusible de 20 A.
- Base enchufe bipolar con toma de tierra de 16 A/ 250 V.
- Bornas(alimentación a alumbrado) y pequeño material.

##### - Características eléctricas

- Tensión asignada: 440 V

- Nivel de aislamiento

Frecuencia industrial (1 min)

- a tierra y entre fases: 10 kV
- entre fases: 2,5 kV

Impulso tipo rayo:

- a tierra y entre fases: 20 kV

- Dimensiones: Altura: 1820 mm
- Anchura: 580 mm
- Fondo: 300 mm

#### 8.7.2.5 Características del material vario de Media Tensión y Baja Tensión

El material vario del Centro de Transformación es aquel que, aunque forma parte del conjunto del mismo, no se ha descrito en las características del equipo ni en las características de la aparamenta.

- Interconexiones de MT:

Puentes MT Transformador 1: **Cables MT 12/20 kV**

Cables MT 12/20 kV del tipo DHZ1, unipolares, con conductores de sección y material 1x50 Al.

La terminación al transformador es EUROMOLD de 24 kV del tipo enchufable acodada y modelo K158LR.

En el otro extremo, en la celda, es EUROMOLD de 24 kV del tipo cono difusor y modelo OTK 224.

Puentes entre Celdas: **Cables MT 12/20 kV**

Cables MT 12/20 kV del tipo DHZ1, unipolares, con conductores de sección y material 1x50 Al, y terminaciones EUROMOLD de 24 kV del tipo enchufable recta y modelo K152SR y del tipo cono difusor y modelo OTK 224.

- Interconexiones de BT:

Puentes BT - B2 Transformador 1: **Puentes transformador-cuadro**

Juego de puentes de cables de BT, de sección y material Al (Polietileno Reticulado) sin armadura, y todos los accesorios para la conexión, formados por un grupo de cables en la cantidad 3xfase + 2xneutro.

- Defensa de transformadores:

Defensa de Transformador 1: **Protección física transformador**

Protección metálica para defensa del transformador.

- Equipos de iluminación:

Iluminación Edificio de Transformación: **Equipo de iluminación**

Equipo de alumbrado que permita la suficiente visibilidad para ejecutar las maniobras y revisiones necesarias en los centros.

Equipo autónomo de alumbrado de emergencia y señalización de la salida del local.

### 8.7.3 Medida de la energía eléctrica

El conjunto consta de un contador tarificador electrónico multifunción, un registrador electrónico y una regleta de verificación. Todo ello va en el interior de un armario homologado para contener estos equipos.

### 8.7.4 Unidades de protección, automatismo y control

Unidad de Protección: *ekorRPT*

Unidad digital de protección desarrollada para su aplicación en la función de protección de transformadores. Aporta a la protección de fusibles protección contra sobrecargas y defectos fase-tierra de bajo valor. Es autoalimentado a partir de 5 A a través de transformadores de intensidad toroidales, comunicable y configurable por software con histórico de disparos.

- Características:

- o Rango de potencias: 50 kVA - 2500 kVA
- o Funciones de Protección:
- o Sobreintensidad
- o Fases (3 x 50/51)
- o Neutro (50N / 51N)
- o Neutro Sensible (50Ns / 51Ns)
- o Disparo exterior: Función de protección (49T)
- o Detección de faltas a tierra desde 0,5 A
- o Bloqueo de disparo interruptor: 1200 A y 300 A
- o Evita fusiones no seguras de fusibles (zona I3)
- o Posibilidad de pruebas por primario y secundario
- o Configurable por software (RS-232) y comunicable (RS-485)
- o Histórico de disparos
- o Medidas de intensidad: I1, I2, I3 e Io
- o Opcional con control integrado (alimentación auxiliar)

- Elementos:

- Relé electrónico que dispone en su carátula frontal de teclas y display digital para realizar el ajuste y visualizar los parámetros de protección, medida y control. Para la comunicación dispone de un puerto frontal RS232 y en la parte trasera un puerto RS485 (5 kV).
- Los sensores de intensidad son transformadores toroidales que tienen una relación de 300 A / 1 A. Para la opción de protección homopolar ultrasensible se coloca un toroidal adicional que abarca las tres fases. En el caso de que el equipo sea autoalimentado (desde 5 A por fase) se debe colocar 1 sensor adicional por fase.
- La tarjeta de alimentación acondiciona la señal de los transformadores de autoalimentación y la convierte en una señal de CC para alimentar el relé de forma segura. Dispone de una entrada de 230 Vca para alimentación auxiliar exterior con un nivel de aislamiento de 10 kV.
- El disparador bistable es un actuador electromecánico de bajo consumo integrado en el mecanismo de maniobra del interruptor.

- Otras características:

- Ith/Idin = 20 kA /50 kA
- Temperatura = -10 °C a 60 °C
- Frecuencia = 50 Hz; 60 Hz ± 1 %
- Ensayos:
  - De aislamiento según 60255-5
  - De compatibilidad electromagnética según CEI 60255-22-X, CEI 61000-4-X y EN 50081-2/55011
  - Climáticos según CEI 60068-2-X
  - Mecánicos según CEI 60255-21-X
  - De potencia según CEI 60265 y CEI 60056

Así mismo este producto cumple con la directiva de la Unión Europea sobre compatibilidad electromagnética 89/336/EEC y con la CEI 60255. Esta conformidad es resultado de un ensayo realizado según el artículo 10 de la directiva, y recogido en el protocolo B131-01-69-EE acorde a las normas genéricas EN 50081 y EN 50082.

### 8.7.5 Puesta a tierra

Tierra de protección

Todas las partes metálicas no unidas a los circuitos principales de todos los aparatos y equipos instalados en el Centro de Transformación se unen a la tierra de protección: envolventes de las celdas y cuadros de BT, rejillas de protección, carcasa de los transformadores, etc., así como la armadura del edificio (si éste es prefabricado). No se unirán, por contra, las rejillas y puertas metálicas del centro, si son accesibles desde el exterior

Tierra de servicio

Con objeto de evitar tensiones peligrosas en BT, debido a faltas en la red de MT, el neutro del sistema de BT se conecta a una toma de tierra independiente del sistema de MT, de tal forma que no exista influencia en la red general de tierra, para lo cual se emplea un cable de cobre aislado.

### 8.7.6 Instalaciones secundarias

- Alumbrado

El interruptor se situará al lado de la puerta de acceso, de forma que su accionamiento no represente peligro por su proximidad a la MT.

El interruptor accionará los puntos de luz necesarios para la suficiente y uniforme iluminación de todo el recinto del centro.

- Armario de primeros auxilios

El Centro de Transformación cuenta con un armario de primeros auxilios.

- Medidas de seguridad

Para la protección del personal y equipos, se debe garantizar que:

1- No será posible acceder a las zonas normalmente en tensión, si éstas no han sido puestas a tierra. Por ello, el sistema de enclavamientos interno de las celdas debe afectar al mando del aparato principal, del seccionador de puesta a tierra y a las tapas de acceso a los cables.

2- Las celdas de entrada y salida serán con aislamiento integral y corte en gas, y las conexiones entre sus embarrados deberán ser apantalladas, consiguiendo con ello la insensibilidad a los agentes externos, y evitando de esta forma la pérdida del suministro en los Centros de Transformación interconectados con éste, incluso en el eventual caso de inundación del Centro de Transformación.

3- Las bornas de conexión de cables y fusibles serán fácilmente accesibles a los operarios de forma que, en las operaciones de mantenimiento, la posición de trabajo normal no carezca de visibilidad sobre estas zonas.

4- Los mandos de la apartamenta estarán situados frente al operario en el momento de realizar la operación, y el diseño de la apartamenta protegerá al operario de la salida de gases en caso de un eventual arco interno.

5- El diseño de las celdas impedirá la incidencia de los gases de escape, producidos en el caso de un arco interno, sobre los cables de MT y BT. Por ello, esta salida de gases no debe estar enfocada en ningún caso hacia el foso de cables.

## **9. NORMATIVA Y REFERENCIAS**

### **9.1 NORMATIVA**

Para realizar el siguiente proyecto se ha tenido en cuenta la siguiente normativa:

- Ordenanzas municipales del Excmo. Ayuntamiento de Orcoyen.
- Reglamento de Líneas Eléctricas Aéreas de Alta Tensión. Colección Leyes, Normas y Reglamentos. Ministerio de Ciencia y Tecnología.
- Reglamento sobre Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de transformación. Colección Leyes, Normas y Reglamentos. Ministerio de Industria y Energía.
- Reglamento sobre acometidas eléctricas. Colección Leyes, Normas y Reglamentos. Ministerio de Industria y Energía.
- Reglamento sobre las condiciones técnicas y garantías de seguridad en centrales eléctricas, subestaciones y centros de transformación e instrucciones técnicas complementarias. Ministerio de Industria y Energía.
- Reglamento de verificaciones eléctricas y regularidad en el suministro de energía eléctrica.
- Normativa de Seguridad e Higiene en el Trabajo.
- Normativa tecnológica de edificaciones del Ministerio de Vivienda.
- Normativa sobre las instalaciones de ámbito industrial.
- Normativa de la empresa suministradora: “IBERDROLA distribución eléctrica S.A.U.”
- Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión e Instrucciones Técnicas Complementarias (Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto de 2002).
- Normas UNE y recomendaciones UNESA que sean de aplicación.



## 9.2 BIBLIOGRAFÍA

- Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión.
- Guía técnica de aplicación del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión.
- Normas UNE.
- Manual de iluminación *PHILIPS*.
- Varios catálogos comerciales (*PHILIPS, DAISALUX, ABB,...*)
- Código técnico.
- LLUMINOTECNIA enciclopedia CEAC de electricidad.
- Base de precios del Colegio de Arquitectos de Guadalajara.

## 9.3 PROGRAMAS DE CÁLCULO

- DMELECT: Cálculos de la instalación eléctrica (CIEBT)
- PRESTO 8.8: Calculo del presupuesto y de las mediciones.
- AUTOCAD 2010: Realización de los planos del proyecto.
- DIALUX: Cálculos iluminación interior.
- DAISALUX: Cálculos de la iluminación de emergencia.
- amiKIT de Ormazabal: Centro de Transformación.

**10. RESUMEN DEL PRESUPUESTO**

Capítulo	Resumen	EUROS	%
1	Centro de transformación.....	34.682,41	39,97
2	Derivación individual (cuadro bt a CGMP).....	724,41	0,83
3	Cuadros con sus protecciones .....	18.004,71	20,75
4	Canalizaciones y conductores.....	8.304,27	9,57
5	Equipos de alumbrado .....	13.165,76	15,17
6	Mecanismos .....	6.049,97	6,97
7	Compensación energía reactiva.....	3.020,59	3,48
8	Puesta a tierra de la nave .....	648,22	0,75
9	Otros gastos.....	2.175,00	2,51
		<b>TOTAL EJECUCIÓN MATERIAL</b>	<b>86.775,34</b>
		13,00% Gastos generales.....	11.280,79
		6,00% Beneficio industrial.....	5.206,52
		<b>SUMA DE G.G. y B.I.</b>	<b>16.487,31</b>
		21,00% I.V.A. ....	21.685,16
		<b>TOTAL PRESUPUESTO CONTRATA</b>	<b>124.947,81</b>
		<b>TOTAL PRESUPUESTO GENERAL</b>	<b>124.947,81</b>

Asciende el presupuesto general a la expresada cantidad de CIENTO VEINTICUATRO MIL NOVECIENTOS CUARENTA Y SIETE EUROS con OCHENTA Y UN CÉNTIMOS

Julio de 2013.

## **11. ORDEN DE PRIORIDAD ENTRE LOS DOCUMENTOS**

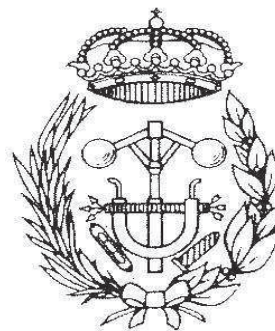
Ante posibles discrepancias se establece el siguiente orden de prioridad entre los documentos básicos del proyecto:

- 1º Planos
- 2º Pliego de condiciones
- 3º Presupuesto
- 4º Memoria

**Pamplona, Julio de 2013**

**Aitor Iñigo Regaira**





# ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación:

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL ELÉCTRICO

Título del proyecto:

INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN BAJA TENSION DE NAVE  
INDUSTRIAL Y CENTRO DE TRANSFORMACIÓN

**DOCUMENTO N°2. Cálculos.**

Alumno: Aitor Iñigo Regaira

Tutora: Amaya Pérez Ezcurdia

Pamplona, Julio de 2013

## ÍNDICE

1. DOCUMENTACIÓN DE PARTIDA .....	3
2. CÁLCULOS .....	3
2.1 POTENCIA DEL TRANSFORMADOR .....	3
2.2 CÁLCULOS DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN .....	4
2.2.1 INTENSIDAD DE MEDIA TENSIÓN .....	4
2.2.2 INTENSIDAD DE BAJA TENSIÓN .....	5
2.2.3 CORTOCIRCUITOS .....	5
<u>OBSERVACIONES</u> .....	5
<u>CÁLCULO DE LAS INTENSIDADES DE CORTOCIRCUITO</u> .....	5
<u>CORTOCIRCUITO EN EL LADO DE MEDIA TENSIÓN</u> .....	6
<u>CORTOCIRCUITO EN EL LADO DE BAJA TENSIÓN</u> .....	6
2.2.4 DIMENSIONADO DEL EMBARRADO .....	7
<u>COMPROBACIÓN POR DENSIDAD DE CORRIENTE</u> .....	7
<u>COMPROBACIÓN POR SOLICITACIÓN ELECTRODINÁMICA</u> .....	7
<u>COMPROBACIÓN POR SOLICITACIÓN TÉRMICA</u> .....	7
2.2.5 PROTECCIÓN CONTRA SOBRECARGAS Y CORTOCIRCUITOS .....	7
2.2.6 DIMENSIONADO DE LOS PUENTES DE MT .....	8
2.2.7 DIMENSIONADO DE LA VENTILACIÓN DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN .....	8
2.2.8 DIMENSIONADO DEL POZO APAGAFUEGOS .....	9
2.2.9 CÁLCULO DE LAS INSTALACIONES DE PUESTA A TIERRA .....	9
<u>INVESTIGACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL SUELO</u> .....	9
<u>DETERMINACIÓN DE LAS CORRIENTES MÁXIMAS DE PUESTA A TIERRA Y DEL TIEMPO MÁXIMO CORRESPONDIENTE A LA ELIMINACIÓN DEL DEFECTO</u> .....	9
<u>DISEÑO PRELIMINAR DE LA INSTALACIÓN DE TIERRA</u> .....	10
<u>CÁLCULO DE LA RESISTENCIA DEL SISTEMA DE TIERRA</u> .....	10
<u>CÁLCULO DE LAS TENSIONES DE PASO EN EL INTERIOR DE LA INSTALACIÓN</u> .....	13
<u>CÁLCULO DE LAS TENSIONES DE PASO EN EL EXTERIOR DE LA INSTALACIÓN</u> .....	13
	1

_ CÁLCULO DE LAS TENSIONES APLICADAS.....	14
_ INVESTIGACIÓN DE LAS TENSIONES TRANSFERIBLES AL EXTERIOR	15
_ CORRECCIÓN Y AJUSTE DEL DISEÑO INICIAL .....	16
2.3 INSTALACIÓN DE BAJA TENSIÓN.....	17
2.3.1 DEMANDA DE POTENCIA .....	17
2.3.2 FÓRMULAS PARA EL DIMENSIONADO DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS.....	17
2.3.3 DIMENSIONADO DE LOS CONDUCTORES SEGÚN LA INTENSIDAD NOMINAL .....	22
2.3.4 DIMENSIONADO DE LOS CONDUCTORES SEGÚN LA CAÍDA DE TENSIÓN.....	23
2.3.5 DIMENSIONADO DE LAS CANALIZACIONES .....	23
2.3.6 RESULTADOS .....	26
2.3.7 CÁLCULO CORTOCIRCUITOS .....	28
2.3.8 RESULTADO CÁLCULO CORTOCIRCUITOS.....	30
2.3.9 RESULTADOS DE LOS CÁLCULOS ELÉCTRICOS.....	32
2.4 COMPENSACIÓN ENERGÍA REACTIVA.....	58
2.5 PUESTA A TIERRA .....	59
2.5.1 RESISTENCIA DEL ELECTRODO.....	59
2.5.2 CARACTERÍSTICAS DEL ELECTRODO.....	60
2.5.3 MÍNIMA DISTANCIA ENTRE LAS TOMAS DE TIERRA DE LAS MASAS Y DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN .....	62
3. ANEXO CÁLCULOS.....	63
3.1 CALCULO ILUMINACIÓN EXTERIOR.....	63
3.2 CALCULO ILUMINACIÓN INTERIOR .....	64
3.3 CALCULO ILUMINACIÓN DE EMERGENCIA .....	81

## 1. Documentación de Partida

Para la elaboración de este proyecto se ha tenido en cuenta una serie de documentación facilitada por el cliente. Esta documentación se centra en los datos constructivos de la nave industrial. También ha sido facilitada por el cliente la potencia que necesitaran otras instalaciones que no han sido objeto del proyecto, como la instalación antiincendios o fontanería.

A partir de aquí, el diseño y cálculo de la instalación eléctrica, el alumbrado, la alimentación de la nave industrial y las instalaciones del centro de transformación, serán objeto de este proyecto.

## 2. Cálculos

### 2.1 Potencia del Transformador

Para el cálculo de la potencia necesaria del transformador sumaremos todas las potencias de la instalación del polideportivo. Para calcular la potencia aparente de la instalación utilizaremos la siguiente fórmula:

$$S = \frac{P \times K_u \times K_s}{\cos\varphi}$$

Dónde:

P: Potencia instalada [kW]

Ku: Coeficiente de utilización

Ks: Coeficiente de simultaneidad

Cosφ: Factor de potencia

Tanto el coeficiente Ku como Ks tendrán un valor de 1, puesto que el transformador me interesa dimensionarlo para el peor de los casos posibles. Además como la potencia reactiva va a ser compensada por una batería de condensadores que más adelante calcularé, el factor de potencia es igual a 1.

La potencia total instalada es la suma algebraica de todas las cargas de la instalación, donde distingo las procedentes de la iluminación, circuitos de fuerza, cargas aisladas y subcuadros. Siendo algunas de estas últimas datos del proyecto facilitados por el cliente.

La potencia total de los diferentes cuadros y equipos es la siguiente:



- Potencia Instalada Alumbrado (W): 5493
- Potencia Instalada Fuerza (W): 62700
- Potencia Motores (W): 172910
- Potencia en el centro de transformación (W): 1624
- TOTAL.... 242727 W

Para dimensionar las instalaciones tendré en cuenta los coeficientes para motores y alumbrado. En concreto 1.8 para alumbrado de descarga y fluorescente, 1.3 para motores de elevación y 1.25 para el resto de motores. De esta manera se obtiene una potencia de cálculo de **255511,4 W**. Valor para el que la normativa obliga a usar un transformador. Además, usando un transformador mejora notablemente la calidad de la tensión recibida.

$$S = \frac{255511,4 \times 1 \times 1}{1}$$

$$S = 255,511 \text{ KVA}$$

En previsión de una posible ampliación de las instalaciones de un 30%, aplicamos un coeficiente de ampliación Ka de 1,3:

$$S_t = S \times 1,3 = 255511,4 \times 1,3 = \mathbf{332,164 \text{ KVA}}$$

Eligiendo por tanto el transformador con valor de potencia normalizada inmediatamente superior a la calculada, es decir, un transformador de **400 KVA**.

## 2.2 Cálculos del centro de transformación

### 2.2.1 Intensidad de Media Tensión

La intensidad primaria en un transformador trifásico viene dada por la expresión:

$$I_p = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U_p} \quad (2.1.a)$$

dónde:

P      potencia del transformador [kVA]  
 U<sub>p</sub>    tensión primaria [kV]

$I_p$  intensidad primaria [A]

En el caso que nos ocupa, la tensión primaria de alimentación es de 13,2 kV.

Para el único transformador de este Centro de Transformador, la potencia es de 400 kVA.

$$\cdot I_p = 17,5 \text{ A}$$

### 2.2.2 Intensidad de Baja Tensión

Para el único transformador de este Centro de Transformador, la potencia es de 400 kVA, y la tensión secundaria es de 420 V en vacío.

La intensidad secundaria en un transformador trifásico viene dada por la expresión:

$$I_s = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U_s} \quad (2.2.a)$$

dónde:

$P$  potencia del transformador [kVA]  
 $U_s$  tensión en el secundario [kV]  
 $I_s$  intensidad en el secundario [A]

La intensidad en las salidas de 420 V en vacío puede alcanzar el valor

$$\cdot I_s = 549,9 \text{ A.}$$

### 2.2.3 Cortocircuitos

#### Observaciones

Para el cálculo de las intensidades que origina un cortocircuito, se tendrá en cuenta la potencia de cortocircuito de la red de MT, valor especificado por la compañía eléctrica.

#### Cálculo de las intensidades de cortocircuito

Para el cálculo de la corriente de cortocircuito en la instalación, se utiliza la expresión:

$$I_{ccp} = \frac{S_{cc}}{\sqrt{3} \cdot U_p} \quad (2.3.2.a)$$

dónde:

$S_{cc}$	potencia de cortocircuito de la red [MVA]
$U_p$	tensión de servicio [kV]
$I_{ccp}$	corriente de cortocircuito [kA]

Para los cortocircuitos secundarios, se va a considerar que la potencia de cortocircuito disponible es la teórica de los transformadores de MT-BT, siendo por ello más conservadores que en las consideraciones reales.

La corriente de cortocircuito del secundario de un transformador trifásico, viene dada por la expresión:

$$I_{ccs} = \frac{100 \cdot P}{\sqrt{3} \cdot E_{cc} \cdot U_s} \quad (2.3.2.b)$$

dónde:

$P$	potencia de transformador [kVA]
$E_{cc}$	tensión de cortocircuito del transformador [%]
$U_s$	tensión en el secundario [V]
$I_{ccs}$	corriente de cortocircuito [kA]

### Cortocircuito en el lado de Media Tensión

Utilizando la expresión 2.3.2.a, en el que la potencia de cortocircuito es de 365,8 MVA y la tensión de servicio 13,2 kV, la intensidad de cortocircuito es :

$$\cdot I_{ccp} = 16 \text{ kA}$$

### Cortocircuito en el lado de Baja Tensión

Para el único transformador de este Centro de Transformación, la potencia es de 400 kVA, la tensión porcentual del cortocircuito del 4%, y la tensión secundaria es de 420 V en vacío

La intensidad de cortocircuito en el lado de BT con 420 V en vacío será, según la fórmula 2.3.2.b:

$$\cdot I_{ccs} = 13,7 \text{ kA}$$

## 2.2.4 Dimensionado del embarrado

Las celdas fabricadas por ORMAZABAL han sido sometidas a ensayos para certificar los valores indicados en las placas de características, por lo que no es necesario realizar cálculos teóricos ni hipótesis de comportamiento de celdas.

### Comprobación por densidad de corriente

La comprobación por densidad de corriente tiene por objeto verificar que el conductor indicado es capaz de conducir la corriente nominal máxima sin superar la densidad máxima posible para el material conductor. Esto, además de mediante cálculos teóricos, puede comprobarse realizando un ensayo de intensidad nominal, que con objeto de disponer de suficiente margen de seguridad, se considerará que es la intensidad del bucle, que en este caso es de 400 A.

### Comprobación por sollicitación electrodinámica

La intensidad dinámica de cortocircuito se valora en aproximadamente 2,5 veces la intensidad eficaz de cortocircuito calculada en el apartado 2.3.2.a de este capítulo, por lo que:

- $I_{cc(din)} = 40 \text{ kA}$

### Comprobación por sollicitación térmica

La comprobación térmica tiene por objeto comprobar que no se producirá un calentamiento excesivo de la aparamenta por defecto de un cortocircuito. Esta comprobación se puede realizar mediante cálculos teóricos, pero preferentemente se debe realizar un ensayo según la normativa en vigor. En este caso, la intensidad considerada es la eficaz de cortocircuito, cuyo valor es:

- $I_{cc(ter)} = 16 \text{ kA}$ .

## 2.2.5 Protección contra sobrecargas y cortocircuitos

Los transformadores están protegidos tanto en MT como en BT. En MT la protección la efectúan las celdas asociadas a esos transformadores, mientras que en BT la protección se incorpora en los cuadros de las líneas de salida.

Transformador

La protección en MT de este transformador se realiza utilizando una celda de interruptor con fusibles, siendo éstos los que efectúan la protección ante eventuales cortocircuitos.

Estos fusibles realizan su función de protección de forma ultrarrápida (de tiempos inferiores a los de los interruptores automáticos), ya que su fusión evita incluso el paso del máximo de las corrientes de cortocircuitos por toda la instalación.

Los fusibles se seleccionan para:

- Permitir el funcionamiento continuado a la intensidad nominal, requerida para esta aplicación.
- No producir disparos durante el arranque en vacío de los transformadores, tiempo en el que la intensidad es muy superior a la nominal y de una duración intermedia.
- No producir disparos cuando se producen corrientes de entre 10 y 20 veces la nominal, siempre que su duración sea inferior a 0,1 s, evitando así que los fenómenos transitorios provoquen interrupciones del suministro.

Sin embargo, los fusibles no constituyen una protección suficiente contra las sobrecargas, que tendrán que ser evitadas incluyendo un relé de protección de transformador, o si no es posible, una protección térmica del transformador. La intensidad nominal de estos fusibles es de 40 A.

### 2.2.6 Dimensionado de los puentes de MT

Los cables que se utilizan en esta instalación, descritos en la memoria, deberán ser capaces de soportar los parámetros de la red.

Transformador 1

La intensidad nominal demandada por este transformador es igual a 17,5 A que es inferior al valor máximo admisible por el cable.

Este valor es de 150 A para un cable de sección de 50 mm<sup>2</sup> de Al según el fabricante.

### 2.2.7 Dimensionado de la ventilación del Centro de Transformación.

***Se considera de interés la realización de ensayos de homologación de los Centros de Transformación.***

El edificio empleado en esta aplicación ha sido homologado según los protocolos obtenidos en laboratorio Labein (Vizcaya - España):

- 97624-1-E, para ventilación de transformador de potencia hasta 1000 kVA

- 960124-CJ-EB-01, para ventilación de transformador de potencia hasta 1600 kVA

### 2.2.8 Dimensionado del pozo apagafuegos

Se dispone de un foso de recogida de aceite de 600 l de capacidad por cada transformador cubierto de grava para la absorción del fluido y para prevenir el vertido del mismo hacia el exterior y minimizar el daño en caso de fuego.

### 2.2.9 Cálculo de las instalaciones de puesta a tierra

#### Investigación de las características del suelo

El Reglamento de Alta Tensión indica que para instalaciones de tercera categoría, y de intensidad de cortocircuito a tierra inferior o igual a 16 kA no será imprescindible realizar la citada investigación previa de la resistividad del suelo, bastando el examen visual del terreno y pudiéndose estimar su resistividad, siendo necesario medirla para corrientes superiores.

Según la investigación previa del terreno donde se instalará este Centro de Transformación, se determina la resistividad media en 150 Ohm·m.

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

En las instalaciones de MT de tercera categoría, los parámetros que determinan los cálculos de faltas a tierra son las siguientes:

De la red:

- Tipo de neutro. El neutro de la red puede estar aislado, rígidamente unido a tierra, unido a esta mediante resistencias o impedancias. Esto producirá una limitación de la corriente de la falta, en función de las longitudes de líneas o de los valores de impedancias en cada caso.
- Tipo de protecciones. Cuando se produce un defecto, éste se eliminará mediante la apertura de un elemento de corte que actúa por indicación de un dispositivo relé de intensidad, que puede actuar en un tiempo fijo (tiempo fijo), o según una curva de tipo inverso (tiempo dependiente). Adicionalmente, pueden existir reenganches posteriores al primer disparo,

que sólo influirán en los cálculos si se producen en un tiempo inferior a los 0,5 segundos.

No obstante, y dada la casuística existente dentro de las redes de cada compañía suministradora, en ocasiones se debe resolver este cálculo considerando la intensidad máxima empírica y un tiempo máximo de ruptura, valores que, como los otros, deben ser indicados por la compañía eléctrica.

### Diseño preliminar de la instalación de tierra

El diseño preliminar de la instalación de puesta a tierra se realiza basándose en las configuraciones tipo presentadas en el Anexo 2 del método de cálculo de instalaciones de puesta a tierra de UNESA, que esté de acuerdo con la forma y dimensiones del Centro de Transformación, según el método de cálculo desarrollado por este organismo.

### Cálculo de la resistencia del sistema de tierra

Características de la red de alimentación:

- Tensión de servicio:  $U_r = 13,2 \text{ kV}$

Puesta a tierra del neutro:

- Limitación de la intensidad a tierra  $I_{dm} = 400 \text{ A}$

Nivel de aislamiento de las instalaciones de BT:

- $V_{bt} = 6000 \text{ V}$

Características del terreno:

- Resistencia de tierra  $R_o = 150 \text{ Ohm} \cdot \text{m}$
- Resistencia del hormigón  $R'o = 3000 \text{ Ohm}$

La resistencia máxima de la puesta a tierra de protección del edificio, y la intensidad del defecto salen de:

$$I_d \cdot R_t \leq V_{bt} \quad (2.9.4.a)$$

dónde:

$I_d$	intensidad de falta a tierra [A]
$R_t$	resistencia total de puesta a tierra [Ohm]
$V_{bt}$	tensión de aislamiento en baja tensión [V]

La intensidad del defecto se calcula de la siguiente forma:

$$I_d = I_{dm} \quad (2.9.4.b)$$

dónde:

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

Operando en este caso, el resultado preliminar obtenido es:

- $I_d = 400 \text{ A}$

La resistencia total de puesta a tierra preliminar:

- $R_t = 15 \text{ Ohm}$

Se selecciona el electrodo tipo (de entre los incluidos en las tablas, y de aplicación en este caso concreto, según las condiciones del sistema de tierras) que cumple el requisito de tener una  $K_r$  más cercana inferior o igual a la calculada para este caso y para este centro.

Valor unitario de resistencia de puesta a tierra del electrodo:

$$K_r \leq \frac{R_t}{R_o} \quad (2.9.4.c)$$

dónde:

$R_t$  resistencia total de puesta a tierra [Ohm]  
 $R_o$  resistividad del terreno en [Ohm·m]  
 $K_r$  coeficiente del electrodo

- Centro de Transformación

Para nuestro caso particular, y según los valores antes indicados:

- $K_r \leq 0,1$

La configuración adecuada para este caso tiene las siguientes propiedades:

- Configuración seleccionada: 50-50/8/82
- Geometría del sistema: Anillo rectangular
- Distancia de la red: 5.0x5.0 m
- Profundidad del electrodo horizontal: 0,8 m



- Número de picas: ocho
- Longitud de las picas: 2 metros

Parámetros característicos del electrodo:

- De la resistencia  $K_r = 0,069$
- De la tensión de paso  $K_p = 0,0109$
- De la tensión de contacto  $K_c = 0,0313$

Medidas de seguridad adicionales para evitar tensiones de contacto.

Para que no aparezcan tensiones de contacto exteriores ni interiores, se adaptan las siguientes medidas de seguridad:

- Las puertas y rejillas metálicas que dan al exterior del Edificio/s no tendrán contacto eléctrico con masas conductoras susceptibles de quedar a tensión debido a defectos o averías.
- En el piso del Centro de Transformación se instalará un mallazo cubierto por una capa de hormigón de 10 cm, conectado a la puesta a tierra del mismo.
- En el caso de instalar las picas en hilera, se dispondrán alineadas con el frente del edificio.

El valor real de la resistencia de puesta a tierra del edificio será:

$$R'_t = K_r \cdot R_o \quad (2.9.4.d)$$

dónde:

$K_r$	coeficiente del electrodo
$R_o$	resistividad del terreno en [Ohm·m]
$R'_t$	resistencia total de puesta a tierra [Ohm]

por lo que para el Centro de Transformación:

- $R'_t = 10,35 \text{ Ohm}$

y la intensidad de defecto real, tal y como indica la fórmula (2.9.4.b):

- $I'd = 400 \text{ A}$

### Cálculo de las tensiones de paso en el interior de la instalación

Adoptando las medidas de seguridad adicionales, no es preciso calcular las tensiones de paso y contacto en el interior en los edificios de maniobra interior, ya que éstas son prácticamente nulas.

La tensión de defecto vendrá dada por:

$$V'_d = R'_t \cdot I'_d \quad (2.9.5.a)$$

dónde:

$R'_t$	resistencia total de puesta a tierra [Ohm]
$I'_d$	intensidad de defecto [A]
$V'_d$	tensión de defecto [V]

por lo que en el Centro de Transformación:

$$\cdot V'd = 4140 \text{ V}$$

La tensión de paso en el acceso será igual al valor de la tensión máxima de contacto siempre que se disponga de una malla equipotencial conectada al electrodo de tierra según la fórmula:

$$V'_c = K_c \cdot R_o \cdot I'_d \quad (2.9.5.b)$$

dónde:

$K_c$	coeficiente
$R_o$	resistividad del terreno en [Ohm·m]
$I'_d$	intensidad de defecto [A]
$V'_c$	tensión de paso en el acceso [V]

por lo que tendremos en el Centro de Transformación:

$$\cdot V'c = 1878 \text{ V}$$

### Cálculo de las tensiones de paso en el exterior de la instalación

Adoptando las medidas de seguridad adicionales, no es preciso calcular las tensiones de contacto en el exterior de la instalación, ya que éstas serán prácticamente nulas.

Tensión de paso en el exterior:

$$V'_p = K_p \cdot R_o \cdot I'_d$$

(2.9.6.a)

dónde:

$K_p$	coeficiente
$R_o$	resistividad del terreno en [Ohm·m]
$I'_d$	intensidad de defecto [A]
$V'_p$	tensión de paso en el exterior [V]

por lo que, para este caso:

- $V'_p = 654$  V en el Centro de Transformación

### Cálculo de las tensiones aplicadas

- Centro de Transformación

Los valores admisibles son para una duración total de la falta igual a:

- $t = 0,7$  seg
- $K = 72$
- $n = 1$

Tensión de paso en el exterior:

$$V_p = \frac{10 \cdot K}{t^n} \cdot \left( 1 + \frac{6 \cdot R_o}{1000} \right) \quad (2.9.7.a)$$

dónde:

$K$	coeficiente
$t$	tiempo total de duración de la falta [s]
$n$	coeficiente
$R_o$	resistividad del terreno en [Ohm·m]
$V_p$	tensión admisible de paso en el exterior [V]

por lo que, para este caso

- $V_p = 1954,29$  V

La tensión de paso en el acceso al edificio:

$$V_{p(acc)} = \frac{10 \cdot K}{t^n} \cdot \left( 1 + \frac{3 \cdot R_o + 3 \cdot R'_o}{1000} \right) \quad (2.9.7.b)$$

dónde:

K	coeficiente
t	tiempo total de duración de la falta [s]
n	coeficiente
$R_o$	resistividad del terreno en [Ohm·m]
$R'_o$	resistividad del hormigón en [Ohm·m]
$V_{p(acc)}$	tensión admisible de paso en el acceso [V]

por lo que, para este caso

$$\cdot V_{p(acc)} = 10748,57 \text{ V}$$

Comprobamos ahora que los valores calculados para el caso de este Centro de Transformación son inferiores a los valores admisibles:

Tensión de paso en el exterior del centro:

$$\cdot V'_p = 654 \text{ V} < V_p = 1954,29 \text{ V}$$

Tensión de paso en el acceso al centro:

$$\cdot V'_{p(acc)} = 1878 \text{ V} < V_{p(acc)} = 10748,57 \text{ V}$$

Tensión de defecto:

$$\cdot V'd = 4140 \text{ V} < V_{bt} = 6000 \text{ V}$$

Intensidad de defecto:

$$\cdot I_a = 50 \text{ A} < I_d = 400 \text{ A} < I_{dm} = 400 \text{ A}$$

### Investigación de las tensiones transferibles al exterior

Para garantizar que el sistema de tierras de protección no transfiera tensiones al sistema de tierra de servicio, evitando así que afecten a los usuarios, debe establecerse una separación entre los electrodos más próximos de ambos sistemas, siempre que la tensión de defecto supere los 1000V.

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

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

$$D = \frac{R_o \cdot I'_d}{2000 \cdot \pi} \quad (2.9.8.a)$$

dónde:

$R_o$	resistividad del terreno en [Ohm·m]
$I_d$	intensidad de defecto [A]
$D$	distancia mínima de separación [m]

Para este Centro de Transformación:

- $D = 9,55$  m

Se conectará a este sistema de tierras de servicio el neutro del transformador, así como la tierra de los secundarios de los transformadores de tensión e intensidad de la celda de medida.

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

- Identificación: 5/22 (según método UNESA)
- Geometría: Picas alineadas
- Número de picas: dos
- Longitud entre picas: 2 metros
- Profundidad de las picas: 0,5 m

Los parámetros según esta configuración de tierras son:

- $K_r = 0,201$
- $K_c = 0,0392$

El criterio de selección de la tierra de servicio es no ocasionar en el electrodo una tensión superior a 24 V cuando existe un defecto a tierra en una instalación de BT protegida contra contactos indirectos por un diferencial de 650 mA. Para ello la resistencia de puesta a tierra de servicio debe ser inferior a 37 Ohm.

$$R_{tserv} = K_r \cdot R_o = 0,201 \cdot 150 = 30,15 < 37 \text{ Ohm}$$

Para mantener los sistemas de puesta a tierra de protección y de servicio independientes, la puesta a tierra del neutro se realizará con cable aislado de 0,6/1 kV, protegido con tubo de PVC de grado de protección 7 como mínimo, contra daños mecánicos.

### Corrección y ajuste del diseño inicial

Según el proceso de justificación del electrodo de puesta a tierra seleccionado, no se considera necesaria la corrección del sistema proyectado.

No obstante, se puede ejecutar cualquier configuración con características de protección mejores que las calculadas, es decir, atendiendo a las tablas adjuntas al Método de Cálculo de Tierras de UNESA, con valores de "Kr" inferiores a los calculados, sin necesidad de repetir los cálculos, independientemente de que se cambie la profundidad

de enterramiento, geometría de la red de tierra de protección, dimensiones, número de picas o longitud de éstas, ya que los valores de tensión serán inferiores a los calculados en este caso.

## 2.3 Instalación de baja tensión

Para la realización de los cálculos eléctricos se ha utilizado el programa informático CIEBT y se han seguido las indicaciones del reglamento de baja tensión.

Para realizar los cálculos se debe tener en cuenta la tensión de servicio, la potencia a alimentar, la longitud del cable que alimentará la carga, el tipo de canalización por la que discurrirán los conductores, el tipo de aislamiento del conductor, así como los coeficientes de mayorización y de simultaneidad.

### 2.3.1 Demanda de potencia

Para realizar los cálculos de la instalación tendremos en cuenta la potencia total instalada, que es de 242727 W.

Aplicando los coeficientes correspondientes, que son 1,8 para el alumbrado y 1.25 para el mayor motor de la instalación, la potencia final obtenida es de 255,511 KW.

Para calcular cada circuito hemos considerado que los coeficientes de mayorización son de valor 1,8 para lámparas de descarga y fluorescentes, 1.3 el ascensor y 1,25 para el resto de motores. De esta manera la instalación se sobredimensiona para que pueda dar servicio sin problemas.

### 2.3.2 Fórmulas para el dimensionado de las instalaciones eléctricas

#### - Fórmulas de cálculo para intensidades

*Monofásica:*

$$I = \frac{P}{U \times \text{Cos}\varphi}$$

Dónde:

I = Intensidad (A)

P = Potencia (W)

U = Tensión (V)

Cosφ = Factor de potencia

*Trifásica:*

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \times U \times \cos\varphi}$$

Dónde:

I = Intensidad (A)

U = Tensión entre hilos activos (V)

P = Potencia (W)

$\cos\varphi$  = Factor de potencia

### - Fórmulas de cálculo para caídas de tensión

*Monofásica:*

$$e = \frac{2 \times \sum P \times L}{S \times \gamma \times U_n}$$

Dónde:

e = Caída de tensión (V)

P = Potencia de cálculo del tramo (W)

L = Longitud del tramo (W)

S = Sección del cable (mm<sup>2</sup>)

$\gamma$  = Conductividad (m/( $\Omega \cdot \text{mm}^2$ ))

$U_n$  = Tensión entre fase y neutro (V)

*Trifásica:*

$$e = \frac{\sum P \times L}{S \times \gamma \times U_n}$$

Dónde:

e = Caída de tensión (V)

P = Potencia de cálculo del tramo (W)

L = Longitud del tramo (W)

S = Sección del cable (mm<sup>2</sup>)

$\gamma$  = Conductividad (m/( $\Omega \cdot \text{mm}^2$ ))

$U_n$  = Tensión entre fase y neutro (V)

Para calcular la caída de tensión en porcentajes se empleara la siguiente fórmula:

$$e\% = \frac{e \times 100}{U}$$

Dónde:

e % = Caída de tensión en tanto por ciento.

U = Tensión entre fase y neutro (V)

**- Fórmulas de cálculo conductividad eléctrica**

$$\gamma = \frac{1}{\rho}$$

$$\rho = \rho_{20} \times (1 + \alpha(T - 20))$$

$$T = T_o + ((T_{\max} - T_o) * (\frac{I}{I_{\max}}))^2$$

Dónde:

$\gamma$  = Conductividad del conductor a la temperatura T.

$\rho$  = Resistividad del conductor a la temperatura T.

$\rho_{20}$  = Resistividad del conductor a 20°C.

Cu = 0.018

Al = 0.029

$\alpha$  = Coeficiente de temperatura:

Cu = 0.00392

Al = 0.00403

T = Temperatura del conductor (°C).

T0 = Temperatura ambiente (°C):

Cables enterrados = 25°C

Cables al aire = 40°C

Tmáx. = Temperatura máxima admisible del conductor (°C):

XLPE, EPR = 90°C

PVC = 70°C

I = Intensidad prevista por el conductor (A).

Imáx. = Intensidad máxima admisible del conductor (A).

**- Fórmulas de cálculo de cortocircuitos**

- *Intensidad permanente de cortocircuito en inicio de línea:*

$$I_{pccF} = \frac{C_t \times U_F}{Z_t \times 2}$$

Dónde:

IpccI: Intensidad permanente de c.c. en inicio de línea en kA.

Ct: Coeficiente de tensión.

U: Tensión trifásica en V.

Zt: Impedancia total en ohm, aguas arriba del punto de c.c. (sin incluir la línea o circuito en estudio).



- Intensidad permanente de cortocircuito en fin de línea:

$$I_{pccF} = \frac{C_t \times U_F}{Z_t \times 2}$$

Dónde:

$I_{pccF}$ : Intensidad permanente de c.c. en fin de línea en kA.

$C_t$ : Coeficiente de tensión.

$U_F$ : Tensión monofásica en V.

$Z_t$ : Impedancia total en ohm, incluyendo la propia de la línea o circuito

(Por tanto es igual a la impedancia en origen más la propia del conductor o línea).

- La impedancia total hasta el punto de cortocircuito será:

$$Z_t = \sqrt{R_t^2 + X_t^2}$$

Dónde:

$R_t$ :  $R_1 + R_2 + \dots + R_n$  (suma de las resistencias de las líneas aguas arriba hasta el punto de c.c.)

$X_t$ :  $X_1 + X_2 + \dots + X_n$  (suma de las reactancias de las líneas aguas arriba hasta el punto de c.c.)

*Impedancia transformador (X):*

$$Z = X = U_s^2 \frac{U_{cc}}{S_{100}}$$

Dónde:

$U_s$  = tensión en vacío entre fases en voltios.

$U_{cc}$  = tensión de cortocircuito en % (4%)

$S$  = potencia aparente en KVA (800 KVA)

$Z, X$  = impedancia o reactancia al secundario en  $m\Omega$ .

*Impedancia de la red en BT (R):*

$$R = \rho \frac{L}{S}$$

Dónde:

$R$  = resistencia del conductor ( $\Omega$ ).

$\rho$  = resistividad del conductor (en nuestro caso cobre).

$L$  = longitud del conductor.

$S$  = sección por fase del conductor.

Impedancia aparente (X):

$$Z_{ap} = 0,15 \Omega$$

Tiempo máximo que soporta un conductor:

$$t_{tmcicc} = \frac{C_c \times S^2 \times \Delta T}{I^2_{pccF}}$$

Dónde:

t<sub>tmcicc</sub>: Tiempo máximo en seg. que un conductor soporta una I<sub>pcc</sub>.

C<sub>c</sub>: Constante que depende de la naturaleza del conductor y de su aislamiento.

S: Sección de la línea en mm<sup>2</sup>.

I<sub>pccF</sub>: Intensidad permanente de c.c. en fin de línea en A.

ΔT: 90 para PVC y 160 para XLPE.

Tiempo de fusión de fusibles:

$$t_{tficc} = \frac{cte.fusible}{I^2_{pccF}}$$

Dónde:

t<sub>tficc</sub>: Tiempo de fusión de un fusible para una determinada intensidad de cortocircuito.

I<sub>pccF</sub>: Intensidad permanente de c.c. en fin de línea en A.

Longitud máxima del conductor:

$$L_{max} = \frac{0,8 \times U_f}{2 \times I_{f5}} \times \sqrt{\left(\frac{1,5}{k \times S \times n}\right)^2 + \left(\frac{Xu}{n \times 1000}\right)^2}$$

Dónde:

L<sub>max</sub>: Longitud máxima de conductor protegido a c.c. (m) (para protección por fusibles).

U<sub>f</sub>: Tensión de fase (V).

K: Conductividad.

S: Sección del conductor (mm<sup>2</sup>).

Xu: Reactancia por unidad de longitud (mohm/m). En conductores aislados suele ser 0,1.

n: n° de conductores por fase

Ct: Es el coeficiente de tensión (Ct=0,8).

CR: Es el coeficiente de resistencia (CR=1,5).

I<sub>f5</sub> = Intensidad de fusión en amperios de fusibles en 5 seg.

*Curvas válidas:*

(Para protección de Interruptores automáticos dotados de Relé electromagnético).

CURVA B IMAG = 5 In

CURVA C IMAG = 10 In

CURVA D y MA IMAG = 20 In

### - Formulas de cálculo de embarrados

*Cálculo electrodinámico:*

$$\sigma_{\max} = I_{\text{pcc}}^2 \cdot L^2 / (60 \cdot d \cdot W_y \cdot n)$$

Dónde:

$\sigma_{\max}$ : Tensión máxima en las pletinas (kg/cm<sup>2</sup>)

$I_{\text{pcc}}$ : Intensidad permanente de c.c. (kA)

L: Separación entre apoyos (cm)

d: Separación entre pletinas (cm)

n: nº de pletinas por fase

$W_y$ : Módulo resistente por pletina eje y-y (cm<sup>3</sup>)

$\sigma_{\text{adm}}$ : Tensión admisible material (kg/cm<sup>2</sup>)

*Comprobación por sollicitación térmica en cortocircuito*

$$I_{\text{cccs}} = K_c \cdot S / (1000 \cdot \sqrt{t_{\text{cc}}})$$

Dónde:

$I_{\text{pcc}}$ : Intensidad permanente de c.c. (kA)

$I_{\text{cccs}}$ : Intensidad de c.c. soportada por el conductor durante el tiempo de duración del c.c. (kA)

S: Sección total de las pletinas (mm<sup>2</sup>)

$t_{\text{cc}}$ : Tiempo de duración del cortocircuito (s)

$K_c$ : Constante del conductor: Cu = 164, Al = 107

### 2.3.3 Dimensionado de los conductores según la intensidad nominal

El dimensionado de la sección de los conductores en función de la intensidad nominal que circula por los conductores de la instalación consiste en definir la sección de éstos, en mm<sup>2</sup>, para que permitan el paso de toda la intensidad que circula en condiciones normales de servicio.

Se debe tener en cuenta que cuando circula corriente por un conductor se produce un calentamiento de éste, debido a pérdidas de energía en forma de calor por efecto Joule, hasta que se llega al equilibrio térmico, es decir, cuando todo el calor que se produce es cedido al exterior. La temperatura de equilibrio se encuentra en función del volumen del conductor, de su aislante y de las condiciones ambientales a las que se encuentra el conductor.

Para realizar el cálculo de las intensidades se utilizan las fórmulas correspondientes del anterior apartado según se trate de un sistema trifásico o monofásico.

### 2.3.4 Dimensionado de los conductores según la caída de tensión

El cálculo de la caída de tensión se realiza para comprobar si la sección del conductor, dimensionado previamente según la intensidad de cálculo, no provoca una caída de tensión muy importante. La caída de tensión de una línea es función de la sección y la longitud de ésta y aumenta cuanto más longitud tenga la línea y menor sea su sección.

$$R_c = \frac{\rho \times L}{S}$$

Los conductores y cables que se utilicen en las instalaciones serán de cobre o aluminio y siempre aislados.

Se ha tenido en cuenta la ITC-BT-44 para el cálculo de secciones de los circuitos que alimentan equipos fluorescentes. La potencia aparente a considerar para el cálculo de los conductores será la resultante de multiplicar la potencia activa nominal de dichos receptores por 1,8.

Cuando una línea alimenta solo a un motor, ésta se dimensionará teniendo en cuenta un 25% más de la intensidad del mismo, o un 30% si se trata de un motor de elevación, tal y como se indica en la ITC-BT-47.

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 más pequeña del 4,5% para alumbrado y del 6,5% para los otros usos ya que el centro de transformación es propio y podemos compensar esta caída con la de la derivación individual.

### 2.3.5 Dimensionado de las canalizaciones

El diámetro exterior mínimo de los tubos, de acuerdo con el 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. Los diámetros de los tubos están indicados en los planos de los esquemas unificares.

Para realizar el cálculo de las canalizaciones a instalar se ha tenido en cuenta si son canalizaciones enterradas, superficiales y en bandejas.

### - Canalizaciones enterradas

Las canalizaciones serán tubos de canalización que deberán tener un diámetro exterior mínimo según el número y la sección de los conductores que pasen por su interior.

A continuación se muestra la siguiente tabla con los diámetros mínimos.

Sección nominal (mm <sup>2</sup> )	Diámetro exterior de los tubos (mm)				
	Número de conductores				
	=<6	7	8	9	10
1,5	25	32	32	32	32
2,5	32	32	40	40	40
4	40	40	40	40	50
6	50	50	50	63	63
10	63	63	63	75	75
16	63	75	75	75	90
25	90	90	90	110	110
35	90	110	110	110	125
50	110	110	125	125	140
70	125	125	140	160	160
95	140	140	160	160	180
120	160	160	180	180	200
150	180	080	200	100	225
185	180	200	225	225	250
240	225	225	250	250	-

### - Canalizaciones superficiales

Las canalizaciones serán tubos que deberán tener un diámetro exterior mínimo según el número y la sección de los conductores que pasen por su interior. A continuación se muestra en la siguiente tabla los diámetros mínimos.

Sección nominal (mm <sup>2</sup> )	Diámetro exterior de los tubos (mm)				
	Número de conductores				
	1	2	3	4	5
1,5	12	12	16	16	16
2,5	12	12	16	16	20
4	12	16	20	20	20
6	12	16	20	20	25
10	16	20	25	32	25
16	16	25	32	32	32
25	20	32	32	40	32
35	25	32	40	40	40
50	25	40	50	50	50
70	32	40	50	63	63
95	32	50	63	63	75
120	40	50	63	75	75
150	40	63	75	75	-
185	50	63	75	-	-
240	50	75	-	-	-

### - Bandejas portacables perforadas

Para determinar las dimensiones de las bandejas portacables perforadas, seguiremos la siguiente tabla:

Dimensiones	150x3000	200x3000	250x3000	300x3000	400x3000
S. Útil (mm <sup>2</sup> )	1500	2000	2500	3000	4000
Carga max. (Kg/m) soportes cada 1,5m	45,2	72,7	76,5	84,5	96,3

En el caso de bandejas el número de cables a transportar irá en función de la bandeja metálica. El uso de bandejas metálicas se aplicará en los tramos que se puedan sujetar al techo o bien a algún otro elemento de protección.

Las bandejas metálicas se han de conectar a la red de tierra quedando su continuidad eléctrica garantizada.

### 2.3.6 Resultados

En las páginas siguientes se muestran los resultados obtenidos después de realizar el cálculo, pudiendo observar la sección de cada línea, su intensidad de cálculo, su intensidad admisible, su caída de tensión parcial y su caída de tensión total.

#### - Líneas en el cuadro de baja del C.T

Denominación	P.Cálculo (W)	Dist.Cálc (m)	Sección (mm <sup>2</sup> )	I.Cálculo (A)	I.Admi. (A)	C.T.Parc. (%)	C.T.Total (%)	Dimensiones(mm) Tubo,Canal,Band.
Derivación bt C.T toma corriente C.T	1723.2	0.3	2x2.5Cu	9.37	23	0.02	0.04	
luz C.T	1500	5	2x2.5+TTx2.5Cu	8.15	21	0.22	0.27	20
emergencia C.T	208.8	6	2x1.5+TTx1.5Cu	0.91	15	0.06	0.1	16
	14.4	5	2x1.5+TTx1.5Cu	0.06	15	0	0.05	16

#### - Derivación individual

Denominación	P.Cálculo (W)	Dist.Cálc (m)	Sección (mm <sup>2</sup> )	I.Cálculo (A)	I.Admi. (A)	C.T.Parc. (%)	C.T.Total (%)	Dimensiones(mm) Tubo,Canal,Band.
Derivación individual	235296.8	152(3x185/95+TTx95)Cu		424.54	768	0.12	0.15	250

#### - Cuadro General de Mando y Protección

Denominación	P.Cálculo (W)	Dist.Cálc (m)	Sección (mm <sup>2</sup> )	I.Cálculo (A)	I.Admi. (A)	C.T.Parc. (%)	C.T.Total (%)	Dimensiones(mm) Tubo,Canal,Band.
ilum nave1	2952	0.3	4x1.5+TTx1.5Cu	5.33	15	0.01	0.15	
luz techo 1	2880	21	4x1.5+TTx1.5Cu	4.16	16	0.49	0.65	75x60
emergencia pared	72	35	2x1.5+TTx1.5Cu	0.31	15	0.12	0.28	16
ilum nave2	3038.4	13	4x1.5+TTx1.5Cu	5.48	16	0.32	0.47	75x60
luz techo 2	2880	17	4x1.5+TTx1.5Cu	4.16	16	0.4	0.87	75x60
emergencia techo	158.4	11	2x1.5+TTx1.5Cu	0.69	19	0.09	0.55	75x60
luz ext delantera	900	14	2x1.5+TTx1.5Cu	3.91	15	0.62	0.77	16
torno 22.37	27962.5	7	4x16+TTx16Cu	50.45	73	0.16	0.31	40
torno 22.37	27962.5	9	4x16+TTx16Cu	50.45	73	0.21	0.35	40
línea a tc trif 1	3840	0.3	4x4+TTx4Cu	6.93	34	0	0.15	
tomas trifasicas	12800	19	4x4+TTx4Cu	23.09	31	0.81	0.96	25
línea a tc monf	1472	0.3	2x2.5+TTx2.5Cu	8	23	0.01	0.16	
tomas monofasicas	3680	19	2x2.5+TTx2.5Cu	20	21	2.26	2.41	20
LINEA CUA SALAS	13691.4	12	4x4+TTx4Cu	24.7	31	0.56	0.7	25
LINEA A CUADRO SEC	154120	34	4x120Cu	278.07	301	0.61	0.76	75x60

Bateria Condensadores 235296.8 6 3x185+TTx95Cu 382.09 391 0.08 0.23 100x60  
**- Subcuadro Vestuarios y oficinas**

Denominación	P.Cálculo (W)	Dist.Cálc (m)	Sección (mm <sup>2</sup> )	I.Cálculo (A)	I.Adm. (A)	C.T.Parc. (%)	C.T.Total (%)	Dimensiones(mm) Tubo,Canal,Band.
termo	1875	5	2x2.5+TTx2.5Cu	10.19	21	0.28	0.98	20
clima	3125	13	4x2.5+TTx2.5Cu	5.64	18.5	0.2	0.9	20
secamanos	2500	10	2x2.5+TTx2.5Cu	13.59	21	0.77	1.47	20
	1500	0.3	4x2.5+TTx2.5Cu	2.71	21	0	0.7	
almacen y vestuari	1500	8	2x2.5+TTx2.5Cu	8.15	21	0.36	1.06	20
tomas aseos	1500	9	2x2.5+TTx2.5Cu	8.15	21	0.4	1.11	20
	2000	0.3	2x2.5+TTx2.5Cu	10.87	23	0.02	0.72	
despachos t.corrie	2000	18	2x2.5+TTx2.5Cu	10.87	21	1.09	1.81	20
	2066.4	0.2	4x1.5Cu	3.73	15	0	0.7	
	795.6	0.1	2x1.5+TTx1.5Cu	4.32	16.5	0	0.71	
luz planta baja	709.2	17	2x1.5+TTx1.5Cu	3.08	15	0.59	1.3	16
emergencia baja	86.4	19	2x1.5+TTx1.5Cu	0.38	15	0.08	0.79	16
	1270.8	0.1	2x1.5+TTx1.5Cu	6.91	16.5	0.01	0.71	
luz primera planta	1198.8	20	2x1.5+TTx1.5Cu	5.21	15	1.19	1.9	16
emergencia arriba	72	22	2x1.5+TTx1.5Cu	0.31	15	0.08	0.79	16

### - Subcuadro Taller

Denominación	P.Cálculo (W)	Dist.Cálc (m)	Sección (mm <sup>2</sup> )	I.Cálculo (A)	I.Adm. (A)	C.T.Parc. (%)	C.T.Total (%)	Dimensiones(mm) Tubo,Canal,Band.
Torno 14,9 KW	18625	9	4x6+TTx6Cu	33.6	40	0.38	1.14	25
Torno 14,9 KW	18625	7	4x6+TTx6Cu	33.6	40	0.3	1.05	25
Torno 33,56 KW	41950	5	4x25+TTx16Cu	75.69	95	0.11	0.87	50
Torno 33,56 KW	41950	9	4x25+TTx16Cu	75.69	95	0.2	0.96	50
Centro Mecanizado	15937.5	20	4x4+TTx4Cu	28.76	31	1.12	1.88	25
compresor	23125	12	4x10+TTx10Cu	41.72	54	0.37	1.13	32
línea a tc tri 2	3840	0.3	4x4+TTx4Cu	6.93	34	0	0.76	
tomas trifasica	12800	15	4x4+TTx4Cu	23.09	31	0.64	1.4	25
línea a tc mono 2	1544	0.3	2x4+TTx4Cu	8.39	31	0.01	0.77	
tomas Monofasica	3860	12	2x4+TTx4Cu	20.98	27	0.91	1.67	20
luz ext trasera	900	16	2x1.5+TTx1.5Cu	3.91	15	0.71	1.47	16



### 2.3.7 Cálculo cortocircuitos

El cortocircuito es un defecto franco (impedancia de defecto nula) entre dos partes de la instalación a diferente potencial, y con una duración inferior a 5 segundos.

Estos defectos pueden ser motivados por contacto accidental o por fallo del aislamiento, y pueden darse entre fases, fase-neutro, fase-masa o fase-tierra. Un cortocircuito es, por lo tanto, una sobre intensidad con valores muy por encima de la intensidad nominal que se establece en un circuito o línea.

El cálculo de las corrientes de cortocircuito nos sirve para el dimensionado de los diferentes interruptores automáticos que forman parte de la instalación y que se muestran reflejados en los diferentes esquemas unifilares.

La ITC-BT-22 nos dice que en el origen de todo circuito se establecerá un dispositivo de protección contra cortocircuitos, cuya capacidad de corte (poder de corte) estará de acuerdo con la máxima intensidad de cortocircuito que pueda presentarse en el punto de su instalación.

Se admiten, como dispositivo de protección contra cortocircuitos, fusibles adecuados y los interruptores automáticos con sistema de corte electromagnético. Se calcularán pues las corrientes de cortocircuito en inicio de línea ( $I_{pccI}$ ) y a final de línea ( $I_{pccF}$ ).

Para elegir un interruptor magneto térmico tenemos que tener en cuenta la corriente de cortocircuito a la que el mismo puede estar expuesto ( $I_{pccI}$ ), y la corriente de cortocircuito a la que puede estar expuesto el receptor protegido ( $I_{pccF}$ ), considerando esto, se elige un poder de corte superior a la ( $I_{pccI}$ ), y una curva que multiplicada por la corriente nominal del interruptor de un valor de corriente inferior a la ( $I_{pccF}$ ), para asegurarse de que el interruptor cortara la corriente antes de llegar a valores de cortocircuito, elegir una curva que permita mayor o menor intensidad (pero siempre por debajo de ( $I_{pccF}$ )) dependerá del receptor que se proteja, puesto que algunos como los motores necesitan bastante corriente al arrancar.

También deberá comprobarse el tiempo máximo en segundos que un conductor soporta la  $I_{pccF}$  es superior a 0.1, puesto que de no ser así se puede producir un calentamiento excesivo en el aislamiento (puede llegar a superar la temperatura de cortocircuito) y como consecuencia producirse arcos eléctricos y hasta posibles incendios.

#### - Poder de corte

El programa de cálculo contempla en su base de datos los dispositivos de protección con los siguientes poderes de corte que aplicará en función de los resultados de  $I_{pccI}$ :

Interruptores automáticos 3 4,5 6 10 15 22 25 35 50 70 100 [kA]

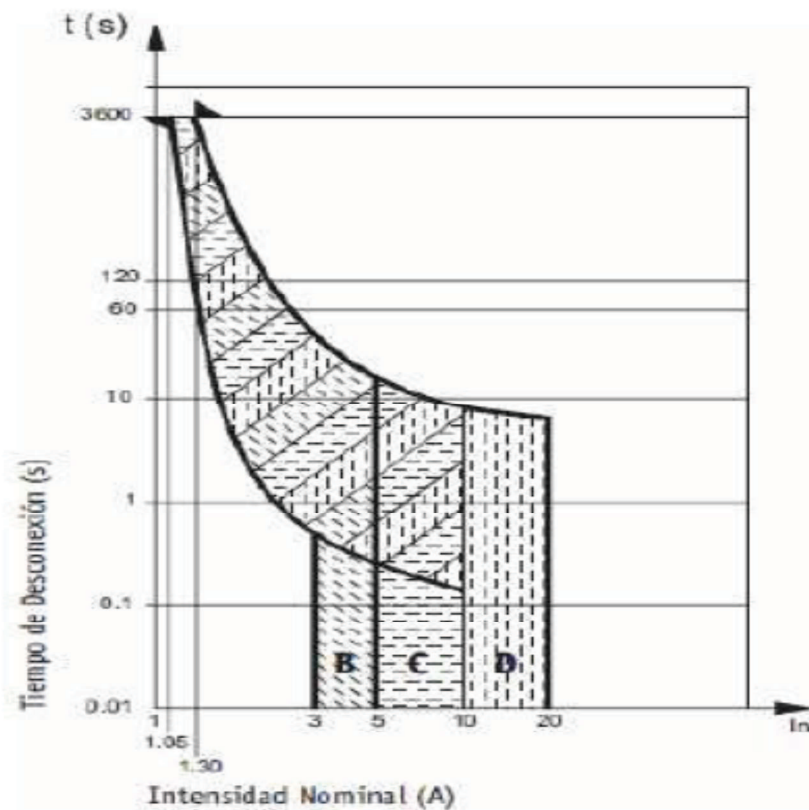
Fusibles 50 100 [kA]

#### - Curvas electromagnéticas

Los interruptores automáticos, pueden actuar básicamente a:

- Sobrecargas: El relé térmico actúa por calentamiento de un elemento calibrado.
- Cortocircuito: El relé electotérmico actúa por campo electromagnético.

Para un interruptor automático de una intensidad nominal dada ( $I_n$ ), podemos tener las siguientes curvas electromagnéticas asociadas a las corrientes de cortocircuito:



En los casos en los que existan protecciones en cascada, se aplicará selectividad con la finalidad de evitar que en caso de producirse un c.c. en un dispositivo aguas abajo, se venga abajo todo el sistema al caer las protecciones generales. Se aplicará también este criterio en las protecciones diferenciales, actuando en la elección de la sensibilidad de los mismos (30 mA – 300 mA) dentro de los márgenes de seguridad personal aplicables.

### 2.3.8 Resultado cálculo cortocircuitos

En las páginas siguientes se muestran los resultados obtenidos después de realizar el cálculo de cortocircuitos, pudiendo observar la intensidad permanente de cortocircuito al principio y final de la línea, el poder de corte de los interruptores, el tiempo que aguanta el conductor ante la intensidad de cortocircuito y las curvas válidas para los interruptores de dichas líneas.

#### - Líneas en el cuadro de baja del C.T

Cortocircuito Denominación	Longitud (m)	Sección (mm <sup>2</sup> )	I <sub>pccI</sub> (kA)	P de C (kA)	I <sub>pccF</sub> (A)	t <sub>mceicc</sub> (sg)	Curvas válidas
Derivación bt C.T. toma corriente C.T	0.3	2x2.5Cu	14.36	15	6647.71		16
luz C.T	5	2x2.5+TTx2.5Cu	13.35	15	1814.05	0.03	16;B,C,D
emergencia C.T	6	2x1.5+TTx1.5Cu	13.35	15	990.56	0.03	10;B,C,D
	5	2x1.5+TTx1.5Cu	13.35	15	1168.41	0.02	10;B,C,D

#### - Derivación individual

Cortocircuito Denominación	Longitud (m)	Sección (mm <sup>2</sup> )	I <sub>pccI</sub> (kA)	P de C (kA)	I <sub>pccF</sub> (A)	t <sub>mceicc</sub> (sg)	t <sub>ficc</sub> (sg)	L <sub>máx</sub> (m)	Curvas válidas
Derivación individual	15	2(3x185/95+TTx95)Cu	14.36	50	6998.22	57.16	2.552	254.17	630

#### - Cuadro General de Mando y Protección

Cortocircuito Denominación	Longitud (m)	Sección (mm <sup>2</sup> )	I <sub>pccI</sub> (kA)	P de C (kA)	I <sub>pccF</sub> (A)	t <sub>mceicc</sub> (sg)	Curvas válidas
ilum nave1	0.3	4x1.5+TTx1.5Cu	14.05	15	6053.51		10
luz techo 1	21	4x1.5+TTx1.5Cu	12.16		297.57	0.34	
emergencia pared	35	2x1.5+TTx1.5Cu	12.16		180.72	0.91	
ilum nave2	13	4x1.5+TTx1.5Cu	14.05	15	482.3	0.13	10
luz techo 2	17	4x1.5+TTx1.5Cu	0.97		212.28	0.66	
emergencia techo	11	2x1.5+TTx1.5Cu	0.97		264.58	0.43	
luz ext delantera	14	2x1.5+TTx1.5Cu	14.05	15	448.76	0.15	10;B,C,D
torno 22.37	7	4x16+TTx16Cu	14.05	15	4933.57	0.22	63;B,C,D
torno 22.37	9	4x16+TTx16Cu	14.05	15	4436.62	0.27	63;B,C,D
línea a tc trif 1	0.3	4x4+TTx4Cu	14.05	15	6668.69	0.01	25
tomas trifasicas	19	4x4+TTx4Cu	13.39		846.12	0.46	
línea a tc monf	0.3	2x2.5+TTx2.5Cu	14.05	15	6452.29		20
toma monofasicas	19	2x2.5+TTx2.5Cu	12.96		539.54	0.28	
LINEA CUA SALAS	12	4x4+TTx4Cu	14.05	15	1313.99	0.19	25;B,C,D
LINEA A CUADRO SEC	34	4x120Cu	14.05	15	5640.41	9.26	400;B,C
Bateria Condensadores	6	3x185+TTx95Cu	14.05	15	6861.91	14.86	400;B,C

**- Subcuadro Vestuarios y oficinas**

<b>Cortocircuito</b> Denominación	<b>Longitud</b> (m)	<b>Sección</b> (mm <sup>2</sup> )	<b>I<sub>pccI</sub></b> (kA)	<b>P de C</b> (kA)	<b>I<sub>pccF</sub></b> (A)	<b>t<sub>mcc</sub></b> (sg)	<b>Curvas válidas</b>
termo	5	2x2.5+TTx2.5Cu	2.64	4.5	818.08	0.12	16;B,C,D
clima	13	4x2.5+TTx2.5Cu	2.64	4.5	508.92	0.32	16;B,C,D
secamanos	10	2x2.5+TTx2.5Cu	2.64	4.5	593.05	0.24	16;B,C,D
	0.3	4x2.5+TTx2.5Cu	2.64		1268.11	0.05	
almacen y vestuari	8	2x2.5+TTx2.5Cu	2.55	4.5	654.3	0.19	16;B,C,D
tomas aseos	9	2x2.5+TTx2.5Cu	2.55	4.5	616.83	0.22	16;B,C,D
	0.3	2x2.5+TTx2.5Cu	2.64	4.5	1268.11	0.05	16
despachos t.corrie	18	2x2.5+TTx2.5Cu	2.55		406.87	0.5	
	0.2	4x1.5Cu	2.64		1263.21	0.02	
	0.1	2x1.5+TTx1.5Cu	2.54	4.5	1239.24	0.02	10
luz planta baja	17	2x1.5+TTx1.5Cu	2.49		290.85	0.35	
emergencia baja	19	2x1.5+TTx1.5Cu	2.49		266.77	0.42	
	0.1	2x1.5+TTx1.5Cu	2.54	4.5	1239.24	0.02	10
luz primera planta	20	2x1.5+TTx1.5Cu	2.49		256.17	0.45	
emergencia arriba	22	2x1.5+TTx1.5Cu	2.49		237.3	0.53	

**Subcuadro Taller**

<b>Cortocircuito</b> Denominación	<b>Longitud</b> (m)	<b>Sección</b> (mm <sup>2</sup> )	<b>I<sub>pccI</sub></b> (kA)	<b>P de C</b> (kA)	<b>I<sub>pccF</sub></b> (A)	<b>t<sub>mcc</sub></b> (sg)	<b>Curvas válidas</b>
Torno 14,9 KW	9	4x6+TTx6Cu	11.33	15	2063.44	0.17	40;B,C,D
Torno 14,9 KW	7	4x6+TTx6Cu	11.33	15	2435.7	0.12	40;B,C,D
Torno 33,56 KW	5	4x25+TTx16Cu	11.33	15	4743.05	0.57	100;B,C,D
Torno 33,56 KW	9	4x25+TTx16Cu	11.33	15	4152.59	0.74	100;B,C,D
Centro Mecanizado	20	4x4+TTx4Cu	11.33	15	776.4	0.54	30;B,C,D
compresor	12	4x10+TTx10Cu	11.33	15	2392.87	0.36	50;B,C,D
línea a tc tri 2	0.3	4x4+TTx4Cu	11.33	15	5284.73	0.01	25
tomas trifasica	15	4x4+TTx4Cu	10.61		984.07	0.34	
línea a tc mono 2	0.3	2x4+TTx4Cu	11.33	15	5284.73	0.01	25
tomas Monofasica	12	2x4+TTx4Cu	10.61		1185.77	0.15	
luz ext trasera	16	2x1.5+TTx1.5Cu	11.33	15	383.97	0.2	10;B,C,D

### 2.3.9 Resultados de los cálculos eléctricos

## LÍNEAS

### - Cuadro BT en C.T.

#### DEMANDA DE POTENCIAS

- Potencia total instalada:

toma corriente C.T	1500 W
luz C.T	116 W
emergencia C.T	8 W
línea a C.general	222526 W
TOTAL....	224150 W

- Potencia Instalada Alumbrado (W): 5600
- Potencia Instalada Fuerza (W): 218550
- Potencia Máxima Admisible (kVA): 400

#### Cálculo de la Línea: derivación transformador a cuadro BT del C.T.

- Tensión de servicio: 400 V.
- Canalización: E-Unip.o Mult.Bandeja Perfor
- Longitud: 1 m; Cos  $\varphi$ : 0.8;  $X_u(m\Omega/m)$ : 0.1;
- Potencia aparente trafo: 400 kVA.
- Índice carga c: 0.7.

$$I = C_t \times S_t \times 1000 / (1.732 \times U) = 1 \times 400 \times 1000 / (1.732 \times 400) = 577.37 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 2(3x185/95)mm<sup>2</sup>Al

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, XLPE+Pol - No propagador incendio y emisión humos y opacidad reducida - . Desig. UNE: RZ1-Al(AS)

I.ad. a 40°C (Fc=1) 602 A. según ITC-BT-19

Dimensiones bandeja: 150x60 mm. Sección útil: 6905 mm<sup>2</sup>.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 85.99

$$e(\text{parcial}) = (1 \times 320000 / 27.24 \times 400 \times 2 \times 185) + (1 \times 320000 \times 0.1 \times 0.6 / 1000 \times 400 \times 2 \times 0.8) = 0.11 \text{ V.} = 0.03 \%$$

$$e(\text{total}) = 0.03\% \text{ ADMIS (4.5\% MAX.)}$$

#### Cálculo de la Línea: derivación instalaciones cuadro BT del C.T.

- Tensión de servicio: 230 V.
- Canalización: C-Unip.o Mult.sobre Pared
- Longitud: 0.3 m; Cos  $\varphi$ : 0.8;  $X_u(m\Omega/m)$ : 0;
- Potencia a instalar: 1624 W.
- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-44):  
1723.2 W.(Coef. de Simult.: 1)

$$I = 1723.2 / 230 \times 0.8 = 9.37 \text{ A.}$$

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

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 450/750 V, Poliolef. - No propagador incendio y emisión humos y opacidad reducida -. Desig. UNE: ES07Z1-K(AS)  
I.ad. a 40°C (Fc=1) 23 A. según ITC-BT-19

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 44.97

$e(\text{parcial})=2 \times 0.3 \times 1723.2 / 50.6 \times 230 \times 2.5 = 0.04 \text{ V.} = 0.02 \%$

$e(\text{total})=0.04\% \text{ ADMIS (4.5\% MAX.)}$

Prot. Térmica:

I. Mag. Bipolar Int. 16 A.

Protección diferencial:

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

#### Cálculo de la Línea: toma corriente C.T

- Tensión de servicio: 230 V.
- Canalización: B1-Unip.Tubos Superf.o Emp.Obra
- Longitud: 5 m; Cos  $\varphi$ : 0.8;  $X_u(\text{m}\Omega/\text{m})$ : 0;
- Potencia a instalar: 1500 W.
- Potencia de cálculo: 1500 W.

$I=1500/230 \times 0.8=8.15 \text{ A.}$

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

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 450/750 V, Poliolef. - No propagador incendio y emisión humos y opacidad reducida -. Desig. UNE: ES07Z1-K(AS)

I.ad. a 40°C (Fc=1) 21 A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 20 mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 44.52

$e(\text{parcial})=2 \times 5 \times 1500 / 50.68 \times 230 \times 2.5 = 0.51 \text{ V.} = 0.22 \%$

$e(\text{total})=0.27\% \text{ ADMIS (6.5\% MAX.)}$

Prot. Térmica:

I. Mag. Bipolar Int. 16 A.

#### Cálculo de la Línea: iluminacion C.T

- Tensión de servicio: 230 V.
- Canalización: B1-Unip.Tubos Superf.o Emp.Obra
- Longitud: 6 m; Cos  $\varphi$ : 1;  $X_u(\text{m}\Omega/\text{m})$ : 0;
- Potencia a instalar: 116 W.
- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-44):  
 $116 \times 1.8 = 208.8 \text{ W.}$

$I=208.8/230 \times 1=0.91 \text{ A.}$

Se eligen conductores Unipolares 2x1.5+TTx1.5mm<sup>2</sup>Cu

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 450/750 V, Poliolef. - No propagador incendio y emisión humos y opacidad reducida -. Desig. UNE: ES07Z1-K(AS)

I.ad. a 40°C (Fc=1) 15 A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 16 mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 40.11  
 $e(\text{parcial})=2 \times 6 \times 208.8 / 51.5 \times 230 \times 1.5 = 0.14 \text{ V} = 0.06 \%$   
 $e(\text{total})=0.1\% \text{ ADMIS (4.5\% MAX.)}$

Prot. Térmica:  
 I. Mag. Bipolar Int. 10 A.

#### Cálculo de la Línea: iluminación emergencia C.T

- Tensión de servicio: 230 V.
- Canalización: B1-Unip.Tubos Superf.o Emp.Obra
- Longitud: 5 m; Cos  $\varphi$ : 1;  $X_u(\text{m}\Omega/\text{m})$ : 0;
- Potencia a instalar: 8 W.
- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-44):  
 $8 \times 1.8 = 14.4 \text{ W}$ .

$I = 14.4 / 230 \times 1 = 0.06 \text{ A}$ .

Se eligen conductores Unipolares  $2 \times 1.5 + \text{TT} \times 1.5 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$   
 Nivel Aislamiento, Aislamiento: 450/750 V, Poliolef. - No propagador incendio y emisión humos y opacidad reducida -. Desig. UNE: ES07Z1-K(AS)  
 I.ad. a 40°C (Fc=1) 15 A. según ITC-BT-19  
 Diámetro exterior tubo: 16 mm.

Caída de tensión:  
 Temperatura cable (°C): 40  
 $e(\text{parcial})=2 \times 5 \times 14.4 / 51.52 \times 230 \times 1.5 = 0.01 \text{ V} = 0 \%$   
 $e(\text{total})=0.05\% \text{ ADMIS (4.5\% MAX.)}$

Prot. Térmica:  
 I. Mag. Bipolar Int. 10 A

## Derivación individual

#### Cálculo de la Línea: línea a C.general

- Tensión de servicio: 400 V.
- Canalización: Enterrados Bajo Tubo (R.Subt)
- Longitud: 15 m; Cos  $\varphi$ : 0.8;  $X_u(\text{m}\Omega/\text{m})$ : 0;
- Potencia a instalar: 222526 W.
- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-47 y ITC-BT-44):  
 $33560 \times 1.25 + 193346.8 = 235296.8 \text{ W. (Coef. de Simult.: 1)}$

$I = 235296.8 / 1,732 \times 400 \times 0.8 = 424.54 \text{ A}$ .

Se eligen conductores Unipolares  $2(3 \times 185/95 + \text{TT} \times 95) \text{ mm}^2 \text{ Cu}$   
 Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, XLPE+Pol - No propagador incendio y emisión humos y opacidad reducida -. Desig. UNE: RZ1-K(AS)  
 I.ad. a 25°C (Fc=0.8) 768 A. según ITC-BT-07  
 Diámetro exterior tubo: 250 mm.

Caída de tensión:  
 Temperatura cable (°C): 44.86

$e(\text{parcial})=15 \times 235296.8 / 50.62 \times 400 \times 2 \times 185 = 0.47 \text{ V.} = 0.12 \%$   
 $e(\text{total})=0.15\% \text{ ADMIS (4.5\% MAX.)}$

Protección Térmica en Principio de Línea

Fusibles Int. 630 A.

Protección Térmica en Final de Línea

I. Aut./Tet. In.: 630 A. Térmico reg. Int.Reg.: 480 A.

## - Cuadro general

### DEMANDA DE POTENCIAS

- Potencia total instalada:

ilum techo 1	1600 W
ilum emergencia pared	40 W
ilum techo 2	1600 W
ilum emergencia techo	88 W
luz ext delantera	500 W
torno 22.37 KW	22370 W
torno 22.37 KW	22370 W
tomas trifasicas	12800 W
toma monofasicas	3680 W
Línea subcuadro salas	12148 W
Línea subcuadro taller	145330 W
TOTAL....	222526 W

- Potencia Instalada Alumbrado (W): 5476

- Potencia Instalada Fuerza (W): 217050

### Cálculo de la Línea: derivación ilum taller 1

- Tensión de servicio: 400 V.
- Canalización: C-Unip.o Mult.sobre Pared
- Longitud: 0.3 m; Cos  $\varphi$ : 0.8;  $X_u(m\Omega/m)$ : 0;
- Potencia a instalar: 1640 W.
- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-44):  
2952 W.(Coef. de Simult.: 1)

$I=2952/1,732 \times 400 \times 0.8 = 5.33 \text{ A.}$

Se eligen conductores Unipolares 4x1.5+TTx1.5mm<sup>2</sup>Cu

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 450/750 V, Poliolef. - No propagador incendio y emisión humos y opacidad reducida -. Desig. UNE: ES07Z1-K(AS)

I.ad. a 40°C (Fc=1) 15 A. según ITC-BT-19

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 43.78

$e(\text{parcial})=0.3 \times 2952 / 50.82 \times 400 \times 1.5 = 0.03 \text{ V.} = 0.01 \%$

$e(\text{total})=0.15\% \text{ ADMIS (4.5\% MAX.)}$

Prot. Térmica:

I. Mag. Tetrapolar Int. 10 A.

Protección diferencial:



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

#### Cálculo de la Línea: luz techo 1

- Tensión de servicio: 400 V.
- Canalización: E-Unip.o Mult.Bandeja Perfor
- Longitud: 21 m; Cos  $\varphi$ : 1;  $X_u(m\Omega/m)$ : 0;
- Potencia a instalar: 1600 W.
- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-44):  
 $1600 \times 1.8 = 2880$  W.

$I = 2880 / 1.732 \times 400 \times 1 = 4.16$  A.

Se eligen conductores Unipolares 4x1.5+TTx1.5mm<sup>2</sup>Cu

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 450/750 V, Poliolef. - No propagador incendio y emisión humos y opacidad reducida -. Desig. UNE: ES07Z1-K(AS)

I.ad. a 40°C (Fc=1) 16 A. según ITC-BT-19

Dimensiones bandeja: 75x60 mm. Sección útil: 2770 mm<sup>2</sup>.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 42.03

$e(\text{parcial}) = 21 \times 2880 / 51.14 \times 400 \times 1.5 = 1.97$  V. = 0.49 %

$e(\text{total}) = 0.65\%$  ADMIS (4.5% MAX.)

#### Cálculo de la Línea: ilum. emergencia pared

- Tensión de servicio: 230 V.
- Canalización: B1-Unip.Tubos Superf.o Emp.Obra
- Longitud: 35 m; Cos  $\varphi$ : 1;  $X_u(m\Omega/m)$ : 0;
- Potencia a instalar: 40 W.
- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-44):  
 $40 \times 1.8 = 72$  W.

$I = 72 / 230 \times 1 = 0.31$  A.

Se eligen conductores Unipolares 2x1.5+TTx1.5mm<sup>2</sup>Cu

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 450/750 V, Poliolef. - No propagador incendio y emisión humos y opacidad reducida -. Desig. UNE: ES07Z1-K(AS)

I.ad. a 40°C (Fc=1) 15 A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 16 mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 40.01

$e(\text{parcial}) = 2 \times 35 \times 72 / 51.51 \times 230 \times 1.5 = 0.28$  V. = 0.12 %

$e(\text{total}) = 0.28\%$  ADMIS (4.5% MAX.)

#### Cálculo de la Línea: derivación ilum taller 2

- Tensión de servicio: 400 V.
- Canalización: E-Unip.o Mult.Bandeja Perfor
- Longitud: 13 m; Cos  $\varphi$ : 0.8;  $X_u(m\Omega/m)$ : 0;
- Potencia a instalar: 1688 W.

- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-44):  
3038.4 W.(Coef. de Simult.: 1 )

$$I=3038.4/1,732 \times 400 \times 0.8=5.48 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 4x1.5+TTx1.5mm<sup>2</sup>Cu

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 450/750 V, Poliolef. - No propagador incendio y emisión humos y opacidad reducida -. Desig. UNE: ES07Z1-K(AS)

I.ad. a 40°C (Fc=1) 16 A. según ITC-BT-19

Dimensiones bandeja: 75x60 mm. Sección útil: 2770 mm<sup>2</sup>.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 43.52

e(parcial)=13x3038.4/50.87x400x1.5=1.29 V.=0.32 %

e(total)=0.47% ADMIS (4.5% MAX.)

Prot. Térmica:

I. Mag. Tetrapolar Int. 10 A.

Protección diferencial:

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

#### Cálculo de la Línea: luz techo 2

- Tensión de servicio: 400 V.
- Canalización: E-Unip.o Mult.Bandeja Perfor
- Longitud: 17 m; Cos φ: 1; Xu(mΩ/m): 0;
- Potencia a instalar: 1600 W.
- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-44):  
1600x1.8=2880 W.

$$I=2880/1,732 \times 400 \times 1=4.16 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 4x1.5+TTx1.5mm<sup>2</sup>Cu

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 450/750 V, Poliolef. - No propagador incendio y emisión humos y opacidad reducida -. Desig. UNE: ES07Z1-K(AS)

I.ad. a 40°C (Fc=1) 16 A. según ITC-BT-19

Dimensiones bandeja: 75x60 mm. Sección útil: 2770 mm<sup>2</sup>.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 42.03

e(parcial)=17x2880/51.14x400x1.5=1.6 V.=0.4 %

e(total)=0.87% ADMIS (4.5% MAX.)

#### Cálculo de la Línea: ilum emergencia techo

- Tensión de servicio: 230 V.
- Canalización: E-Unip.o Mult.Bandeja Perfor
- Longitud: 11 m; Cos φ: 1; Xu(mΩ/m): 0;
- Potencia a instalar: 88 W.
- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-44):  
88x1.8=158.4 W.

$$I=158.4/230 \times 1=0.69 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 2x1.5+TTx1.5mm<sup>2</sup>Cu

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 450/750 V, Poliolef. - No propagador incendio y emisión humos y opacidad reducida -. Desig. UNE: ES07Z1-K(AS)

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

Dimensiones bandeja: 75x60 mm. Sección útil: 2770 mm<sup>2</sup>.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 40.04

$e(\text{parcial})=2 \times 11 \times 158.4 / 51.51 \times 230 \times 1.5 = 0.2 \text{ V} = 0.09 \%$

$e(\text{total})=0.55\% \text{ ADMIS (4.5\% MAX.)}$

Cálculo de la Línea: luz ext delantera

- Tensión de servicio: 230 V.

- Canalización: B1-Unip.Tubos Superf.o Emp.Obra

- Longitud: 14 m; Cos  $\varphi$ : 1;  $X_u(\text{m}\Omega/\text{m})$ : 0;

- Potencia a instalar: 500 W.

- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-44):  
 $500 \times 1.8 = 900 \text{ W}.$

$I = 900 / 230 \times 1 = 3.91 \text{ A}.$

Se eligen conductores Unipolares 2x1.5+TTx1.5mm<sup>2</sup>Cu

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 450/750 V, Poliolef. - No propagador incendio y emisión humos y opacidad reducida -. Desig. UNE: ES07Z1-K(AS)

I.ad. a 40°C (Fc=1) 15 A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 16 mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 42.04

$e(\text{parcial})=2 \times 14 \times 900 / 51.14 \times 230 \times 1.5 = 1.43 \text{ V} = 0.62 \%$

$e(\text{total})=0.77\% \text{ ADMIS (4.5\% MAX.)}$

Prot. Térmica:

I. Mag. Bipolar Int. 10 A.

Protección diferencial:

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

Cálculo de la Línea: torno 22.37KW

- Tensión de servicio: 400 V.

- Canalización: B1-Unip.Tubos Superf.o Emp.Obra

- Longitud: 7 m; Cos  $\varphi$ : 0.8;  $X_u(\text{m}\Omega/\text{m})$ : 0; R: 1

- Potencia a instalar: 22370 W.

- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-47):  
 $22370 \times 1.25 = 27962.5 \text{ W}.$

$I = 27962.5 / 1,732 \times 400 \times 0.8 \times 1 = 50.45 \text{ A}.$

Se eligen conductores Unipolares 4x16+TTx16mm<sup>2</sup>Cu

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, XLPE+Pol - No propagador incendio y emisión humos y opacidad reducida -. Desig. UNE: RZ1-K(AS)

I.ad. a 40°C (Fc=1) 73 A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 40 mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 63.88

$e(\text{parcial})=7 \times 27962.5 / 47.4 \times 400 \times 16 \times 1 = 0.65 \text{ V} = 0.16 \%$

$e(\text{total})=0.31\% \text{ ADMIS (6.5\% MAX.)}$

Prot. Térmica:

I. Mag. Tetrapolar Int. 63 A.

Protección diferencial:

Inter. Dif. Tetrapolar Int.: 63 A. Sens. Int.: 300 mA.

#### Cálculo de la Línea: torno 22.37KW

- Tensión de servicio: 400 V.
- Canalización: B1-Unip.Tubos Superf.o Emp.Obra
- Longitud: 9 m; Cos  $\varphi$ : 0.8;  $X_u(m\Omega/m)$ : 0; R: 1
- Potencia a instalar: 22370 W.
- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-47):  
 $22370 \times 1.25 = 27962.5$  W.

$$I = 27962.5 / (1.732 \times 400 \times 0.8) = 50.45 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 4x16+TTx16mm<sup>2</sup>Cu

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, XLPE+Pol - No propagador incendio y emisión humos y opacidad reducida -. Desig. UNE: RZ1-K(AS)

I.ad. a 40°C (Fc=1) 73 A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 40 mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 63.88

$$e(\text{parcial}) = 9 \times 27962.5 / (47.4 \times 400 \times 16 \times 1) = 0.83 \text{ V.} = 0.21 \%$$

$$e(\text{total}) = 0.35\% \text{ ADMIS (6.5\% MAX.)}$$

Prot. Térmica:

I. Mag. Tetrapolar Int. 63 A.

Protección diferencial:

Inter. Dif. Tetrapolar Int.: 63 A. Sens. Int.: 300 mA.

#### Cálculo de la Línea: línea a tc trif 1

- Tensión de servicio: 400 V.
- Canalización: C-Unip.o Mult.sobre Pared
- Longitud: 0.3 m; Cos  $\varphi$ : 0.8;  $X_u(m\Omega/m)$ : 0;
- Potencia a instalar: 12800 W.
- Potencia de cálculo:  
3840 W.(Coef. de Simult.: 0.3 )

$$I = 3840 / (1.732 \times 400 \times 0.8) = 6.93 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 4x4+TTx4mm<sup>2</sup>Cu

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, XLPE+Pol - No propagador incendio y emisión humos y opacidad reducida -. Desig. UNE: RZ1-K(AS)

I.ad. a 40°C (Fc=1) 34 A. según ITC-BT-19

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 42.08

$$e(\text{parcial}) = 0.3 \times 3840 / (51.13 \times 400 \times 4) = 0.01 \text{ V.} = 0 \%$$

$$e(\text{total}) = 0.15\% \text{ ADMIS (4.5\% MAX.)}$$

Prot. Térmica:

I. Mag. Tetrapolar Int. 25 A.

Protección diferencial:

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

#### Cálculo de la Línea: tomas trifásicas

- Tensión de servicio: 400 V.
- Canalización: B1-Unip.Tubos Superf.o Emp.Obra
- Longitud: 19 m; Cos  $\varphi$ : 0.8;  $X_u(m\Omega/m)$ : 0;
- Potencia a instalar: 12800 W.
- Potencia de cálculo: 12800 W.

$$I=12800/1,732 \times 400 \times 0.8=23.09 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 4x4+TTx4mm<sup>2</sup>Cu

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, XLPE+Pol - No propagador incendio y emisión humos y opacidad reducida -. Desig. UNE: RZ1-K(AS)

I.ad. a 40°C (Fc=1) 31 A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 25 mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 67.75

$$e(\text{parcial})=19 \times 12800 / 46.8 \times 400 \times 4=3.25 \text{ V.}=0.81 \%$$

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

#### Cálculo de la Línea: linea a tc monf

- Tensión de servicio: 230 V.
- Canalización: C-Unip.o Mult.sobre Pared
- Longitud: 0.3 m; Cos  $\varphi$ : 0.8;  $X_u(m\Omega/m)$ : 0;
- Potencia a instalar: 3680 W.
- Potencia de cálculo:  
1472 W.(Coef. de Simult.: 0.4 )

$$I=1472/230 \times 0.8=8 \text{ A.}$$

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

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 450/750 V, Poliolef. - No propagador incendio y emisión humos y opacidad reducida -. Desig. UNE: ES07Z1-K(AS)

I.ad. a 40°C (Fc=1) 23 A. según ITC-BT-19

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 43.63

$$e(\text{parcial})=2 \times 0.3 \times 1472 / 50.85 \times 230 \times 2.5=0.03 \text{ V.}=0.01 \%$$

$$e(\text{total})=0.16\% \text{ ADMIS (4.5\% MAX.)}$$

Prot. Térmica:

I. Mag. Bipolar Int. 20 A.

Protección diferencial:

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

#### Cálculo de la Línea: tomas monofásicas

- Tensión de servicio: 230 V.
- Canalización: B1-Unip.Tubos Superf.o Emp.Obra
- Longitud: 19 m; Cos  $\varphi$ : 0.8;  $X_u(m\Omega/m)$ : 0;
- Potencia a instalar: 3680 W.
- Potencia de cálculo: 3680 W.

$$I=3680/230 \times 0.8=20 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 2x2.5+TTx2.5mm<sup>2</sup>Cu  
 Nivel Aislamiento, Aislamiento: 450/750 V, Poliolef. - No propagador incendio y emisión humos y opacidad reducida -. Desig. UNE: ES07Z1-K(AS)  
 I.ad. a 40°C (Fc=1) 21 A. según ITC-BT-19  
 Diámetro exterior tubo: 20 mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 67.21

$$e(\text{parcial})=2 \times 19 \times 3680 / 46.88 \times 230 \times 2.5 = 5.19 \text{ V.} = 2.26 \%$$

$$e(\text{total})=2.41\% \text{ ADMIS (6.5\% MAX.)}$$

#### Cálculo de la Línea: línea derivación subcuadro salas

- Tensión de servicio: 400 V.
- Canalización: B1-Unip.Tubos Superf.o Emp.Obra
- Longitud: 12 m; Cos  $\varphi$ : 0.8;  $X_u(m\Omega/m)$ : 0;
- Potencia a instalar: 12148 W.
- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-47 y ITC-BT-44):  
 $2500 \times 1.25 + 10566.4 = 13691.4 \text{ W. (Coef. de Simult.: 1)}$

$$I=13691.4/1,732 \times 400 \times 0.8=24.7 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 4x4+TTx4mm<sup>2</sup>Cu  
 Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, XLPE+Pol - No propagador incendio y emisión humos y opacidad reducida -. Desig. UNE: RZ1-K(AS)  
 I.ad. a 40°C (Fc=1) 31 A. según ITC-BT-19  
 Diámetro exterior tubo: 25 mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 71.75

$$e(\text{parcial})=12 \times 13691.4 / 46.19 \times 400 \times 4 = 2.22 \text{ V.} = 0.56 \%$$

$$e(\text{total})=0.7\% \text{ ADMIS (4.5\% MAX.)}$$

Protección Térmica en Principio de Línea

I. Mag. Tetrapolar Int. 25 A.

Protección Térmica en Final de Línea

I. Mag. Tetrapolar Int. 25 A.

#### Cálculo de la Línea: línea derivación subcuadro taller

- Tensión de servicio: 400 V.
- Canalización: E-Unip.o Mult.Bandeja Perfor
- Longitud: 34 m; Cos  $\varphi$ : 0.8;  $X_u(m\Omega/m)$ : 0;
- Potencia a instalar: 145330 W.
- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-47 y ITC-BT-44):  
 $33560 \times 1.25 + 112170 = 154120 \text{ W. (Coef. de Simult.: 1)}$

$$I=154120/1,732 \times 400 \times 0.8=278.07 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 4x120mm<sup>2</sup>Cu  
 Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, XLPE+Pol - No propagador incendio y emisión humos y opacidad reducida -. Desig. UNE: RZ1-K(AS)  
 I.ad. a 40°C (Fc=1) 301 A. según ITC-BT-19  
 Dimensiones bandeja: 75x60 mm. Sección útil: 2770 mm<sup>2</sup>.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 82.67  
 $e(\text{parcial})=34 \times 154120 / 44.6 \times 400 \times 120 = 2.45 \text{ V.} = 0.61 \%$   
 $e(\text{total})=0.76\% \text{ ADMIS (4.5\% MAX.)}$   
 Protección Térmica en Principio de Línea  
 I. Aut./Tet. In.: 400 A. Térmico reg. Int.Reg.: 290 A.  
 Protección Térmica en Final de Línea  
 I. Aut./Tet. In.: 400 A. Térmico reg. Int.Reg.: 290 A.

#### Cálculo de la Línea: Batería Condensadores

- Tensión de servicio: 400 V.
- Canalización: E-Unip.o Mult.Bandeja Perfor
- Longitud: 6 m;  $X_u(m\Omega/m)$ : 0;
- Potencia reactiva: 176472.58 VAr.

$$I = C R_e \times Q_c / (1.732 \times U) = 1.5 \times 176472.58 / (1.732 \times 400) = 382.09 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 3x185+TTx95mm<sup>2</sup>Cu  
 Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, XLPE+Pol - No propagador incendio y emisión humos y opacidad reducida -. Desig. UNE: RZ1-K(AS)  
 I.ad. a 40°C (Fc=1) 391 A. según ITC-BT-19  
 Dimensiones bandeja: 100x60 mm. Sección útil: 4175 mm<sup>2</sup>.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 87.75  
 $e(\text{parcial})=6 \times 176472.58 / 43.9 \times 400 \times 185 = 0.33 \text{ V.} = 0.08 \%$   
 $e(\text{total})=0.23\% \text{ ADMIS (6.5\% MAX.)}$

Prot. Térmica:

I. Aut./Tri. In.: 400 A. Térmico reg. Int.Reg.: 387 A.  
 Protección diferencial:  
 Relé y Transfor. Diferencial Sens.: 30 mA.

#### **- SUBCUADRO salas**

#### DEMANDA DE POTENCIAS

- Potencia total instalada:

termo	1500 W
clima	2500 W
secamanos	2000 W
almacen y vestuari	1500 W
tomas aseos	1500 W
despachos t.corrie	2000 W
luz planta baja	394 W
emergencia baja	48 W

luz primera planta	666 W
emergencia arriba	40 W
TOTAL....	12148 W

- Potencia Instalada Alumbrado (W): 1148
- Potencia Instalada Fuerza (W): 11000

#### Cálculo de la Línea: termo eléctrico

- Tensión de servicio: 230 V.
- Canalización: B1-Unip.Tubos Superf.o Emp.Obra
- Longitud: 5 m; Cos  $\phi$ : 0.8;  $X_u(m\Omega/m)$ : 0; R: 1
- Potencia a instalar: 1500 W.
- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-47):  
 $1500 \times 1.25 = 1875 \text{ W}$ .

$$I = 1875 / 230 \times 0.8 \times 1 = 10.19 \text{ A.}$$

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

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 450/750 V, Poliolef. - No propagador incendio y emisión humos y opacidad reducida -. Desig. UNE: ES07Z1-K(AS)

I.ad. a 40°C (Fc=1) 21 A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 20 mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 47.06

$e(\text{parcial}) = 2 \times 5 \times 1875 / 50.23 \times 230 \times 2.5 \times 1 = 0.65 \text{ V.} = 0.28 \%$

$e(\text{total}) = 0.98\% \text{ ADMIS (6.5\% MAX.)}$

Prot. Térmica:

I. Mag. Bipolar Int. 16 A.

Protección diferencial:

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

#### Cálculo de la Línea: clima

- Tensión de servicio: 400 V.
- Canalización: B1-Unip.Tubos Superf.o Emp.Obra
- Longitud: 13 m; Cos  $\phi$ : 0.8;  $X_u(m\Omega/m)$ : 0; R: 1
- Potencia a instalar: 2500 W.
- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-47):  
 $2500 \times 1.25 = 3125 \text{ W}$ .

$$I = 3125 / 400 \times 0.8 \times 1 = 5.64 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 4x2.5+TTx2.5mm<sup>2</sup>Cu

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 450/750 V, Poliolef. - No propagador incendio y emisión humos y opacidad reducida -. Desig. UNE: ES07Z1-K(AS)

I.ad. a 40°C (Fc=1) 18.5 A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 20 mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 42.79

$e(\text{parcial}) = 13 \times 3125 / 51 \times 400 \times 2.5 \times 1 = 0.8 \text{ V.} = 0.2 \%$



$e(\text{total})=0.9\%$  ADMIS (6.5% MAX.)

Prot. Térmica:

I. Mag. Tetrapolar Int. 16 A.

Protección diferencial:

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

#### Cálculo de la Línea: secamanos

- Tensión de servicio: 230 V.
- Canalización: B1-Unip.Tubos Superf.o Emp.Obra
- Longitud: 10 m; Cos  $\varphi$ : 0.8;  $X_u(\text{m}\Omega/\text{m})$ : 0; R: 1
- Potencia a instalar: 2000 W.
- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-47):  
2000x1.25=2500 W.

$I=2500/230 \times 0.8 \times 1=13.59$  A.

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

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 450/750 V, Poliolef. - No propagador incendio y emisión humos y opacidad reducida -. Desig. UNE: ES07Z1-K(AS)

I.ad. a 40°C (Fc=1) 21 A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 20 mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 52.56

$e(\text{parcial})=2 \times 10 \times 2500 / 49.27 \times 230 \times 2.5 \times 1=1.76$  V.=0.77 %

$e(\text{total})=1.47\%$  ADMIS (6.5% MAX.)

Prot. Térmica:

I. Mag. Bipolar Int. 16 A.

Protección diferencial:

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

#### Cálculo de la Línea: derivación fuerza almacén, vestuarios y aseos

- Tensión de servicio: 400 V.
- Canalización: C-Unip.o Mult.sobre Pared
- Longitud: 0.3 m; Cos  $\varphi$ : 0.8;  $X_u(\text{m}\Omega/\text{m})$ : 0;
- Potencia a instalar: 3000 W.
- Potencia de cálculo:  
1500 W.(Coef. de Simult.: 0.5 )

$I=1500/1,732 \times 400 \times 0.8=2.71$  A.

Se eligen conductores Unipolares 4x2.5+TTx2.5mm<sup>2</sup>Cu

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 450/750 V, Poliolef. - No propagador incendio y emisión humos y opacidad reducida -. Desig. UNE: ES07Z1-K(AS)

I.ad. a 40°C (Fc=1) 21 A. según ITC-BT-19

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 40.5

$e(\text{parcial})=0.3 \times 1500 / 51.42 \times 400 \times 2.5=0.01$  V.=0 %

$e(\text{total})=0.7\%$  ADMIS (4.5% MAX.)

Protección diferencial:

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

Cálculo de la Línea: tomas c. almacén y vestuarios

- Tensión de servicio: 230 V.
- Canalización: B1-Unip.Tubos Superf.o Emp.Obra
- Longitud: 8 m; Cos  $\varphi$ : 0.8;  $X_u(m\Omega/m)$ : 0;
- Potencia a instalar: 1500 W.
- Potencia de cálculo: 1500 W.

$$I=1500/230 \times 0.8=8.15 \text{ A.}$$

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

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 450/750 V, Poliolef. - No propagador incendio y emisión humos y opacidad reducida -. Desig. UNE: ES07Z1-K(AS)

I.ad. a 40°C (Fc=1) 21 A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 20 mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 44.52

$$e(\text{parcial})=2 \times 8 \times 1500 / 50.68 \times 230 \times 2.5=0.82 \text{ V.}=0.36 \%$$

$$e(\text{total})=1.06\% \text{ ADMIS (6.5\% MAX.)}$$

Prot. Térmica:

I. Mag. Bipolar Int. 16 A.

Cálculo de la Línea: tomas c. aseos

- Tensión de servicio: 230 V.
- Canalización: B1-Unip.Tubos Superf.o Emp.Obra
- Longitud: 9 m; Cos  $\varphi$ : 0.8;  $X_u(m\Omega/m)$ : 0;
- Potencia a instalar: 1500 W.
- Potencia de cálculo: 1500 W.

$$I=1500/230 \times 0.8=8.15 \text{ A.}$$

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

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 450/750 V, Poliolef. - No propagador incendio y emisión humos y opacidad reducida -. Desig. UNE: ES07Z1-K(AS)

I.ad. a 40°C (Fc=1) 21 A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 20 mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 44.52

$$e(\text{parcial})=2 \times 9 \times 1500 / 50.68 \times 230 \times 2.5=0.93 \text{ V.}=0.4 \%$$

$$e(\text{total})=1.11\% \text{ ADMIS (6.5\% MAX.)}$$

Prot. Térmica:

I. Mag. Bipolar Int. 16 A.

Cálculo de la Línea: fuerza despachos

- Tensión de servicio: 230 V.
- Canalización: C-Unip.o Mult.sobre Pared

- Longitud: 0.3 m; Cos  $\varphi$ : 0.8;  $X_u(m\Omega/m)$ : 0;
- Potencia a instalar: 2000 W.
- Potencia de cálculo:  
2000 W.(Coef. de Simult.: 1 )

$$I=2000/230 \times 0.8=10.87 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 2x2.5+TTx2.5mm<sup>2</sup>Cu  
 Nivel Aislamiento, Aislamiento: 450/750 V, Poliolef. - No propagador incendio y emisión humos y opacidad reducida -. Desig. UNE: ES07Z1-K(AS)  
 I.ad. a 40°C (Fc=1) 23 A. según ITC-BT-19

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 46.7

$$e(\text{parcial})=2 \times 0.3 \times 2000 / 50.29 \times 230 \times 2.5=0.04 \text{ V.}=0.02 \%$$

$$e(\text{total})=0.72\% \text{ ADMIS (4.5\% MAX.)}$$

Prot. Térmica:

I. Mag. Bipolar Int. 16 A.

Protección diferencial:

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

#### Cálculo de la Línea: tomas c. despachos

- Tensión de servicio: 230 V.
- Canalización: B1-Unip.Tubos Superf.o Emp.Obra
- Longitud: 18 m; Cos  $\varphi$ : 0.8;  $X_u(m\Omega/m)$ : 0;
- Potencia a instalar: 2000 W.
- Potencia de cálculo: 2000 W.

$$I=2000/230 \times 0.8=10.87 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 2x2.5+TTx2.5mm<sup>2</sup>Cu  
 Nivel Aislamiento, Aislamiento: 450/750 V, Poliolef. - No propagador incendio y emisión humos y opacidad reducida -. Desig. UNE: ES07Z1-K(AS)  
 I.ad. a 40°C (Fc=1) 21 A. según ITC-BT-19  
 Diámetro exterior tubo: 20 mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 48.04

$$e(\text{parcial})=2 \times 18 \times 2000 / 50.05 \times 230 \times 2.5=2.5 \text{ V.}=1.09 \%$$

$$e(\text{total})=1.81\% \text{ ADMIS (6.5\% MAX.)}$$

#### Cálculo de la Línea: derivación ilumin. salas

- Tensión de servicio: 400 V.
- Canalización: C-Unip.o Mult.sobre Pared
- Longitud: 0.2 m; Cos  $\varphi$ : 0.8;  $X_u(m\Omega/m)$ : 0;
- Potencia a instalar: 1148 W.
- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-44):  
2066.4 W.(Coef. de Simult.: 1 )

$$I=2066.4/1,732 \times 400 \times 0.8=3.73 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 4x1.5mm<sup>2</sup>Cu  
 Nivel Aislamiento, Aislamiento: 450/750 V, Poliolef. - No propagador incendio y emisión humos y opacidad reducida -. Desig. UNE: ES07Z1-K(AS)

I.ad. a 40°C (Fc=1) 15 A. según ITC-BT-19

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 41.85

$e(\text{parcial})=0.2 \times 2066.4 / 51.17 \times 400 \times 1.5 = 0.01 \text{ V.} = 0 \%$

$e(\text{total})=0.7\% \text{ ADMIS (4.5\% MAX.)}$

Protección diferencial:

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

#### Cálculo de la Línea: derivación ilumin. Planta baja

- Tensión de servicio: 230 V.
- Canalización: C-Unip.o Mult.sobre Pared
- Longitud: 0.1 m; Cos  $\varphi$ : 0.8;  $X_u(\text{m}\Omega/\text{m})$ : 0;
- Potencia a instalar: 442 W.
- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-44):  
795.6 W.(Coef. de Simult.: 1 )

$I=795.6/230 \times 0.8=4.32 \text{ A.}$

Se eligen conductores Unipolares 2x1.5+TTx1.5mm<sup>2</sup>Cu

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

I.ad. a 40°C (Fc=1) 16.5 A. según ITC-BT-19

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 42.06

$e(\text{parcial})=2 \times 0.1 \times 795.6 / 51.13 \times 230 \times 1.5 = 0.01 \text{ V.} = 0 \%$

$e(\text{total})=0.71\% \text{ ADMIS (4.5\% MAX.)}$

Prot. Térmica:

I. Mag. Bipolar Int. 10 A.

#### Cálculo de la Línea: ilumin. Planta baja

- Tensión de servicio: 230 V.
- Canalización: B1-Unip.Tubos Superf.o Emp.Obra
- Longitud: 17 m; Cos  $\varphi$ : 1;  $X_u(\text{m}\Omega/\text{m})$ : 0;
- Potencia a instalar: 394 W.
- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-44):  
394x1.8=709.2 W.

$I=709.2/230 \times 1=3.08 \text{ A.}$

Se eligen conductores Unipolares 2x1.5+TTx1.5mm<sup>2</sup>Cu

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 450/750 V, Poliolef. - No propagador incendio y emisión humos y opacidad reducida -. Desig. UNE: ES07Z1-K(AS)

I.ad. a 40°C (Fc=1) 15 A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 16 mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 41.27

$e(\text{parcial})=2 \times 17 \times 709.2 / 51.28 \times 230 \times 1.5 = 1.36 \text{ V.} = 0.59 \%$

$e(\text{total})=1.3\% \text{ ADMIS (4.5\% MAX.)}$

Cálculo de la Línea: emergencia planta baja

- Tensión de servicio: 230 V.
- Canalización: B1-Unip.Tubos Superf.o Emp.Obra
- Longitud: 19 m; Cos  $\varphi$ : 1;  $X_u(m\Omega/m)$ : 0;
- Potencia a instalar: 48 W.
- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-44):  
48x1.8=86.4 W.

$$I=86.4/230 \times 1=0.38 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 2x1.5+TTx1.5mm<sup>2</sup>Cu

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 450/750 V, Poliolef. - No propagador incendio y emisión humos y opacidad reducida -. Desig. UNE: ES07Z1-K(AS)

I.ad. a 40°C (Fc=1) 15 A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 16 mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 40.02

$$e(\text{parcial})=2 \times 19 \times 86.4 / 51.51 \times 230 \times 1.5 = 0.18 \text{ V.} = 0.08 \%$$

$$e(\text{total})=0.79\% \text{ ADMIS (4.5\% MAX.)}$$

Cálculo de la Línea: derivación ilumin. entreplanta

- Tensión de servicio: 230 V.
- Canalización: C-Unip.o Mult.sobre Pared
- Longitud: 0.1 m; Cos  $\varphi$ : 0.8;  $X_u(m\Omega/m)$ : 0;
- Potencia a instalar: 706 W.
- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-44):  
1270.8 W.(Coef. de Simult.: 1)

$$I=1270.8/230 \times 0.8=6.91 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 2x1.5+TTx1.5mm<sup>2</sup>Cu

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

I.ad. a 40°C (Fc=1) 16.5 A. según ITC-BT-19

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 45.26

$$e(\text{parcial})=2 \times 0.1 \times 1270.8 / 50.55 \times 230 \times 1.5 = 0.01 \text{ V.} = 0.01 \%$$

$$e(\text{total})=0.71\% \text{ ADMIS (4.5\% MAX.)}$$

Prot. Térmica:

I. Mag. Bipolar Int. 10 A.

Cálculo de la Línea: ilumin. Entreplanta

- Tensión de servicio: 230 V.
- Canalización: B1-Unip.Tubos Superf.o Emp.Obra
- Longitud: 20 m; Cos  $\varphi$ : 1;  $X_u(m\Omega/m)$ : 0;
- Potencia a instalar: 666 W.
- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-44):  
666x1.8=1198.8 W.

$$I=1198.8/230 \times 1=5.21 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 2x1.5+TTx1.5mm<sup>2</sup>Cu

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 450/750 V, Poliolef. - No propagador incendio y emisión humos y opacidad reducida -. Desig. UNE: ES07Z1-K(AS)

I.ad. a 40°C (Fc=1) 15 A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 16 mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 43.62

e(parcial)= $2 \times 20 \times 1198.8 / 50.85 \times 230 \times 1.5 = 2.73 \text{ V.} = 1.19 \%$

e(total)=1.9% ADMIS (4.5% MAX.)

#### Cálculo de la Línea: emergencia entreplanta

- Tensión de servicio: 230 V.

- Canalización: B1-Unip.Tubos Superf.o Emp.Obra

- Longitud: 22 m; Cos φ: 1; Xu(mΩ/m): 0;

- Potencia a instalar: 40 W.

- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-44):

$$40 \times 1.8 = 72 \text{ W.}$$

$$I=72/230 \times 1=0.31 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 2x1.5+TTx1.5mm<sup>2</sup>Cu

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 450/750 V, Poliolef. - No propagador incendio y emisión humos y opacidad reducida -. Desig. UNE: ES07Z1-K(AS)

I.ad. a 40°C (Fc=1) 15 A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 16 mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 40.01

e(parcial)= $2 \times 22 \times 72 / 51.51 \times 230 \times 1.5 = 0.18 \text{ V.} = 0.08 \%$

e(total)=0.79% ADMIS (4.5% MAX.)

### - SUBCUADRO taller

#### DEMANDA DE POTENCIAS

- Potencia total instalada:

Torno 14,9 KW	14900 W
Torno 14,9 KW	14900 W
Torno 33,56 KW	33560 W
Torno 33,56 KW	33560 W
Centro Mecanizado	12750 W
compresor	18500 W
tomas trifasica	12800 W
tomas Monofasica	3860 W
luz ext trasera	500 W
TOTAL....	145330 W

- Potencia Instalada Alumbrado (W): 500
- Potencia Instalada Fuerza (W): 144830

#### Cálculo de la Línea: Torno 14,9 KW

- Tensión de servicio: 400 V.
- Canalización: B1-Unip.Tubos Superf.o Emp.Obra
- Longitud: 9 m; Cos  $\varphi$ : 0.8;  $X_u(m\Omega/m)$ : 0; R: 1
- Potencia a instalar: 14900 W.
- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-47):  
 $14900 \times 1.25 = 18625$  W.

$$I = 18625 / (1.732 \times 400 \times 0.8) = 33.6 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 4x6+TTx6mm<sup>2</sup>Cu

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, XLPE+Pol - No propagador incendio y emisión humos y opacidad reducida -. Desig. UNE: RZ1-K(AS)

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

Diámetro exterior tubo: 25 mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 75.29

$e(\text{parcial}) = 9 \times 18625 / (45.66 \times 400 \times 6 \times 1) = 1.53 \text{ V.} = 0.38 \%$

$e(\text{total}) = 1.14\% \text{ ADMIS (6.5\% MAX.)}$

Prot. Térmica:

I. Mag. Tetrapolar Int. 40 A.

Protección diferencial:

Inter. Dif. Tetrapolar Int.: 63 A. Sens. Int.: 300 mA.

#### Cálculo de la Línea: Torno 14,9 KW

- Tensión de servicio: 400 V.
- Canalización: B1-Unip.Tubos Superf.o Emp.Obra
- Longitud: 7 m; Cos  $\varphi$ : 0.8;  $X_u(m\Omega/m)$ : 0; R: 1
- Potencia a instalar: 14900 W.
- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-47):  
 $14900 \times 1.25 = 18625$  W.

$$I = 18625 / (1.732 \times 400 \times 0.8) = 33.6 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 4x6+TTx6mm<sup>2</sup>Cu

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, XLPE+Pol - No propagador incendio y emisión humos y opacidad reducida -. Desig. UNE: RZ1-K(AS)

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

Diámetro exterior tubo: 25 mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 75.29

$e(\text{parcial}) = 7 \times 18625 / (45.66 \times 400 \times 6 \times 1) = 1.19 \text{ V.} = 0.3 \%$

$e(\text{total}) = 1.05\% \text{ ADMIS (6.5\% MAX.)}$

Prot. Térmica:

I. Mag. Tetrapolar Int. 40 A.

Protección diferencial:

Inter. Dif. Tetrapolar Int.: 63 A. Sens. Int.: 300 mA.

#### Cálculo de la Línea: Torno 33,56 KW

- Tensión de servicio: 400 V.
- Canalización: B1-Unip.Tubos Superf.o Emp.Obra
- Longitud: 5 m; Cos  $\varphi$ : 0.8;  $X_u(m\Omega/m)$ : 0; R: 1
- Potencia a instalar: 33560 W.
- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-47):  
 $33560 \times 1.25 = 41950$  W.

$$I = 41950 / (1,732 \times 400 \times 0.8) = 75.69 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 4x25+TTx16mm<sup>2</sup>Cu

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, XLPE+Pol - No propagador incendio y emisión humos y opacidad reducida -. Desig. UNE: RZ1-K(AS)

I.ad. a 40°C (Fc=1) 95 A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 50 mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 71.74

$$e(\text{parcial}) = 5 \times 41950 / (46.19 \times 400 \times 25) = 0.45 \text{ V.} = 0.11 \%$$

$$e(\text{total}) = 0.87\% \text{ ADMIS (6.5\% MAX.)}$$

Prot. Térmica:

I. Aut./Tet. In.: 100 A. Térmico reg. Int.Reg.: 85 A.

Protección diferencial:

Relé y Transfor. Diferencial Sens.: 300 mA.

#### Cálculo de la Línea: Torno 33,56 KW

- Tensión de servicio: 400 V.
- Canalización: B1-Unip.Tubos Superf.o Emp.Obra
- Longitud: 9 m; Cos  $\varphi$ : 0.8;  $X_u(m\Omega/m)$ : 0; R: 1
- Potencia a instalar: 33560 W.
- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-47):  
 $33560 \times 1.25 = 41950$  W.

$$I = 41950 / (1,732 \times 400 \times 0.8) = 75.69 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 4x25+TTx16mm<sup>2</sup>Cu

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, XLPE+Pol - No propagador incendio y emisión humos y opacidad reducida -. Desig. UNE: RZ1-K(AS)

I.ad. a 40°C (Fc=1) 95 A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 50 mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 71.74

$$e(\text{parcial}) = 9 \times 41950 / (46.19 \times 400 \times 25) = 0.82 \text{ V.} = 0.2 \%$$

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

Prot. Térmica:

I. Aut./Tet. In.: 100 A. Térmico reg. Int.Reg.: 85 A.

Protección diferencial:

Relé y Transfor. Diferencial Sens.: 300 mA.



Cálculo de la Línea: Centro Mecanizado

- Tensión de servicio: 400 V.
- Canalización: B1-Unip.Tubos Superf.o Emp.Obra
- Longitud: 20 m; Cos  $\varphi$ : 0.8;  $X_u(m\Omega/m)$ : 0; R: 1
- Potencia a instalar: 12750 W.
- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-47):  
 $12750 \times 1.25 = 15937.5$  W.

$$I = 15937.5 / (1.732 \times 400 \times 0.8) = 28.76 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 4x4+TTx4mm<sup>2</sup>Cu

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, XLPE+Pol - No propagador incendio y emisión humos y opacidad reducida -. Desig. UNE: RZ1-K(AS)

I.ad. a 40°C (Fc=1) 31 A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 25 mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 83.02

$$e(\text{parcial}) = 20 \times 15937.5 / (44.55 \times 400 \times 4) = 4.47 \text{ V.} = 1.12 \%$$

$$e(\text{total}) = 1.88\% \text{ ADMIS (6.5\% MAX.)}$$

Prot. Térmica:

I. Mag. Tetrapolar Int. 30 A.

Protección diferencial:

Inter. Dif. Tetrapolar Int.: 40 A. Sens. Int.: 300 mA.

Cálculo de la Línea: compresor

- Tensión de servicio: 400 V.
- Canalización: B1-Unip.Tubos Superf.o Emp.Obra
- Longitud: 12 m; Cos  $\varphi$ : 0.8;  $X_u(m\Omega/m)$ : 0; R: 1
- Potencia a instalar: 18500 W.
- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-47):  
 $18500 \times 1.25 = 23125$  W.

$$I = 23125 / (1.732 \times 400 \times 0.8) = 41.72 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 4x10+TTx10mm<sup>2</sup>Cu

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, XLPE+Pol - No propagador incendio y emisión humos y opacidad reducida -. Desig. UNE: RZ1-K(AS)

I.ad. a 40°C (Fc=1) 54 A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 32 mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 69.85

$$e(\text{parcial}) = 12 \times 23125 / (46.47 \times 400 \times 10) = 1.49 \text{ V.} = 0.37 \%$$

$$e(\text{total}) = 1.13\% \text{ ADMIS (6.5\% MAX.)}$$

Prot. Térmica:

I. Mag. Tetrapolar Int. 50 A.

Protección diferencial:

Inter. Dif. Tetrapolar Int.: 63 A. Sens. Int.: 300 mA.

Cálculo de la Línea: línea a tomas c. trifásicas 2

- Tensión de servicio: 400 V.
- Canalización: C-Unip.o Mult.sobre Pared
- Longitud: 0.3 m; Cos  $\varphi$ : 0.8;  $X_u(m\Omega/m)$ : 0;
- Potencia a instalar: 12800 W.
- Potencia de cálculo:  
3840 W.(Coef. de Simult.: 0.3 )

$$I=3840/1,732 \times 400 \times 0.8=6.93 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 4x4+TTx4mm<sup>2</sup>Cu

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, XLPE+Pol - No propagador incendio y emisión humos y opacidad reducida -. Desig. UNE: RZ1-K(AS)

I.ad. a 40°C (Fc=1) 34 A. según ITC-BT-19

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 42.08

$$e(\text{parcial})=0.3 \times 3840 / 51.13 \times 400 \times 4=0.01 \text{ V.}=0 \%$$

$$e(\text{total})=0.76\% \text{ ADMIS (4.5\% MAX.)}$$

Prot. Térmica:

I. Mag. Tetrapolar Int. 25 A.

Protección diferencial:

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

Cálculo de la Línea: tomas c. trifásicas 2

- Tensión de servicio: 400 V.
- Canalización: B1-Unip.Tubos Superf.o Emp.Obra
- Longitud: 15 m; Cos  $\varphi$ : 0.8;  $X_u(m\Omega/m)$ : 0;
- Potencia a instalar: 12800 W.
- Potencia de cálculo: 12800 W.

$$I=12800/1,732 \times 400 \times 0.8=23.09 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 4x4+TTx4mm<sup>2</sup>Cu

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, XLPE+Pol - No propagador incendio y emisión humos y opacidad reducida -. Desig. UNE: RZ1-K(AS)

I.ad. a 40°C (Fc=1) 31 A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 25 mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 67.75

$$e(\text{parcial})=15 \times 12800 / 46.8 \times 400 \times 4=2.56 \text{ V.}=0.64 \%$$

$$e(\text{total})=1.4\% \text{ ADMIS (6.5\% MAX.)}$$

Cálculo de la Línea: línea a tomas c. monofásicas 2

- Tensión de servicio: 230 V.

- Canalización: C-Unip.o Mult.sobre Pared
- Longitud: 0.3 m; Cos  $\varphi$ : 0.8;  $X_u(m\Omega/m)$ : 0;
- Potencia a instalar: 3860 W.
- Potencia de cálculo:  
1544 W.(Coef. de Simult.: 0.4 )

$$I=1544/230 \times 0.8=8.39 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 2x4+TTx4mm<sup>2</sup>Cu  
 Nivel Aislamiento, Aislamiento: 450/750 V, Poliolef. - No propagador incendio y emisión humos y opacidad reducida -. Desig. UNE: ES07Z1-K(AS)  
 I.ad. a 40°C (Fc=1) 31 A. según ITC-BT-19

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 42.2

$$e(\text{parcial})=2 \times 0.3 \times 1544 / 51.11 \times 230 \times 4 = 0.02 \text{ V.} = 0.01 \%$$

$$e(\text{total})=0.77\% \text{ ADMIS (4.5\% MAX.)}$$

Prot. Térmica:

I. Mag. Bipolar Int. 25 A.

Protección diferencial:

Inter. Dif. Bipolar Int.: 40 A. Sens. Int.: 30 mA.

#### Cálculo de la Línea: tomas c. Monofásicas 2

- Tensión de servicio: 230 V.
- Canalización: B1-Unip.Tubos Superf.o Emp.Obra
- Longitud: 12 m; Cos  $\varphi$ : 0.8;  $X_u(m\Omega/m)$ : 0;
- Potencia a instalar: 3860 W.
- Potencia de cálculo: 3860 W.

$$I=3860/230 \times 0.8=20.98 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 2x4+TTx4mm<sup>2</sup>Cu  
 Nivel Aislamiento, Aislamiento: 450/750 V, Poliolef. - No propagador incendio y emisión humos y opacidad reducida -. Desig. UNE: ES07Z1-K(AS)  
 I.ad. a 40°C (Fc=1) 27 A. según ITC-BT-19  
 Diámetro exterior tubo: 20 mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 58.11

$$e(\text{parcial})=2 \times 12 \times 3860 / 48.33 \times 230 \times 4 = 2.08 \text{ V.} = 0.91 \%$$

$$e(\text{total})=1.67\% \text{ ADMIS (6.5\% MAX.)}$$

#### Cálculo de la Línea: luz exterior trasera

- Tensión de servicio: 230 V.
- Canalización: B1-Unip.Tubos Superf.o Emp.Obra
- Longitud: 16 m; Cos  $\varphi$ : 1;  $X_u(m\Omega/m)$ : 0;
- Potencia a instalar: 500 W.
- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-44):  
500x1.8=900 W.

$$I=900/230 \times 1=3.91 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 2x1.5+TTx1.5mm<sup>2</sup>Cu

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 450/750 V, Poliolef. - No propagador incendio y emisión humos y opacidad reducida -. Desig. UNE: ES07Z1-K(AS)  
 I.ad. a 40°C (Fc=1) 15 A. según ITC-BT-19  
 Diámetro exterior tubo: 16 mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 42.04

e(parcial)= $2 \times 16 \times 900 / 51.14 \times 230 \times 1.5 = 1.63$  V.=0.71 %

e(total)=1.47% ADMIS (4.5% MAX.)

Prot. Térmica:

I. Mag. Bipolar Int. 10 A.

Protección diferencial:

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

## CÁLCULO EMBARRADOS

### Cuadro BT del C.T.

#### Datos

- Metal: Cu
- Estado pletinas: desnudas
- nº pletinas por fase: 1
- Separación entre pletinas, d(cm): 10
- Separación entre apoyos, L(cm): 25
- Tiempo duración c.c. (s): 0.5

#### Pletina adoptada

- Sección (mm<sup>2</sup>): 250
- Ancho (mm): 50
- Espesor (mm): 5
- Wx, Ix, Wy, Iy (cm<sup>3</sup>,cm<sup>4</sup>) : 2.08, 5.2, 0.208, 0.052
- I. admisible del embarrado (A): 630

#### a) Cálculo electrodinámico

$$\sigma_{\max} = I_{pcc}^2 \cdot L^2 / (60 \cdot d \cdot W_y \cdot n) = 14.3^2 \cdot 25^2 / (60 \cdot 10 \cdot 0.208 \cdot 1) = 1024.399 \leq 1200 \text{ kg/cm}^2 \text{ Cu}$$

#### b) Cálculo térmico, por intensidad admisible

$$I_{cal} = 577.37 \text{ A}$$

$$I_{adm} = 630 \text{ A}$$

#### c) Comprobación por sollicitación térmica en cortocircuito

$$I_{pcc} = 14.3 \text{ kA}$$

$$I_{ccs} = K_c \cdot S / (1000 \cdot \sqrt{t_{cc}}) = 164 \cdot 250 \cdot 1 / (1000 \cdot \sqrt{0.5}) = 57.98 \text{ kA}$$

## Cuadro general

### Datos

- Metal: Cu
- Estado pletinas: desnudas
- nº pletinas por fase: 1
- Separación entre pletinas, d(cm): 10
- Separación entre apoyos, L(cm): 25
- Tiempo duración c.c. (s): 0.5

### Pletina adoptada

- Sección (mm<sup>2</sup>): 250
- Ancho (mm): 50
- Espesor (mm): 5
- W<sub>x</sub>, I<sub>x</sub>, W<sub>y</sub>, I<sub>y</sub> (cm<sup>3</sup>, cm<sup>4</sup>) : 2.08, 5.2, 0.208, 0.052
- I. admisible del embarrado (A): 630

### a) Cálculo electrodinámico

$$\sigma_{\max} = I_{pcc}^2 \cdot L^2 / (60 \cdot d \cdot W_y \cdot n) = 14^2 \cdot 25^2 / (60 \cdot 10 \cdot 0.208 \cdot 1) = 981.072 \leq 1200 \text{ kg/cm}^2$$

Cu

### b) Cálculo térmico, por intensidad admisible

$$I_{cal} = 424.54 \text{ A}$$

$$I_{adm} = 630 \text{ A}$$

### c) Comprobación por sollicitación térmica en cortocircuito

$$I_{pcc} = 14 \text{ kA}$$

$$I_{cccs} = K_c \cdot S / (1000 \cdot \sqrt{t_{cc}}) = 164 \cdot 250 \cdot 1 / (1000 \cdot \sqrt{0.5}) = 57.98 \text{ kA}$$

## Subcuadro salas

### Datos

- Metal: Cu
- Estado pletinas: desnudas
- nº pletinas por fase: 1
- Separación entre pletinas, d(cm): 10
- Separación entre apoyos, L(cm): 25
- Tiempo duración c.c. (s): 0.5

### Pletina adoptada

- Sección (mm<sup>2</sup>): 24
- Ancho (mm): 12
- Espesor (mm): 2
- W<sub>x</sub>, I<sub>x</sub>, W<sub>y</sub>, I<sub>y</sub> (cm<sup>3</sup>, cm<sup>4</sup>) : 0.048, 0.0288, 0.008, 0.0008

- I. admisible del embarrado (A): 110

a) Cálculo electrodinámico

$$\sigma_{\max} = I_{\text{pcc}}^2 \cdot L^2 / (60 \cdot d \cdot W_y \cdot n) = 2.63^2 \cdot 25^2 / (60 \cdot 10 \cdot 0.008 \cdot 1) = 899.252 \leq 1200 \text{ kg/cm}^2 \text{ Cu}$$

b) Cálculo térmico, por intensidad admisible

$$I_{\text{cal}} = 24.7 \text{ A}$$

$$I_{\text{adm}} = 110 \text{ A}$$

c) Comprobación por sollicitación térmica en cortocircuito

$$I_{\text{pcc}} = 2.63 \text{ kA}$$

$$I_{\text{cccs}} = K_c \cdot S / (1000 \cdot \sqrt{t_{\text{cc}}}) = 164 \cdot 24 \cdot 1 / (1000 \cdot \sqrt{0.5}) = 5.57 \text{ kA}$$

## Subcuadro taller

Datos

- Metal: Cu
- Estado pletinas: desnudas
- nº pletinas por fase: 1
- Separación entre pletinas, d(cm): 10
- Separación entre apoyos, L(cm): 25
- Tiempo duración c.c. (s): 0.5

Pletina adoptada

- Sección (mm<sup>2</sup>): 150
- Ancho (mm): 30
- Espesor (mm): 5
- W<sub>x</sub>, I<sub>x</sub>, W<sub>y</sub>, I<sub>y</sub> (cm<sup>3</sup>, cm<sup>4</sup>): 0.75, 1.125, 0.125, 0.031
- I. admisible del embarrado (A): 400

a) Cálculo electrodinámico

$$\sigma_{\max} = I_{\text{pcc}}^2 \cdot L^2 / (60 \cdot d \cdot W_y \cdot n) = 11.28^2 \cdot 25^2 / (60 \cdot 10 \cdot 0.125 \cdot 1) = 1060.475 \leq 1200 \text{ kg/cm}^2 \text{ Cu}$$

b) Cálculo térmico, por intensidad admisible

$$I_{\text{cal}} = 278.07 \text{ A}$$

$$I_{\text{adm}} = 400 \text{ A}$$

c) Comprobación por sollicitación térmica en cortocircuito

$$I_{\text{pcc}} = 11.28 \text{ kA}$$

$$I_{\text{cccs}} = K_c \cdot S / (1000 \cdot \sqrt{t_{\text{cc}}}) = 164 \cdot 150 \cdot 1 / (1000 \cdot \sqrt{0.5}) = 34.79 \text{ kA}$$

## 2.4 Compensación energía reactiva

### Fórmulas utilizadas

$$\cos \varphi = \frac{P}{\sqrt{P^2 + Q^2}} = \frac{P}{S}$$

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{Q}{P}$$

$$Q_c = P \times (\operatorname{tg} \varphi_1 - \operatorname{tg} \varphi_2)$$

$$C = \frac{Q_c \times 1000}{3 \times \omega \times Q^2}$$

Dónde:

P = Potencia activa instalación (kW).

Q = Potencia reactiva instalación (kVAr).

Q<sub>c</sub> = Potencia reactiva a compensar (kVAr).

φ<sub>1</sub> = Ángulo de desfase de la instalación sin compensar.

φ<sub>2</sub> = Ángulo de desfase que se quiere conseguir.

U = Tensión compuesta (V).

ω = 2 · π · f; f = 50 Hz.

C = Capacidad condensadores (F); Cx1000000(μF).

### Dimensionado de la batería de condensadores

En el cálculo de la potencia reactiva a compensar, para que la instalación en estudio presente el factor de potencia deseado, se parte de los siguientes datos:

Suministro: Trifásico.

Tensión Compuesta: 400 V.

Potencia activa: 235296.8 W.

Cosφ actual: 0.8.

Cosφ a conseguir: 1.

Conexión de condensadores: en Triángulo.

Los resultados obtenidos son:

Potencia Reactiva a compensar (kVAr): 176.47

Gama de Regulación: (1:2:4)

Potencia de Escalón (kVAr): 25.21

**Capacidad Condensadores (μF): 167.18**

La secuencia que debe realizar el regulador de reactiva para dar señal a las diferentes salidas es:

Gama de regulación; 1:2:4 (tres salidas).

1. Primera salida.
  2. Segunda salida.
  3. Primera y segunda salida.
  4. Tercera salida.
  5. Tercera y primera salida.
  6. Tercera y segunda salida.
  7. Tercera, primera y segunda salida.
- Obteniéndose así los siete escalones de igual potencia.

Se recomienda utilizar escalones múltiplos de 5 kVAr.

### **Dimensionado de la línea de la batería de condensadores**

Tal y como se ha descrito en el apartado de cálculos eléctricos, la línea de la batería será de 3x185+TTx95mm<sup>2</sup>Cu, con aislamiento de 0.6/1 kV, XLPE+Pol - No propagador incendio y emisión humos y opacidad reducida - UNE: RZ1-K(AS)

## **2.5 Puesta a tierra**

### **2.5.1 Resistencia del electrodo**

Según se explica en la memoria, la diferencia de tensión entre masa y tierra no debe ser nunca superior a 24 voltios en lugares húmedos o de 50 voltios en lugares secos.

De los dos valores se cogerá el de 50 Voltios, ya que se trata de una nave con ambiente seco y será por esto por lo que se toman las siguientes medidas para dicho fin:

Datos de partida:

- Resistividad del terreno:  
Según la tabla de la ITC BT 18, tabla 3, suelo de margas y arcillas compactas de valores de 100 a 200  $\Omega$ m (valor medio 150  $\Omega$ m).
- Tensión máxima de contacto 50 V.



- Corriente de disparo del interruptor diferencial 30 mA.
- El valor máximo de la resistencia de tierra deberá ser:

$$R \leq \frac{V_c}{I_s} = 1666.7 \Omega$$

### 2.5.2 Características del electrodo

El electrodo está formado por 4 picas de acero recubiertas de cobre de 14 mm de diámetro y 2 metros de longitud, situadas una en cada esquina de la nave, y unidas por medio de un conductor de cobre desnudo de 50 mm<sup>2</sup> de sección. Esta irá unida al mallazo metálico de cimentación a través de un conductor de cobre de 50 mm<sup>2</sup> de sección por medio de soldaduras aluminotérmicas, formando así una superficie equipotencial a lo largo de toda la nave.

La resistencia a tierra de una pica, según la tabla 5 de la instrucción ITC BT 18, viene dada por la expresión:

$$R = \frac{\rho}{L} = \frac{400}{2} = 200 \Omega$$

La resistencia de cuatro picas será:

$$R_p = R_1 // R_2 // R_3 // R_4 = 50 \Omega.$$

Dónde:

R = resistencia a tierra, en  $\Omega$

$\rho$  = resistividad del terreno en  $\Omega\text{m}$ .

L = longitud de la pica o del conductor (m).

La resistencia del conductor que las une, según la tabla 5 de la instrucción ITC BT 18, será:

$$R_c = 2 \cdot \frac{\rho}{L} = 2 \cdot \frac{150}{64} = 4.68 \Omega$$

$\rho$  = resistividad del terreno en  $\Omega\text{m}$ .

L = longitud del electrodo (m).

La resistencia del conjunto será:

$$R_T = R_p // R_c = 4.28 \Omega.$$

Como se ve, se cumplen las prescripciones expuestas en el punto 1 de este documento, ya que  $4,28 \Omega < 1666,7 \Omega$ , con lo que la instalación a tierra es correcta. Debido al mallazo de cimentación la resistencia a tierra será menor todavía, con lo cual se cumple de sobra la exigencia.

Una vez medido el valor de la resistencia de la red de tierras, verificaremos si la tensión de contacto que se obtiene es inferior a 50 V y cumple el reglamento. Para calcular la tensión de contacto se utilizara la expresión siguiente:

$$U_c = R_a \times I_a$$

Dónde:

I<sub>a</sub>: corriente de disparo de los interruptores diferenciales: 30 mA

R<sub>a</sub>: Valor de la resistencia de puesta a tierra

Aplicando la ecuación obtenemos:

$$U_C = 4,28 \times 0,03 = 0,128 \text{ V} < \mathbf{50 \text{ V}}.$$

La tensión de contacto obtenida es de 0,128 V, que es inferior a 50 V, por lo que esta instalación cumple con el reglamento.

Los conductores de protección, se han calculado adecuadamente y según la ITC-BT-18, en el apartado del cálculo de la instalación.

### 2.5.3 Mínima distancia entre las tomas de tierra de las masas y del 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.

La distancia entre las tomas de tierra del centro de transformación y las tomas de tierra u otros elemento conductores en los locales de utilización se calculara con la siguiente formula siempre que la resistividad del terrenos sea superior a  $100 \Omega \cdot m$ , como es nuestro caso.

$$D = \frac{\rho \times I_d}{2\pi \times U}$$

Dónde:

D: distancia entre electrodos en metros

$I_d$  : intensidad de defecto a tierra (facilitado por la empresa eléctrica de alta tensión: 400A)

$\rho$ : resistividad media del terreno en  $\Omega \cdot m$

U: 1200 V para sistemas de distribución TT

Sustituyendo valores obtenemos que **D = 7,957 m.**

### 3. Anexo cálculos

#### 3.1 Calculo iluminación exterior

El nivel de iluminación requerido alrededor de la nave será de 100 lux aproximadamente. Las luminarias se situaran a una altura de 7 metros.

El coeficiente de utilización se halla en tablas en función de las características de la luminaria y del tipo de vía o recinto a iluminar. En nuestro caso el valor será 0,4. Utilizaremos un factor de mantenimiento de los llamados “bueno”, y el valor más usual en estos casos es de 0,75.

El rendimiento de la luminaria escogida será de 0.7, valor dado por el fabricante. El valor del flujo luminoso de esta luminaria es de 20500 lm.

Teniendo estos datos se calculará a qué distancia máxima (D) hay que colocar las luminarias unas de otras.

$$\phi = \frac{ExS}{\eta \times F_m \times \eta_A} \Rightarrow$$

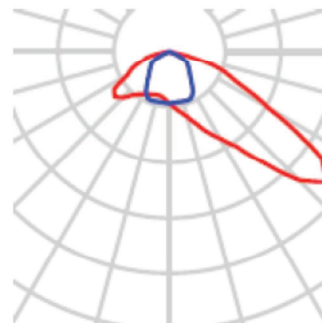
$$20500 = \frac{100 \times 7 \times D}{0,4 \times 0,75 \times 0,7}$$

$$D = 6,15 \text{ m}$$

Debido a que la anchura de la nave industrial es de unos 12 m, y que la puerta de la fachada delantera ocupa aproximadamente la mitad de la misma, se pondrán dos luminarias en cada extremo superior de la puerta, con una separación de 6 m entre ambas. La misma solución se adoptara para la puerta del patio trasera. Es decir en total se colocaran 4 luminarias.

*Luminarias utilizadas*

#### 4x. Philips master HPI-T 250W-645 E40



Número de artículo: 6404/150  
Flujo luminoso lámpara: 202500 lm  
Potencia de la luminaria: 250 W  
Portalámparas: RX 7s  
Vida: 6000H

### 3.2 Calculo iluminación interior

Se ha calculado con un programa informático llamado Dialux, este contiene en su base de datos una extensa librería de luminarias, además, permite descargar los catálogos de la mayoría de fabricantes.

Para realizar los cálculos lumínicos con el programa, se han tenido en cuenta ciertos aspectos que garanticen tanto que se cumpla el reglamento vigente como que los datos de las instalaciones las adapten lo máximo posible a la realidad.

Algunos de estos aspectos son:

- Actividad de la zona a iluminar.
- Tipo de tarea visual a realizar
- Necesidades de luz del local y del cliente.
- Material y color de las paredes, techos y suelos para obtener las reflectancias correspondientes
- Factor de mantenimiento previsto.
- Iluminancia media horizontal (Em).
- La potencia del conjunto lámpara y equipo.
- Valor de la eficiencia energética de la instalación (VEEI).
- Sistema de control de la zona.
- Plano útil.

Donde he determinado el plano útil y el plan de mantenimiento.

El plano útil queda definido según la altura respecto del suelo a la que tendrá lugar la actividad principal del lugar. He definido una altura de 0,85 m en todos los locales de la nave a excepción de las escaleras que será 0 m.

Para el factor de mantenimiento se tienen en cuenta 3 factores:

- A) La depreciación luminosa de la propia lámpara.
- B) La pérdida por acumulación de polvo y suciedad sobre la superficie de la lámpara y la superficie reflectora y transmisora de la luminaria.
- C) Pérdida de luz reflejada en las paredes.

Conocido esto se toman factores de mantenimiento entre 0,7 y 0,8, valore que se consideran un buen factor de mantenimiento, ya que las luminarias se limpian frecuentemente y las lámparas se sustituyen por otras antes de fundirse. Además hay unas buenas condiciones atmosféricas exentas de suciedad.

Además, se ha seguido el código técnico de la edificación, sección HE3 principalmente, que recoge la norma UNE 12464-1 sobre iluminación interior de los lugares de trabajo y distintas normativas de seguridad como la SU4. Más adelante indicaremos los valores de iluminación correspondientes a cada parte de la nave industrial.

El programa Dialux, realiza una serie de cálculos para mostrar los parámetros requeridos, estos son:

- **Em**: iluminancia media

$$Em = \Phi / S$$

Dónde:

$\Phi$ : flujo luminoso [lm]

S: superficie [m<sup>2</sup>]

- **Um**: uniformidad media

$$Um = E_{min} / E_{med}$$

Dónde:

$E_{min}$ : iluminancia mínima [lux]

$E_{med}$ : iluminancia media [lux]

- **VEEI**: valor de eficiencia energética en instalaciones interiores.

$$VEEI = \frac{P \times 100}{S \times Em}$$

Dónde:

P= potencia de la lámpara más equipo auxiliar (W)

S= superficie iluminada (m<sup>2</sup>)

Em= iluminación media mantenida

Con la finalidad de establecer los correspondientes valores de eficiencia energética límite, las instalaciones de iluminación se identificarán según la zona dentro de uno de los grupos siguientes:

- *Grupo 1:* Zona de no representación o espacios en los que el criterio de diseño, de imagen o el estado anímico que se quiere transmitir al usuario con la iluminación, queda relegado a un segundo plano frente a otros criterios como el nivel de iluminación, el confort visual, la seguridad y la eficiencia energética.

- *Grupo 2:* Zonas de representación o espacios donde el criterio de diseño, imagen o el estado anímico que se quiere transmitir al usuario con la iluminación, son preponderantes frente a los criterios de eficiencia energética.

Los valores de eficiencia energética límite en recintos interiores de un edificio se establecen en la siguiente tabla:

grupo	Zonas de actividad diferenciada	VEEI límite
1 zonas de no representación	administrativo en general	3,5
	andenes de estaciones de transporte	3,5
	salas de diagnóstico <sup>(4)</sup>	3,5
	pabellones de exposición o ferias	3,5
	aulas y laboratorios <sup>(2)</sup>	4,0
	habitaciones de hospital <sup>(3)</sup>	4,5
	recintos interiores asimilables a grupo 1 no descritos en la lista anterior	4,5
	zonas comunes <sup>(1)</sup>	4,5
	almacenes, archivos, salas técnicas y cocinas	5
	aparcamientos	5
	espacios deportivos <sup>(5)</sup>	5
2 zonas de representación	administrativo en general	6
	estaciones de transporte <sup>(6)</sup>	6
	supermercados, hipermercados y grandes almacenes	6
	bibliotecas, museos y galerías de arte	6
	zonas comunes en edificios residenciales	7,5
	centros comerciales (excluidas tiendas) <sup>(9)</sup>	8
	hostelería y restauración <sup>(8)</sup>	10
	recintos interiores asimilables a grupo 2 no descritos en la lista anterior	10
	religioso en general	10
	salones de actos, auditorios y salas de usos múltiples y convenciones, salas de ocio o espectáculo, salas de reuniones y salas de conferencias <sup>(7)</sup>	10
	tiendas y pequeño comercio	10
	zonas comunes <sup>(1)</sup>	10
	habitaciones de hoteles, hostales, etc.	12

Cálculos:

Para realizar los cálculos se debe de insertar una serie de datos en el programa para así poder obtener unos resultados que se ciñan lo máximo posible a la realidad.

Los datos a insertar son los siguientes:

- Definición de la geometría del local. (No ha sido definida con total exactitud, pero lo suficiente para que no influya en los resultados).
- Elección del tipo de luminaria y lámpara, teniendo en cuenta los niveles de consumo y especificaciones del cliente.
- Ubicación de las luminarias.
- Plano útil.
- Factor de mantenimiento.

Se realizan los cálculos y se observan los datos de calidad (iluminación media, valor de eficiencia energética y uniformidad media) para determinar si se cumple con la normativa y valores deseados.

De no ser así, se repetirán los pasos anteriores hasta cumplir los niveles dictados por la normativa.

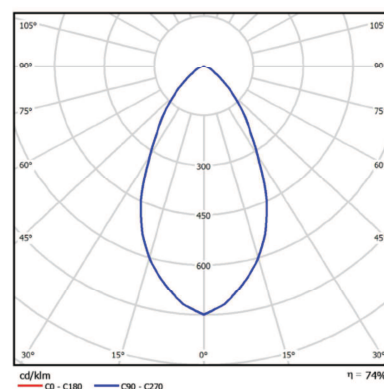
Luminarias utilizadas:

Las luminarias utilizadas en el proyecto y sus características son:

- *Philips BY150P 1xHPI-P400W-BU P-NB +BY150G R +BY150Z GC*

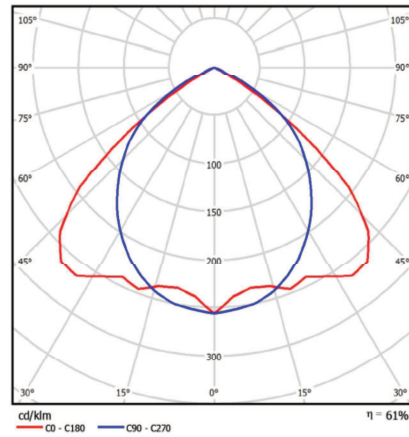


Emisión de luz 1:

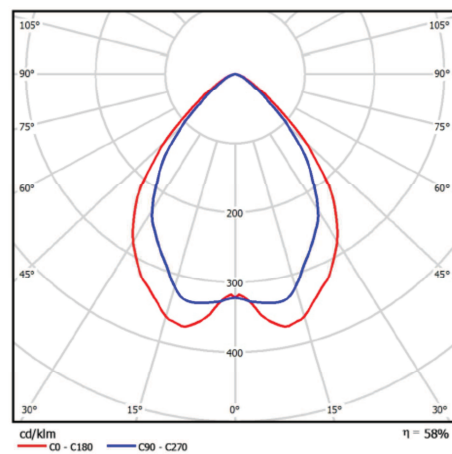




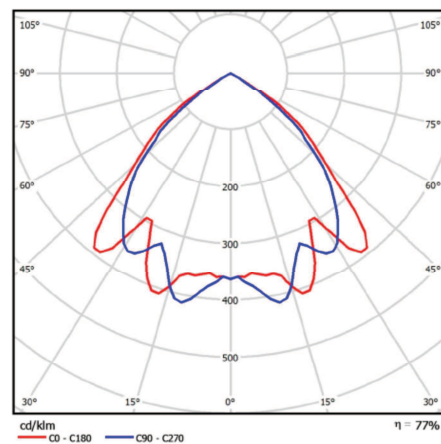
- *Philips TCS160 2xTL-D58W HFP C5*



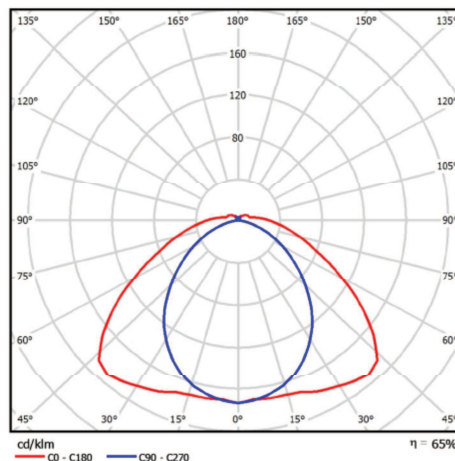
- *Philips FBS120 2xPL-C/4P18W HF P (1000)*



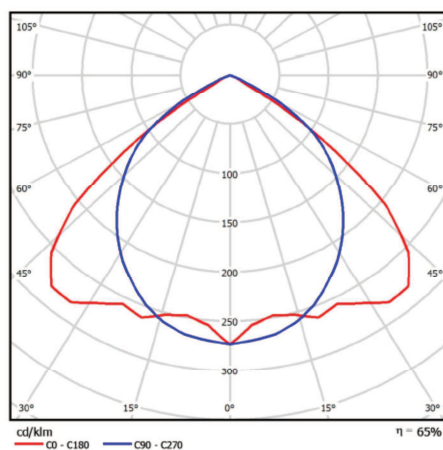
- *Philips FBS296 1xPL-C/4P18W HFP C (1000)*



- *Philips TCS022 2xTL-D18W HFP P*



- *Philips TCS160 4xTL-D18W HFP C5 (1000)*



### Resultados:

A continuación se muestran los resultados obtenidos en el estudio por zonas realizado con dialux.

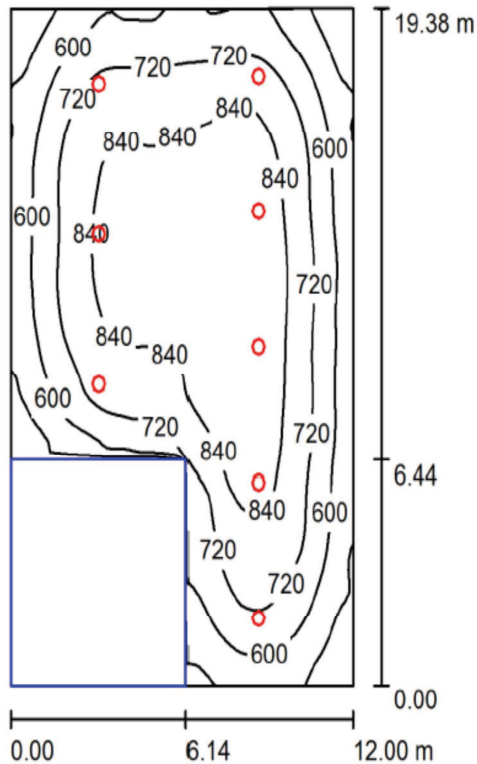
La nave industrial de estudio está compuesta por:

1. ZONA TALLER
2. ALMACEN
3. VESTUARIOS
4. ASEOS PLANTA BAJA
5. OFICINA GENERAL
6. ARCHIVO
7. DESPACHO
8. ASEOS ENTREPLANTA
9. ESCALERAS

Algunas de esta zonas se estudiaran en conjunto o por separado según las luminarias instaladas en las mismas, puesto que estas pueden afectar a una o varias zonas.

## ZONA TALLER

### Resumen



Altura del local: 8.550 m, Altura de montaje: 8.376 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:249

Superficie	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano útil	/	721	364	936	0.505
Suelo	20	574	3.93	893	0.007
Techo	90	140	53	173	0.382
Paredes (4)	70	208	3.62	492	/

#### Plano útil:

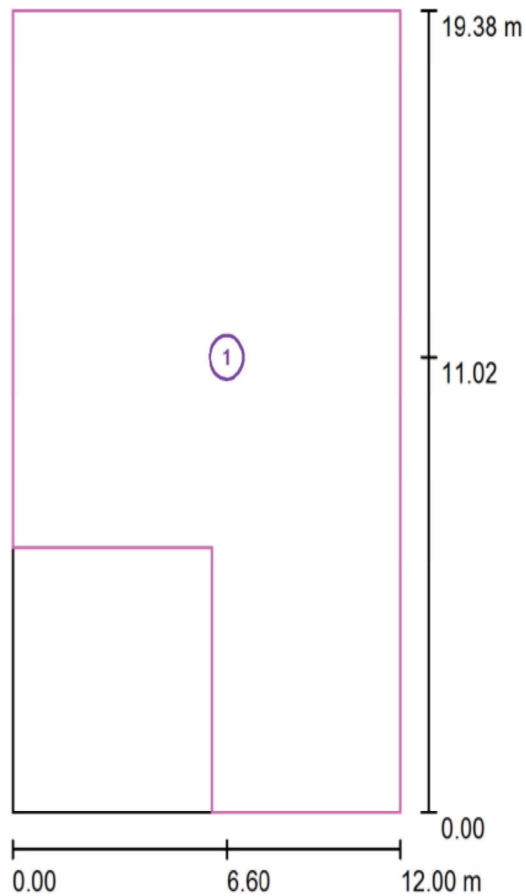
Altura: 0.850 m  
 Trama: 64 x 64 Puntos  
 Zona marginal: 0.000 m

#### Lista de piezas - Luminarias

Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	$\Phi$ (Luminaria) [lm]	$\Phi$ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	8	Philips BY150P 1xHPI-P400W-BU P-NB +BY150G R +BY150Z GC (1.000)	24050	32500	428.0
			Total: 192400	Total: 260000	3424.0

Valor de eficiencia energética:  $14.72 \text{ W/m}^2 = 2.04 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $232.56 \text{ m}^2$ )

#### Superficie de cálculo (Resumen de resultados)



Escala 1 : 221

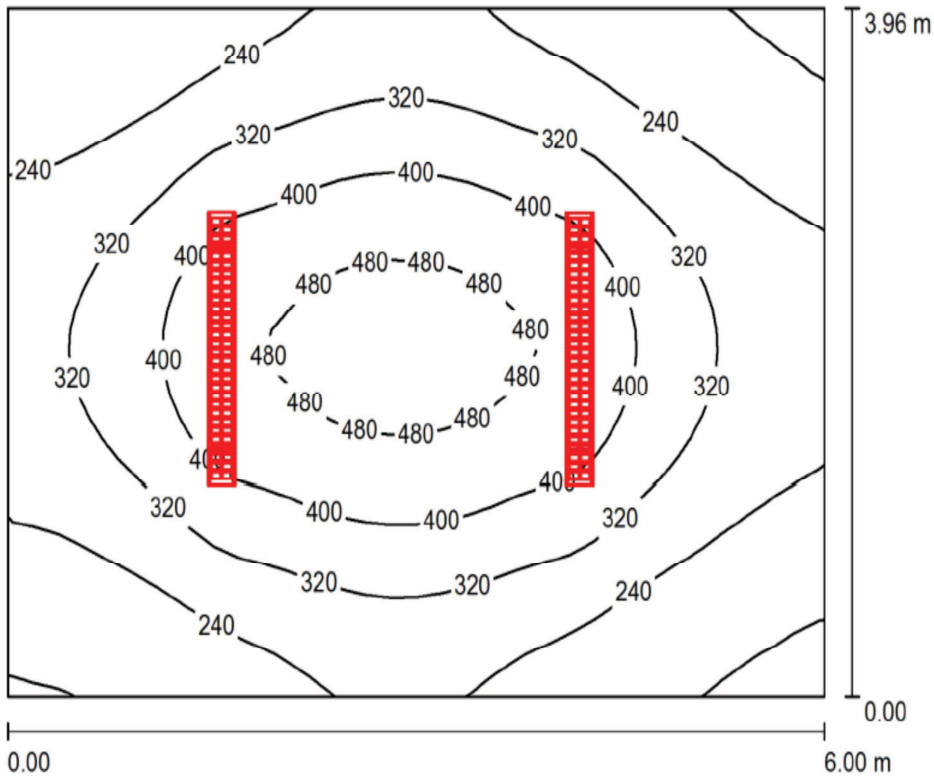
## Lista de superficies de cálculo

Nº	Designación	Tipo	Trama	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$	$E_{min} / E_{max}$
1	Superficie de cálculo 1	perpendicular	64 x 64	721	364	936	0.504	0.388

ALMACEN

Resumen

72



Altura del local: 3.080 m, Altura de montaje: 3.080 m, Factor mantenimiento: 0.70

Valores en Lux, Escala 1:51

Superficie	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano útil	/	316	141	514	0.447
Suelo	20	256	149	345	0.583
Techo	70	49	35	58	0.711
Paredes (4)	50	117	35	285	/

**Plano útil:**

Altura: 0.850 m  
 Trama: 32 x 32 Puntos  
 Zona marginal: 0.000 m

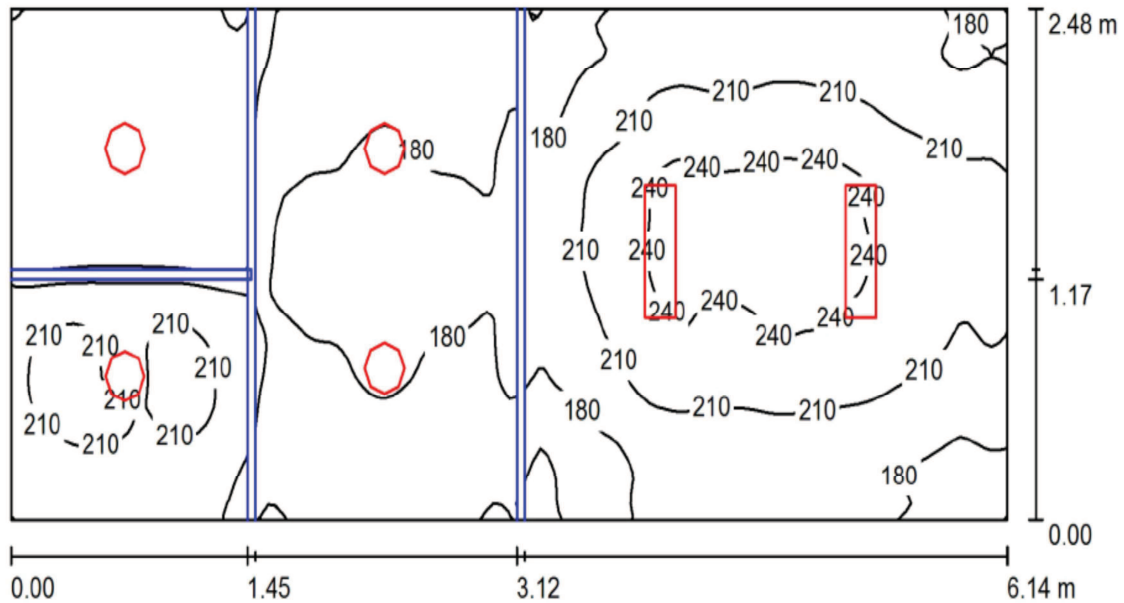
**Lista de piezas - Luminarias**

Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	$\Phi$ (Luminaria) [lm]	$\Phi$ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	2	Philips TCS160 2xTL-D58W HFP C5 (1.000)	6393	10480	110.0
			Total: 12786	Total: 20960	220.0

Valor de eficiencia energética:  $9.26 \text{ W/m}^2 = 2.93 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $23.76 \text{ m}^2$ )

**VESTUARIOS Y ASEOS PLANTA BAJA**

**Resumen**



Altura del local: 3.080 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:44

Superficie	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano útil	/	190	113	248	0.594
Suelo	20	127	48	171	0.378
Techo	70	89	41	349	0.459
Paredes (4)	67	125	31	322	/

#### Plano útil:

Altura: 0.850 m  
 Trama: 128 x 64 Puntos  
 Zona marginal: 0.000 m

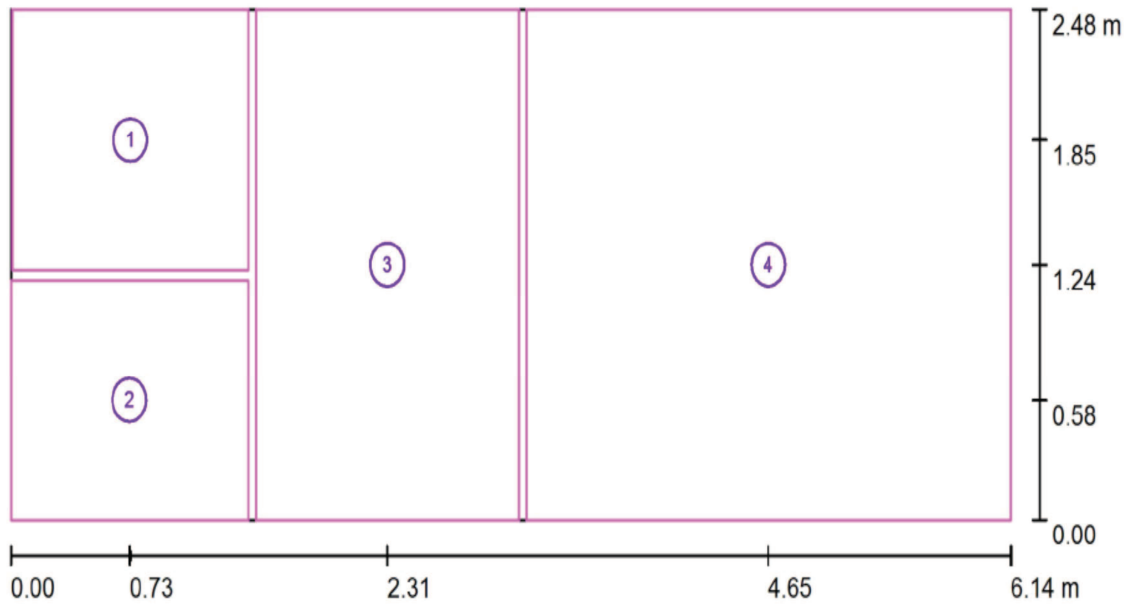
#### Lista de piezas - Luminarias

Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	$\Phi$ (Luminaria) [lm]	$\Phi$ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	1	Philips FBS120 2xPL-C/4P18W HF P (1.000)	1392	2400	38.0
2	3	Philips FBS296 1xPL-C/4P18W HFP C (1.000)	924	1200	18.0
3	2	Philips TCS022 2xTL-D18W HFP P (1.000)	1755	2700	38.0
Total:			7674	11400	168.0

Valor de eficiencia energética:  $11.03 \text{ W/m}^2 = 5.82 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $15.23 \text{ m}^2$ )

#### Superficie de cálculo (Resumen de resultados)





Escala 1 : 44

**Lista de superficies de cálculo**

Nº	Designación	Tipo	Trama	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$	$E_{min} / E_{max}$
1	Superficie de cálculo 1	perpendicular	16 x 16	145	127	156	0.879	0.816
2	Superficie de cálculo 2	perpendicular	16 x 16	227	197	245	0.865	0.802
3	Superficie de cálculo 3	perpendicular	32 x 32	188	146	230	0.774	0.633
4	Superficie de cálculo 4	perpendicular	32 x 32	224	171	267	0.764	0.640

**Resumen de los resultados**

Tipo	Cantidad	Media [lx]	Min [lx]	Max [lx]	$E_{min} / E_m$	$E_{min} / E_{max}$
perpendicular	4	205	127	267	0.62	0.48

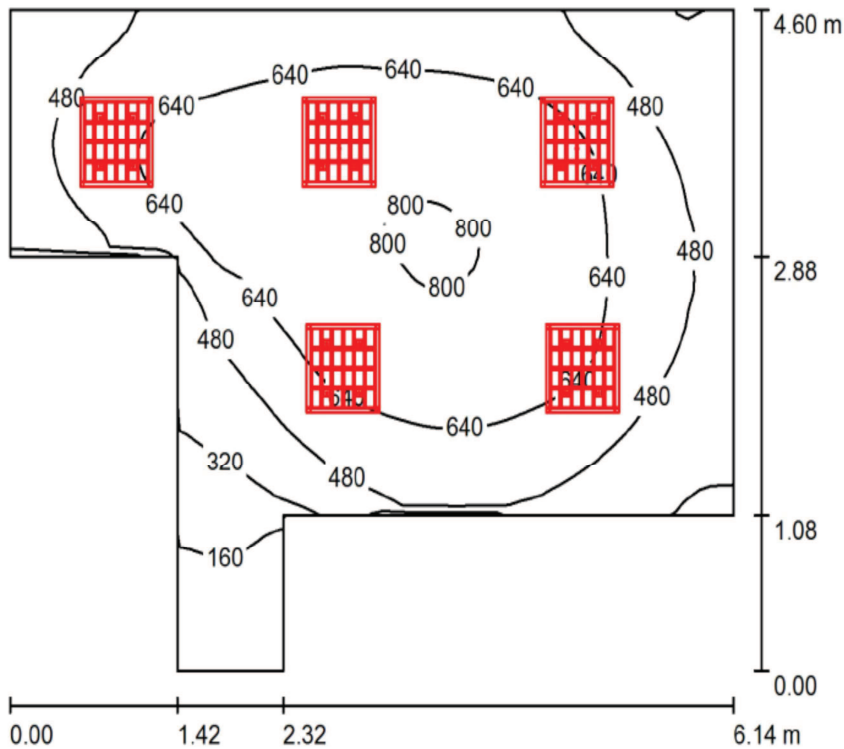
\*

- Superficie Nº 1: Aseos
- Superficie Nº 2: Ducha
- Superficie Nº 3: Lavabo
- Superficie Nº 4: Vestuario

**OFICINA GENERAL****Resumen**

75





Altura del local: 2.700 m, Altura de montaje: 2.700 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:60

Superficie	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano útil	/	560	32	812	0.058
Suelo	20	446	60	616	0.134
Techo	70	100	39	125	0.394
Paredes (8)	50	216	29	564	/

#### Plano útil:

Altura: 0.850 m  
 Trama: 64 x 64 Puntos  
 Zona marginal: 0.000 m

#### Lista de piezas - Luminarias

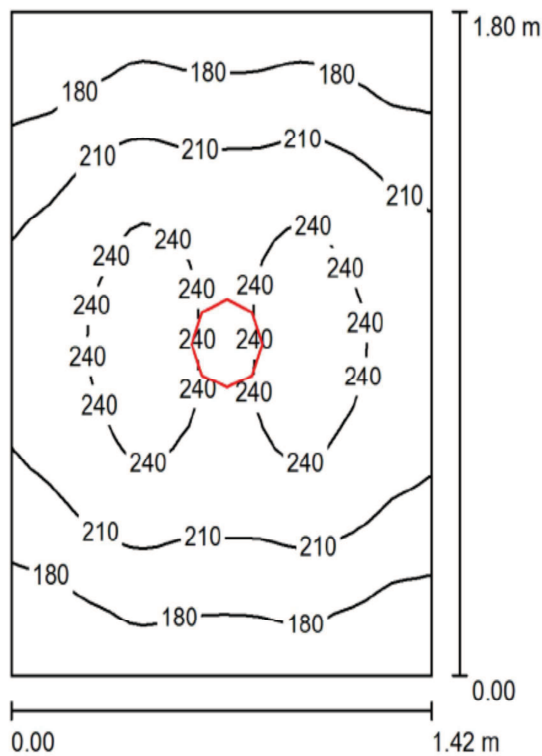
Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	$\Phi$ (Luminaria) [lm]	$\Phi$ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	5	Philips TCS160 4xTL-D18W HFP C5 (1.000)	3510	5400	69.5
			Total: 17550	Total: 27000	347.5

Valor de eficiencia energética:  $17.35 \text{ W/m}^2 = 3.10 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $20.03 \text{ m}^2$ )

ARCHIVO

Resumen

76



Altura del local: 2.700 m, Altura de montaje: 2.822 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:24

Superficie	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano útil	/	210	151	255	0.722
Suelo	20	125	109	136	0.872
Techo	70	41	29	49	0.697
Paredes (4)	50	95	29	265	/

#### Plano útil:

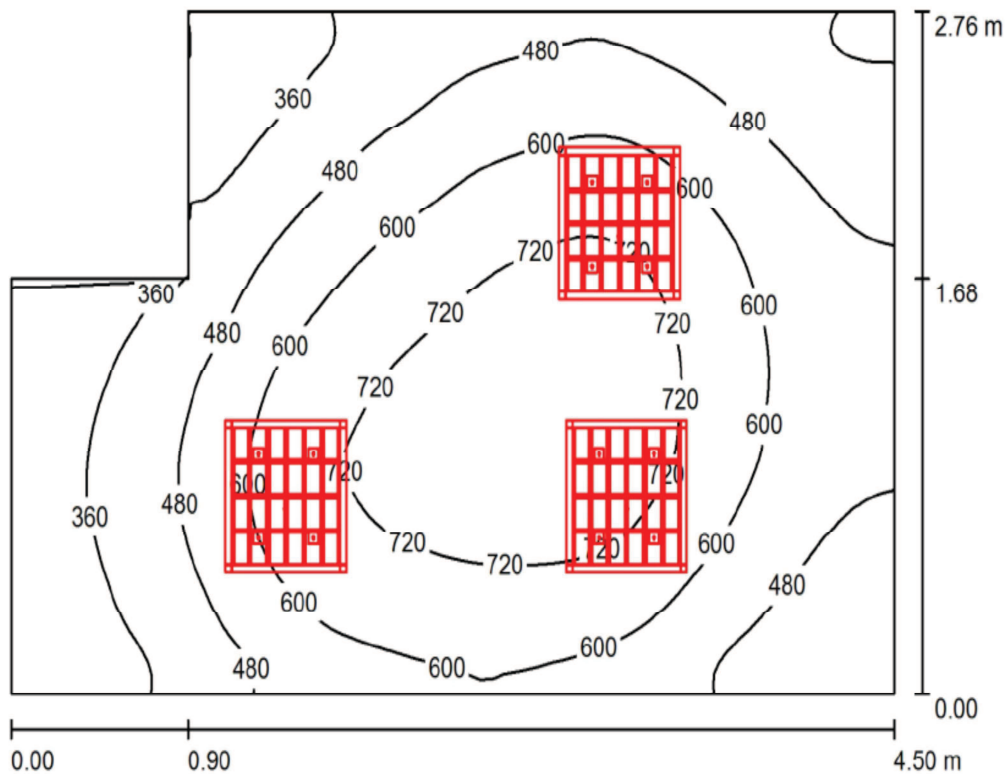
Altura: 0.850 m  
 Trama: 32 x 32 Puntos  
 Zona marginal: 0.000 m

#### Lista de piezas - Luminarias

Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	$\Phi$ (Luminaria) [lm]	$\Phi$ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	1	Philips FBS120 2xPL-C/4P18W HF P (1.000)	1392	2400	38.0
Total:			1392	Total: 2400	38.0

Valor de eficiencia energética:  $14.87 \text{ W/m}^2 = 7.09 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $2.56 \text{ m}^2$ )

## DESPACHO

**Resumen**

Altura del local: 2.700 m, Altura de montaje: 2.700 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:36

Superficie	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano útil	/	547	239	806	0.437
Suelo	20	402	260	507	0.647
Techo	70	95	64	118	0.672
Paredes (6)	50	223	59	511	/

**Plano útil:**

Altura: 0.850 m  
 Trama: 64 x 64 Puntos  
 Zona marginal: 0.000 m

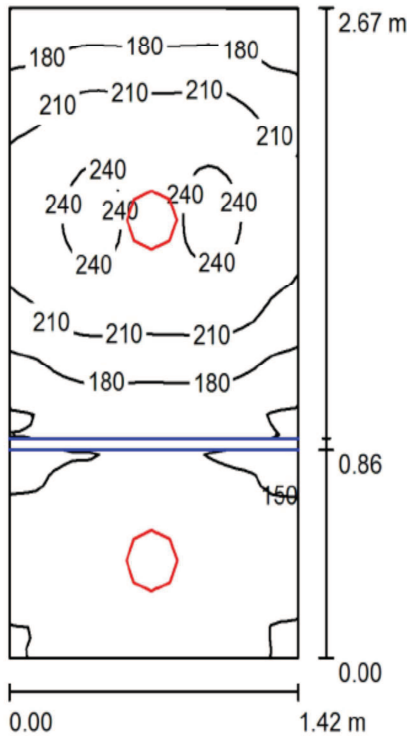
**Lista de piezas - Luminarias**

Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	$\Phi$ (Luminaria) [lm]	$\Phi$ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	3	Philips TCS160 4xTL-D18W HFP C5 (1.000)	3510	5400	69.5
			Total: 10530	Total: 16200	208.5

Valor de eficiencia energética:  $18.21 \text{ W/m}^2 = 3.33 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $11.45 \text{ m}^2$ )

**ASEOS ENTREPLANTA**

**Resumen**



Altura del local: 2.700 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:35

Superficie	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano útil	/	191	133	248	0.696
Suelo	20	105	38	131	0.360
Techo	70	46	24	93	0.516
Paredes (4)	50	100	21	555	/

**Plano útil:**

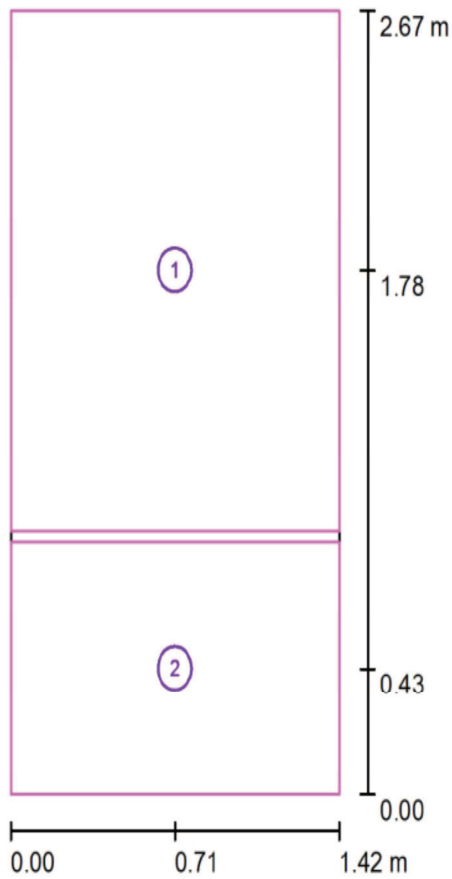
Altura: 0.850 m  
 Trama: 64 x 32 Puntos  
 Zona marginal: 0.000 m

**Lista de piezas - Luminarias**

Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	$\Phi$ (Luminaria) [lm]	$\Phi$ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	1	Philips FBS120 2xPL-C/4P18W HF P (1.000)	1392	2400	38.0
2	1	Philips FBS296 1xPL-C/4P18W HFP C (1.000)	924	1200	18.0
Total:			2316	3600	56.0

Valor de eficiencia energética:  $14.77 \text{ W/m}^2 = 7.73 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $3.79 \text{ m}^2$ )

**Superficie de cálculo (Resumen de resultados)**



Escala 1 : 31

**Lista de superficies de cálculo**

Nº	Designación	Tipo	Trama	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$	$E_{min} / E_{max}$
1	Superficie de cálculo 1	perpendicular	32 x 32	205	137	249	0.672	0.552
2	Superficie de cálculo 2	perpendicular	16 x 16	163	137	176	0.843	0.778

**Resumen de los resultados**

Tipo	Cantidad	Media [lx]	Min [lx]	Max [lx]	$E_{min} / E_m$	$E_{min} / E_{max}$
perpendicular	2	191	137	249	0.72	0.55

\*

- Superficie Nº1: Lavabo
- Superficie Nº2: Aseo

### 3.3 Calculo iluminación de emergencia

Para la realización de los cálculos de iluminación de emergencia se ha utilizado como base el programa daisalux, facilitado por el fabricante Daisa. Dicho programa dispone de una extensa librería de luminarias de emergencia de distintos fabricantes. Las estancias se han calculado relacionando los metros cuadrados de estas, con los metros cuadrados que cubren las luminarias de emergencia elegidas. Por supuesto se ha tenido en cuenta el lugar de colocación de estas.

Toda la iluminación de emergencia de éste proyecto estará centrada en el cumplimiento de la ITC-28 del reglamento de baja tensión. En éste se especifica que debe de haber una iluminancia mínima de 0,5 lux en todo el espacio entre el suelo y 1 metro de altura, además en las zonas que se consideren recorrido de evacuación la iluminación deberá ser de 1 lux a la altura del suelo. En los puntos donde se emplacen elementos contra incendios que exijan utilización manual y cuadros de distribución de alumbrado, la iluminancia mínima será de 5 lux. En los ejes de paso principales la relación entre la iluminancia máxima y la mínima no será mayor de 40.

Para el cálculo lumínico, no se tendrá en cuenta la reflexión de las paredes, suelos y techos, de esta forma se garantiza, que como mínimo el nivel de iluminación es el calculado

#### Cálculo:

Para la realización del cálculo se debe de insertar una serie de datos en el programa para así poder obtener unos resultados que se ciñan lo máximo posible a la realidad y cumplan la normativa.

Los datos a insertar son los siguientes:

- Inserción de la planta del local.
- Definición de zonas de cálculo.
- Elección del tipo de luminaria.
- Ubicación de puntos donde se ubicarán cuadros de distribución.
- Ubicación de los equipos de protección contra incendios.
- Ubicación de las luminarias.
- Se realizan los cálculos. Observamos los resultados y se determina si se cumple con la normativa y valores deseados.
- Se repetirán los pasos anteriores hasta cumplir los niveles dictados por la reglamentación y por el cliente.

Las estancias no calculadas con Daisalux, se han calculado de la siguiente manera:

Dado el número de metros cuadrados capaz de abarcar la luminaria por el fabricante y conocidos los metros cuadrados de la instancia a iluminar, el cálculo será:

Número de luminarias = metros cuadrados estancia / metros abarcados por la luminaria

Luego se ha elegido adecuadamente el lugar donde colocarlas, de manera que se encuentren bien definidos los accesos y rutas de evacuación.

### Luminarias utilizadas:

#### 1. ZG4-N48, serie ZENIT PL

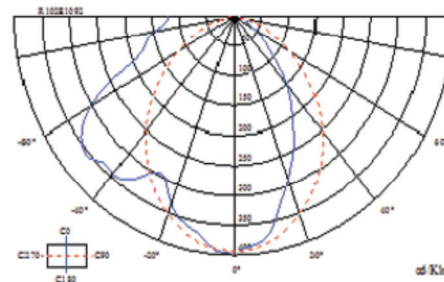
##### Descripción:

Bloque decorativo que consta de una caja grande fabricada en PC-ASA, en cuya parte superior se encuentran cuatro focos rectangulares direccionables con lámparas PL, unidos a la carcasa mediante rótulas cromadas.

Consta de 2 ó 4 lámparas fluorescentes PL que se iluminan si falla el suministro de red. El sistema de conexión es directo y dispone en su panel frontal de dos dispositivos ópticos que indican el estado de la luminaria.

##### Características:

Formato: Zenit G 4F PL  
 Funcionamiento: No permanente PL  
 Autonomía (h): 1  
 Lámpara de emergencia: 4 x PL 11W  
 Piloto testigo de carga: Led  
 Lámpara en red: -  
 Grado de protección: IP42IK04  
 Aislamiento eléctrico: Clase II  
 Dispositivo de verificación: No  
 Puesta en reposo distancia: Si  
 Flujo de emergencia (lm): 2300



#### 2. HYDRA N5, serie HYDRA

##### Descripción:

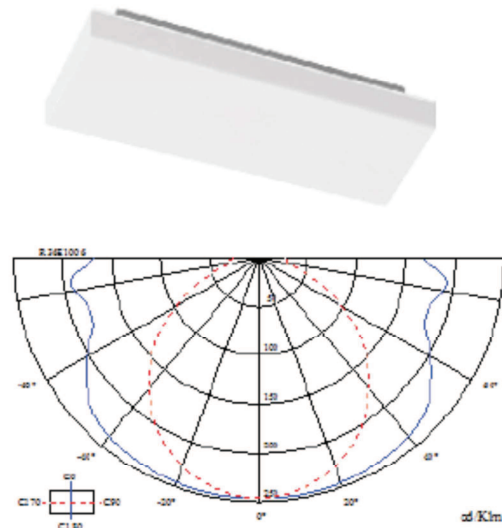
Cuerpo rectangular con aristas pronunciadas que consta de una carcasa fabricada en policarbonato y difusor en idéntico material.

Consta de una lámpara fluorescente que se ilumina si falla el suministro de red.



Características:

Formato: HYDRA  
 Funcionamiento: No permanente  
 Autonomía (h): 1  
 Lámpara de emergencia: FL 8W  
 Piloto testigo de carga: Led  
 Lámpara en red: -  
 Grado de protección: IP42IK04  
 Aislamiento eléctrico: Clase II  
 Dispositivo de verificación: No  
 Puesta en reposos distancia: Si  
 Flujo de emergencia (lm): 215  
 Cobertura(a 2,65m, techo): 34.16 m<sup>2</sup>  
 Cobertura(a 2,45m, pared): 14.70 m<sup>2</sup>

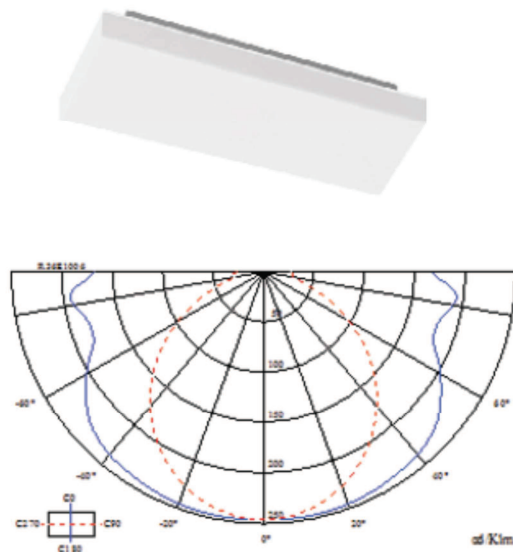
**3. HYDRA N3, serie HYDRA**Descripción:

Cuerpo rectangular con aristas pronunciadas que consta de una carcasa fabricada en policarbonato y difusor en idéntico material.

Consta de una lámpara fluorescente que se ilumina si falla el suministro de red.

Características:

Formato: HYDRA  
 Funcionamiento: No permanente  
 Autonomía (h): 1  
 Lámpara de emergencia: FL 8W  
 Piloto testigo de carga: Led  
 Lámpara en red: -  
 Grado de protección: IP42IK04  
 Aislamiento eléctrico: Clase II  
 Dispositivo de verificación: No  
 Puesta en reposos distancia: Si  
 Flujo de emergencia (lm): 95  
 Cobertura(a 2,65m, techo): 15.39 m<sup>2</sup>  
 Cobertura(a 2,45 m, pared): 5.50 m<sup>2</sup>





#### 4. HYDRA N10, serie HYDRA

##### Descripción:

Cuerpo rectangular con aristas pronunciadas que consta de una carcasa fabricada en policarbonato y difusor en idéntico material.

Consta de una lámpara fluorescente que se ilumina si falla el suministro de red.

##### Características:

Formato: HYDRA

Funcionamiento: No permanente

Autonomía (h): 1

Lámpara de emergencia: FL 8W

Piloto testigo de carga: Led

Lámpara en red: -

Grado de protección: IP42IK04

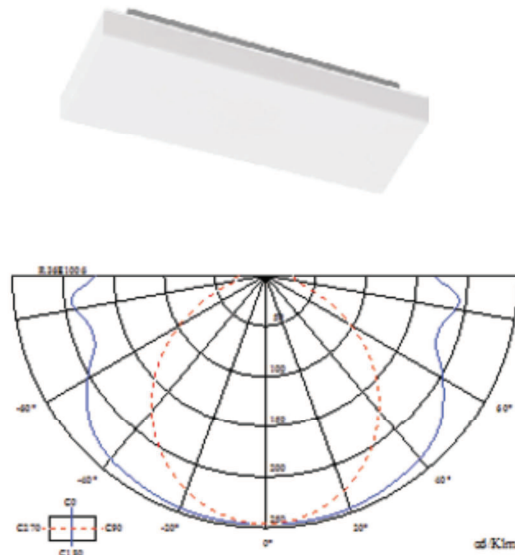
Aislamiento eléctrico: Clase II

Dispositivo de verificación: No

Puesta en reposos distancia: Si

Flujo de emergencia (lm): 450

Cobertura (a 4,7m, techo): 76,72 mm<sup>2</sup>



#### 5. ALZIR-SHE/A RS (NT, RAL9006), serie Alzir-SHE

##### Descripción:

Unidad de reducidas dimensiones para un ajuste empotrado que consta de un embellecedor redondo fabricado en zamak y de un difusor redondo en cristal templado.

La alimentación y las órdenes de telexmando utilizan los mismos cables, por lo que cada baliza sólo necesita dos cables. En presencia de red un circuito electrónico carga la batería lo que es indicado mediante un led verde, vigila el valor de la tensión de red y proyecta una iluminación de cortesía mediante dos led. En ausencia de red, se proyecta una iluminación de emergencia a través de dos diodos led.

##### Características:

Funcionamiento: Autónoma permanente

Autonomía (h): 1

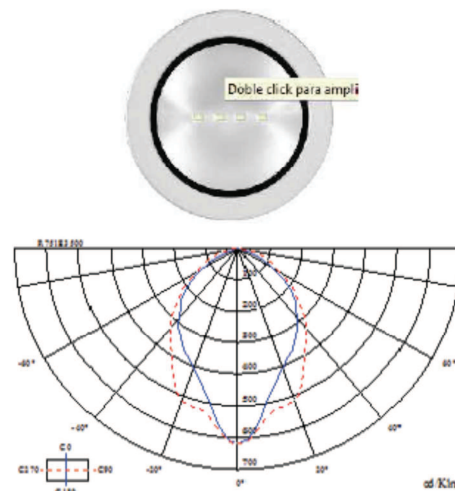
Lámpara de emergencia: Led

Lámpara en red: Led

Grado de protección: IP65IK07

Flujo de emergencia (lm): 3.4

Flujo con red (lm): 1.7



## Resultados

### 1. Zona Taller

**Área del local:** 184,46 m<sup>2</sup>

**Proporción:** 5 lúmenes / m<sup>2</sup>

**Flujo necesario:** 922,3 lm

**-Tipo de lámpara:** Lámpara de emergencia y señalización; HYDRA N3, serie HYDRA; 8W;

**Flujo luminoso de la lámpara:** 95 lm

**-Tipo de lámpara:** Proyector de emergencia y señalización; ZG4-N48, serie ZENIT PL; 44W

**Flujo luminoso de la lámpara:** 2300 lm

**Lámparas necesarias:** 2 proyectores adosados al techo. 5 lámparas sobre puertas y cuadros eléctricos (2 con cartel de salida)

### 2. Almacén

**Área del local:** 23,37 m<sup>2</sup>

**Proporción:** 5 lúmenes / m<sup>2</sup>

**Flujo necesario:** 116,85 lm

**Tipo de lámpara:** Lámpara de emergencia y señalización; HYDRA N10, serie HYDRA; 8W;

**Flujo luminoso de la lámpara:** 450 lm

**Lámparas necesarias:** 2 (1 con cartel de salida).

### 3. Vestuarios y aseos planta baja

**Área del local:** 14,24 m<sup>2</sup>

**Proporción:** 5 lúmenes / m<sup>2</sup>

**Flujo necesario:** 71,2 lm

**Tipo de lámpara:** Lámpara de emergencia y señalización; HYDRA N5, serie HYDRA; 8W;

**Flujo luminoso de la lámpara:** 215 lm

**Lámparas necesarias:** 4 (2 con cartel de salida).

### 4. Oficina general

**Área del local:** 19,33 m<sup>2</sup>

**Proporción:** 5 lúmenes / m<sup>2</sup>

**Flujo necesario:** 96,65 lm

**Tipo de lámpara:** Lámpara de emergencia y señalización; HYDRA N10, serie HYDRA; 8W;

**Flujo luminoso de la lámpara:** 450 lm

**Lámparas necesarias:** 2 (2 con cartel de salida).

### 5. Archivo

**Área del local:** 2,66 m<sup>2</sup>

**Proporción:** 5 lúmenes / m<sup>2</sup>

**Flujo necesario:** 13,3 lm

**Tipo de lámpara:** Lámpara de emergencia y señalización; HYDRA N5, serie HYDRA; 8W;

**Flujo luminoso de la lámpara:** 215 lm

**Lámparas necesarias:** 1 (con cartel de salida).

## 6. Despacho

**Área del local:** 11,36 m<sup>2</sup>

**Proporción:** 5 lúmenes / m<sup>2</sup>

**Flujo necesario:** 56,8 lm

**Tipo de lámpara:** Lámpara de emergencia y señalización; HYDRA N10, serie HYDRA; 8W;

**Flujo luminoso de la lámpara:** 450 lm

**Lámparas necesarias:** 1 (con cartel de salida).

## 7. Aseos entreplanta

**Área del local:** 4,08 m<sup>2</sup>

**Proporción:** 5 lúmenes / m<sup>2</sup>

**Flujo necesario:** 20,4 lm

**Tipo de lámpara:** Lámpara de emergencia y señalización; HYDRA N5, serie HYDRA; 8W;

**Flujo luminoso de la lámpara:** 215 lm

**Lámparas necesarias:** 1 (con cartel de salida).

## 8. Escaleras

**Área del local:** 16 peldaños

**Proporción:** 1 lámpara por peldaño

**Tipo de lámpara:** Lámpara de balizamiento; ALZIR-SHE/A RS (NT, RAL9006), serie Alzir-SHE; 1W

**Flujo luminoso de la lámpara:** 3,4 lm

**Lámparas necesarias:** 17

**Pamplona, Julio de 2013**

**Aitor Iñigo Regaira**





# ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación:

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL ELÉCTRICO

Título del proyecto:

INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN BAJA TENSIÓN DE NAVE  
INDUSTRIAL Y CENTRO DE TRANSFORMACIÓN

**DOCUMENTO N°3. Planos.**

Alumno: Aitor Iñigo Regairra

Tutora: Amaya Pérez Ezcurdia

Pamplona, Julio de 2013

## Índice

Plano nº 1: Situación

Plano nº 2: Emplazamiento

Plano nº 3: Distribución nave

Plano nº 4: Maquinaria

Plano nº 5: Distribución fuerza

Plano nº 6: Iluminación

Plano nº 7: Iluminación emergencia

Plano nº 8: Puesta a tierra nave

Plano nº 9: Vistas centro de transformación

Plano nº 10: Puesta a tierra centro de transformación

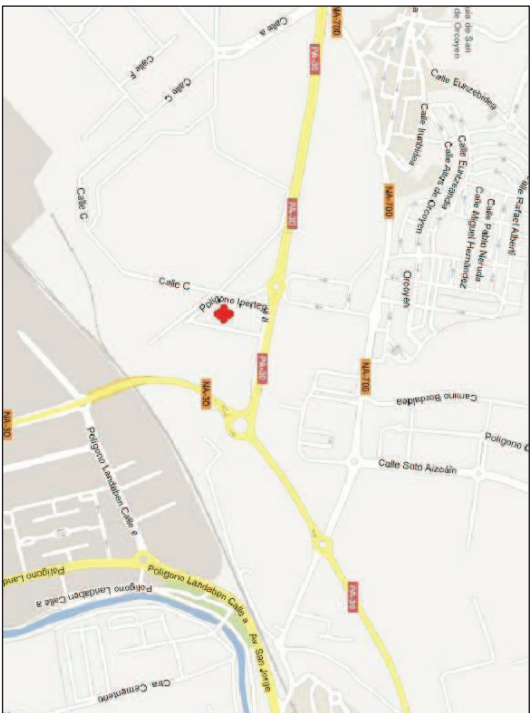
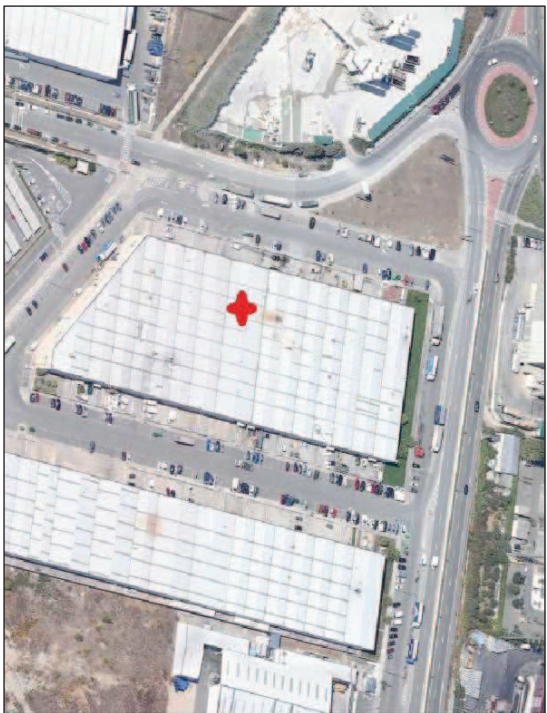
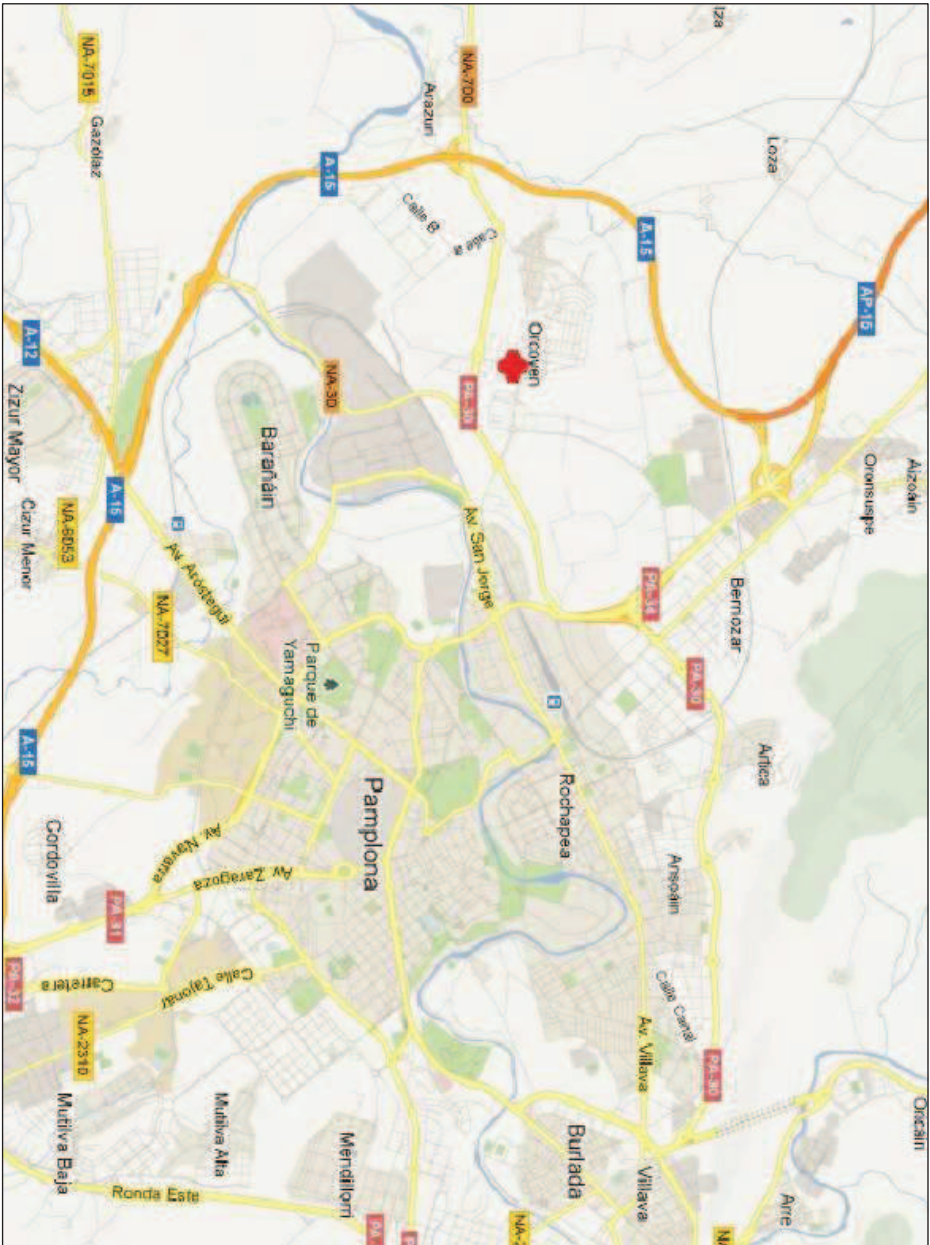
Plano nº 11: Esquema unifilar centro de transformación

Plano nº 12: Unifilares 1

Plano nº 13: Unifilares 2

Plano nº 14: Unifilares 3





Universidad Pública  
de Navarra  
Nafarroako  
Unibertsitate Publikoa

**E.T.S.I.I.T.**  
INGENIERO  
TECNICO INDUSTRIAL E.

DEPARTAMENTO:  
**DEPARTAMENTO DE  
PROYECTOS E INGENIERIA RURAL**

PROYECTO:

**INSTALACIÓN ELÉCTRICA NAVE  
INDUSTRIAL CON C.T.**

REALIZADO:

**INIGO REGAIRA, AITOR**

PLANO:

**SITUACIÓN**

FECHA:

7/2013

ESCALA:

S/E

Nº PLANO:

1

**Polígono Ipertegui II**

**PA-30**

**Calle C**

**Centro de  
transformación**

**Calle B**



Universidad Pública  
de Navarra  
Nafarroako  
Unibertsitate Publikoa

**E.T.S.I.I.T.**  
INGENIERO  
TECNICO INDUSTRIAL E.

DEPARTAMENTO:  
**DEPARTAMENTO DE  
PROYECTOS E INGENIERIA RURAL**

PROYECTO:

**INSTALACIÓN ELÉCTRICA NAVE  
INDUSTRIAL CON C.T.**

REALIZADO:

**IÑIGO REGAIRA, AITOR**

FIRMA:

PLANO:

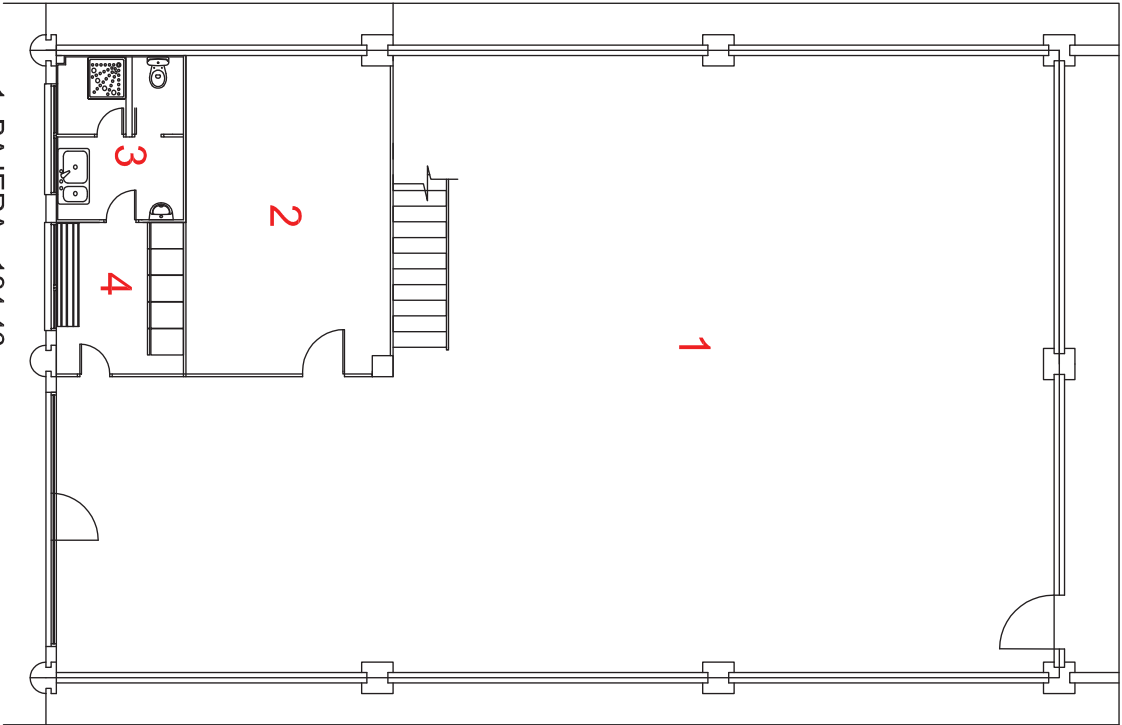
**EMPLAZAMIENTO**

FECHA:  
7/2013

ESCALA:  
S/E

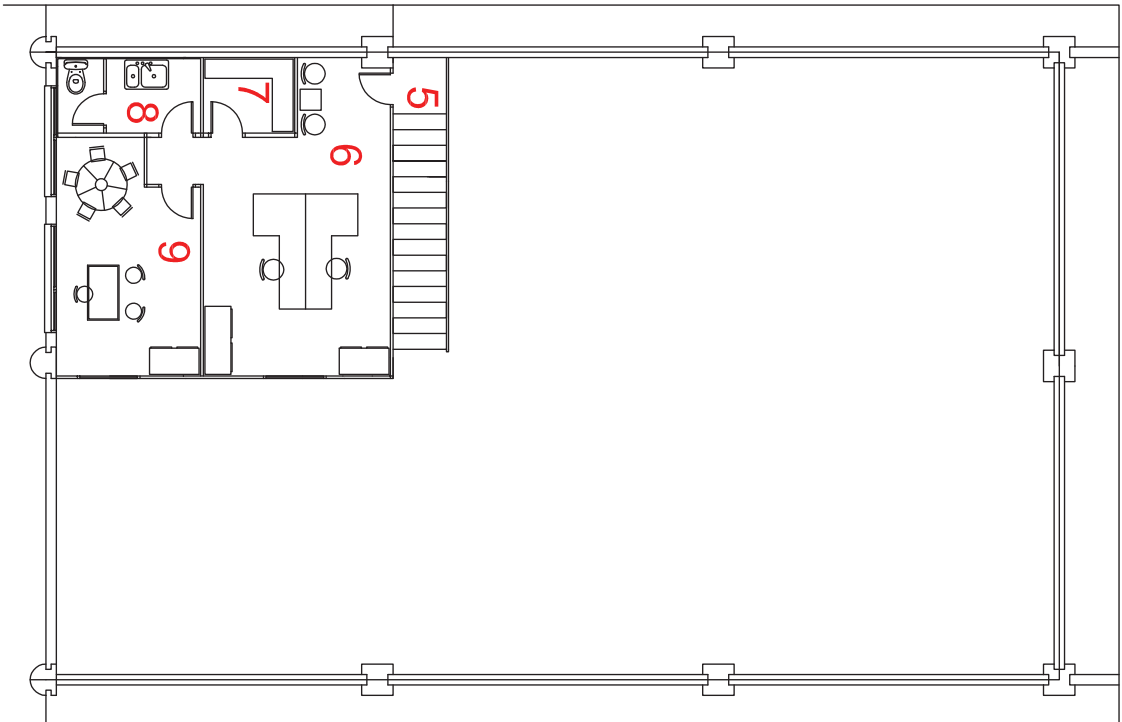
Nº PLANO:  
2


## PLANTA

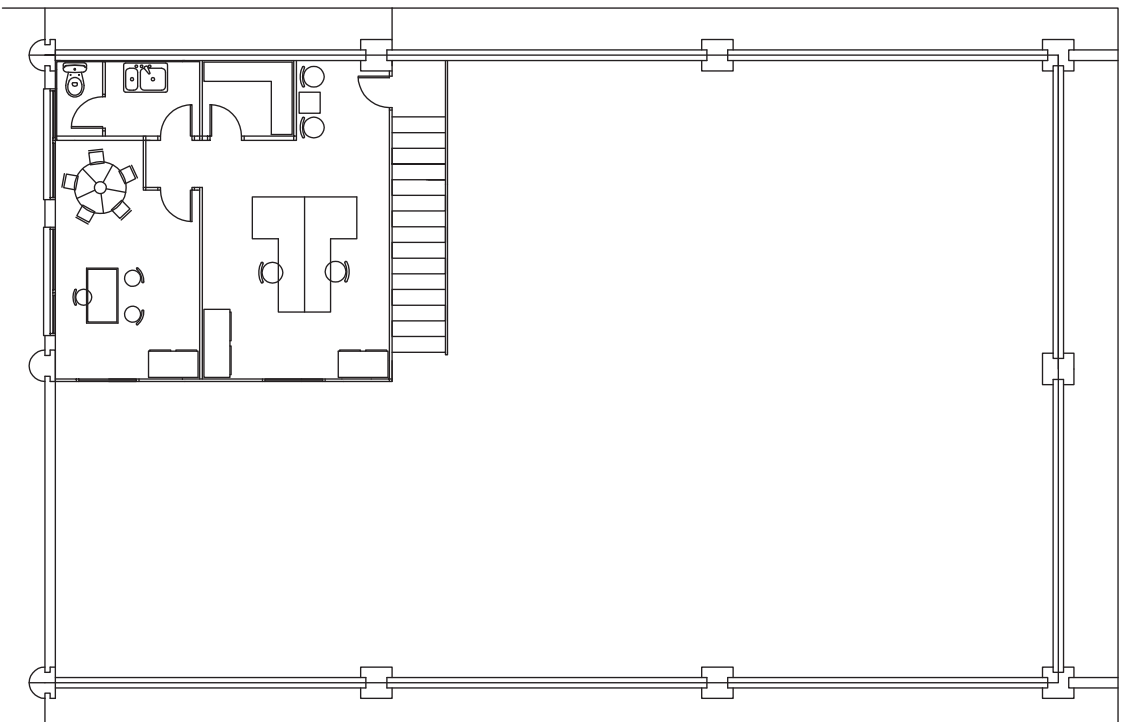
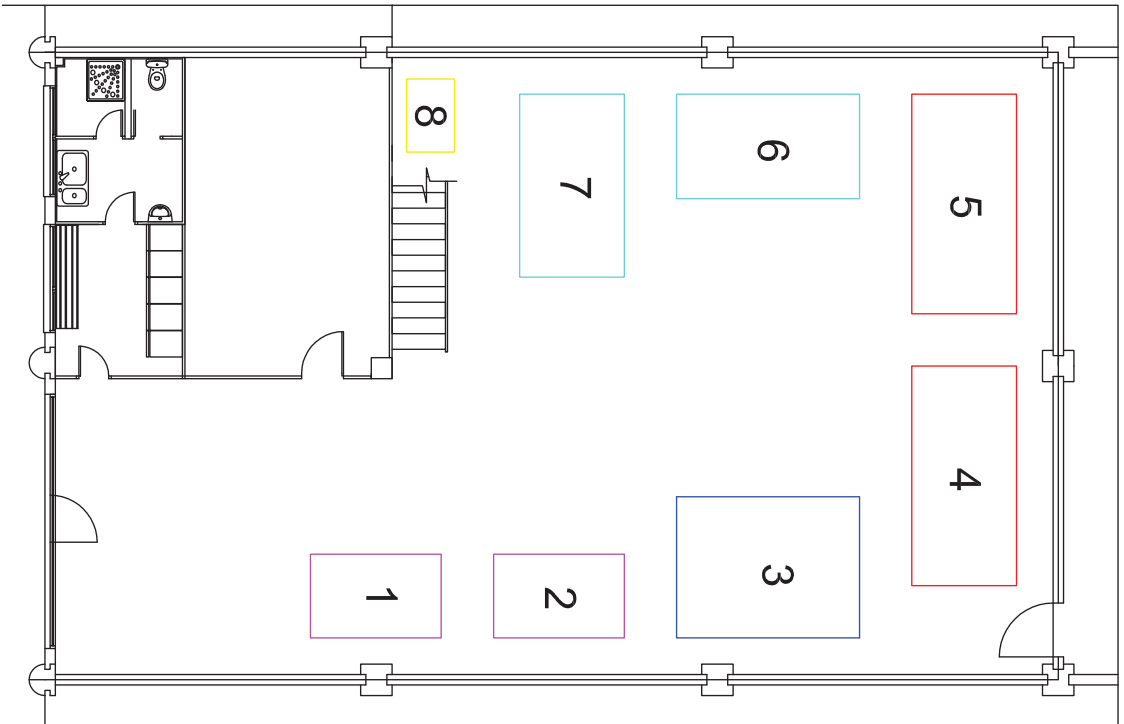


1. BAJERA - 184,46 m<sup>2</sup>
2. ALMACÉN - 23,37 m<sup>2</sup>
3. ASEOS - 7,35 m<sup>2</sup>
4. VESTUARIO - 6,89 m<sup>2</sup>
5. ESCALERA - 5,91 m<sup>2</sup>
6. OFICINA GENERAL - 19,33 m<sup>2</sup>
7. ARCHIVO - 2,66 m<sup>2</sup>
8. ASEO - 4,08 m<sup>2</sup>
9. DESPACHO - 11,36 m<sup>2</sup>


## ENTREPLANTA

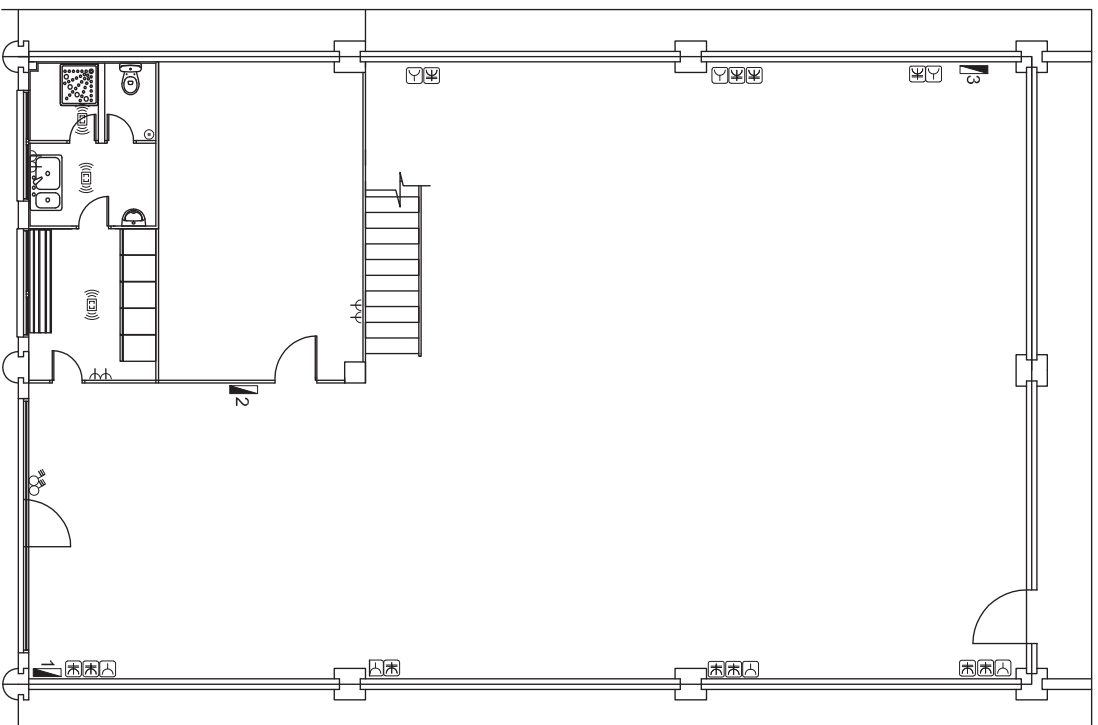


 Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	<b>E.T.S.I.I.T.</b> INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.	DEPARTAMENTO: <b>DEPARTAMENTO DE                  PROYECTOS E INGENIERIA RURAL</b>
	PROYECTO: <b>INSTALACIÓN ELÉCTRICA NAVE                  INDUSTRIAL CON C.T.</b>	REALIZADO: <b>IÑIGO REGAIRA, AITOR</b>
PLANO: <b>DISTRIBUCIÓN NAVE</b>	FIRMA:	FECHA: 7/2013
		ESCALA: 1/100
		Nº PLANO: 3

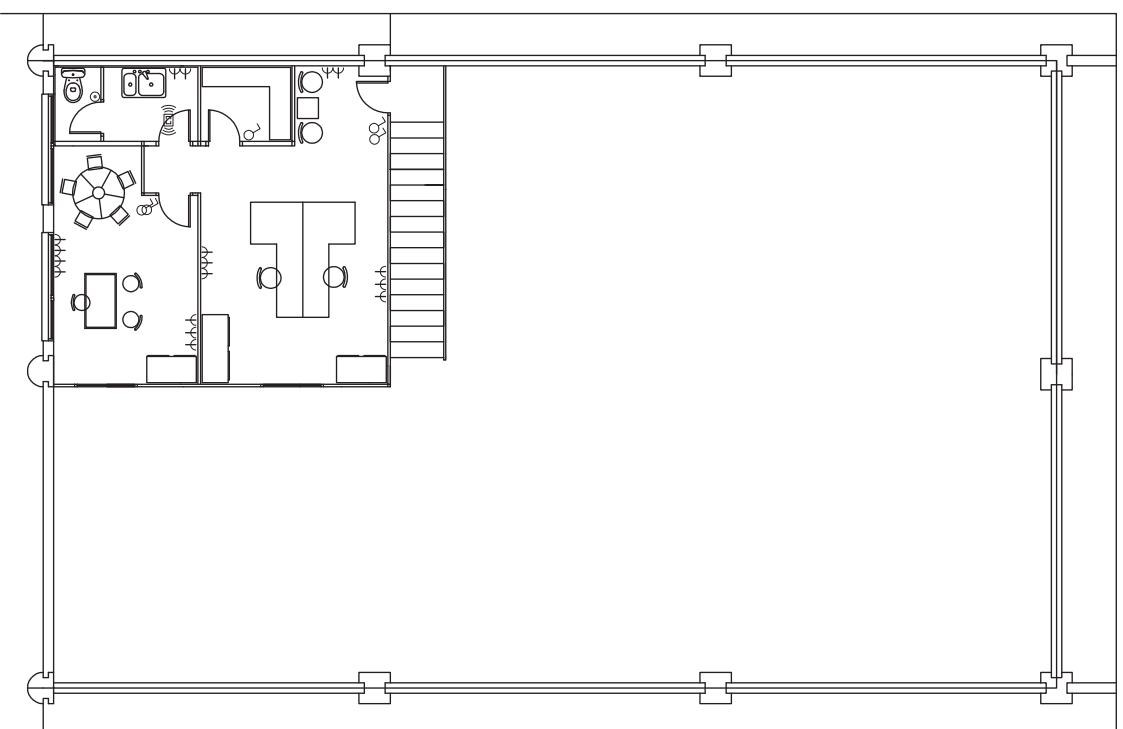



1. TORNO BIGLIA - 11/S4 - CNC. 22,37 KW
2. TORNO BIGLIA - 11/S4 - CNC. 22,37 KW
3. CENTRO DE MECANIZADO - MATSUURA. 12,75 KW
4. TORNO BIGLIA - B131/S3 - CNC. 33,56 KW
5. TORNO BIGLIA - B131/S3 - CNC. 33,56 KW
6. TORNO CNC HAAS - SL.10.TAIL STOCK. 14,9 KW
7. TORNO CNC HAAS - SL.10.TAIL STOCK. 14,9 KW
8. COMPRESOR - ASD 32. 18,5 KW

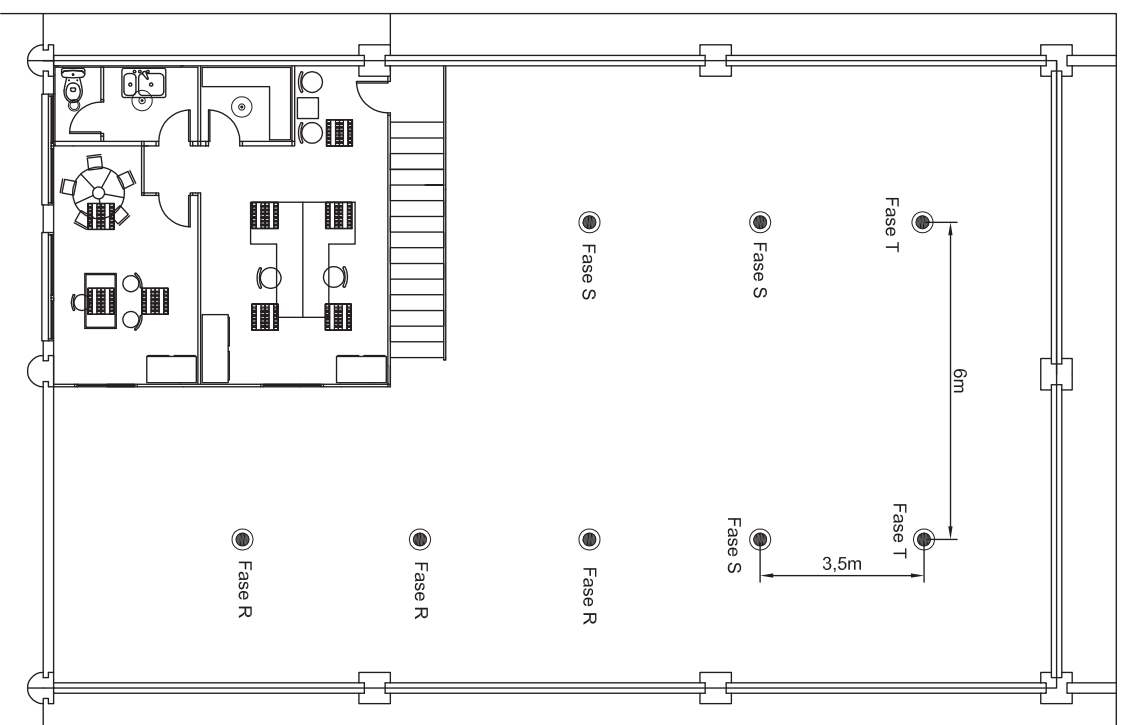
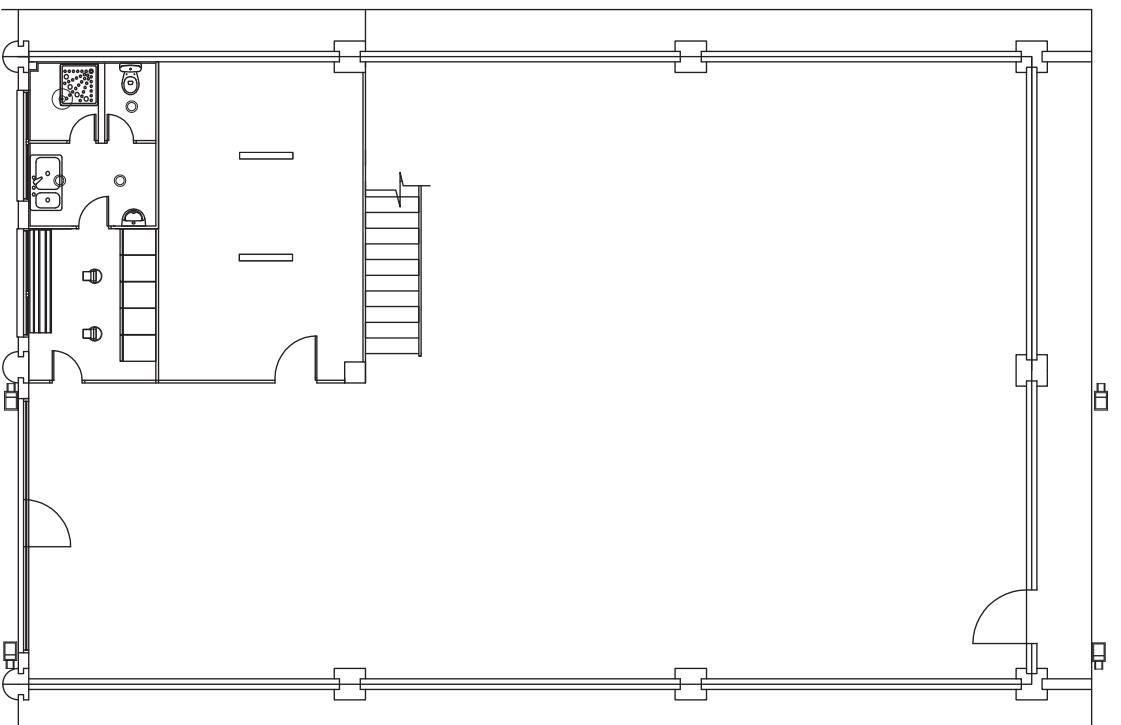
 Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	<b>E.T.S.I.I.T.</b> INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.	DEPARTAMENTO: <b>DEPARTAMENTO DE          PROYECTOS E INGENIERIA RURAL</b>
	PROYECTO: <b>INSTALACIÓN ELÉCTRICA NAVE          INDUSTRIAL CON C.T.</b>	REALIZADO: <b>IÑIGO REGAIRA, AITOR</b>
PLANO: <b>MAQUINARIA</b>	FIRMA:	FECHA: 7/2013
		ESCALA: 1/100
		Nº PLANO: 4



- ☑ TOMA DE CORRIENTE SCHUKO 16A a 0,2m del suelo
- ☑ TOMA DE CORRIENTE SCHUKO 16A ESTANCA a 0,3m del suelo
- ☑ TOMA DE CORRIENTE SCHUKO 16A a 0,2m del suelo
- ☑ TOMA DE CORRIENTE SCHUKO 16A ESTANCA a 0,3m del suelo
- ☑ TRIFASICA a 0,2m del suelo
- ☑ TRIFASICA a 0,3m del suelo
- ☑ CUADRO ELECTRICO adosado a 1,5m del suelo
- ☑ INTERRUPTOR SENCILLO a 1,5m del suelo
- ☑ INTERRUPTOR TETRAPOLAR a 1,5m del suelo
- ☑ DETECTOR DE PRESENCIA adosado al techo
- ☑ PULSADOR TEMPORIZADO a 1,5m del suelo



 Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	<b>E.T.S.I.I.T.</b> INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.	DEPARTAMENTO: <b>DEPARTAMENTO DE          PROYECTOS E INGENIERIA RURAL</b>
	<b>PROYECTO:</b> <b>INSTALACIÓN ELÉCTRICA NAVE          INDUSTRIAL C.T.</b>	<b>REALIZADO:</b> <b>INIGO REGAIRA, AITOR</b>
PLANO: <b>DISTRIBUCIÓN FUERZA</b>	FIRMA:	Nº PLANO: <b>5</b>
FECHA: 7/2013	ESCALA: 1/100	



- Philips BV150P 1x18W-P-4000K-040U adosado al techo  
Philips master HT LT 250W-445 E40 estancando a 5.5m del suelo
- Philips TCS160 2x1L-C0-18W HFP P adosado al techo
- Philips FB120 2x1L-C14-18W HFP P adosado al techo
- Philips FB2206 1x1L-C14-18W HFP C adosado al techo
- Philips TCS160 2x1L-C0-18W HFP CS adosado al techo
- Philips TCS160 4x1L-D18W HFP CS adosado al techo



Universidad Pública  
de Navarra  
Nafarroako  
Unibertsitate Publikoa

**E.T.S.I.I.T.**  
INGENIERO  
TECNICO INDUSTRIAL E.

DEPARTAMENTO:  
**DEPARTAMENTO DE  
PROYECTOS E INGENIERIA RURAL**

PROYECTO:

**INSTALACIÓN ELÉCTRICA NAVE  
INDUSTRIAL CON C.T.**

REALIZADO:

**IÑIGO REGAIRA, AITOR**

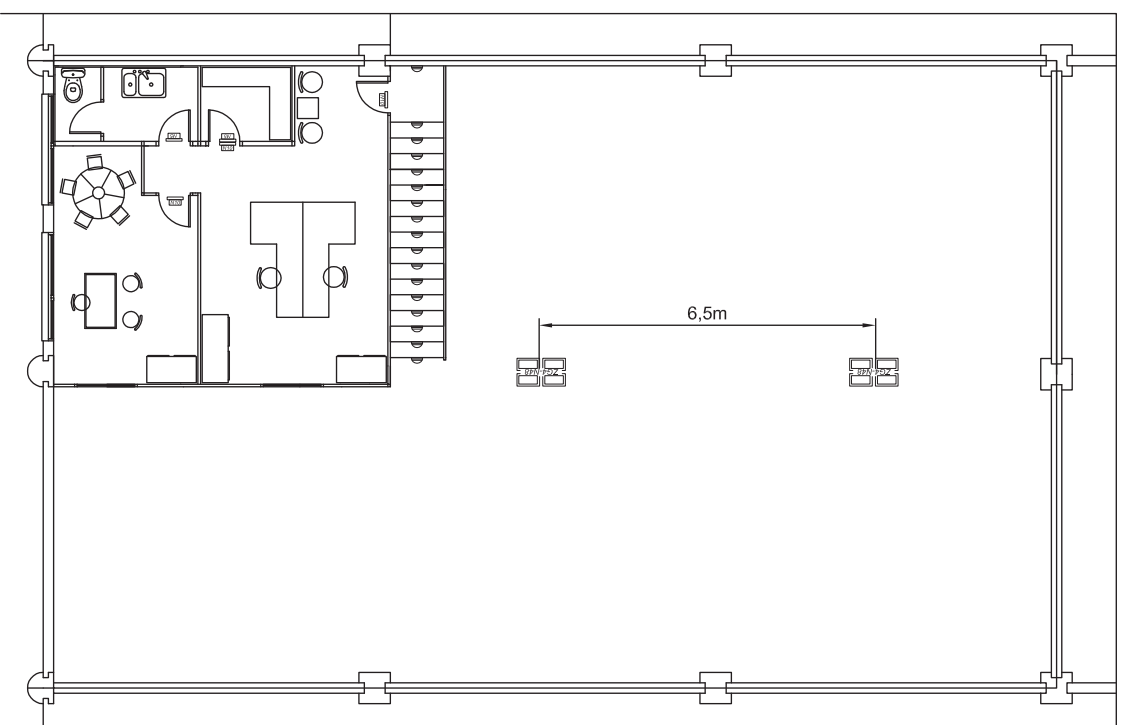
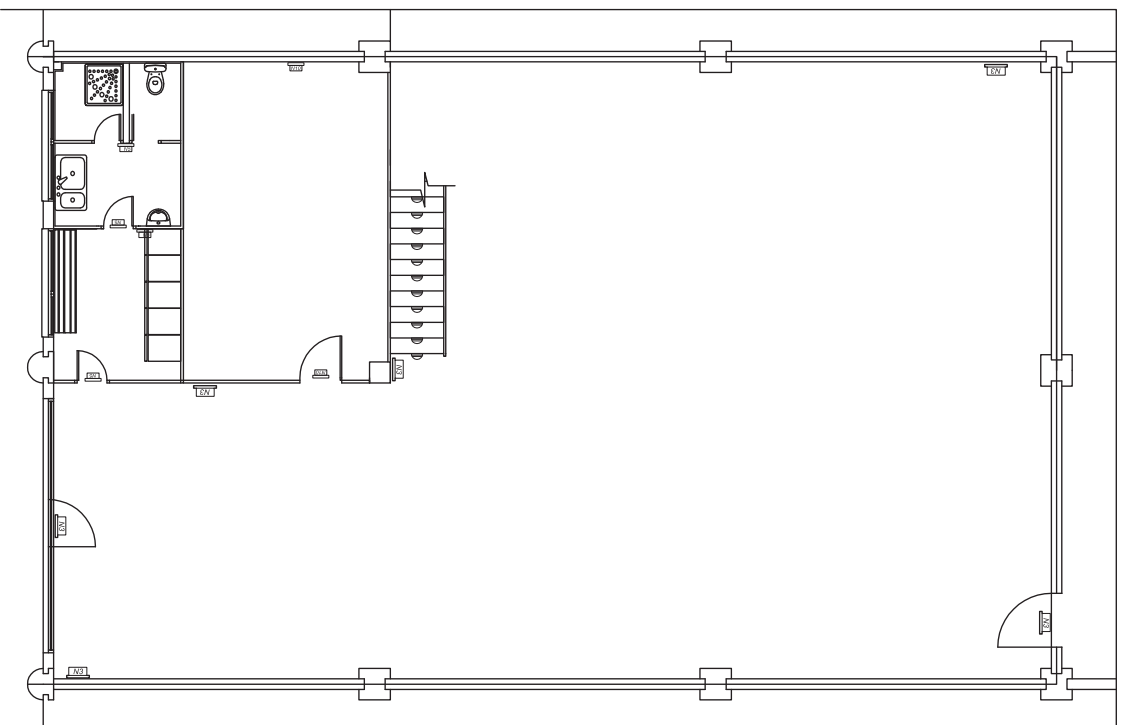
PLANO:

**ILUMINACIÓN**

FECHA:  
7/2013

ESCALA:  
1/100

Nº PLANO:  
6



LUMINARIA DE EMERGENCIA DE SUPERFICIE  
 DASA-LUX SERIE HYDRA a 2,5 m del suelo

PROYECTOR AUTONOMO DE EMERGENCIA  
 DASA-LUX SERIE ZENIT PL MODELO ZG4-1238  
 adosado al techo

LUMINARIA DE BALIZAMIENTO SERIE  
 ALZIR-SHE/A RS



Universidad Pública  
 de Navarra  
 Nafarroako  
 Unibertsitate Publikoa

**E.T.S.I.I.T.**  
 INGENIERO  
 TECNICO INDUSTRIAL E.

DEPARTAMENTO:  
**DEPARTAMENTO DE  
 PROYECTOS E INGENIERIA RURAL**

PROYECTO:

**INSTALACIÓN ELÉCTRICA NAVE  
 INDUSTRIAL CON C.T.**

REALIZADO:

**INIGO REGAIRA, AITOR**

PLANO:

**ILUMINACIÓN EMERGENCIA**

FECHA:

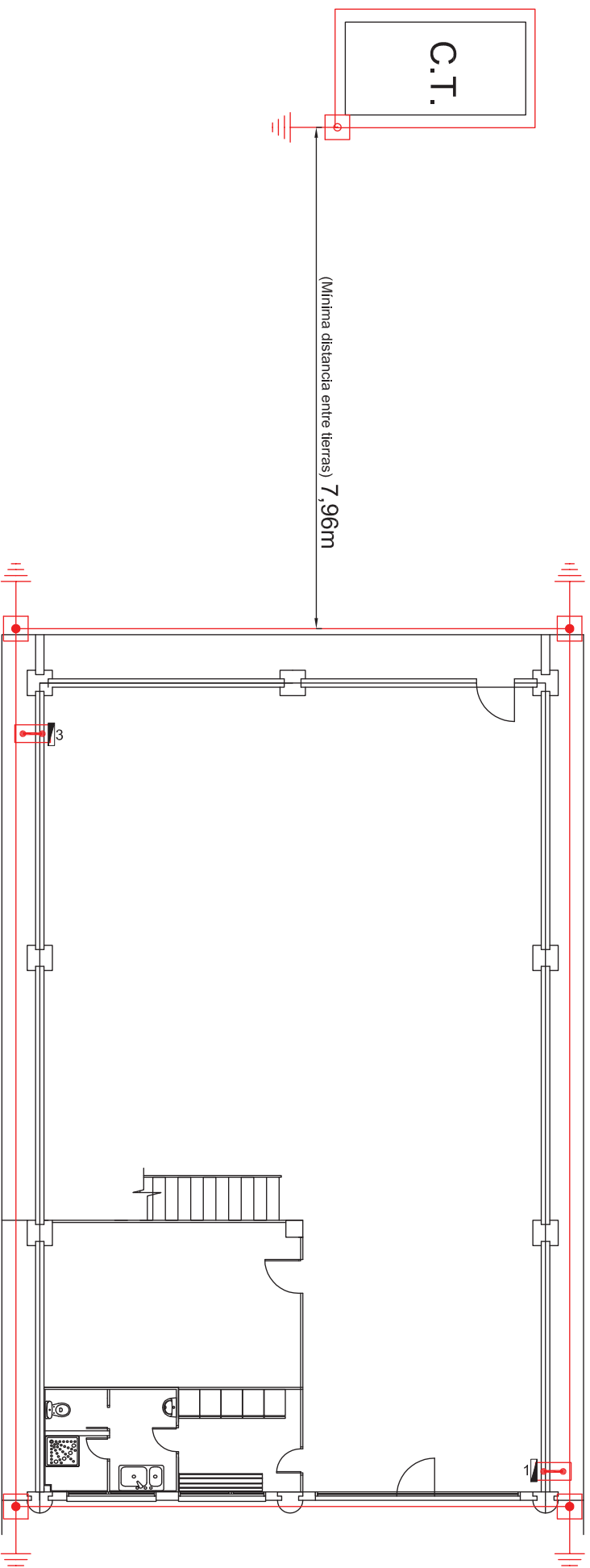
7/2013

ESCALA:





1/100



Nº PLANO:

7



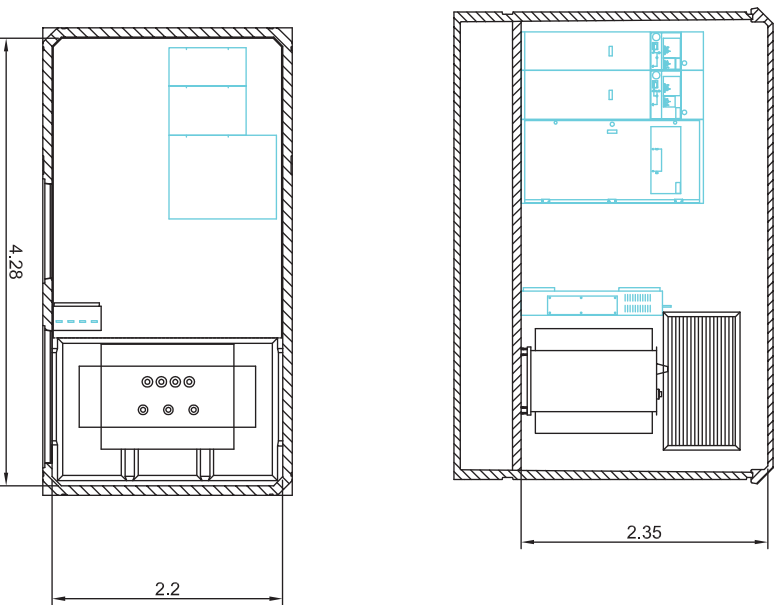
**Leyenda:**

-  Conductor de cobre de 50 mm<sup>2</sup>, enterrado a 0,8m de profundidad
-  Pica de cobre de 2 m de longitud y 14 mm de diametro.
-  Argueta de registro.
-  Caja de medición y seccionamiento de puesta a tierra.

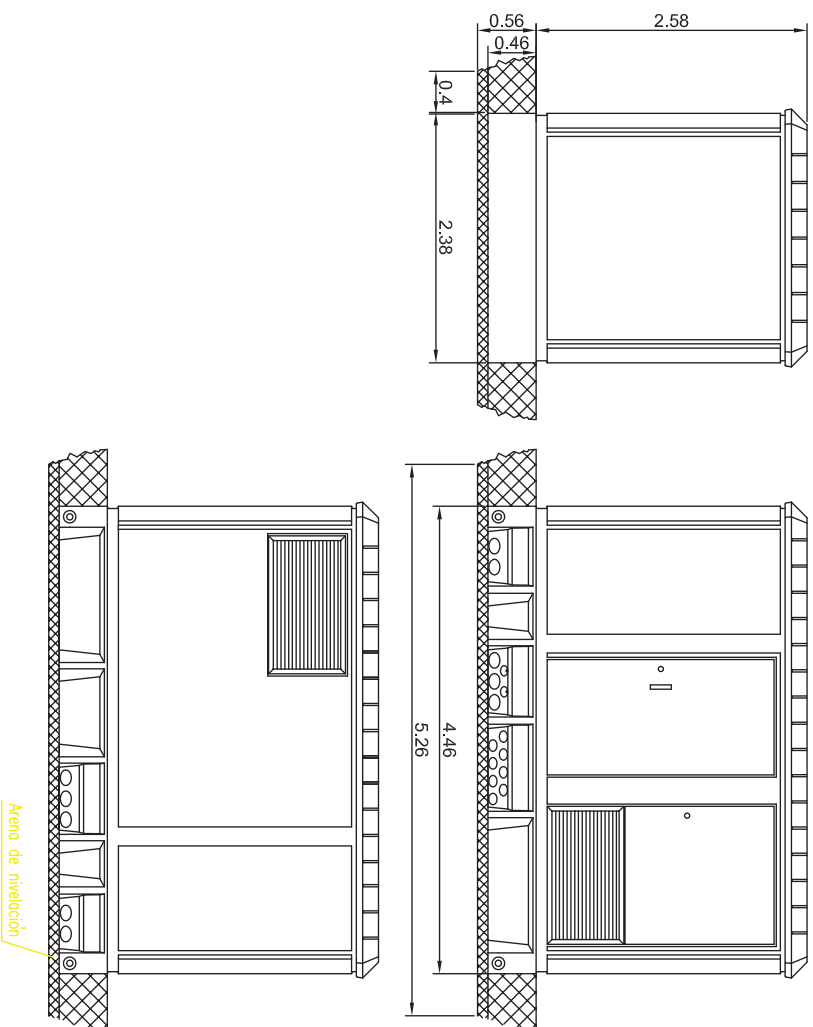
 Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	<b>E.T.S.I.I.T.</b> INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.	DEPARTAMENTO: <b>DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E INGENIERIA RURAL</b>
	<b>PROYECTO:</b> <b>INSTALACIÓN ELÉCTRICA NAVE INDUSTRIAL CON C.T.</b>	<b>REALIZADO:</b> <b>INIIGO REGAIRA, AITOR</b>
<b>PLANO:</b> <b>PUESTA A TIERRA NAVE</b>	FECHA: 7/2013 ESCALA: 1/100 Nº PLANO: 8	 Todos los derechos reservados Eskubide guztiak erresalbatu dira



VISTAS INTERIORES (m)



VISTAS EXTERIORES (m)



**E.T.S.I.I.T.**  
INGENIERO  
TECNICO INDUSTRIAL E.

DEPARTAMENTO:  
**DEPARTAMENTO DE  
PROYECTOS E INGENIERÍA RURAL**

PROYECTO:

**INSTALACIÓN ELÉCTRICA NAVE  
INDUSTRIAL CON C.T.**

REALIZADO:

**IÑIGO REGAIRA, AITOR**

PLANO:

**VISTAS CENTRO DE TRANSFORMACIÓN**

FECHA:  
7/2013

ESCALA:  
1/50

Nº PLANO:  
9

## TIERRA DE PROTECCIÓN

Configuración: 50-50/8/82

Profundidad electrodo: 0,8 m

Sección del conductor: 50 mm<sup>2</sup>

Número de picas: 8

Longitud de las picas: 2 m

Diametro picas: 14 mm

## TIERRA DE SERVICIO

Configuración: 5/22

Profundidad electrodo: 0,5 m

Separación picas: 3 m

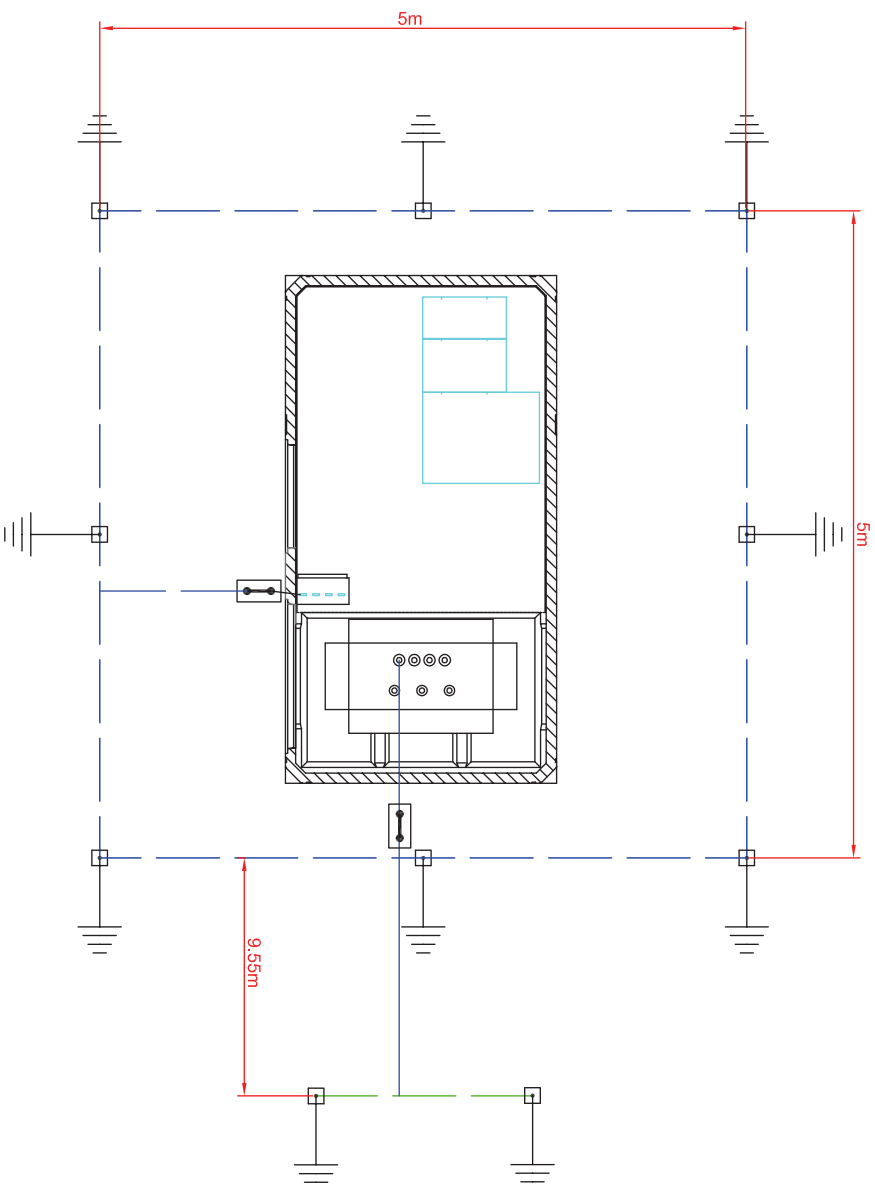
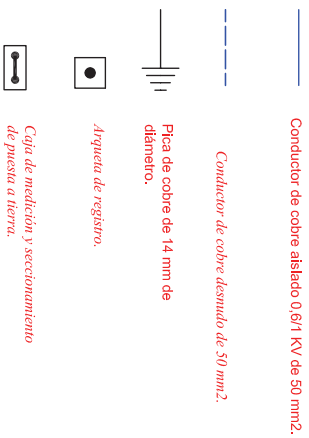
Sección conductor: 50 mm<sup>2</sup>

Longitud de picas: 2 m

Diametro picas: 14 mm

NOTA: La puesta a tierra del neutro se realizará con cable aislado de 0,6/1 kV, protegido con tubo de PVC de grado de protección 7 como mínimo.

## Leyenda:



Universidad Pública  
de Navarra  
Nafarroako  
Unibertsitate Publikoa

**E.T.S.I.I.T.**  
INGENIERO  
TECNICO INDUSTRIAL E.

DEPARTAMENTO:  
DEPARTAMENTO DE  
PROYECTOS E INGENIERIA RURAL

PROYECTO:

**INSTALACIÓN ELÉCTRICA NAVE  
INDUSTRIAL CON C.T.**

REALIZADO:

**INIIGO REGAIRA, AITOR**

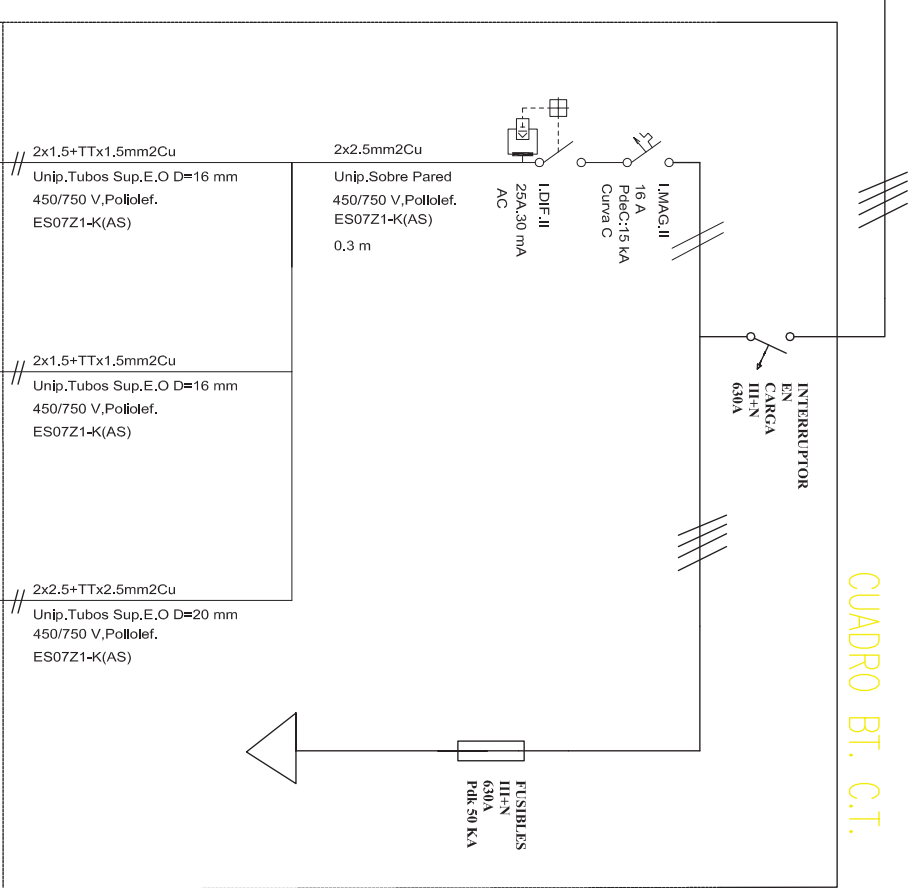
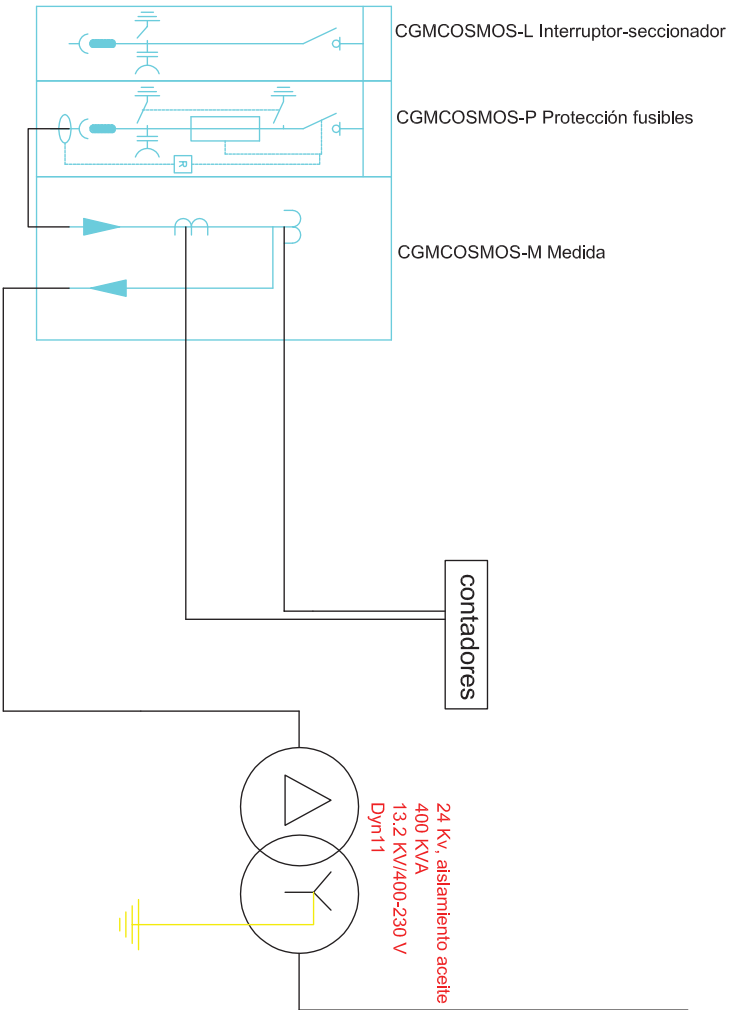
PLANO:

**PUESTA A TIERRA CENTRO DE TRANSFORMACIÓN**

FECHA:  
7/2013

ESCALA:  
S/E

Nº PLANO:  
10



- Sectionador de puesta a tierra  
Tensión asignada: 24 kV  
Intensidad asignada: 400 A
- Interruptor seccionador rotativo  
Tensión asignada: 24 kV  
Intensidad asignada: 400 A  
Mecanismo de maniobra: tipo B
- Indicador de presencia de tensión  
capacitor capacitivo ekoV PIS  
Tensión asignada: 24 kV  
Intensidad asignada: 400 A
- Interruptor automático de corte con fusible  
Tensión asignada: 24 kV  
Intensidad asignada en el embarrado: 400 A  
Intensidad fusibles: 3x40 A
- Transformador de tensión  
Cantidad: 3 T.T.  
Relación de transformación: 13200V/3+110V/3 V  
Potencia: 15 VA  
Sobretensión admisible: 1,2 Vn en permanencia
- Transformador de intensidad  
Cantidad: 3 T.I.  
Relación de transformación: 15 - 30/5 A  
Potencia: 15 VA  
Intensidad térmica: 80 In (mín. 5 kVA)

- INTERRUPTOR EN CARGA III+N 630A
- FUSIBLES III+N 630A Pdk 50 KA
- INTERRUPTOR DIFERENCIAL II 25A, 30 mA AC
- INTERRUPTOR MAGNETOTÉRMICO II 16 A PdeC:15 KA Curva C

**Universidad Pública de Navarra**  
 Nafarroako Unibertsitate Publikoa

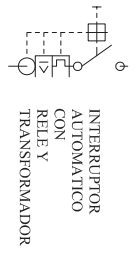
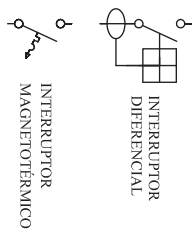
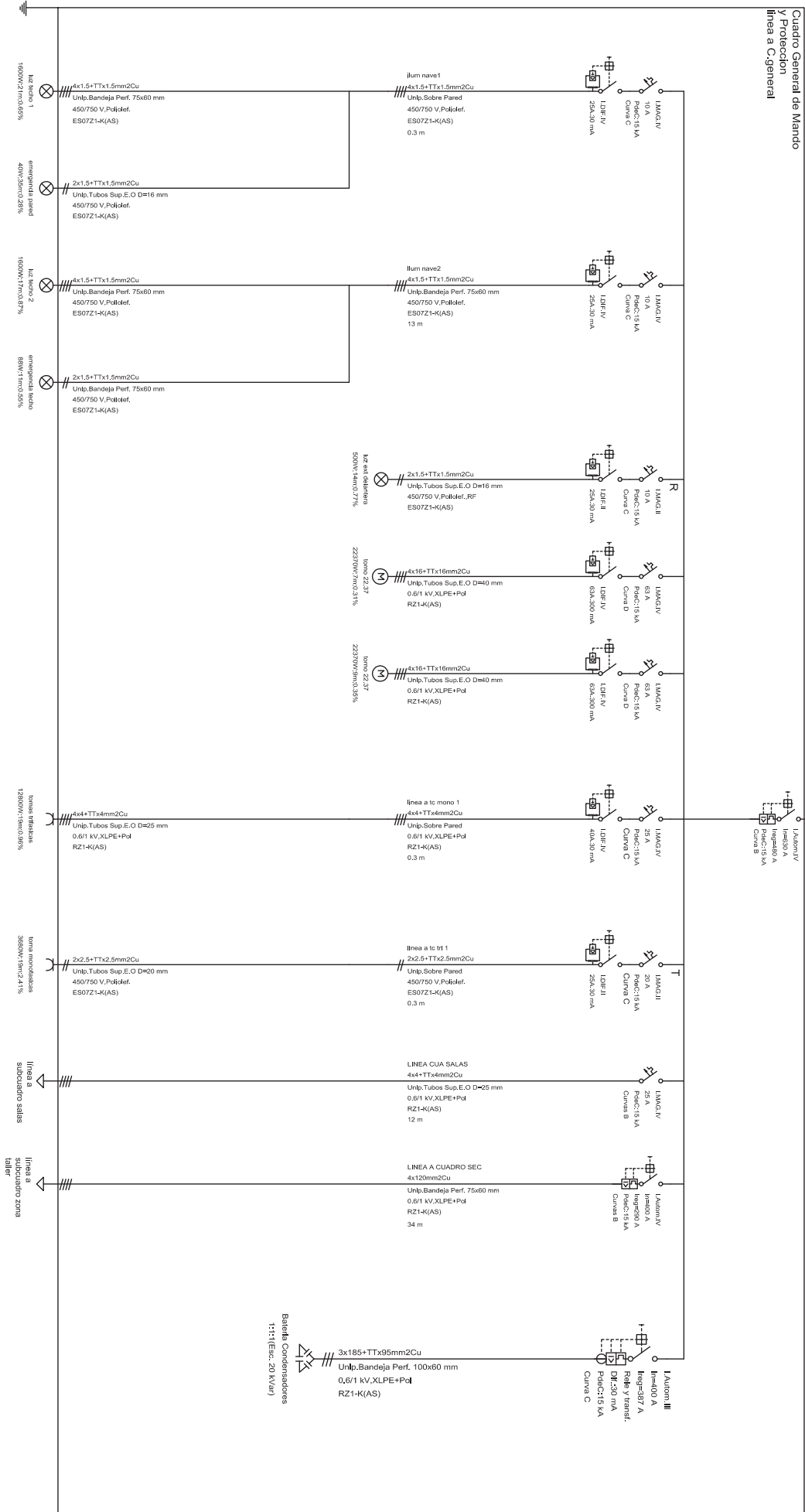
**E.T.S.I.I.T.**  
 INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.

DEPARTAMENTO: DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E INGENIERIA RURAL  
 REALIZADO: INIGO REGAIRA, AITOR

PROYECTO: <b>INSTALACIÓN ELÉCTRICA NAVE INDUSTRIAL C.T.</b>		PLANO: <b>ESQUEMA UNIFILAR TRANSFORMADOR</b>	
FIRMA:	FECHA: 7/2013	ESCALA: S/E	Nº PLANO: 11

Cuadro General de Mandos y Protección línea a C general

línea entrante desde cuadro de baja en centro de transformación



Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa

E.T.S.I.I.T. INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.

DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E INGENIERIA RURAL

INSTALACIÓN ELÉCTRICA NAVE INDUSTRIAL CON C.T.

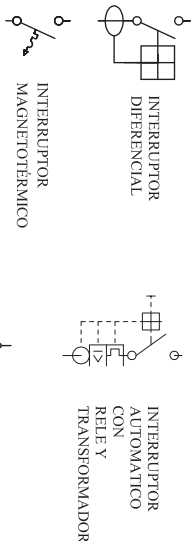
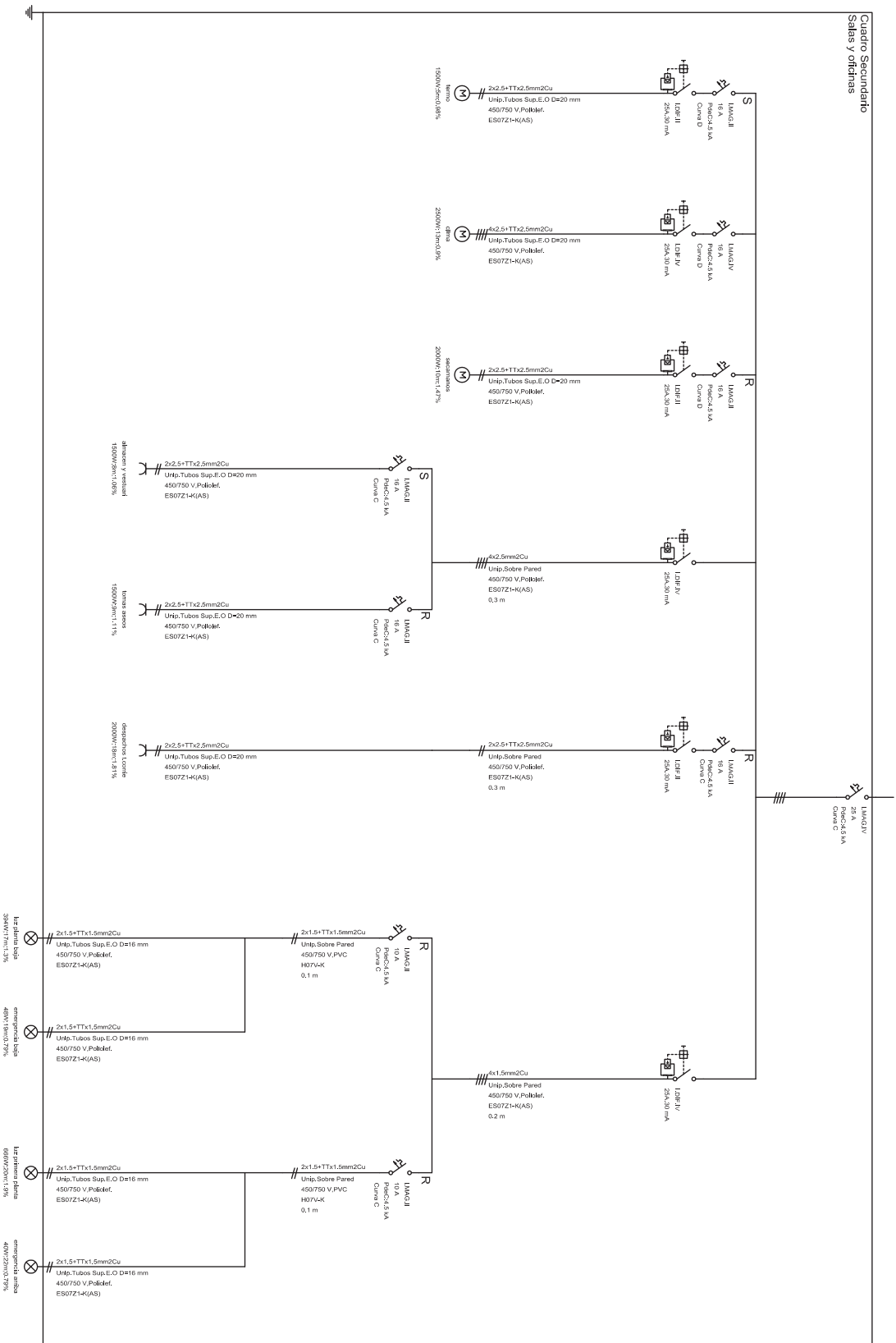
PLANO: UNIFILARES 1


REALIZADO: INIGO REGAIRA, AITOR

FECHA: 7/2013 ESCALA: S/E Nº PLANO: 12

Bateria Condensadores 1:1:1 (Esec. 20 kVar)

Cuadro Secundario  
Sales y oficinas



  
**Universidad Pública de Navarra**  
 Nafarroako Unibertsitate Publikoa

**E.T.S.I.I.T.**  
 INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.

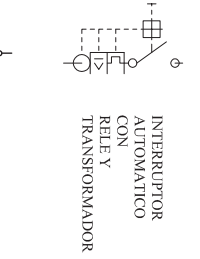
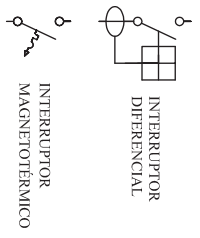
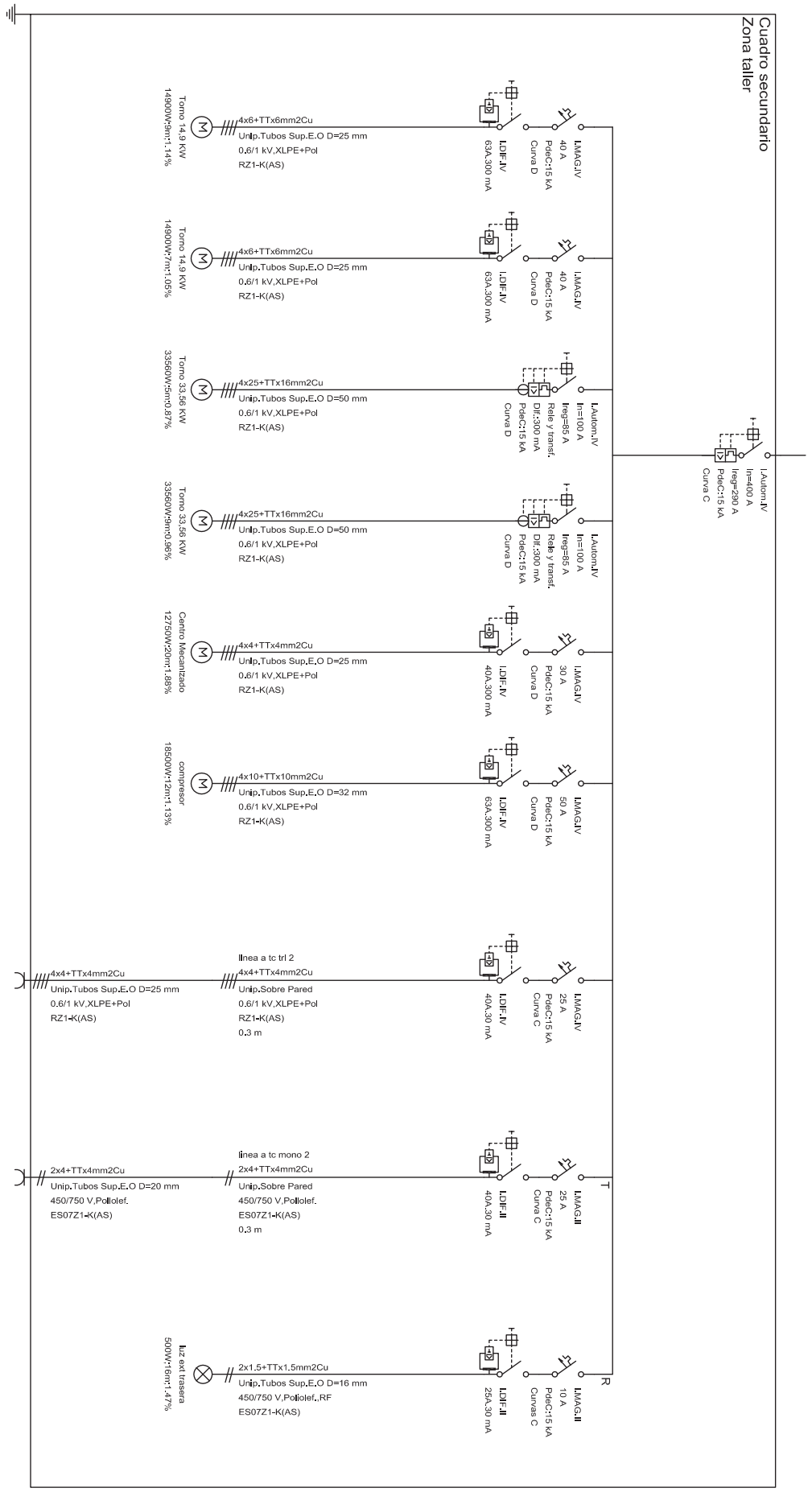
DEPARTAMENTO: DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E INGENIERIA RURAL

PROYECTO: **INSTALACIÓN ELÉCTRICA NAVE INDUSTRIAL CON C.T.**

REALIZADO: **IÑIGO REGAIRA, AITOR**

PLANO: **UNIFILARES 2**  
 FECHA: 7/2013  
 ESCALA: S/E  
 Nº PLANO: 13

Cuadro secundario  
Zona taller



  
 Universidad Pública  
 de Navarra  
 Nafarroako  
 Unibertsitate Publikoa

**E.T.S.I.I.T.**  
 INGENIERO  
 TÉCNICO INDUSTRIAL E.

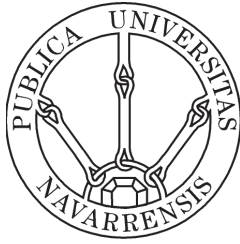
DEPARTAMENTO:  
**DEPARTAMENTO DE  
 PROYECTOS E INGENIERIA RURAL**

PROYECTO:  
**INSTALACIÓN ELÉCTRICA NAVE  
 INDUSTRIAL CON C.T.**

REALIZADO:  
**INIGO REGAIRA, AITOR**

PLANO:  
**UNIFILARES 3**

FIRMA:  
 FECHA: 7/2013  
 ESCALA: S/E  
 Nº PLANO: 14



# ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación:

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL ELÉCTRICO

Título del proyecto:

INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN BAJA TENSION DE NAVE  
INDUSTRIAL Y CENTRO DE TRANSFORMACIÓN

**DOCUMENTO N°4. Pliego de condiciones.**

Alumno: Aitor Iñigo Regaira

Tutora: Amaya Pérez Ezcurdia

Pamplona, Julio de 2013

## ÍNDICE

1. OBJETO .....	3
2. CONDICIONES GENERALES .....	3
2.1 NORMAS GENERALES .....	3
2.2 ÁMBITO DE APLICACIÓN .....	3
2.3 CONFORMIDAD O VARIACIÓN DE LAS CONDICIONES .....	3
2.4 RESCISIÓN .....	3
2.5 CONDICIONES GENERALES .....	4
3. CONDICIONES GENERALES DE EJECUCIÓN.....	4
3.1 DATOS DE OBRA.....	4
3.2 OBRAS QUE COMPRENDE .....	4
3.3 MEJORAS Y VARIACIONES DEL PROYECTO .....	5
3.4 PERSONAL.....	5
3.5 CONDICIONES DE PAGO .....	5
4. CONDICIONES PARTICULARES .....	6
4.1 DISPOSICIONES APLICABLES.....	6
4.2 CONTRADICCIONES Y OMISIONES DEL PROYECTO .....	6
4.3 PROTOTIPOS .....	7
5. NORMATIVA GENERAL .....	7
6. CONDUCTORES.....	8
6.1 MATERIALES .....	8
6.2 REDES AÉREAS PARA DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA. CÁLCULO MECÁNICO Y EJECUCIÓN DE LAS INSTALACIONES .....	9
6.2.1 INSTALACIONES DE CONDUCTORES AISLADOS.....	9
6.2.2 SECCIÓN MÍNIMA DEL CONDUCTOR NEUTRO .....	9
6.2.3 CONTINUIDAD DEL CONDUCTOR NEUTRO .....	10
6.3 SECCIÓN DE LOS CONDUCTES. CAÍDAS DE TENSIÓN .....	10
7. RECEPTORES .....	10
7.1 CONDICIONES GENERALES DE LA INSTALACIÓN .....	10
7.2 CONEXIONES DE RECEPTORES .....	11
7.3 RECEPTORES DE ALUMBRADO. INSTALACIÓN .....	12
7.4 RECEPTORES A MOTOR. INSTALACIÓN .....	12
7.5 APARATOS DE CALDEO. INSTALACIÓN .....	12
8. PROTECCIÓN CONTRA SOBREENTENSIDADES Y SOBRETENSIONES .....	13
8.1 PROTECCIÓN DE LAS INSTALACIONES .....	13



8.1.1	PROTECCIÓN CONTRA SOBREINTENSIDADES.....	13
8.1.2	PROTECCIÓN CONTRA SOBRECARGAS .....	13
8.2	SITUACIÓN DE LOS DISPOSITIVOS DE PROTECCIÓN.....	14
8.3	CARACTERÍSTICAS DE LOS DISPOSITIVOS DE PROTECCIÓN.....	14
9	PROTECCIÓN CONTRA CONTACTOS DIRECTOS E INDIRECTOS .....	14
9.1	PROTECCIÓN CONTRA CONTACTOS DIRECTOS .....	14
9.2	PROTECCIÓN CONTRA CONTACTOS INDIRECTOS .....	15
9.3	PUESTA A TIERRA DE LAS MASAS Y DISPOSITIVOS DE CORTE POR INTENSIDAD DE DEFECTO .....	16
10.	ALUMBRADOS ESPECIALES.....	16
10.1	ALUMBRADO DE EMERGENCIA .....	16
10.2	ALUMBRADO DE SEÑALIZACIÓN .....	17
10.3	LOCALES QUE DEBERÁN SER PROVISTOS DE ALUMBRADOS ESPECIALES .....	17
10.4	FUENTES PROPIAS DE ENERGÍA.....	18
10.5	INSTRUCCIONES COMPLEMENTARIAS .....	18
11.	LOCAL.....	18
11.1	PRESCRIPCIONES DE CARÁCTER GENERAL .....	18
12	MEJORAMIENTO DEL FACTOR DE POTENCIA .....	20
13.	PUESTAS A TIERRA .....	20
13.1	OBJETIVO DE LA PUESTA A TIERRA .....	20
13.2	DEFINICIÓN.....	20
13.3	PARTES QUE COMPRENDE LA PUESTA .....	20
13.4	ELECTRODOS, NATURALEZA, CONSTITUCIÓN, DIMENSIONES Y CONDICIONES DE INSTALACIÓN .....	22
13.5	RESISTENCIA DE TIERRA .....	22
13.6	CARACTERÍSTICAS Y CONDICIONES DE INSTALACIÓN DE LAS LÍNEAS DE ENLACE CON TIERRA, DE LAS LÍNEAS PRINCIPALES DE TIERRA Y DE SUS DERIVACIONES .....	23
13.7	SEPARACIÓN ENTRE LAS TOMAS DE TIERRA DE LAS MASAS, DE LAS INSTALACIONES DE UTILIZACIÓN Y LAS MASAS DE UN CENTRO DE TRANSFORMACIÓN .....	24
13.8	REVISIÓN DE LAS TOMAS DE TIERRA .....	24

## 1. OBJETO

El objeto de este pliego de condiciones es, establecer las exigencias que deben satisfacer los materiales, el montaje y la realización de la obra de la instalación eléctrica de baja tensión y el centro de transformación de una nave industrial dedicada a la producción por mecanizado para el sector de la automoción.

La nave está situada en la parcela número 69 del polígono Iperregui 2, perteneciente al municipio de Orcoyen. La nave limita con las calles B y C de dicho polígono, situándose la parte delantera de la nave en la calle C y la trasera en la B. Lateralmente la nave limita con otras naves industriales.

## 2. CONDICIONES GENERALES

### 2.1 NORMAS GENERALES

Todas las instalaciones que se realicen en el desarrollo del presente proyecto, deberán cumplir lo preceptuado en el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión, así como la reglamentación complementara, deberán cumplir el Reglamento Electrotécnico para Centros de Transformación de Iberdrola.

### 2.2 ÁMBITO DE APLICACIÓN

Se aplicará todo lo expuesto en el presente pliego de condiciones en las obras de suministro y colocación de todas y cada una de las piezas o unidades de obra necesarias para efectuar debidamente la instalación eléctrica de la nave industrial anteriormente descrita.

### 2.3 CONFORMIDAD O VARIACIÓN DE LAS CONDICIONES

Se aplicarán estas condiciones para todas las obras incluidas en el apartado anterior, entendiéndose que el contratista, conoce estos pliegos, no admitiéndose otras modificaciones más que aquellas que pudiera introducir el autor del proyecto.

### 2.4 RESCISIÓN

Si la ejecución de las obras no fuera efectuada, o si el material presentado no reuniese las condiciones necesarias, se podrá proceder a la rescisión del contrato con pérdida de la fianza.

En este caso se fijará un plazo para tomar las medidas cuya paralización pudiera perjudicar las obras sin que durante este plazo se empiecen más trabajos. No se abandonarán los acopios que se hubieran efectuado.

## 2.5 CONDICIONES GENERALES

El contratista deberá cumplir cuantas disposiciones vigentes hubiera de carácter social y de protección a la empresa nacional.

## 3. CONDICIONES GENERALES DE EJECUCIÓN

### 3.1 DATOS DE OBRA

Se entregará al contratista una copia de los planos, memoria y pliegos de condiciones, así como cuantos planos o datos necesite la completa ejecución de la obra.

El contratista podrá tomar nota o sacar copia, a su costa, del presupuesto y anexos del proyecto, así como segundas copias de todos los documentos.

### 3.2 OBRAS QUE COMPRENDE

Las obras se ejecutan conforme al proyecto, a las condiciones contenidas en este pliego de condiciones y el particular, si lo hubiera, y de acuerdo con las normas de la empresa suministradora.

El contratista, salvo aprobación por escrito del director de obra, no podrá hacer ninguna modificación de cualquier naturaleza, tanto en la ejecución de las obras en relación con el proyecto, como en las condiciones técnicas específicas.

Las obras que comprende este proyecto, abarcan el suministro e instalación de los materiales precisos para efectuar la instalación eléctrica de la nave industrial, considerando nave industrial a las oficinas, almacenes, nave propiamente dicha, locales no nombrados que se encuentren dentro de la propiedad, así como el centro de transformación.

Las labores comprendidas son las siguientes.

- a) Los transportes necesarios, tanto para la traída de materiales, como para el envío de estos fuera de la zona.
- b) Suministros de todo material necesario para las instalaciones.

- c) Ejecución de los trabajos necesarios para la instalación de todo lo reseñado:
- Colocación de luminarias.
  - Colocación de cableado.
  - Instalación de las protecciones eléctricas.
  - Colocación de bandejas y tubos protectores para cableado.
  - Ejecución del centro de transformación.

### 3.3 MEJORAS Y VARIACIONES DEL PROYECTO

No se consideran como mejoras o variaciones del proyecto nada más que aquellas que hayan sido ordenadas expresamente, por escrito, por el director de obra y convenido precio antes de proceder a su ejecución.

Las obras accesorias o delicadas, no incluidas en los precios de adjudicación, podrán ejecutarse con personal independiente del contratista.

### 3.4 PERSONAL

El contratista no podrá utilizar en los trabajos personal que no sea de su exclusiva cuenta y cargo, salvo la excepción del apartado anterior. Igualmente, será de su exclusiva cuenta y cargo aquel personal ajeno al trabajo propiamente manual y que sea necesario para el control administrativo del mismo. El contratista deberá tener al frente de los trabajadores un técnico suficientemente especializado a juicio del director de obra.

El contratista deberá emplear en sus trabajos el número de operarios que sean necesarios para llevarlo a cabo con la conveniente rapidez, así como organizar el número de brigadas que se le indiquen, para trabajar en varios puntos a la vez.

El contratista tendrá al frente de los trabajadores personal idóneo, el cual deberá atender cuantas órdenes procedan de la dirección técnica de las obras, estando a la expectativa, con objeto de que se lleven con el orden debido.

### 3.5 CONDICIONES DE PAGO

Se abonarán las unidades realmente ejecutadas, completamente terminadas, a los precios indicados en el presupuesto, y aplicándoles el coeficiente de subasta si lo hubiere.

Si alguna obra no se halla debidamente ejecutada, con sujeción estricta a las condiciones del contrato y fuese, sin embargo, admitida, podrá ser recibida provisional y aun definitivamente, en su caso; pero el contratista quedará obligado a conformarse

con la rebaja que el director de obra señale y la propiedad apruebe, salvo en el caso que prefiera demolerla y rehacer a su costa, con arreglo a las condiciones del contrato.

No tendrá derecho el contratista a abono de obras ejecutadas sin orden concreta de la propiedad o del director de obra. Las obras accesorias y auxiliares ordenadas al contratista, se abonarán a precios de la contrata, si le son aceptables, con la rebaja correspondiente o la bonificación hecha en subasta. Si contienen materiales o unidades de obra no previstas en el proyecto, y que por tanto, no tiene precio señalado en el presupuesto, se determinará previamente el correspondiente precio contradictorio entre la propiedad y el contratista. Si se ejecutan las obras sin haberse cumplido este requisito previo, deberá conformarse con la tasación que realiza el director de obra.

Cuando la propiedad o el director de obra presumiese la existencia de vicios o defectos de construcción, sea en el curso de ejecución de obra o antes de su recepción definitiva, podrán ordenar la demolición y reconstrucción en la parte o extensión necesaria. Los gastos de estas operaciones serán de cuenta del contratista, cuando se confirmen los vicios o defectos supuestos.

## **4. CONDICIONES PARTICULARES**

### **4.1 DISPOSICIONES APLICABLES**

Además de las disposiciones contenidas en este pliego de condiciones, serán de aplicación en todas las instalaciones lo siguiente:

- Todas las disposiciones generales vigentes para la contratación de obras públicas.
- Normas UNE del instituto de normalización Española y aplicándose ante la no existencia de dicha normativa, las especificaciones recogidas en las Normas internacionales ISO; CIE; CEI o en su defecto las DIN; UTE o rango equivalente.
- Normas de la compañía suministradora de energía.

### **4.2 CONTRADICCIONES Y OMISIONES DEL PROYECTO**

Lo mencionado en la memoria y omitido en los planos, o viceversa, habrá de ser ejecutado como si estuviera expuesto en ambos documentos; en caso de contradicción entre planos y la memoria, prevalecerá lo prescrito en esta última.

Las omisiones en los planos o las descripciones erróneas de los detalles de la obra en este pliego de condiciones, no sólo no eximen al contratista de la obligación de ejecutar estos detalles de obra, omitidos o erróneamente descritos sino que, por el contrario, deberán ser ejecutados como si estuviesen correctamente especificados en los planos y en este pliego de condiciones.

### 4.3 PROTOTIPOS

Antes de comenzar la obra, el adjudicatario podrá someter a la aprobación de la Dirección de Obras un prototipo de alguno de los materiales de los que consta el proyecto, con los cuales podrá realizar los ensayos que estime oportunos.

Tanto los materiales como el importe de los ensayos, serán por cuenta del adjudicatario.

## 5. NORMATIVA GENERAL

a) Se calificará como instalación eléctrica de baja tensión todo conjunto de aparatos y circuitos asociados en previsión de un fin particular.

Producción, conservación, transformación, transmisión distribución o utilización de la energía eléctrica, cuyas tensiones nominales sean iguales o inferiores a 1000 V para corriente alterna.

b) Los materiales, aparatos y receptores utilizados en las instalaciones eléctricas de baja tensión cumplirán en lo que se refiere a condiciones de seguridad técnica, dimensiones y calidad, lo determinado en el reglamento.

c) Si en la instalación eléctrica están integrados circuitos en los que las tensiones empleadas son superiores al límite establecido para baja tensión se deberá cumplir en ellos las prescripciones del reglamento de alta tensión.

Nota: en virtud de este artículo se detallará la normativa a cerca del transformador en un capítulo específico del presente pliego.

d) Cuando se construya un local, edificio, o agrupación de estos, cuya previsión de carga exceda de 50 KVA, o cuando la demanda de un nuevo suministro sea superior a esta cifra, la propiedad del inmueble deberá reservar un local destinado al montaje de la instalación de un centro de transformación, cuya disposición en el edificio corresponda a las características de la red de suministro aérea o subterránea, tenga las

dimensiones necesarias para el montaje de los equipos y aparatos requeridos para dar suministro de energía previsible. El local, que debe ser de fácil acceso, se destinará exclusivamente a la finalidad prevista y no podrá utilizarse como depósito de materiales, ni de piezas o elementos de recambio.

e) Corresponde al Ministerio de Industria, con arreglo a la ley de 24 de noviembre de 1939, la ordenación e inspección de la generación, transformación, distribución y aplicación de la energía eléctrica.

f) Las delegaciones provinciales del Ministerio de Industria, autorizarán el enganche y funcionamiento de las instalaciones eléctricas de baja tensión. Según su importancia, sus fines o la peligrosidad de sus características o de su situación, las delegaciones exigirán la presentación de un proyecto de la instalación, suscrito por un técnico competente, antes de iniciarse el montaje de la misma. En todo caso, y para autorizar cualquier instalación, la delegación deberá recibir y conformar el boletín extendido por el instalador autorizado que realiza el montaje, así como un acta de las pruebas realizadas por la compañía suministradora en la forma en que se establece en las instrucciones complementarias.

## 6. CONDUCTORES

### 6.1 MATERIALES

Los conductores utilizados en las redes aéreas serán de cobre, aluminio o de otros materiales o aleaciones que posean características eléctricas y mecánicas adecuadas. Pueden ser desnudos o aislados. Los conductores aislados serán de tensión nominal no inferior a 100 V. Y tendrán un aislamiento apropiado que garantice una buena resistencia a las acciones de la intemperie. Podrán utilizarse conductores de menor tensión nominal siempre que cumplan las condiciones de instalación señaladas para los mismos en la instrucción ITC BT 03.

Los aisladores serán de porcelana, vidrio o de otros materiales aislantes equivalentes que resistan las acciones de la intemperie, especialmente las variaciones de temperatura y la corrosión, debiendo ofrecer una resistencia suficiente a los esfuerzos mecánicos a que estén sometidos.

## 6.2 REDES AÉREAS PARA DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA. CÁLCULO MECÁNICO Y EJECUCIÓN DE LAS INSTALACIONES

### 6.2.1 INSTALACIONES DE CONDUCTORES AISLADOS

Cuando se trate de conductores de tensión nominal inferior a 1000 V:

- a) Sobre aisladores de 1000 voltios de tensión nominal.
- b) Bajo envueltas aislantes resistentes a la intemperie que proporcionen un aislamiento con relación a tierra equivalente a 1000 voltios de tensión nominal.

Los empalmes y conexiones de conductores se realizarán cuidadosamente, de modo que en ellos la elevación de temperatura no sea superior a la de los conductores.

Se utilizarán piezas metálicas apropiadas resistentes a la corrosión, que aseguren un contacto eléctrico eficaz. En los conductores sometidos a tracción mecánica, los empalmes deberán soportar sin rotura ni deslizamiento del conductor, el 90 % de su carga de rotura, no siendo admisible en estos empalmes su realización por soldadura o por torsión directa de los conductores, aunque este último sistema puede utilizarse cuando estos sean de cobre y su sección no superior a 100 mm<sup>2</sup>.

En los empalmes y conexiones de conductores aislados o de estos con conductores desnudos se utilizarán accesorios adecuados resistentes a las acciones de la intemperie y se colocarán de forma que evite la filtración de humedad en los conductores aislados.

Las derivaciones se harán en las proximidades inmediatas de los soportes de línea (aisladores, cajas de derivación, etc) y no originarán tracción mecánica sobre la misma.

### 6.2.2 SECCIÓN MÍNIMA DEL CONDUCTOR NEUTRO

El conductor neutro tendrá, como mínimo, la sección que a continuación se especifica:

- a) En distribución monofásica o de corriente continua:
  - A dos hilos: igual a la del conductor de fase o polar.
  - A tres hilos: hasta 16 mm<sup>2</sup> de cobre, igual a la del conductor de fase o polar; para secciones entre 16 y 35 mm<sup>2</sup> será de 16 mm<sup>2</sup>; para secciones superiores a 35 mm<sup>2</sup> la mitad de la sección de los conductores de fase.
- b) En distribuciones trifásicas:



- A cuatro hilos (tres fases y neutro): hasta 16 mm<sup>2</sup> de cobre, igual a la del conductor de jase o polar; para secciones entre 16 y 35 mm<sup>2</sup> será de 16 mm<sup>2</sup>; para secciones superiores a 35 mm<sup>2</sup> la mitad de la sección de los conductores de fase.

### 6.2.3 CONTINUIDAD DEL CONDUCTOR NEUTRO

El conductor neutro no podrá ser interrumpido en las redes de distribución, salvo que esta interrupción sea realizada por alguno de los dispositivos siguientes.

a) Interruptores o seccionadores omnipolares que actúen sobre el neutro al mismo tiempo que en las fases o que establezcan la conexión del neutro antes que las fases y desconecten estas antes que el neutro.

b) Uniones amovibles en el neutro próximas a los interruptores o seccionadores de los conductores de fase, debidamente señaladas y que sólo pueden ser maniobradas mediante herramientas adecuadas, no debiendo, en este caso, ser seccionado el neutro sin que lo estén previamente las fases, ni conectadas estas sin haberlo sido el neutro previamente.

### 6.3 SECCIÓN DE LOS CONDUCTES. CAÍDAS DE TENSIÓN

La sección de los conductores a utilizar se determina de forma que la caída de tensión entre el origen de la instalación y cualquier punto de utilización sea menor de 3% de la tensión nominal en el origen de la instalación, para alumbrado y del 5 % para los demás usos. Esta caída de tensión se calculará considerando alimentados todos los aparatos susceptibles de funcionar simultáneamente.

## 7. RECEPTORES

### 7.1 CONDICIONES GENERALES DE LA INSTALACIÓN

Los receptores que se instalen tendrán que cumplir los requisitos de correcta utilización y seguridad. Durante su funcionamiento no deberán producir perturbaciones en las redes de distribución pública ni en las comunicaciones.

Los receptores se instalarán de acuerdo con su destino (clase de local, emplazamiento, utilización, etc), con los esfuerzos mecánicos previsibles y en las condiciones de ventilación necesarias para que ninguna temperatura peligrosa, tanto para la propia instalación como para objetos próximos, pueda producirse en funcionamiento. Soportarán la influencia de agentes exteriores a que estén sometidos en servicio: polvo, humedad, gases, etc.

Los circuitos que formen parte de los receptores salvo las excepciones que para cada caso puedan señalar prescripciones de carácter particular, deberán estar protegidos contra sobreintensidades siendo de aplicación para ello lo dispuesto en la instrucción ITC BT 22. Se adoptarán las características intensidad – tiempo de los dispositivos, de acuerdo con las características y condiciones de utilización de los receptores a proteger.

## 7.2 CONEXIONES DE RECEPTORES

Todo receptor será accionado por un dispositivo que puede ir incorporado al mismo o a la instalación de alimentación. Para este accionamiento se utilizará alguno de los dispositivos indicados en la instrucción ITC BT 43.

Se admitirá, cuando prescripciones particulares no señalen lo contrario, que el accionamiento afecta a un conjunto de receptores.

Los receptores podrán conectarse a las canalizaciones directamente o por intermedio de un conductor movable. Cuando esta conexión se efectúe directamente a una canalización fija, los receptores se situarán de manera que se pueda verificar su funcionamiento, proceder a su mantenimiento y controlar esta conexión. Si la conexión se efectuara por intermedio de un conductor movable, este incluirá el número de conductores necesarios y, si procede, el conductor de protección.

En cualquier caso, los conductores en la entrada al aparato estarán protegidos contra riesgos de tracción, torsión, cizallamiento, abrasión, plegados excesivos, etc., por medio de dispositivos apropiados constituidos por materiales aislantes. No se permitirá anudar los conductores o atarlos al receptor. Los conductores de protección tendrán longitud tal que, en caso de fallar el dispositivo impeditivo de tracción, queden únicamente sometidos hasta después que la hayan soportado los conductores de alimentación.

En los receptores que produzcan calor, si las partes del mismo que puedan tocar a su conductor de alimentación alcanzan más de 85 grados centígrados de temperatura, la envoltura exterior del conductor no será de materia termoplástica.

La conexión de conductores movibles a la instalación alimentadora se realizará utilizando:

- Tomas de corriente.
- Cajas de conexión.
- Trole para el caso de vehículos a tracción eléctrica o aparatos movibles.

### 7.3 RECEPTORES DE ALUMBRADO. INSTALACIÓN

Se prohíbe terminantemente colgar las armaduras de las lámparas utilizando para ello los conductores que llevan la corriente a las mismas. Las armaduras irán firmemente enganchadas a los techos mediante tirafondos atornillados o sistema similar. Si se emplea otro sistema de suspensión, este deberá ser firme y estar aislado totalmente de la armadura.

En caso de lámpara fluorescente se utilizarán modelos iguales o similares a los presentados en la memoria, siendo la única condición que lleven una corrección del factor de potencia de por lo menos hasta 0,9.

Para la instalación de lámparas suspendidas en el exterior, se seguirá lo dispuesto a la instrucción ITC BT 09 del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión.

### 7.4 RECEPTORES A MOTOR. INSTALACIÓN

Los motores se instalarán de manera que la aproximación a sus partes en movimiento no pueda ser causa de accidente. No estarán nunca en contacto con materiales fácilmente combustibles, guardando las siguientes distancias de seguridad:

- 0,5 metros si la potencia del motor es igual o menor a 1 KW.
- 1 metro si la potencia nominal es superior a 1 KW.

Todos los motores de potencia superior a 0,25 CV, y todos los situados en los locales con riesgo de incendio o explosión, tendrán su instalación propia de protección. Esta constará de por lo menos un juego de fusibles cortacircuitos de acuerdo con las características del motor.

También se dotará al motor de un sistema de protección contra la falta de tensión mediante un dispositivo de corte automático de la alimentación, cuando el arranque espontáneo del motor, como consecuencia del reestablecimiento de la tensión, pueda provocar accidente o perjudicar a este.

### 7.5 APARATOS DE CALDEO. INSTALACIÓN

Los aparatos de caldeo se instalarán de manera que no puedan inflamar las materias combustibles circundantes, aun en caso de empleo negligente o defectos previsibles de los mismos.

Los aparatos de caldeo industrial que estén destinados a estar en contacto con materias combustibles o inflamables y que en su uso normal no estén bajo la vigilancia de un operario, estarán provistos de un limitador de temperatura que interrumpa o reduzca el caldeo antes de alcanzar una temperatura peligrosa.

Los aparatos de caldeo por aire caliente estarán constituidos de manera que su elemento de caldeo sólo pueda ponerse en servicio después de hacerlo el ventilador correspondiente y cese aquel cuando el ventilador deje de funcionar. Los aparatos fijos, llevarán además, dos limitadores de temperatura, independientes entre sí, que impidan una elevación excesiva de ésta en los conductos de aire.

## **8. PROTECCIÓN CONTRA SOBREINTENSIDADES Y SOBRETENSIONES**

### **8.1 PROTECCIÓN DE LAS INSTALACIONES**

#### **8.1.1 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.

Excepto los conductores de protección, todos los conductores que forman parte de un circuito, incluyendo el conductor neutro o compensador, estarán protegidos contra los efectos de las sobreintensidades.

Se admiten como dispositivos de protección contra cortocircuitos los fusibles de características de funcionamiento adecuadas y los interruptores automáticos con sistema de corte electromagnético.

#### **8.1.2 PROTECCIÓN CONTRA SOBRECARGAS**

El límite de intensidad admisible en un conductor ha de quedar en todo caso garantizado por el dispositivo de protección utilizado.

El dispositivo de protección general puede estar constituido por un interruptor automático de corte omnipolar o por un interruptor automático que corte únicamente los conductores de fase o polares bajo la acción del elemento que controle la corriente en el conductor neutro.

Como dispositivos de protección contra sobrecargas serán utilizados los fusibles calibrados de características adecuadas o los interruptores automáticos con curva térmica de corte.

## 8.2 SITUACIÓN DE LOS DISPOSITIVOS DE PROTECCIÓN

Todos los dispositivos de protección se instalarán en los diferentes cuadros instalados en la nave. Estos dispositivos protegerán tanto a las instalaciones como a las personas contra sobrecargas y cortocircuitos.

Se instalarán a tal interruptores automáticos, diferenciales y fusibles.

## 8.3 CARACTERÍSTICAS DE LOS DISPOSITIVOS DE PROTECCIÓN

Deberán poder soportar la influencia de los agentes exteriores a que estén sometidos, presentado el grado de protección que les corresponda de acuerdo con sus condiciones de instalación.

Los fusibles irán colocados sobre material aislante incombustible y estarán contruidos de forma que no puedan proyectar metal al fundirse. Cumplirán la condición de permitir su recambio bajo tensión de la instalación sin peligro alguno. Deberán llevar marcada la intensidad y tensión nominales de trabajo.

Los interruptores automáticos serán los apropiados a los circuitos a proteger en su funcionamiento a las curvas intensidad – tiempo adecuadas. Deberán cortar 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 tomar una posición intermedia entre las correspondientes a las de apertura y cierre. Cuando se utilicen para la protección contra cortocircuitos, su capacidad de corte estará de acuerdo con la intensidad de cortocircuito que pueda presentarse en el punto de su instalación, salvo que vayan asociados con fusibles adecuados que cumplan este requisito.

Los interruptores automáticos, llevarán marcada su intensidad y tensión nominal, el símbolo de la naturaleza de corriente en que hayan de emplearse y el símbolo que indique las características de desconexión, de acuerdo con la norma que le corresponda, o en su defecto, irán acompañados de las curvas de desconexión.

# 9 PROTECCIÓN CONTRA CONTACTOS DIRECTOS E INDIRECTOS

## 9.1 PROTECCIÓN CONTRA CONTACTOS DIRECTOS

Para considerar satisfactoria la protección contra los contactos directos se tomará una de las siguientes medidas:

a) Alejamiento de las partes activas de la instalación del lugar donde circulen las personas habitualmente con un mínimo de 2,5 metros hacia arriba, 1 metros abajo y 1 metro lateralmente.

b) Interposición de obstáculos que impidan todo contacto accidental con las partes activas de la instalación. Los obstáculos deben estar fijados de forma segura y resistir a los esfuerzos mecánicos usuales que pueden presentarse en su función.

c) Recubrimiento de las partes activas de la instalación por medio de un aislamiento apropiado capaz de conservar sus propiedades con el tiempo y que limite la corriente de contacto a un valor no superior a 1 mA.

## 9.2 PROTECCIÓN CONTRA CONTACTOS INDIRECTOS

Para la elección de las medidas de protección contra contactos indirectos, se tendrá en cuenta la naturaleza de los locales o emplazamientos, las masas y los elementos conductores, la extensión e importancia de la instalación, etc., que obligarán en cada caso a adoptar la medida de protección más adecuada.

Para instalaciones con tensiones superiores a 250 V con relación a tierra es necesario establecer sistemas de protección, cualquiera que sea el local, naturaleza del suelo, etc.

Las medidas de protección contra contactos indirectos pueden ser de las clases siguientes:

### Clase A:

Se basa en los siguientes sistemas:

- Separación de circuitos.
- Empleo de pequeñas tensiones.
- Separación entre las partes activas y las masas accesibles por medio de aislamientos de protección; inaccesibilidad simultáneamente de elementos conductores y masas.
- Recubrimiento de las masas con aislamientos de protección.
- Conexiones equipotenciales.

### Clase B:

Se basa en los siguientes sistemas:

- Puesta a tierra de las masas y dispositivos de corte por intensidad de defecto.
- Puesta a tierra de las masas y dispositivos de corte por tensión de defecto.
- Puesta a neutro de las masas y dispositivos de corte por intensidad de defecto.

La aplicación de los sistemas de protección de la clase A no es generalmente posible, sin embargo se puede aplicar de manera limitada y solamente para ciertos equipos, materiales o partes de la instalación.

## 9.3 PUESTA A TIERRA DE LAS MASAS Y DISPOSITIVOS DE CORTE POR INTENSIDAD DE DEFECTO

Este sistema de protección consiste en la puesta a tierra de las masas, asociada a un dispositivo de corte automático sensible a la intensidad de defecto que origine la desconexión de la instalación defectuosa. Requiere que se cumplan las condiciones siguientes:

En instalaciones con el punto neutro unido directamente a tierra (como es el caso):

- La corriente a tierra producida por un solo defecto franco debe hacer actuar el dispositivo de corte en un tiempo no superior a 5 segundos.
- Una masa cualquiera no puede permanecer en relación a una toma de tierra eléctricamente distinta, a un potencial superior, en valor eficaz a:
  - 24 voltios en locales conductores.
  - 50 voltios en los demás casos.
- Todas las masas de una instalación deben estar unidas a la misma toma de tierra.

Se utilizarán como dispositivos de corte automático sensibles a la corriente de defecto interruptores diferenciales. Los diferenciales provocan la apertura automática de la instalación cuando la suma vectorial de las intensidades que atraviesan los polos del aparato alcanza un valor determinado.

El valor mínimo de la corriente de defecto, a partir del cual el interruptor diferencial abre automáticamente, en su tiempo conveniente la instalación a proteger, determina la sensibilidad de funcionamiento del aparato.

## 10. ALUMBRADOS ESPECIALES

### 10.1 ALUMBRADO DE EMERGENCIA

Es aquel que debe permitir, en caso de fallo del alumbrado general, la evacuación segura y fácil del público hacia el exterior. Solamente podrá ser alimentado por fuentes propias de energía, sean o no exclusivas para dicho alumbrado, pero no por fuente de suministro exterior, cuando la fuente propia de energía esté constituida por baterías de acumuladores o por aparatos autónomos automáticos, se podrá utilizar un suministro exterior para proceder a su carga.

El alumbrado de emergencia deberá poder funcionar durante un mínimo de una hora, proporcionando en el eje de los pasos principales una iluminación adecuada.

Este alumbrado se instalará en las salidas y en las señales indicadoras de la dirección de las mismas. Si hay un cuadro principal de distribución, en el local donde este se instale, así como sus accesos, estarán provistos de alumbrado de emergencia.

Deberá entrar en funcionamiento al producirse el fallo de los alumbrados generales o cuando la tensión de estos baje a menos del 70% de su tensión nominal.

## 10.2 ALUMBRADO DE SEÑALIZACIÓN

Es el que se instala para funcionar de modo continuo durante determinados periodos de tiempo. Este alumbrado debe señalar de modo permanente la situación de puertas, pasillos escaleras y salidas de los locales, durante todo el tiempo que permanezcan con público. Deberá ser alimentado, al menos por dos suministros, sean ellos normales, complementarios o procedentes de fuente propia de energía eléctrica.

Deberá proporcionar en el eje de los pasos principales una iluminación mínima de 1 Lux.

Cuando el suministro habitual del alumbrado de señalización, falle o su tensión baje a menos del 70 % de su valor nominal, la alimentación del alumbrado de señalización pasará automáticamente al segundo suministro.

Cuando los locales o dependencias que deban eliminarse con este alumbrado, coincidan con los que precisan alumbrado de emergencia, los puntos de luz ambos alumbrados podrán ser los mismos.

## 10.3 LOCALES QUE DEBERÁN SER PROVISTOS DE ALUMBRADOS ESPECIALES

- a) Con alumbrado de emergencia:

Todos los locales de reunión que puedan albergar a 300 personas o más, los locales de espectáculos y los establecimientos sanitarios.

- b) Con alumbrado de señalización:

Estacionamientos subterráneos de vehículos, teatros y cines en sala oscura, grandes establecimientos sanitarios y cualquier otro local donde puedan producirse aglomeraciones de público en horas o lugares en que la iluminación natural de luz



solar no sea suficiente para proporcionar en el eje de los pasos principales una iluminación mínima de 1 Lux.

## 10.4 FUENTES PROPIAS DE ENERGÍA

La fuente propia de energía estará constituida por baterías de acumuladores o aparatos autónomos automáticos o grupos electrógenos; la puesta en funcionamiento de unos y otros se producirá al producirse la falta de tensión en los circuitos alimentados por los diferentes suministros procedentes de la empresa o empresas distribuidoras de la energía eléctrica, o cuando aquella tensión descienda por debajo del 70 % de su valor nominal.

La fuente propia de energía en ningún caso podrá estar constituida por baterías de pilas.

La capacidad mínima de esta fuente propia de energía será como norma general, la precisa para proveer al alumbrado de emergencia en las condiciones señaladas en el apartado 2.1 de esta instrucción.

## 10.5 INSTRUCCIONES COMPLEMENTARIAS

Las líneas que alimentan directamente los circuitos individuales de las lámparas de los alumbrados especiales estarán protegidos por interruptores automáticos con una intensidad nominal de 10 amperios como máximo. Una misma línea no podrá alimentar más de 12 puntos de luz, o si en el local existen varios puntos de luz estos deberán ser alimentados por, al menos, dos líneas diferentes, aunque su número sea inferior a 12.

## 11. LOCAL

### 11.1 PRESCRIPCIONES DE CARÁCTER GENERAL

Las instalaciones en los locales a los que afecten las presentes prescripciones cumplirán las condiciones de carácter general que a continuación se señalan, así como para determinados locales, las complementarias que más adelante se fijan.

a) Será necesario disponer de una acometida individual, siempre que el conjunto de las dependencias del local considerado constituya un edificio

independiente, o igualmente en el caso en que existan varios locales o viviendas en el mismo edificio y la potencia instalada en el local de pública concurrencia los justifique.

b) El cuadro general de distribución deberá colocarse en el punto más próximo posible a la entrada de la acometida o de la derivación individual y se colocará junto o sobre él, el dispositivo de mando y protección preceptivo, según la instrucción ITC BT 16. Cuando no sea posible la instalación del cuadro general en este punto, se instalará, de todas formas, en dicho punto, un dispositivo de mando y protección.

Del citado cuadro general saldrán las líneas que alimentan directamente los aparatos receptores o bien las líneas generales de distribución a las que se conectarán mediante cajas o a través de cuadros secundarios de distribución los distintos circuitos alimentadores. Los aparatos receptores que consuman más de 15 A se alimentarán directamente desde el cuadro general o desde los secundarios.

c) El cuadro general de distribución, e igualmente los cuadros secundarios, se instalarán en locales o recintos a los que no tenga acceso el público y que estarán separados de los locales donde exista un peligro acusado de incendio o de pánico, por medio de elementos a prueba de incendios y puertas no propagadoras de fuego. Los contadores podrán instalarse en otro lugar, de acuerdo con la empresa distribuidora de energía eléctrica y siempre antes del cuadro general.

d) En el cuadro general de distribución o en los secundarios se dispondrán dispositivos de mando y protección para cada una de las líneas generales de distribución, y las de alimentación directa a receptores. Cerca de cada uno de los interruptores de los cuadros se colocará una placa indicadora del circuito al que pertenezcan.

e) Las canalizaciones estarán constituidas por:

- Conductores aisladores, de tensión nominal de aislamiento no inferior a 750 V, colocados bajo tubos protectores, de tipo no propagador de llama, preferentemente empotrados, en especial en las zonas accesibles al público.
- Conductores aislados, de tensión nominal de aislamiento no inferior a 750 V, con cubierta de protección, colocados en huecos de la construcción, totalmente contruidos en materiales incombustibles.
- Conductores rígidos, aislados de tensión nominal no inferior a 1000 V, armados colocados directamente sobre las paredes.

f) Se adoptarán las disposiciones convenientes para que las instalaciones no puedan ser alimentadas simultáneamente por dos fuentes de alimentación independientes entre sí.

## 12 MEJORAMIENTO DEL FACTOR DE POTENCIA

Las instalaciones que suministren energía a receptores de los que resulte un factor de potencia inferior a 0,90 deberán ser compensadas, sin que en ningún momento la energía absorbida por la red pueda ser capacitiva.

La compensación del factor de potencia podrá hacerse por una de las dos formas siguientes:

- Por cada receptor o grupo de receptores que funcionen por medio de un solo interruptor; es decir funcionen simultáneamente.
- Para la totalidad de la instalación. En este caso, la instalación de compensación ha de estar dispuesta para que, de forma automática, asegure que la variación del factor de potencia no sea superior de un 10 % del valor medio obtenido en un prolongado periodo de funcionamiento.

Cuando se instalen condensadores y la conexión de estos con los receptores pueda ser cortada por medio de interruptores, estarán provistos aquellos de resistencias o reactancias de descarga a tierra.

## 13. PUESTAS A TIERRA

### 13.1 OBJETIVO DE LA PUESTA A TIERRA

Las puestas a tierra se establecen con el objetivo principal de limitar la tensión que con respecto a tierra pueden 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 el material utilizado.

### 13.2 DEFINICIÓN

La denominación “puesta a tierra”, comprende toda ligazón metálica directa, sin fusibles ni protección alguna de sección suficiente entre determinados elementos o partes de una instalación y un electrodo o grupo de electrodos enterrados en el suelo, con objeto de conseguir que el conjunto de instalaciones, no existan diferencias de potencial peligrosas y que al mismo tiempo permita el paso a tierra de las corrientes de falta o de descarga de origen atmosférico.

### 13.3 PARTES QUE COMPRENDE LA PUESTA

- a) Toma de tierra:

Las tomas de tierra están constituidas por los elementos siguientes:

- Electrodo: es una masa metálica, permanente en contacto con el terreno, para facilitar el paso a este de las corrientes de defectos que puedan presentarse o la carga eléctrica que tenga o pueda tener.
- Línea de enlace con tierra: está formada por los conductores que unen el electrodo o conjunto de electrodos con el punto de puesta a tierra.
- Punto de puesta a tierra: es un punto situado fuera del suelo que sirve de unión entre la línea de enlace con tierra y la línea principal de tierra.

Las instalaciones que lo precisen dispondrán de un número suficiente de puntos de puesta a tierra, convenientemente distribuidos, que estarán conectados al mismo electrodo o conjunto de electrodos.

El punto de puesta a tierra estará constituido por un dispositivo de conexión que permita la unión entre los conductores de las líneas de enlace y principal de tierra, de forma que pueda, mediante útiles apropiados separarse estas, con el fin de poder realizar la medida de resistencia a tierra.

b) Líneas principales de tierra:

Estarán formadas por conductores que partirán del punto de puesta a tierra y a las cuales estarán conectadas las derivaciones necesarias para la puesta a tierra de las masas generalmente a través de los conductores de protección.

c) Derivaciones de las líneas principales de tierra:

Estarán constituidas por conductores que unirán la línea principal de tierra con los conductores de protección o directamente con las masas.

d) Conductores de protección:

Sirven para unir eléctricamente las masas de una instalación a ciertos elementos con el fin de asegurar la protección contra contactos indirectos.

En el circuito de puesta a tierra, los conductores de protección unirán las masas a la línea principal de tierra.

En otros casos reciben igualmente el nombre de conductores de protección aquellos que tienen las masas:

- Al neutro de la red.
- A otras masas.
- A elementos metálicos distintos de las masas.
- A un relé de protección.

Los circuitos de puesta a tierra formarán una línea eléctricamente continua en la que no podrán incluirse en serie ni masas ni elementos metálicos, cualquiera que sean estos. Siempre la conexión de las masas y los elementos metálicos al circuito de puesta a tierra se efectuara por derivaciones desde este.

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

### 13.4 ELECTRODOS, NATURALEZA, CONSTITUCIÓN, DIMENSIONES Y CONDICIONES DE INSTALACIÓN

Los electrodos pueden ser artificiales o naturales. Se entiende por electrodos artificiales los establecidos con el exclusivo objetivo de obtener la puesta a tierra, y por electrodos naturales las masas metálicas que puedan existir enterradas.

Para las puestas a tierra se emplearán principalmente electrodos artificiales. No obstante, los electrodos naturales que existieran en la zona de una instalación y que presenten y aseguren un buen contacto permanente con el terreno puedan utilizarse bien solos o conjuntamente con otros electrodos artificiales. En general, se puede prescindir de estos cuando su instalación presente requisitos anteriormente señalados, con sección suficiente y la resistencia de tierra que se obtenga con los mismos presente un valor adecuado.

a) Picas verticales:

Las picas verticales podrán estar constituidas por:

- Tubos de acero galvanizado de 25 mm. de diámetro exterior, como mínimo.
- Perfiles de acero dulce galvanizado de 60 mm. de lado, como mínimo.
- Barras de cobre o de acero de 14 mm. de diámetro, como mínimo; las barras de acero tienen que estar recubiertas de una capa protectora exterior de cobre de espesor apropiado.

Las longitudes mínimas de estos electrodos no serán inferiores a 2 metros si son necesarias dos picas conectadas en paralelo con el fin de conseguir una resistencia de tierra admisible, la separación entre ellas es recomendable que sea igual, al menos a la longitud enterrada de las mismas; si son necesarias varias picas conectadas en paralelo, la separación entre ellas deberá ser mayor que en el caso anterior.

### 13.5 RESISTENCIA DE TIERRA

El electrodo se dimensionará de forma que su resistencia de tierra, en cualquier circunstancia previsible, no sea superior al valor especificado para ella en cada caso.

Este 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.

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

Bien entendido que los cálculos efectuados a partir de estos valores no dan más que un valor muy apropiado de la resistencia de tierra del electrodo.

### **13.6 CARACTERÍSTICAS Y CONDICIONES DE INSTALACIÓN DE LAS LÍNEAS DE ENLACE CON TIERRA, DE LAS LÍNEAS PRINCIPALES DE TIERRA Y DE SUS DERIVACIONES**

Los conductores que constituyen las líneas de enlace con tierra, las líneas principales de tierra y sus derivaciones, serán de cobre o de otro metal de alto punto de fusión y su sección debe ser ampliamente dimensionada de tal forma que cumpla las condiciones siguientes:

a) La máxima corriente de falta que pueda producirse en cualquier punto de la instalación no debe originar en el conductor una temperatura cercana a la de fusión, ni poner en peligro los empalmes o conexiones en el tiempo máximo previsible de la duración de la falta, el cual sólo podrá ser considerado como menor de dos segundos en los casos justificados por las características de los dispositivos de corte utilizados.

b) De cualquier forma los conductores no podrán ser, en ningún caso, de menos de 16 mm<sup>2</sup> de sección para las líneas principales de tierra ni de 35 mm<sup>2</sup> para las líneas de enlace con tierra, si son de cobre. Para otros metales o combinaciones de ellos, la sección mínima será aquella que tenga la misma conductancia que un cable de cobre de 16 mm<sup>2</sup> o 35 mm<sup>2</sup>, según el caso.

Para las derivaciones de las líneas principales de tierra, las secciones mínimas serán las que se indican en la instrucción ITC BT 18 para los conductores de protección.

Los conductores de enlace con tierra desnudos enterrados en el suelo se considerará que forman parte del electrodo.

Si en una instalación existen tomas de tierra independientes, se mantendrá entre los conductores de tierra un aislamiento apropiado a las tensiones susceptibles de aparecer entre estos electrodos en caso de falta.

El recorrido de los conductores de la línea principal de tierra, sus derivaciones y los conductores de protección será lo más corto posible y sin cambios bruscos de dirección. No estarán sometidos a esfuerzos mecánicos y estarán protegidos contra la corrosión y desgaste mecánico. Además los conductores de protección cumplirán con lo establecido en la instrucción ITC BT 18.

Los conductores de los circuitos de tierra tendrán un buen contacto eléctrico tanto con las partes metálicas y masa que se desean poner a tierra como con el electrodo. A estos efectos se dispone que las conexiones de los conductores de los circuitos de tierra con las partes metálicas y con los electrodos se efectúen con todo

cuidado por medio de piezas de empalme adecuadas, asegurando las superficies de contacto de forma que la conexión sea efectiva por medio de tornillos, elementos de compresión, remaches o soldadura de alto punto de fusión tales como estaño, plata, etc.

Los contactos deben disponerse limpios, sin humedad y en forma tal que no sea fácil que la acción del tiempo destruya por efectos electroquímicas las conexiones efectuadas. A este fin, y procurando siempre que la resistencia de los contactos no sea elevada, se protegerán estos de forma adecuada con envolventes o pastas, si ello se estimase conveniente.

Se prohíbe intercalar en los circuitos de tierra seccionadores, fusibles o interruptores. Sólo se permite disponer de un dispositivo de corte en los puntos de puesta a tierra, de forma que permita medir la resistencia de la toma a tierra.

### **13.7 SEPARACIÓN ENTRE LAS TOMAS DE TIERRA DE LAS MASAS, DE LAS INSTALACIONES DE UTILIZACIÓN Y 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 masas, no estarán unidas a la toma de tierra de las masas de un centro de transformación. Si no se hace el control mediante la medida efectuada entre las tomas de tierra de las masas de las instalaciones de utilización y de las masas del centro de transformación, se considera que las tomas de tierra son eléctricamente independientes cuando se cumplan todas y cada una de las condiciones siguientes:

a) No existe canalización metálica conductora (cubierta metálica de cable no aislada especialmente, canalizaciones de agua, gas, etc.) que una la zona de tierras del centro de transformación con la zona donde se encuentran los aparatos de utilización.

b) La distancia entre las tomas de tierra del centro de transformación y las tomas de tierra de otros elementos conductores enterrados en los locales de utilización es al menos de 15 metros para terrenos cuya resistividad no sea elevada ( $100 \text{ Ohm} \cdot \text{m}$ ). Cuando el terreno sea mal conductor esta distancia será aumentada.

c) El centro de transformación está situado en un recinto aislado de los locales de utilización, o bien si está contiguo a los locales de utilización o en el interior de los mismos, está establecido de tal forma que sus elementos metálicos no estén unidos eléctricamente a los elementos metálicos constructivos de los locales de utilización.

### **13.8 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 los servicios oficiales en el momento de dar de alta la instalación para el funcionamiento.

Personal técnicamente competente efectuará esta comprobación anualmente en la época en que el terreno esté más seco. Para ello se medirá la resistencia de tierra, reparando inmediatamente los defectos que se encuentren. En los lugares en que el terreno no sea favorable a la buena conservación de los electrodos, estos, así como también 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.

**Pamplona, Julio de 2013**

**Aitor Iñigo Regaira**







# ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación :

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL ELÉCTRICO

Título del proyecto:

INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN BAJA TENSION DE NAVE  
INDUSTRIAL Y CENTRO DE TRANSFORMACIÓN

**DOCUMENTO Nº5. Presupuesto.**

Alumno: Aitor Iñigo Regaira

Tutora: Amaya Pérez Ezcurdia

Pamplona, Julio de 2013

## ÍNDICE

1 PRESUPUESTO Y MEDICIONES .....	2
<b>CAPÍTULO 1 Centro de transformación</b> .....	2
<b>CAPÍTULO 2 Derivación individual (cuadro bt a CGMP)</b> .....	3
<b>CAPÍTULO 3 Cuadros con sus protecciones</b> .....	4
<b>CAPÍTULO 4 Canalizaciones y conductores</b> .....	5
<b>CAPÍTULO 5 Equipos de alumbrado</b> .....	7
<b>CAPÍTULO 6 Mecanismos</b> .....	9
<b>CAPÍTULO 7 Compensación energía reactiva</b> .....	10
<b>CAPÍTULO 8 Puesta a tierra de la nave</b> .....	11
<b>CAPÍTULO 9 Otros gastos</b> .....	12
2 RESUMEN DEL PRESUPUESTO .....	13
3 CUADRO DE DESCOMPUESTOS .....	14
<b>CAPÍTULO 1 Centro de transformacion</b> .....	14
<b>CAPÍTULO 2 Derivación individual (cuadro bt a CGMP)</b> .....	15
<b>CAPÍTULO 3 Cuadros con sus protecciones</b> .....	16
<b>CAPÍTULO 4 Canalizaciones y conductores</b> .....	18
<b>CAPÍTULO 5 Equipos de alumbrado</b> .....	21
<b>CAPÍTULO 6 Mecanismos</b> .....	24
<b>CAPÍTULO 7 Compensación energía reactiva</b> .....	26
<b>CAPÍTULO 8 Puesta a tierra de la nave</b> .....	27
<b>CAPÍTULO 9 Otros gastos</b> .....	28

# 1 Presupuesto y mediciones

## CAPÍTULO 1 Centro de transformación

Código	Resumen	Cantidad	Precio	Importe
E02DM020	<p><b>m3 EXC.VAC.A MÁQUINA TERR.FLOJOS</b></p> <p>Excavación a cielo abierto, en terrenos flojos, por medios mecánicos, con extracción de tierras fuera de la excavación, en vaciados, sin carga ni transporte al vertedero y con p.p. de medios auxiliares.</p>			
E02SA020	<p><b>m2 COMPAC.TERRENO C.A.MEC.C/APORTE</b></p> <p>Compactación de terrenos a cielo abierto, por medios mecánicos, con aporte de tierras, incluso regado de los mismos, sin definir grado de compactación mínimo, y con puesta a punto de medios auxiliares.</p>		1,92	8,64
E13	<p><b>Puesta a tierra</b></p> <p>Puesta a tierra de protección (5x5, 8 picas de 2m de longitud y 14mm de diam.) y servicio (3m entre picas; 2 picas de 2m de long.) Incluidos electrodos a 0,8m de profundidad</p>	-	10,27	92,43
C.T	<p><b>Centro de transformación y aparamenta</b></p> <p>Instalación de edificio de transformación PFU-4/20. Incluye todos sus elementos exteriores además de aparamenta de media tensión y transformador de 400KVA. Tansf. en baño de aceite. Consta de celda de línea, celda de protección y celda de medida. Incluye mano de obra y pequeño material.</p>	1,00	1.266,56	1.266,56
		1,00	33.314,78	33.314,78
<b>TOTAL CAPÍTULO 1 Centro de transformación.....</b>				<b>34.682,41</b>

## CAPÍTULO 2 Derivación individual (cuadro bt a CGMP)

Código	Resumen	Cantidad	Precio	Importe
D.I.	<p><b>Línea C.T a C.G.M.P</b></p> <p>D.I. en canalización subterránea bajo tubo de 250mm<sup>2</sup>, formada por conductores de cobre 4x185/95 mm<sup>2</sup> RZ1-k(AS) 0,6/1 KV + TT C.aisl. RZ1-k(AS) 0,6/1 KV 1x95 mm<sup>2</sup> Cu. Conductores unipolares con aislamiento XLPE + poliolf. No propagadores de incendios y emisión de humos y opacidad reducidas. Incluye insalación con coñexionado y mano de obra.</p>			
			1,00	724,41
				724,41
<b>TOTAL CAPÍTULO 2 Derivación individual (cuadro bt a CGMP) .....</b>				<b>724,41</b>

## CAPÍTULO 3 Cuadros con sus protecciones

Código	Resumen	Cantidad	Precio	Importe
1111	<b>Cuadro general de mando y protección</b> Cuadro formado por armario puerta 500x400x150, con sus protecciones correspondientes y derivación a tierra y otros cuadros secundarios. Incluye mano de obra.			
			1,00	10.276,47
				10.276,47
2222	<b>Cuadro salas</b> Cuadro auxiliar salas y oficinas, con sus protecciones correspondientes y mano de obra			
			1,00	1.533,57
				1.533,57
33333	<b>Cuadro secundario nave</b> Cuadro auxiliar en zona taller, con armario puerta 500x400x150, con sus protecciones correspondientes y derivación a tierra. Incluye mano de obra.			
			1,00	5.892,13
				5.892,13
444444	<b>Cuadro b.t. en C.T.</b> Cuadro de baja tensión en el centro de transformación con sus protecciones correspondientes. Incluye mano de obra.			
			1,00	302,54
				302,54
<b>TOTAL CAPÍTULO 3 Cuadros con sus protecciones .....</b>				<b>18.004,71</b>

## CAPÍTULO 4 Canalizaciones y conductores

Código	Resumen	Cantidad	Precio	Importe
E12ECT090	<p>m CIRCUITO TRIF. COND. Cu 2,5 mm<sup>2</sup>./LIBRE HALÓGENOS</p> <p>Circuito de potencia para una intensidad máxima de 15 A. o una potencia de 8 kW. Constituido por cinco conductores (tres fases, neutro y tierra) de cobre de 2,5 mm<sup>2</sup>. de sección y aislamiento tipo W 750 V libre de halógenos. Montado bajo tubo de PVC de 16 mm., incluyendo ángulos y accesorios de montaje.Según REBT.</p>			
			13,00	12,08
E12ECT100	<p>m CIRCUITO TRIF. COND. Cu 4 mm<sup>2</sup>./LIBRE HALÓGENOS</p> <p>Circuito de potencia para una intensidad máxima de 20 A. o una potencia de 10 kW. Constituido por cinco conductores (tres fases, neutro y tierra) de cobre de 4 mm<sup>2</sup>. de sección y aislamiento tipo W 750 V libre de halógenos. Montado bajo tubo de PVC de 21 mm., incluyendo ángulos y accesorios de montaje.Según REBT.</p>			157,04
			66,00	13,46
E12ECT110	<p>m CIRCUITO TRIF. COND. Cu 6 mm<sup>2</sup>./LIBRE HALÓGENOS</p> <p>Circuito de potencia para una intensidad máxima de 25 A. o una potencia de 13 kW. Constituido por cinco conductores (tres fases, neutro y tierra) de cobre de 6 mm<sup>2</sup>. de sección y aislamiento tipo W 750 V libre de halógenos. Montado bajo tubo de PVC de 23 mm., incluyendo ángulos y accesorios de montaje.Según REBT.</p>			888,36
			16,00	13,86
E12ECT120	<p>m CIRCUITO TRIF. COND. Cu 10 mm<sup>2</sup>./LIBRE HALÓGENOS</p> <p>Circuito de potencia para una intensidad máxima de 30 A. o una potencia de 16 kW. Constituido por cinco conductores (tres fases, neutro y tierra) de cobre de 10 mm<sup>2</sup>. de sección y aislamiento tipo W 0,6/1kV libre de halógenos. Montado bajo tubo de PVC de 29 mm., incluyendo ángulos y accesorios de montaje.Según REBT.</p>			221,76
			12,00	16,34
E12ECT140	<p>m CIRCUITO TRIF. COND. Cu 16 mm<sup>2</sup>./LIBRE HALÓGENOS</p> <p>Circuito de potencia para una intensidad máxima de 40 A. o una potencia de 21 kW. Constituido por cinco conductores (tres fases, neutro y tierra) de cobre de 16 mm<sup>2</sup>. de sección y aislamiento tipo W 0,6/1kV libre de halógenos. Montado bajo tubo de PVC de 36 mm., incluyendo ángulos y accesorios de montaje.Según REBT.</p>			196,08
			16,00	19,81
54YFHG00	<p>m. CIRCUITO TRIF. COND. COMPENSACIÓN Q</p> <p>Constituido por cinco conductores e incluyendo ángulos y accesorios de montaje.Según REBT.</p>			316,96
			6,00	110,39
R54GTRT4	<p>m. CIRCUITO TRIF. COND. Cu 120 mm<sup>2</sup>./LIBRE HALÓGENOS</p> <p>Circuito de potencia constituido por cinco conductores (tres fases, neutro y tierra) de cobre de 120 mm<sup>2</sup>. de sección y aislamiento tipo 0,6/1kV. Montado bajo tubo de PVC de 75 mm., incluyendo ángulos y accesorios de montaje.Según REBT.</p>			662,34
			34,00	82,31
E12ECT160	<p>m CIRCUITO TRIF. COND. Cu 25 mm<sup>2</sup>./LIBRE HALÓGENOS</p> <p>Circuito de potencia para una intensidad máxima de 50 A. o una potencia de 26 kW. Constituido por cinco conductores (tres fases, neutro y tierra) de cobre de 25 mm<sup>2</sup>. de sección y aislamiento tipo W 0,6/1kV libre de halógenos. Montado bajo tubo de PVC de 36 mm., incluyendo ángulos y accesorios de montaje.Según REBT.</p>			2.798,54
			14,00	23,26
				325,64

<b>E12ECT080</b>	<b>m CIRCUITO TRIF. COND. Cu 1,5 mm2./LIBRE HALÓGENOS</b> Circuito de potencia para una intensidad máxima de 10 A. o una potencia de 5 kW. Constituido por cinco conductores (tres fases, neutro y tierra) de cobre de 1,5 mm2. de sección y aislamiento tipo W 750 V libre de halógenos. Montado bajo tubo de PVC de 13 mm., incluyendo ángulos y accesorios de montaje.Según REBT.			
		51,00	11,67	595,17
<b>E12ECM030</b>	<b>m. CIRCUITO MONOF. COND. Cu 4 mm2 + TT</b> Circuito realizado con tubo PVC corrugado de D=16/gp5, conductores de cobre rígido de 4 mm2, aislamiento VV 750 V., en sistema monofásico (fase neutro y tierra), incluido p./p. de cajas de registro y regletas de conexión.Según REBT.			
		12,00	11,09	133,08
<b>E12ECM020</b>	<b>m. CIRCUITO MONOF. COND. Cu 2,5 mm2 +TT</b> Circuito realizado con tubo PVC corrugado de D=16/gp5, conductores de cobre rígido de 2,5 mm2, aislamiento VV 750 V., en sistema monofásico (fase neutro y tierra), incluido p./p. de cajas de registro y regletas de conexión.Según REBT.			
		70,00	8,48	593,60
<b>E12ECM050</b>	<b>m. CIRC. MONOF. COND.Cu 1,5 mm2.+TT</b> Circuito realizado con tubo PVC corrugado de D=13/gp5, conductores de cobre rígido de 1,5 mm2, aislamiento VV 750 V., sistema monofásico (fase, neutro y tierra), incluido p./p. de cajas de registro y regletas de conexión.Según REBT.			
		165,00	8,58	1.415,70
<b>TOTAL CAPÍTULO 4 Canalizaciones y conductores .....</b>				<b>8.304,27</b>



## CAPÍTULO 5 Equipos de alumbrado

Código	Resumen	Cantidad	Precio	Importe	
4EDGMMM	<p>ud LUM.SUP.DIF.PRISMÁTICO 1x18 W.</p> <p>Luminaria de superficie, de 1x18 W. AF con difusor en metacrilato prismático transparente, con protección IP20 clase I, cuerpo de chapa esmaltada en blanco, equipo eléctrico formado por reactancia, condensador, portalámparas, cebador, lámpara fluorescente estándar y bornas de conexión. Totalmente instalado, incluyendo replanteo, accesorios de anclaje y conexionado. Según REBT.</p>				
			4,00	88,55	354,20
34GTRSF	<p>ud Philips BY150P 1xHPI-P400W-BU</p> <p>Foco base con lámpara halógenos metálicos de doble casquillo de 400 W. 220 V., para conexión directa o con adaptador para carril, con protección IP20 clase I, cuerpo en policarbonato, con articulación giratoria, lámpara halógena. Totalmente instalado, incluyendo replanteo, accesorios de anclaje y conexionado. Según REBT.</p>				
			8,00	476,89	3.815,12
GTR4WH	<p>ud Philips FBS120 2xPL-C/4P18W HF P</p> <p>Luminaria de superficie, de 2x18 W. AF con difusor en metacrilato prismático transparente, con protección IP20 clase I, cuerpo de chapa esmaltada en blanco, equipo eléctrico formado por reactancia, condensador, portalámparas, cebador, lámpara fluorescente estándar y bornas de conexión. Totalmente instalado, incluyendo replanteo, accesorios de anclaje y conexionado. Según REBT.</p>				
			3,00	107,16	321,48
342534TG	<p>ud Philips TCS022 2xTL-D18W HFP P</p> <p>Regleta de superficie de 2x18 W. con protección IP20 clase I, cuerpo de chapa de acero de 0,7 mm., pintado con pintura epoxi poliéster y secado al horno, sistema de anclaje formado por chapa galvanizada sujeta con tornillos incorporados, equipo eléctrico formado por reactancia, condensador, portalámparas, cebador, lámpara fluorescente estándar y bornas de conexión. Totalmente instalado, incluyendo replanteo, accesorios de anclaje y conexionado. Según REBT.</p>				
			2,00	49,95	99,90
3T56HJRDS	<p>ud Philips TCS160 2xTL-D58W</p> <p>Regleta de superficie de 2x58 W. con protección IP20 clase I, cuerpo de chapa de acero de 0,7 mm., pintado con pintura epoxi poliéster y secado al horno, sistema de anclaje formado por chapa galvanizada sujeta con tornillos incorporados, equipo eléctrico formado por reactancias, condensador, portalámparas, cebadores, lámpara fluorescente estándar y bornas de conexión. Totalmente instalado, incluyendo replanteo, accesorios de anclaje y conexionado. Según REBT.</p>				
			2,00	96,04	192,08
56U5TYHJ	<p>ud Philips TCS160 4xTL-D18W HFP C5</p> <p>Luminaria de empotrar, de 4x18 W. AF con difusor de lamas de aluminio pintadas en blanco, con protección IP20 clase I, cuerpo de chapa esmaltada en blanco, equipo eléctrico formado por reactancias, condensador, portalámparas, cebadores, lámparas fluorescentes estándar y bornas de conexión. Totalmente instalado, incluyendo replanteo, accesorios de anclaje y conexionado. Según REBT.</p>				
			8,00	233,70	1.869,60
HHJHMHH	<p>ud PROYECTOR ZENIT PL ZG4-N 48</p> <p>Proyector autónomo de gran potencia telemandable, con cuatro de 11 W., funcionamiento no permanente, flujo luminoso 2500 lm., , autonomía de 1 hora, batería Ni-Cd alta temperatura. Totalmente instalado, incluyendo replanteo, accesorios y conexionado. Según REBT y DB-SI.</p>				
			2,00	901,06	1.802,12
E12EIM030	<p>ud BLQ.AUTO.EMERGENCIA HYDRA N3</p> <p>Luminaria de emergencia autónoma de 150 lúmenes, telemandable, autonomía superior a 1 hora, equipada con batería Ni.Cd estanca de alta temperatura. Según REBT y DB-SI.</p>				
			6,00	106,92	641,52

<b>E12EIM060</b>	<b>ud BLQ.AUTO.EMERGENCIA HYDRA N10</b> Luminaria de emergencia autónoma de 400 lúmenes, telemandable, autonomía superior a 1 hora, equipada con batería Ni.Cd estanca de alta temperatura. Según REBT y DB-SI.			
				631,90
<b>E12EIM040</b>	<b>ud BLQ.AUTO.EMERGENCIA HYDRA N5</b> Luminaria de emergencia autónoma de 200 lúmenes, telemandable, autonomía superior a 1 hora, equipada con batería Ni.Cd estanca de alta temperatura. Según REBT y DB-SI.	5,00	126,38	
				641,52
<b>45GT34GH</b>	<b>ud Philips mster HPI-T 250W-645 E40</b> Foco base con lámpara halógena de 250 W. 220 V., para conexión directa o con adaptador para carril, con protección IP20 clase I, especial para exteriores, cuerpo en policarbonato, con articulación giratoria, lámpara halógena. Totalmente instalado, incluyendo replanteo, accesorios de anclaje y conexionado. Según REBT.	6,00	106,92	
				2.305,36
<b>E12EIM090</b>	<b>ud BALIZAMIENTO ALZIR-SHE/A RS</b> Piloto de emergencia centralizado, colocado empotrado cada 1 m. lineal o fracción de escalón, autonomía superior a 1 hora. Conectado a cuadro centralizado (equipo cargador de baterías). Según REBT y DB-SI.	4,00	576,34	
				490,96
		17,00	28,88	
				13.165,76
<b>TOTAL CAPÍTULO 5 Equipos de alumbrado .....</b>				<b>13.165,76</b>

## CAPÍTULO 6 Mecanismos

Código	Resumen	Cantidad	Precio	Importe
E12EVB020	<p>m. BANDEJA PVC. 60x150 mm.</p> <p>Suministro y colocación de bandeja perforada de PVC. color gris de 60x150 mm. y 3 m. de longitud, sin separadores, con p.p. de accesorios y soportes; montada suspendida. Conforme al reglamento electrotécnico de baja tensión. Con protección contra impactos IPXX-(9), de material aislante y de reacción al fuego M1.</p>			
			6,00	36,13
E12EVB010	<p>m. BANDEJA PVC. 50x75 mm.</p> <p>Suministro y colocación de bandeja perforada de PVC. color gris de 50x75 mm. y 3 m. de longitud, sin separadores, con p.p. de accesorios y soportes; montada suspendida. Conforme al reglamento electrotécnico de baja tensión. Con protección contra impactos IPXX-(9), de material aislante y de reacción al fuego M1.</p>			216,78
E12EMOB090	<p>ud BASE SUP. IP447 32 A. 3P+T.T.</p> <p>Base de enchufe tipo industrial, para montaje superficial, 3P+T.T., 16 A. 230 V., con protección IP447, totalmente instalada.Según REBT.</p>		96,00	29,35
				2.817,60
E12EMOB020	<p>ud BASE ENCHUFE SCHUCO</p> <p>Base de enchufe con toma de tierra lateral realizada con tubo PVC corrugado de D=13/gp5 y conductor rígido de 2,5 mm<sup>2</sup> de Cu., y aislamiento VV 750 V., en sistema monofásico con toma de tierra (fase, neutro y tierra), incluyendo caja de registro, caja de mecanismo universal con tornillos, base de enchufe sistema schuco 10-16 A. (II+T.T.), totalmente instalada.Según REBT.</p>		11,00	103,21
				1.135,31
432234324	<p>ud DETECTOR MOVIMIENTO SCHNEIDER ELECTRIC</p> <p>Punto cruzamiento realizado con tubo PVC corrugado de D=13/gp5 y conductor rígido de 1,5 mm<sup>2</sup> de Cu., y aislamiento VV 750 V., incluyendo caja de registro, cajas de mecanismo universal con tornillos, conmutadores y cruzamiento, totalmente instalado.Según REBT.</p>		30,00	35,35
				1.060,50
3333	<p>ud PUNTO LUZ TEMPORIZADO</p> <p>Punto temporizado sencillo realizado con tubo PVC corrugado de D=13/gp5 y conductor rígido de 1,5 mm<sup>2</sup> de Cu., y aislamiento VV 750 V., incluyendo caja de registro, cajas de mecanismo universal con tornillos, interruptor, totalmente instalado.Según REBT.</p>		4,00	135,96
				543,84
E12EML010	<p>ud PUNTO LUZ SENCILLO</p> <p>Punto de luz sencillo realizado con tubo PVC corrugado de D=13/gp5 y conductor rígido de 1,5 mm<sup>2</sup> de Cu., y aislamiento VV 750 V., incluyendo caja de registro, caja de mecanismo universal con tornillos, interruptor unipolar, totalmente instalado. Según REBT.</p>		2,00	51,36
				102,72
			6,00	28,87
				173,22
<b>TOTAL CAPÍTULO 6 Mecanismos .....</b>				<b>6.049,97</b>

## CAPÍTULO 7 Compensación energía reactiva

Código	Resumen	Cantidad	Precio	Importe
COM Q	<b>Compensación Q</b> Bateria de condensadores. Fabricante LIFASA. Serie BATN240. Potencia nominal 240KVA. Bateria con 400V de tension nom. y Pot. Reactiva nominal admisible a compensar 180 KVar. Formada por 9x20 escalones de 20 KVar con programa de trabajo 1:1:1 y gama de regulación 1:2:4. Potencia escalón 25,21 KVA. Incluye mano de obra correspondiente.			
			1,00	3.020,59
				3.020,59
<b>TOTAL CAPÍTULO 7 Compensación energía reactiva.....</b>				<b>3.020,59</b>

## CAPÍTULO 8 Puesta a tierra de la nave

Código	Resumen	Cantidad	Precio	Importe
E12ETI020	ud TOMA DE TIERRA INDEP. CON PICA Toma de tierra independiente con 4 picas de acero cobrizado de D=14,3 mm. y 2 m. de longitud, cable de cobre de 35 mm <sup>2</sup> , unido mediante soldadura aluminotérmica, incluyendo registro de comprobación y puente de prueba.Según REBT.			
			1,00	648,22
				648,22
<b>TOTAL CAPÍTULO 8 Puesta a tierra de la nave.....</b>				<b>648,22</b>

## CAPÍTULO 9 Otros gastos

Código	Resumen	Cantidad	Precio	Importe
DSFGDSFG	<b>Equipos seguridad y salud</b> Equipos para garantizar la seguridad de los trabajadores tales como guantes, cascos....			
			1,00	1.275,00
SDFGDFS	<b>Gestión de residuos</b> Se incluyen las labores típicas de transporte y carga a vertedero, transporte manual de desechos a contenedor, alquiler de contenedor, horas de peonaje...etc.			
			1,00	900,00
<b>TOTAL CAPÍTULO 9 Otros gastos.....</b>				<b>2.175,00</b>
<b>TOTAL .....</b>				<b>86.775,34</b>

## 2 Resumen del presupuesto

Capitulo	Resumen	Euros	%
1	Centro de transformacion .....	34.682,41	39,97
2	Derivación individual (cuadro bt a CGMP) .....	724,41	0,83
3	Cuadros con sus protecciones .....	18.004,71	20,75
4	Canalizaciones y conductores .....	8.304,27	9,57
5	Equipos de alumbrado .....	13.165,76	15,17
6	Mecanismos .....	6.049,97	6,97
7	Compensación energía reactiva .....	3.020,59	3,48
8	Puesta a tierra de la nave .....	648,22	0,75
9	Otros gastos .....	2.175,00	2,51
<b>TOTAL EJECUCIÓN MATERIAL</b>		<b>86.775,34</b>	
	13,00 % Gastos generales .....	11.280,79	
	6,00 % Beneficio industrial .....	5.206,52	
SUMA DE G.G. y B.I.		16.487,31	
	21,00 % I.V.A. ....	21.685,16	
<b>TOTAL PRESUPUESTO CONTRATA</b>		<b>124.947,81</b>	
<b>TOTAL PRESUPUESTO GENERAL</b>		<b>124.947,81</b>	

Asciende el presupuesto general a la expresada cantidad de CIENTO VEINTICUATRO MIL NOVECIENTOS CUARENTA Y SIETE EUROS con OCHENTA Y UN CÉNTIMOS

### 3 Cuadro de descompuestos

#### CAPÍTULO 1 Centro de transformacion

Código	Cantidad Ud	Resumen	Precio	Subtotal	Importe
<b>E02DM020</b>	<b>m3</b>	<b>EXC.VAC.A MÁQUINA TERR.FLOJOS</b>			
O01A070	0,020 h.	Peón ordinario	12,77	0,26	
M05RN020	0,043 h.	Retrocargadora neum. 75 CV	38,57	1,66	
<b>TOTAL PARTIDA.....</b>					<b>1,92</b>

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de UN EUROS con NOVENTA Y DOS CÉNTIMOS

<b>E02SA020</b>	<b>m2</b>	<b>COMPAC.TERRENO C.A.MEC.C/APORTE</b>			
O01A070	0,150 h.	Peón ordinario	12,77	1,92	
M07AA020	0,100 h.	Dumper autocargable 2.000 kg.	4,96	0,50	
M08RT020	0,150 h.	Rodillo v.autop.tándem 2,5 t.	22,06	3,31	
M08CA110	0,020 h.	Cisterna agua s/camión 10.000 l.	28,80	0,58	
P01AA010	1,100 m3	Tierra	3,60	3,96	
<b>TOTAL PARTIDA.....</b>					<b>10,27</b>

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de DIEZ EUROS con VEINTISIETE CÉNTIMOS

<b>E13</b>		<b>PUESTA A TIERRA</b>			
O01BL200	10,000 h.	Oficial 1º Electricista	25,97	259,70	
O01A090	2,000 h.	Cuadrilla A	32,87	65,74	
M02GC110	3,000 h.	Grúa celosía s/camión 30 t.	112,05	336,15	
P15EB020	32,000 m.	Conduc. cobre desnudo 50 mm2	9,87	315,84	
P15AD060	20,000 m.	Cond.aisla. 0,6-1kV 50 mm2 Cu	6,19	123,80	
P15EA010	11,000 ud	Pica de t.t. 200/14,3 Fe+Cu	15,03	165,33	
<b>TOTAL PARTIDA.....</b>					<b>1.266,56</b>

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de MIL DOSCIENTOS SESENTA Y SEIS EUROS con CINCUENTA Y SEIS CÉNTIMOS

<b>C.T</b>		<b>CENTRO DE TRANSFORMACIÓN Y APARAMENTA</b>			
O01BL210	18,000 h.	Oficial 2º Electricista	15,49	278,82	
O01BL220	10,000 h.	Ayudante-Electricista	22,51	225,10	
P15BA010	1,000 ud	Caseta C.T. hasta 400 KVA	7.456,14	7.456,14	
P15BB010	2,000 ud	Celda línea E/S con SPT	2.583,98	5.167,96	
P15BB020	1,000 ud	Celda sec. y remon. SPT	2.529,58	2.529,58	
P15BB030	1,000 ud	Celda protec. f. comb. SPT	2.884,44	2.884,44	
P15BB040	1,000 ud	Celda medida 3TI+-3TT	6.261,64	6.261,64	
P15BC120	1,000 ud	Transf.baño aceite 400 KVA	8.509,72	8.509,72	
P01DW020	1,000 ud	Pequeño material	1,38	1,38	
<b>TOTAL PARTIDA.....</b>					<b>33.314,78</b>

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de TREINTA Y TRES MIL TRESCIENTOS CATORCE EUROS con SETENTA Y OCHO CÉNTIMOS





## CAPÍTULO 3 Cuadros con sus protecciones

Código	Cantidad Ud	Resumen	Precio Subtotal	Importe
<b>1111</b>		<b>CUADRO GENERAL DE MANDO Y PROTECCIÓN</b>		
O01BL200	4,000 h.	Oficial 1º Electricista	25,97	103,88
P15FD120	2,000 ud	Interr.auto.difer. 4x63A 300mA	241,38	482,76
P15FE220	1,000 ud	PIA 4x40 A	119,19	119,19
P15FD070	2,000 ud	Interr.auto.difer. 4x25 A 30mA	209,12	418,24
P15FD010	2,000 ud	Interr.auto.difer. 2x25 A 30mA	114,71	229,42
P15FE300	1,000 ud	Int. aut. 4x630 A 50 KA	2.959,93	2.959,93
324R23F	2,000 ud	interruptor tetrapolar	95,80	191,60
P15FB060	1,000 ud	Arm. puerta 500x400x150	80,81	80,81
P15FE290	1,000 ud	Int. aut. 4x400 A 40 KA	2.217,69	2.217,69
P15FE190	1,000 ud	PIA 4x20 A	93,92	93,92
P15FE200	2,000 ud	PIA 4x25 A.	96,47	192,94
P15FE010	1,000 ud	PIA (I+N) 10 A.	30,54	30,54
P15FE240	2,000 ud	PIA 4x63 A	262,63	525,26
P15FE170	2,000 ud	PIA 4x10 A	89,84	179,68
P01DW020	1,000 ud	Pequeño material	1,38	1,38
23423432	1,000 ud	Rele mas transformador diferencial sen:30 mA	2.449,23	2.449,23
			<b>TOTAL PARTIDA.....</b>	<b>10.276,47</b>
Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de DIEZ MIL DOSCIENTOS SETENTA Y SEIS EUROS con CUARENTA Y SIETE CÉNTIMOS				
<b>2222</b>		<b>CUADRO SALAS</b>		
P15FD070	3,000 ud	Interr.auto.difer. 4x25 A 30mA	209,12	627,36
P15FD010	3,000 ud	Interr.auto.difer. 2x25 A 30mA	114,71	344,13
P15FE180	1,000 ud	PIA 4x16 A	91,32	91,32
P15FE050	2,000 ud	PIA 2x10 A.	38,13	76,26
P15FE060	5,000 ud	PIA 2x16 A	38,83	194,15
P15FE200	1,000 ud	PIA 4x25 A.	96,47	96,47
O01BL200	4,000 h.	Oficial 1º Electricista	25,97	103,88
			<b>TOTAL PARTIDA.....</b>	<b>1.533,57</b>
Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de MIL QUINIENTOS TREINTA Y TRES EUROS con CINCUENTA Y SIETE CÉNTIMOS				
<b>33333</b>		<b>CUADRO SECUNDARIO NAVE</b>		
P15FD010	1,000 ud	Interr.auto.difer. 2x25 A 30mA	114,71	114,71
P15FE050	1,000 ud	PIA 2x10 A.	38,13	38,13
P15FE200	1,000 ud	PIA 4x25 A.	96,47	96,47
P15FE080	1,000 ud	PIA 2x25 A	40,79	40,79
P15FE230	1,000 ud	PIA 4x50 A	247,63	247,63
P15FE290	1,000 ud	Int. aut. 4x400 A 40 KA	2.217,69	2.217,69
O01BL200	6,000 h.	Oficial 1º Electricista	25,97	155,82
P15FE210	1,000 ud	PIA 4x32 A.	101,50	101,50
P15FE220	2,000 ud	PIA 4x40 A	119,19	238,38
P15FD020	1,000 ud	Interr.auto.difer. 2x40 A 30mA	118,25	118,25
P15FD110	1,000 ud	Interr.auto.difer. 4x40A 300mA	183,15	183,15
P15FD120	3,000 ud	Interr.auto.difer. 4x63A 300mA	241,38	724,14
P15FB060	1,000 ud	Arm. puerta 500x400x150	80,81	80,81
342432F	2,000 ud	Rele y transformador 100 A 300mA	767,33	1.534,66
			<b>TOTAL PARTIDA.....</b>	<b>5.892,13</b>
Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CINCO MIL OCHOCIENTOS NOVENTA Y DOS EUROS con TRECE CÉNTIMOS				

Código	Cantidad Ud	Resumen	Precio Subtotal	Importe
<b>444444</b>		<b>CUADRO B.T. EN C.T.</b>		
O01BL200	2,000 h.	Oficial 1º Electricista	25,97	51,94
RFF23433	1,000 ud	Arm. puerta opaca 16 mód.	42,33	42,33
P15FD010	1,000 ud	Interr.auto.difer. 2x25 A 30mA	114,71	114,71
P15FE010	2,000 ud	PIA (I+N) 10 A.	30,54	61,08
P15FE020	1,000 ud	PIA (I+N) 16 A	31,10	31,10
P01DW020	1,000 ud	Pequeño material	1,38	1,38
<b>TOTAL PARTIDA.....</b>				<b>302,54</b>

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de TRESCIENTOS DOS EUROS con CINCUENTA Y CUATRO CÉNTIMOS

## CAPÍTULO 4 Canalizaciones y conductores

Código	Cantidad Ud	Resumen	Precio	Subtotal	Importe
<b>E12ECT090</b>	<b>m</b>	<b>CIRCUITO TRIF. COND. Cu 2,5 mm2./LIBRE HALÓGENOS</b>			
O01BL200	0,200 h.	Oficial 1ª Electricista	25,97	5,19	
O01BL210	0,200 h.	Oficial 2ª Electricista	15,49	3,10	
P15GB020	1,000 m.	Tubo PVC p.estruc.D=16 mm.	0,16	0,16	
P01DW020	1,000 ud	Pequeño material	1,38	1,38	
P15GZ020	5,000 m.	Cond. ríg. 750 V 2,5 mm2 Cu.Libre Halógenos	0,45	2,25	
<b>TOTAL PARTIDA.....</b>					<b>12,08</b>
Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de DOCE EUROS con OCHO CÉNTIMOS					
<b>E12ECT100</b>	<b>m</b>	<b>CIRCUITO TRIF. COND. Cu 4 mm2./LIBRE HALÓGENOS</b>			
O01BL200	0,200 h.	Oficial 1ª Electricista	25,97	5,19	
O01BL210	0,200 h.	Oficial 2ª Electricista	15,49	3,10	
P15GB025	1,000 m.	Tubo PVC p.estruc.D=21 mm.	0,19	0,19	
P01DW020	1,000 ud	Pequeño material	1,38	1,38	
P15GZ030	5,000 m.	Cond. ríg. 750 V 4 mm2 Cu.Libre Halógenos	0,72	3,60	
<b>TOTAL PARTIDA.....</b>					<b>13,46</b>
Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de TRECE EUROS con CUARENTA Y SEIS CÉNTIMOS					
<b>E12ECT110</b>	<b>m</b>	<b>CIRCUITO TRIF. COND. Cu 6 mm2./LIBRE HALÓGENOS</b>			
O01BL200	0,200 h.	Oficial 1ª Electricista	25,97	5,19	
O01BL210	0,200 h.	Oficial 2ª Electricista	15,49	3,10	
P15GB030	1,000 m.	Tubo PVC p.estruc.D=23 mm.	0,24	0,24	
P01DW020	1,000 ud	Pequeño material	1,38	1,38	
P15GZ040	5,000 m.	Cond. ríg. 750 V 6 mm2 Cu.Libre Halógenos	0,79	3,95	
<b>TOTAL PARTIDA.....</b>					<b>13,86</b>
Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de TRECE EUROS con OCHENTA Y SEIS CÉNTIMOS					
<b>E12ECT120</b>	<b>m</b>	<b>CIRCUITO TRIF. COND. Cu 10 mm2./LIBRE HALÓGENOS</b>			
O01BL200	0,200 h.	Oficial 1ª Electricista	25,97	5,19	
O01BL210	0,200 h.	Oficial 2ª Electricista	15,49	3,10	
P15GB040	1,000 m.	Tubo PVC p.estruc.D=29 mm.	0,37	0,37	
P01DW020	1,000 ud	Pequeño material	1,38	1,38	
P15GZ050	5,000 m.	Cond. ríg. 0,6/1kV 10 mm2 Cu.Libre Halógenos	1,26	6,30	
<b>TOTAL PARTIDA.....</b>					<b>16,34</b>
Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de DIECISEIS EUROS con TREINTA Y CUATRO CÉNTIMOS					
<b>E12ECT140</b>	<b>m</b>	<b>CIRCUITO TRIF. COND. Cu 16 mm2./LIBRE HALÓGENOS</b>			
O01BL200	0,200 h.	Oficial 1ª Electricista	25,97	5,19	
O01BL210	0,200 h.	Oficial 2ª Electricista	15,49	3,10	
P15GB050	1,000 m.	Tubo PVC p.estruc.D=120 mm.	1,39	1,39	
P01DW020	1,000 ud	Pequeño material	1,38	1,38	
P15GZ060	5,000 m.	Cond. ríg. 0,6/1kV 16 mm2 Cu.Libre Halógenos	1,75	8,75	
<b>TOTAL PARTIDA.....</b>					<b>19,81</b>
Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de DIECINUEVE EUROS con OCHENTA Y UN CÉNTIMOS					

<b>Código</b>	<b>Cantidad Ud</b>	<b>Resumen</b>	<b>Precio</b>	<b>Subtotal</b>	<b>Importe</b>
<b>54YFHG00</b>	<b>m.</b>	<b>CIRCUITO TRIF. COND. COMPENSACIÓN Q</b>			
O01BL200	0,200 h.	Oficial 1ª Electricista	25,97	5,19	
O01BL210	0,200 h.	Oficial 2ª Electricista	15,49	3,10	
P15GB050	1,000 m.	Tubo PVC p.estruc.D=120 mm.	1,39	1,39	
P15GA060	1,000 m.	Cond. rígi. 0,6/1KV 95 mm2 Cu	9,45	9,45	
P15GA070	4,000 m.	Cond. rígi. 0,6/1KV V 185 mm2 Cu	22,47	89,88	
P01DW020	1,000 ud	Pequeño material	1,38	1,38	

**TOTAL PARTIDA.....** 110,39

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CIENTO DIEZ EUROS con TREINTA Y NUEVE CÉNTIMOS

<b>R54GTRT4</b>	<b>m.</b>	<b>CIRCUITO TRIF. COND. Cu 120 mm2./LIBRE HALÓGENOS</b>			
O01BL200	0,200 h.	Oficial 1ª Electricista	25,97	5,19	
O01BL210	0,200 h.	Oficial 2ª Electricista	15,49	3,10	
P15GB050	1,000 m.	Tubo PVC p.estruc.D=120 mm.	1,39	1,39	
P15AD090	5,000 m.	Cond.aisla. 0,6-1kV 120 mm2 Cu	14,25	71,25	
P01DW020	1,000 ud	Pequeño material	1,38	1,38	

**TOTAL PARTIDA.....** 82,31

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de OCHENTA Y DOS EUROS con TREINTA Y UN CÉNTIMOS

<b>E12ECT160</b>	<b>m</b>	<b>CIRCUITO TRIF. COND. Cu 25 mm2./LIBRE HALÓGENOS</b>			
O01BL200	0,200 h.	Oficial 1ª Electricista	25,97	5,19	
O01BL210	0,200 h.	Oficial 2ª Electricista	15,49	3,10	
P15GB050	1,000 m.	Tubo PVC p.estruc.D=120 mm.	1,39	1,39	
P01DW020	1,000 ud	Pequeño material	1,38	1,38	
P15GZ070	5,000 m.	Cond. rígi. 0,6/1kV 25 mm2 Cu.Libre Halógenos	2,44	12,20	

**TOTAL PARTIDA.....** 23,26

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de VEINTITRES EUROS con VEINTISEIS CÉNTIMOS

<b>E12ECT080</b>	<b>m</b>	<b>CIRCUITO TRIF. COND. Cu 1,5 mm2./LIBRE HALÓGENOS</b>			
O01BL200	0,200 h.	Oficial 1ª Electricista	25,97	5,19	
O01BL210	0,200 h.	Oficial 2ª Electricista	15,49	3,10	
P15GB010	1,000 m.	Tubo PVC p.estruc.D=13 mm.	0,20	0,20	
P01DW020	1,000 ud	Pequeño material	1,38	1,38	
P15GZ010	5,000 m.	Cond. rígi. 750 V 1,5 mm2 Cu.Libre Halógenos	0,36	1,80	

**TOTAL PARTIDA.....** 11,67

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de ONCE EUROS con SESENTA Y SIETE CÉNTIMOS

<b>E12ECM030</b>	<b>m.</b>	<b>CIRCUITO MONOF. COND. Cu 4 mm2 + TT</b>			
O01BL200	0,200 h.	Oficial 1ª Electricista	25,97	5,19	
O01BL210	0,200 h.	Oficial 2ª Electricista	15,49	3,10	
P15GB020	1,000 m.	Tubo PVC p.estruc.D=16 mm.	0,16	0,16	
P15GA030	3,000 m.	Cond. rígi. 750 V 4 mm2 Cu	0,42	1,26	
P01DW020	1,000 ud	Pequeño material	1,38	1,38	

**TOTAL PARTIDA.....** 11,09

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de ONCE EUROS con NUEVE CÉNTIMOS



## CAPÍTULO 5 Equipos de alumbrado

Código	Cantidad Ud	Resumen	Precio	Subtotal	Importe
<b>4EDGMMM</b>	<b>ud</b>	<b>LUM.SUP.DIF.PRISMÁTICO 1x18 W.</b>			
O01BL200	0,300 h.	Oficial 1º Electricista	25,97		7,79
O01BL220	0,300 h.	Ayudante-Electricista	22,51		6,75
P16BC010	1,000 ud	Luminaria 1x18 W. dif-H AF	67,90		67,90
P16EC060	1,000 ud	Tubo fluorescente 33/18 W.	4,73		4,73
P01DW020	1,000 ud	Pequeño material	1,38		1,38
<b>TOTAL PARTIDA.....</b>					<b>88,55</b>

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de OCHENTA Y OCHO EUROS con CINCUENTA Y CINCO CÉNTIMOS

<b>34GTRSF</b>	<b>ud</b>	<b>Philips BY150P 1xHPI-P400W-BU</b>			
O01BL200	0,300 h.	Oficial 1º Electricista	25,97		7,79
O01BL220	0,300 h.	Ayudante-Electricista	22,51		6,75
P16BC030	1,000 ud	Luminaria 1x400 W. dif-H AF	462,35		462,35
P01DW020	1,000 ud	Pequeño material	1,38		1,38
Sin descomposición					
<b>TOTAL PARTIDA.....</b>					<b>476,89</b>

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CUATROCIENTOS SETENTA Y SEIS EUROS con OCHENTA Y NUEVE CÉNTIMOS

<b>GTR4WH</b>	<b>ud</b>	<b>Philips FBS120 2xPL-C/4P18W HF P</b>			
O01BL200	0,300 h.	Oficial 1º Electricista	25,97		7,79
O01BL220	0,300 h.	Ayudante-Electricista	22,51		6,75
P16BC030	1,000 ud	Luminaria 2x18 W. dif-H AF	81,78		81,78
P16EC060	2,000 ud	Tubo fluorescente 33/18 W.	4,73		9,46
P01DW020	1,000 ud	Pequeño material	1,38		1,38
<b>TOTAL PARTIDA.....</b>					<b>107,16</b>

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CIENTO SIETE EUROS con DIECISEIS CÉNTIMOS

<b>342534TG</b>	<b>ud</b>	<b>Philips TCS022 2xTL-D18W HFP P</b>			
O01BL200	0,300 h.	Oficial 1º Electricista	25,97		7,79
O01BL220	0,300 h.	Ayudante-Electricista	22,51		6,75
P16BA020	1,000 ud	Conjunto regleta 1x36 W. AF	24,42		24,42
P16EC070	1,000 ud	Tubo fluorescente 33/36 W.	9,61		9,61
P01DW020	1,000 ud	Pequeño material	1,38		1,38
<b>TOTAL PARTIDA.....</b>					<b>49,95</b>

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CUARENTA Y NUEVE EUROS con NOVENTA Y CINCO CÉNTIMOS

<b>3T56HJRDS</b>	<b>ud</b>	<b>Philips TCS160 2xTL-D58W</b>			
O01BL200	0,400 h.	Oficial 1º Electricista	25,97		10,39
O01BL220	0,400 h.	Ayudante-Electricista	22,51		9,00
P16BA050	1,000 ud	Conjunto regleta 2x58 W. AF	51,21		51,21
P16EC080	2,000 ud	Tubo fluorescente 33/58 W.	12,03		24,06
P01DW020	1,000 ud	Pequeño material	1,38		1,38
<b>TOTAL PARTIDA.....</b>					<b>96,04</b>

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de NOVENTA Y SEIS EUROS con CUATRO CÉNTIMOS

Código	Cantidad Ud	Resumen	Precio	Subtotal	Importe
56U5TYHJ	ud	Philips TCS160 4xTL-D18W HFP C5			
O01BL200	0,400 h.	Oficial 1º Electricista	25,97		10,39
O01BL220	0,400 h.	Ayudante-Electricista	22,51		9,00
P16CB050	1,000 ud	Luminaria 3x36 W. dif-R AF	184,10		184,10
P16EC070	3,000 ud	tubo fluorescente 33/36 W.	9,61		28,83
P01DW020	1,000 ud	Pequeño material	1,38		1,38
<b>TOTAL PARTIDA.....</b>					<b>233,70</b>

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de DOSCIENTOS TREINTA Y TRES EUROS con SETENTA CÉNTIMOS

HHJJHMH	ud	PROYECTOR ZENIT PL ZG4-N 48			
O01BL200	1,000 h.	Oficial 1º Electricista	25,97		25,97
P16FE030	1,000 ud	Proye. in. 2x15W 420lm	873,71		873,71
P01DW020	1,000 ud	Pequeño material	1,38		1,38
<b>TOTAL PARTIDA.....</b>					<b>901,06</b>

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de NOVECIENTOS UN EUROS con SEIS CÉNTIMOS

E12EIM030	ud	BLQ.AUTO.EMERGENCIA HYDRA N3			
O01BL200	0,600 h.	Oficial 1º Electricista	25,97		15,58
P16FA150	1,000 ud	Blq. aut. emerg. 150 lm.	89,96		89,96
P01DW020	1,000 ud	Pequeño material	1,38		1,38
<b>TOTAL PARTIDA.....</b>					<b>106,92</b>

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CIENTO SEIS EUROS con NOVENTA Y DOS CÉNTIMOS

E12EIM060	ud	BLQ.AUTO.EMERGENCIA HYDRA N10			
O01BL200	0,600 h.	Oficial 1º Electricista	25,97		15,58
P16FA180	1,000 ud	Blq. aut. emerg. 400 lm.	109,42		109,42
P01DW020	1,000 ud	Pequeño material	1,38		1,38
<b>TOTAL PARTIDA.....</b>					<b>126,38</b>

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CIENTO VEINTISEIS EUROS con TREINTA Y OCHO CÉNTIMOS

E12EIM040	ud	BLQ.AUTO.EMERGENCIA HYDRA N5			
O01BL200	0,600 h.	Oficial 1º Electricista	25,97		15,58
P16FA160	1,000 ud	Blq. aut. emerg. 200 lm.	89,96		89,96
P01DW020	1,000 ud	Pequeño material	1,38		1,38
<b>TOTAL PARTIDA.....</b>					<b>106,92</b>

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CIENTO SEIS EUROS con NOVENTA Y DOS CÉNTIMOS

45GT34GH	ud	Philips mster HPI-T 250W-645 E40			
O01BL200	0,600 h.	Oficial 1º Electricista	25,97		15,58
P16FA160	1,000 ud	Foco lamp. Philips HPI-T 250W.	87,97		87,97
P01DW020	1,000 ud	Pequeño material	1,38		1,38
<b>TOTAL PARTIDA.....</b>					<b>576,34</b>

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de QUINIENTOS SETENTA Y SEIS EUROS con TREINTA Y CUATRO CÉNTIMOS



Código	Cantidad Ud	Resumen	Precio	Subtotal	Importe
E12EIM090	ud	BALIZAMIENTO ALZIR-SHE/A RS			
O01BL200	0,600 h.	Oficial 1º Electricista	25,97		15,58
P16FH020	1,000 ud	Balizam. central	11,92		11,92
P01DW020	1,000 ud	Pequeño material	1,38		1,38
<b>TOTAL PARTIDA.....</b>					<b>28,88</b>

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de VEINTIOCHO EUROS con OCHENTA Y OCHO CÉNTIMOS

## CAPÍTULO 6 Mecanismos

Código	Cantidad Ud	Resumen	Precio	Subtotal	Importe
<b>E12EVB020</b>	<b>m.</b>	<b>BANDEJA PVC. 60x150 mm.</b>			
O01BL200	0,385 h.	Oficial 1º Electricista	25,97		10,00
O01BL220	0,193 h.	Ayudante-Electricista	22,51		4,34
P15GP020	1,000 m.	Bandeja perf. PVC. 60x150 mm.	11,01		11,01
P15GS030	1,000 m.	P.p.acces. bandeja 60x150 mm.	3,28		3,28
P15GS100	1,000 m.	P.p.soporte techo band.60x150mm	7,50		7,50
<b>TOTAL PARTIDA.....</b>					<b>36,13</b>

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de TREINTA Y SEIS EUROS con TRECE CÉNTIMOS

<b>E12EVB010</b>	<b>m.</b>	<b>BANDEJA PVC. 50x75 mm.</b>			
O01BL200	0,385 h.	Oficial 1º Electricista	25,97		10,00
O01BL220	0,193 h.	Ayudante-Electricista	22,51		4,34
P15GP010	1,000 m.	Bandeja perf. PVC. 50x75 mm.	6,54		6,54
P15GS020	1,000 m.	P.p.acces. bandeja 50x75 mm.	2,58		2,58
P15GS090	1,000 m.	P.p.soporte techo band.50x75mm	5,89		5,89
<b>TOTAL PARTIDA.....</b>					<b>29,35</b>

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de VEINTINUEVE EUROS con TREINTA Y CINCO CÉNTIMOS

<b>E12EMOB090</b>	<b>ud</b>	<b>BASE SUP. IP447 32 A. 3P+T.T.</b>			
O01BL200	0,250 h.	Oficial 1º Electricista	25,97		6,49
P15IA060	1,000 ud	Base IP447 400 V. 32 A. 3p+t.t.	7,10		7,10
P01DW020	1,000 ud	Pequeño material	1,38		1,38
E12ECT020	8,000 m.	CIRCUITO TRIF. COND. Cu 2,5 mm2.	11,03		88,24
<b>TOTAL PARTIDA.....</b>					<b>103,21</b>

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CIENTO TRES EUROS con VEINTIUN CÉNTIMOS

<b>E12EMOB020</b>	<b>ud</b>	<b>BASE ENCHUFE SCHUCO</b>			
O01BL200	0,500 h.	Oficial 1º Electricista	25,97		12,99
O01BL220	0,500 h.	Ayudante-Electricista	22,51		11,26
P15GB010	6,000 m.	Tubo PVC p.estruc.D=13 mm.	0,20		1,20
P15GA020	18,000 m.	Cond. ríg. 750 V 2,5 mm2 Cu	0,24		4,32
P15HE090	1,000 ud	Base ench. schuco	4,20		4,20
P01DW020	1,000 ud	Pequeño material	1,38		1,38
<b>TOTAL PARTIDA.....</b>					<b>35,35</b>

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de TREINTA Y CINCO EUROS con TREINTA Y CINCO CÉNTIMOS

<b>432234324</b>	<b>ud</b>	<b>DETECTOR MOVIMIENTO SCHNEIDER ELECTRIC</b>			
O01BL200	0,600 h.	Oficial 1º Electricista	25,97		15,58
O01BL220	0,600 h.	Ayudante-Electricista	22,51		13,51
P15GB010	18,000 m.	Tubo PVC p.estruc.D=13 mm.	0,20		3,60
P15GA010	72,000 m.	Cond. ríg. 750 V 1,5 mm2 Cu	0,26		18,72
P01DW020	1,000 ud	Pequeño material	1,38		1,38
GD34532	1,000 ud	detector movimiento	83,17		83,17
<b>TOTAL PARTIDA.....</b>					<b>135,96</b>

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CIENTO TREINTA Y CINCO EUROS con NOVENTA Y SEIS CÉNTIMOS

Código	Cantidad Ud	Resumen	Precio Subtotal	Importe
3333	ud	PUNTO LUZ TEMPORIZADO		
O01BL200	0,500 h.	Oficial 1º Electricista	25,97	12,99
O01BL220	0,500 h.	Ayudante-Electricista	22,51	11,26
P15GB010	13,000 m.	Tubo PVC p.estruc.D=13 mm.	0,20	2,60
P15GA010	39,000 m.	Cond. ríg. 750 V 1,5 mm2 Cu	0,26	10,14
P15HE020	1,000 ud	Interruptor	12,99	12,99
P01DW020	1,000 ud	Pequeño material	1,38	1,38
<b>TOTAL PARTIDA.....</b>				<b>51,36</b>

Ascende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CINCUENTA Y UN EUROS con TREINTA Y SEIS CÉNTIMOS

E12EML010	ud	PUNTO LUZ SENCILLO		
O01BL200	0,300 h.	Oficial 1º Electricista	25,97	7,79
O01BL220	0,300 h.	Ayudante-Electricista	22,51	6,75
P15GB010	8,000 m.	Tubo PVC p.estruc.D=13 mm.	0,20	1,60
P15GA010	16,000 m.	Cond. ríg. 750 V 1,5 mm2 Cu	0,26	4,16
P15HE010	1,000 ud	Interruptor unipolar	7,19	7,19
P01DW020	1,000 ud	Pequeño material	1,38	1,38
<b>TOTAL PARTIDA.....</b>				<b>28,87</b>

Ascende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de VEINTIOCHO EUROS con OCHENTA Y SIETE CÉNTIMOS

**CAPÍTULO 7 Compensación energía reactiva**

Código	Cantidad Ud	Resumen	Precio	Subtotal	Importe
<b>COM Q</b>		<b>Compensación Q</b>			
ADSFSDG	1,000	Batería Lifasa BATN2240180	2.949,45	2.949,45	
GRHN HD	2,000	Oficial primer electricista	18,45	36,90	
IULTKYFD	2,000	Oficial segundo electricista	17,12	34,24	
<b>TOTAL PARTIDA.....</b>				<b>3.020,59</b>	

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de TRES MIL VEINTE EUROS con CINCUENTA Y NUEVE CÉNTIMOS

## CAPÍTULO 8 Puesta a tierra de la nave

Código	Cantidad Ud	Resumen	Precio	Subtotal	Importe
E12ETI020	ud	TOMA DE TIERRA INDEP. CON PICA			
O01BL200	1,000 h.	Oficial 1ª Electricista	25,97	25,97	25,97
O01BL220	1,000 h.	Ayudante-Electricista	22,51	22,51	22,51
P15EA010	4,000 ud	Pica de t.t. 200/14,3 Fe+Cu	15,03	60,12	60,12
P15EB010	64,000 m.	Conduc. cobre desnudo 35 mm2	7,22	462,08	462,08
P15ED030	2,000 ud	Sold. aluminio t. cable/placa	3,43	6,86	6,86
P15EC010	2,000 ud	Registro de comprobación + tapa	11,60	23,20	23,20
P15EC020	4,000 ud	Puente de prueba	11,18	44,72	44,72
P01DW020	2,000 ud	Pequeño material	1,38	2,76	2,76
<b>TOTAL PARTIDA.....</b>				<b>648,22</b>	

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de SEISCIENTOS CUARENTA Y OCHO EUROS con VEINTIDOS CÉNTIMOS

## CAPÍTULO 9 Otros gastos

Código	Cantidad Ud	Resumen	Precio	Subtotal	Importe
DSFGDSFG		<b>equipos seguridad y salud</b> Equipos para garantizar la seguridad de los trabajadores tales como guantes, cascos.... Sin descomposición			
		<b>TOTAL PARTIDA.....</b>			<b>1.275,00</b>
Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de MIL DOSCIENTOS SETENTA Y CINCO EUROS					
SDFGDFS		<b>gestión de residuos</b> Se incluyen las labores típicas de transporte y carga a vertedero, transporte manual de desechos a contenedor, al- Sin descomposición			
		<b>TOTAL PARTIDA.....</b>			<b>900,00</b>
Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de NOVECIENTOS EUROS					

**Pamplona, Julio de 2013**

**Aitor Iñigo Regaira**





# ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación:

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL ELÉCTRICO

Título del proyecto:

INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN BAJA TENSION DE NAVE  
INDUSTRIAL Y CENTRO DE TRANSFORMACIÓN

**DOCUMENTO N°6. Estudio básico de seguridad y salud.**

Alumno: Aitor Iñigo Regaira

Tutora: Amaya Pérez Ezcurdia

Pamplona, Julio de 2013



## ÍNDICE

1. OBJETO DEL ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD .....	3
2. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD DE REFERENCIA .....	3
2.1. AUTOR .....	3
2.2. NÚMERO DE OPERARIOS PREVISTOS .....	3
3. CONCEPTOS BÁSICOS SOBRE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO .....	4
4. RIESGOS GENERALES Y SU PREVENCIÓN .....	4
5. RIESGOS PROFESIONALES Y FACTORES DE RIESGO EN EL TRABAJO .....	5
5.1. EL TRABAJO .....	5
5.2. LA SALUD .....	5
5.3. LOS RIESGOS PROFESIONALES .....	6
6. CONDICIONES DE SEGURIDAD .....	8
6.1. FACTORES DE SEGURIDAD EN EL LUGAR DE TRABAJO .....	8
6.2. MÁQUINAS Y EQUIPOS DE TRABAJO .....	8
6.3. RIESGO ELÉCTRICO .....	9
6.4. RIESGO DE INCENDIO .....	9
7. MEDIO AMBIENTE FÍSICO .....	11
7.1. RUIDO .....	11
7.2. VIBRACIONES .....	11
7.3. RADIACIONES .....	11
7.4. CONDICIONES TERMO-HIGIÉNICAS .....	12
8. CONTAMINANTES QUÍMICOS Y BIOLÓGICOS .....	12
8.1. CONTAMINANTES QUÍMICOS .....	12
8.2. CONTAMINANTES BIOLÓGICOS .....	13
9. PLANES DE EMERGENCIA Y EVACUACIÓN .....	13
9.1. MEDICINA PREVENTIVA Y PRIMEROS AUXILIOS .....	13
9.2. FORMACIÓN SOBRE SEGURIDAD .....	14
10. ESPACIO DE TRABAJO .....	14
11. NORMAS IMPLANTADAS EN EL PRESENTE PROYECTO .....	14
11.1. NORMAS GENERALES .....	14
11.2. PREVENCIÓN DE ACCIDENTES POR CAÍDAS .....	15
11.3. PREVENCIÓN DE ACCIDENTES OCULARES .....	16
	1

11.4. PREVENCIÓN DE ACCIDENTES POR CORTE .....	16
11.5. PREVENCIÓN DE ACCIDENTES POR ATRAPAMIENTO.....	17
11.6. PREVENCIÓN DE ACCIDENTES CON HERRAMIENTAS MANUALES .....	17
11.7. PREVENCIÓN DE ACCIDENTES EN MÁQUINAS ELÉCTRICAS PORTÁTILES.....	17
11.8. PREVENCIÓN DE ACCIDENTES EN MÁQUINAS NEUMÁTICAS .....	18
11.9. PREVENCIÓN DE ACCIDENTES DE MÁQUINAS HERRAMIENTA.....	18
11.10. PREVENCIÓN EN ALMACENAMIENTOS .....	18
11.11. PREVENCIÓN DE ACCIDENTES ELÉCTRICOS.....	19

## 1. Objeto del estudio básico de seguridad y salud

Conforme se especifica en el apartado 2 del Artículo 6 del R.D. 1627/1.997, el Estudio Básico deberá precisar:

- Las normas de seguridad y salud aplicables en la obra.
- La identificación de los riesgos laborales que puedan ser evitados, indicando las medidas técnicas necesarias.
- Relación de los riesgos laborales que no pueden eliminarse conforme a lo señalado anteriormente especificando las medidas preventivas y protecciones técnicas tendentes a controlar y reducir riesgos valorando su eficacia, en especial cuando se propongan medidas alternativas ( en su caso, se tendrá en cuenta cualquier tipo de actividad que se lleve a cabo en la misma y contendrá medidas específicas relativas a los trabajos incluidos en uno o varios de los apartados del Anexo II del Real Decreto).
- Previsiones e informaciones útiles para efectuar en su día, en las debidas condiciones de seguridad y salud, los previsibles trabajos posteriores.

## 2. Estudio de seguridad y salud de referencia

### 2.1. Autor

La orden de encargo correspondiente, designa al Ingeniero técnico industrial Aitor Iñigo Regaira, como encargado redactor del Proyecto y del Estudio Básico de Seguridad y salud.

### 2.2. Número de operarios previstos

El número total de trabajadores en obra se calcula en veinte por lo que no se prevé que haya nunca más de quince simultáneamente, a los efectos de lo dispuesto en el artículo 4.1.b del Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y de salud en las obras de construcción. De ellos, no todos han de usar los mismos equipos de protección individual, sino que el uso de los mismos dependerá de las tareas y funciones que tengan encomendadas. En este número quedan englobadas todas las personas intervinientes en el proceso con independencia de su afiliación empresarial o sistema de contratación.

### 3. Conceptos básicos sobre seguridad y salud en el trabajo

El punto de partida para el desarrollo de las funciones del nivel básico de la actividad preventiva es el conocimiento de los conceptos y aspectos más generales relativos a la seguridad y a salud laboral y la prevención de los riesgos derivados del trabajo en la empresa.

Objetivos:

- Conocer los conceptos fundamentales que conforman el campo de la seguridad y salud laboral.
- Identificar la normativa básica que regula la materia de la seguridad y salud laboral.

La salud, en líneas generales, es el resultado de un proceso de desarrollo individual de la persona, que se puede ir logrando o perdiendo en función de las condiciones que rodean, es decir, su entorno y su propia voluntad.

La seguridad es la eliminación de todo riesgo profesional, o dicho de otra manera, la eliminación de toda posibilidad de daño a las personas o bienes, como consecuencia de circunstancias o condiciones de trabajo.

Una vez definido seguridad y salud, se deben de ver los posibles riesgos que se pueden tener en el trabajo, identificarlos en la nave industrial del presente proyecto, y dar unas soluciones para minimizar lo máximo posible el riesgo de daño a personas o bienes.

### 4. Riesgos generales y su prevención

Existen elementos energéticos agresivos presentes en el medio ambiente y generados por fuentes concretas. Estas energías son mecánicas, térmicas y/o electromagnéticas. Las más destacables son:

- Ruido.
- Vibraciones.
- Iluminación.
- Condiciones ambientales (Termo higrométricas).
- Radiaciones ionizantes y no ionizantes.
- Caídas al mismo nivel.

Una vez visto los tipos de riesgos, es necesario poner medidas de seguridad, y para ello es conveniente:

- Identificar y valorar los diferentes factores de riesgo presentes en la actividad laboral y los daños que puedan ocasionar en la salud de los trabajadores.
- Reconocer las situaciones de riesgo para proponer y desarrollar acciones de prevención eficaces.

## 5. Riesgos profesionales y factores de riesgo en el trabajo

### 5.1. El trabajo

El trabajo es la actividad que realiza el hombre transformando la naturaleza para su beneficio. Buscando satisfacer necesidades humanas, mejorar la calidad de vida, satisfacción personal....

Esta actividad puede provocar efectos no deseados sobre la salud de los trabajadores, ya sea por la pérdida o ausencia de trabajo (hoy en día la precariedad del mercado laboral y el paro suponen un importante problema para la salud, con repercusiones individuales, familiares y sociales) o por las condiciones en las cuales se realiza (accidentes, enfermedades derivadas del entorno laboral).

Aunque las formas de entender el trabajo han variado a lo largo de la historia, el trabajo presenta dos características fundamentales:

- **Tecnificación:** invención y uso de máquinas, herramientas y equipos de trabajo que facilitan la realización de las distintas tareas para la transformación de la naturaleza.
- **Organización:** planificación de la actividad laboral. Coordinando las tareas de los distintos trabajadores se consiguen mejores resultados.

Cuando no se controlan adecuadamente ambos efectos o no funcionan con corrección, aparecen riesgos para la salud y la seguridad de los trabajadores.

### 5.2. La salud

La salud es según la Organización Mundial de la Salud el estado completo de bienestar físico, mental, social. Así pues, debemos considerar la salud como un proceso permanente de desarrollo. No es fruto del azar y se puede perder y recuperar, según las condiciones laborales de cada trabajador.

### 5.3. Los riesgos profesionales

Se trata de las situaciones que pueden romper el equilibrio físico, psíquico y social de los trabajadores.

La ley de prevención de Riesgos Laborales lo describe así:

“Posibilidad de que un trabajador sufra un daño derivado de su trabajo. La calificación de su gravedad dependerá de la probabilidad de que se produzca el daño y la severidad del mismo.”

El otro concepto relacionado a la prevención de riesgos es el peligro, que se define como propiedad o aptitud intrínseca de algún elemento de trabajo para ocasionar daños. En ocasiones se confunden estos dos términos.

#### a) Condiciones de trabajo:

Son cualquier característica del trabajo mismo que pueda tener una influencia significativa en la generación de riesgos para la seguridad y la salud del trabajo.

Ellas son:

- Las características generales de los locales, instalaciones, equipos y otros útiles existentes en el centro de trabajo.
- La naturaleza de los agentes físicos, químicos, biológicos presentes en el ambiente de trabajo y sus correspondientes intensidades.
- Los procedimientos para el uso de los agentes citados que influyan en la generación de los riesgos.
- Aquellas características del trabajo, incluidas aquellas relativas a su organización y ordenación, que influyan en la magnitud de los riesgos a que este expuesto un trabajador.

#### b) Factores de riesgo:

Es el elemento o conjunto de variables que están presentes en las condiciones de trabajo y que pueden originar una disminución del nivel de salud del trabajador.

El estudio de estos factores se divide en 5 grupos:

- 1) Condiciones de seguridad: Son las condiciones materiales que pueden dar lugar a un accidente de trabajo.
  - Lugar y superficie de trabajo.
  - Máquinas y equipos de trabajos.
  - Riesgos eléctricos.
  - Manipulación, transporte,...

- 2) Medio ambiente físico del trabajo: Aparecen de forma natural o modificada por el proceso de producción.
  - Condiciones de temperatura, humedad, ventilación.
  - Iluminación.
  - Ruido.
  - Vibraciones.
  - Radiaciones (ionizantes o no).
  
- 3) Contaminantes: Son elementos extraños al organismo humano capaces de producir alteraciones a la salud. Pueden ser:
  - Contaminantes químicos, o las sustancias químicas que durante la fabricación, transporte, almacenamiento o uso puedan incorporarse al ambiente en forma aerosol, gas o vapor y afectar a la salud de los trabajadores. Su vía de entrada al organismo suele ser la respiratoria, pero también a través de la piel o por el aparato digestivo.
  
  - Contaminantes biológicos, o los microorganismos que pueden estar presentes en el ambiente de trabajo y originar alteraciones en la salud, como pueden ser bacterias, virus, pelos de animales, o polen y polvo de los vegetales.
  
- 4) Exceso de carga física o mental: Tienen que ver con la organización y estructura empresarial, que suelen afectar en el ámbito físico y mental debido a los esfuerzos realizados por el trabajador.
  - Carga física, esfuerzos físicos de todo tipo así como situación estática.
  
  - Carga mental, nivel de exigencia psíquica de la tarea (monotonía, falta de autonomía,...).
  
- 5) Factores organizativos que afectan al tipo de jornada, horarios, decisiones a tomar, etc.: Para la prevención de estos factores de riesgo hay unas técnicas específicas a cumplir:
  - Seguridad en el trabajo.
  - Higiene industrial.
  - Medicina del trabajo.
  - Psicología.
  - Ergonomía.

Se deben adoptar las medidas necesarias para cumplir estos requisitos así previniendo los riesgos.

## 6. Condiciones de seguridad

### 6.1. Factores de seguridad en el lugar de trabajo

En el trabajo siempre se deberá cumplir:

- Condiciones constructivas, el diseño y características constructivas de los lugares de trabajo, como ofrecer seguridad frente a riesgo de resbalones o caídas, choques, golpes, derrumbamientos... esos elementos son la seguridad estructural, espacios de trabajo en zonas peligrosas, suelos, aberturas, desniveles y barandillas, tabiques y ventanas, puertas, rampas, escaleras de mano, condiciones de protección contra incendios, acceso para minusválidos, instalación eléctrica,...
- Orden, limpieza y mantenimiento, en todas las zonas del trabajo.
- Señalización de seguridad y salud.
- Instalaciones de servicio y protección.
- Condiciones ambientales, temperatura, ruido, contaminantes,...
- Iluminación.
- Servicios higiénicos y locales de descanso, como fuentes de agua potable, vestuarios, locales al aire libre,...
- Material y locales de primeros auxilios.

### 6.2. Máquinas y equipos de trabajo

Se debe tener en cuenta:

- Las condiciones características específicas del trabajo que se desarrolle.
- Los riesgos existentes para la seguridad y la salud de los trabajadores en el lugar de trabajo.
- Las adaptaciones necesarias para su uso por trabajadores discapacitados.

Para disminuir la tasa de siniestralidad laboral en lo referente a los accidentes que se producen a causa de fallos de seguridad relacionados con las máquinas se necesita:

- Seguridad en el producto, el mercado CE garantiza la comercialización de máquinas y equipos que vengan de fábrica con los requisitos de seguridad necesarios para proteger a los trabajadores.



- Instalación, siguiendo instrucciones del fabricante y en los lugares apropiados.
- Mantenimiento, por personal especializado.
- Uso adecuado, por el personal autorizado.

### 6.3. Riesgo eléctrico

Existen dos tipos de contacto eléctrico:

- Directo, con las partes activas de los materiales y equipos.
- Indirecto, con partes puestas accidentalmente bajo tensión.

Para evitar en la medida de lo posible los riesgos de los contactos eléctricos hay que:

- Alejar las partes activas, para evitar contactos fortuitos.
- Aislar también con recubrimientos apropiados.
- Interponer obstáculos para impedir contactos accidentales.

### 6.4. Riesgo de incendio

Antes de hincar los trabajos, el contratista encargado de los mismos debe informarse de la situación de las canalizaciones de agua, gas y electricidad, como instalaciones básicas o de cualquier otra de distinto tipo que tuviese el edificio y que afectase a la zona de trabajo.

Caso de encontrar canalizaciones de gas o electricidad, se señalarán convenientemente y se protegerán con medios adecuados.

Se establecerá un programa de trabajo claro que facilite un movimiento ordenado en el lugar de los mismos, de personal, medios auxiliares y materiales. Es aconsejable entrar en contacto con el representante local de los servicios que pudieran verse afectados para decidir de común acuerdo las medidas de prevención que hay que adoptar.

En todo caso, el contratista ha de tener en cuenta que los riesgos de explosión de un espacio subterráneo se incrementan con la presencia de:

- Canalizaciones de alimentación de agua.
- Cloacas.
- Conductas eléctricas para iluminación de vías públicas.

- Sistemas de semáforos.
- Canalizaciones de servicios de refrigeración.
- Canalizaciones de vapor.
- Canalizaciones para hidrocarburos.

Para paliar los riesgos antes citados, se tomarán las siguientes medidas de seguridad:

- Se establecerá una ventilación forzada que obligue a la evacuación de los posibles vapores inflamables.
- No se encenderán máquinas eléctricas, ni sistemas de iluminación, antes de tener constancia de que ha desaparecido el peligro.
- En casos muy peligrosos se realizarán mediciones de la concentración de los vapores del aire.

Está presente en cualquier actividad. Cuando estos rasgos se presentan es más fácil que se produzca un incendio:

- Combustible presente (cualquier sustancia capaz de arder).
  - Comburente (sustancia que hace que otra entre en combustión).
  - Fuente de calor (foco de calor).
  - Reacción en cadena (proceso que acelera la propagación del fuego).
- Factores a tener en cuenta en la actuación contra incendio:
- Diseño, estructura y materiales de construcción de las instalaciones.
  - Situación del centro de trabajo, tipo de actividad, edificios colindantes,...
  - Detección y alarma, cualquier incendio es controlable si se detecta y localiza a tiempo, antes de propagarse y alcanzar grandes dimensiones.
  - Medios de extinción, como son los equipos portátiles (extintores), instalaciones fijas (bocas de incendio, columnas secas, rociadores,...).
  - Evacuación del personal, para evitar daños en la salud de los trabajadores se debe tener un plan de evacuación.

## 7. Medio ambiente físico

### 7.1. Ruido

Las características del sonido que hacen diferentes unos ruidos de otros son:

- Frecuencia: es la periodicidad en que se repite una oscilación sonora. Se mide en hercios y determina el tono. Las frecuencias altas o agudas son las más graves para la salud.
- Intensidad: fuerza de vibración sonora. Se mide en decibelios y determina el grado de precisión o energía sonora. Clasifica los sonidos en fuertes o débiles.

### 7.2. Vibraciones

Son oscilaciones de partículas alrededor de un punto, en un medio físico equilibrado cualquiera. Se producen por el efecto propio del funcionamiento de una máquina o equipo. Pueden producir varios efectos:

- Muy baja frecuencia (menos de 2 Hz): alteraciones del sentido del equilibrio, provocando mareos, náuseas y vómitos (movimiento de balanceo de coches, barcos,...).
- Baja y media frecuencia (de 2 a 20 Hz): afectan sobre todo a la columna vertebral, aparato digestivo y visión (vehículos y maquinaria industrial, tractores, obras públicas).
- Alta frecuencia (de 20 a 300 Hz): pueden producir quemaduras por rozamiento y problemas vasomotores.

### 7.3. Radiaciones

Son ondas de energía que inciden sobre el organismo humano, pudiendo llegar a producir efectos dañinos para la salud de los trabajadores. Existen dos tipos:

- Radiaciones ionizantes: ondas de alta frecuencia (rayos X, rayos g, partículas atómicas,...) que tienen gran poder energético ya que pueden transformar la estructura de los átomos provocando la expulsión de electrones de su órbita.

Los efectos para la salud dependen de la dosis absorbida por el organismo.

Puede afectar tanto a los tejidos como a los órganos, provocando desde náuseas, vómitos y cefaleas hasta alteraciones cutáneas y cáncer.

- Radiaciones no ionizantes: son ondas de baja o media frecuencia (microondas, infrarrojos, ultravioleta,...) que poseen poca energía (no producen la ionización

de la materia). Pueden provocar efectos térmicos o irritaciones en la piel, hasta conjuntivitis, quemaduras graves, cáncer de piel.

## 7.4. Condiciones termo-higiénicas

Son las condiciones físicas ambientales de la temperatura, humedad y ventilación, en las que se desarrolla un trabajo. Hay diferentes variables que deben considerarse de forma global:

- Temperatura del aire, humedad del aire, temperatura de paredes y objetos, velocidad del aire, actividad física, clase de ropa.
- Unas malas condiciones pueden provocar efectos negativos para la salud como resfriados, deshidratación, golpes de calor,... o efectos en la conducta como aumento de la fatiga.

## 8. Contaminantes químicos y biológicos

### 8.1. Contaminantes químicos

Son sustancias constituidas por materia inerte que pueden estar presentes en el aire que respiramos de forma sólida, líquida o gaseosa. Se pueden incorporar en el ambiente al transporte, fabricación, almacenamiento o uso.

Las vías de entrada en este organismo son:

- Vía respiratoria, nariz, boca, laringe, pulmones...
- Vía dérmica, se incorpora el contaminante a la sangre a través de la piel.
- Vía digestiva, todo el aparato digestivo más las mucosidades del sistema respiratorio.
- Vía parenteral, penetración por llagas, heridas o punciones.

Los efectos de estos contaminantes son:

- Irritantes, hinchazón de la zona de contacto.
- Asfixiantes, impide la llegada de oxígeno a las células y altera los mecanismos oxidantes biológicos.
- Anestésicos, depresores del sistema nervioso central.

- Corrosivos, destruyen los tejidos con los que entran en contacto.
- Neumoconióticos, partículas sólidas que se acumulan en las vías respiratorias.
- Sensibilizantes, producen reacciones alérgicas.
- Cancerígenas, pueden ser mutágenos (modificaciones hereditarias) y teratógenos (producen malformaciones en la descendencia).
- Tóxicos sistémicos, alteran órganos y sistemas específicos.

## 8.2. Contaminantes biológicos

Son microorganismos o partes de seres vivos que pueden estar presentes en el ambiente de trabajo y originar alteraciones. Son bacterias, virus y hongos, que penetran en el organismo y producen cualquier tipo de infección.

## 9. Planes de emergencia y evacuación

### 9.1. Medicina preventiva y primeros auxilios

- 1) Medicina preventiva: Las posibles enfermedades profesionales que puedan originarse en esta obra son las normales que trata la medicina del trabajo y la higiene industrial. Todo ello se resolverá de acuerdo con los servicios de prevención de empresa quienes ejercerán la dirección y el control de las enfermedades profesionales, tanto en la decisión de utilización de los medios preventivos como la observación médica de los trabajadores.
- 2) Primeros auxilios: Para atender a los primeros auxilios existirá un botiquín de urgencia según el número de trabajadores situado en los aseos, y se comprobará que, entre los trabajadores presentes en la obra, uno, por lo menos, haya recibido un curso de socorrismo.

Como Centros Médicos de urgencia próximos a la obra se señalan los siguientes:

- **PAMPLONA:** Hospital Virgen del Camino

Calle Irunlarrea 4, 31008 Pamplona – 948 42 94 00  
Distancia: 5 km.

## 9.2. Formación sobre seguridad

El Plan se especificará en el Programa de Formación de los trabajadores y asegurará que estos conozcan el plan. También con esta función preventiva se establecerá el programa de reuniones del Comité de Seguridad y Salud.

La formación y explicación del Plan de Seguridad será por un técnico de seguridad.

El empresario deberá también analizar las posibles situaciones de emergencia y adoptar las medidas necesarias en materia de primeros auxilios, lucha contra incendios y evacuación de personal.

## 10. Espacio de trabajo

Las dimensiones de los locales de trabajo deberán permitir que los trabajadores realicen su trabajo sin riesgos para su seguridad y salud y en condiciones ergonómicas aceptables. Sus dimensiones mínimas serán las siguientes:

- 3 metros de altura desde el piso hasta el techo. No obstante, en locales comerciales, de servicios, oficinas y despachos, la altura podrá reducirse a 2,5 metros.
- 10 metros cúbicos, no ocupados, por trabajador.

## 11. Normas implantadas en el presente proyecto

### 11.1. Normas generales

- a) Todo aviso o señal de seguridad constituye una norma, por lo que se debe cumplir en todo momento.
- b) Todo trabajador debe cumplir las indicaciones dadas por su superior en cuanto a métodos de Seguridad y Salud en el Trabajo.
- c) Cualquier rotura, daño o defecto producido sobre las instalaciones, trabajadores, máquinas, etc..., deben ser comunicados de inmediato al personal responsable.

- d) El lugar o puesto de trabajo debe mantenerse en todo momento ordenado y limpio.
- e) El tránsito de personal por el taller debe efectuarse por los pasillos señalizados a tal efecto, y bajo ningún concepto se permite correr. Los pasillos y las calles deben estar libres de obstáculos.
- f) Cualquier herida o lesión, por leve que sea, debe ser tratada de inmediato en el botiquín (primeros auxilios) por el personal responsable.
- g) Sólo se puede comer y beber durante el tiempo establecido a tal efecto, en los recintos donde está expresamente permitido.
- h) Durante el tiempo de trabajo está totalmente prohibido ingerir bebidas alcohólicas y productos de naturaleza narcótica. Tampoco se permitirá la entrada al trabajador que se encuentre en estado de embriaguez.
- i) No se debe penetrar en los recintos cerrados ni en los de paso restringido al personal autorizado.
- j) En recintos donde se almacenan materias fácilmente inflamables está terminantemente prohibido fumar.
- k) Se debe conocer perfectamente el funcionamiento y ubicación de los extintores.
- l) No se debe usar el aire comprimido para limpiar el polvo de las ropas o para quitar virutas.
- m) Queda totalmente prohibido detenerse debajo de cargas suspendidas en el aire.
- n) En los puestos donde se requiere, es obligatorio el uso de protección personal.
- o) No se debe apilar o dejar material fuera de los lugares señalados.
- p) Para la extracción de líquidos corrosivos, deben emplearse dispositivos que eviten salpicaduras, como son los volcadores, sifones...
- q) Revisar las herramientas de trabajo para asegurarse de su correcto estado de utilización.

## 11.2. Prevención de accidentes por caídas

- a) Mantener el lugar o puesto de trabajo limpio, especialmente de grasa, aceite u otros líquidos.

- b) Al subir o bajar escaleras fijas, apoyar toda la superficie del pie para evitar torceduras o resbalamientos. No correr en los desplazamientos.
- c) No pisar objetos o zonas que carezcan de rigidez.
- d) Señalizar y/o tapar los huecos que supongan riesgos de caídas.
- e) Los pasillos y zonas de paso deben estar despejadas.
- f) Si se debe acceder a algún punto de altura, emplear plataformas o escaleras perfectamente apuntadas, pero nunca se deben encaramar a las máquinas o estanterías, ni emplear taburetes, sillas, mesas o cajas, etc.
- g) Al transportar una carga, procurar que no impida la visión.

### 11.3. Prevención de accidentes oculares

- a) Las gafas de protección se usarán con todos sus componentes, sin desmontar sus protecciones laterales, y su obligatoriedad será fijada mediante carteles indicativos.
- b) El buen uso y conservación es responsabilidad del usuario. En caso de necesitarlo el operario, las gafas se proveerán con cristales graduados.
- c) Está prohibido retirar las protecciones contra la proyección de partículas de que disponen diversas máquinas.
- d) El uso de las gafas es obligatorio cuando se trabaja con máquinas que carecen de protección contra la proyección de partículas.

### 11.4. Prevención de accidentes por corte

- a) En la manipulación de tablones se deben emplear toda clase de protecciones contra los cortes, como son guantes, manguitos, botas, etc.
- b) Manipular las piezas de tamaño mediano y grande de una en una. Si la pieza se desliza no se debe intentar sujetarla.
- c) El uso de guantes es estrictamente obligatorio durante el manejo de tablones punzantes, cortantes o con aristas vivas.
- d) Las virutas de las máquinas se deben retirar con ganchos provistos de cazoletas que protejan la mano. Bajo ningún pretexto se utilizarán las manos para retirarlas.



### 11.5. Prevención de accidentes por atrapamiento

- a) Se debe tener precaución con el movimiento de elementos que pueden atrapar algún miembro por compresión.
- b) Se debe tener precaución con los elementos de máquinas o instalaciones en donde el movimiento de traslación o rotación pueda arrastrar al trabajador por enganche de un miembro o parte de su vestimenta.
- c) No se debe acompañar con las manos desplazamientos automáticos de piezas y máquinas.
- d) Se debe tener precaución con el movimiento de los componentes de máquinas en los que puedan entrar o quedar atrapadas cualquier parte del cuerpo.

### 11.6. Prevención de accidentes con herramientas manuales

- a) Las herramientas manuales sólo se deben emplear para el fin por el que se han concebido, y nunca con segundas aplicaciones ni fines auxiliares. Por ello debe procurarse que no tengan defectos ni desgastes que dificulten su correcta utilización.
- b) Todas las herramientas manuales deben permanecer perfectamente limpias; en el momento de utilizarlas, las manos deberán estar secas y limpias de grasas o aceites que impidan la seguridad en la sujeción.
- c) Las herramientas cortantes o punzantes se mantendrán debidamente afiladas y deberán carecer de rebabas. Cuando no se utilicen estarán provistas de fundas protectoras para filos o puntas.

### 11.7. Prevención de accidentes en máquinas eléctricas portátiles

- a) Los enchufes y alargaderas eléctricas deben ser inspeccionados periódicamente, revisando la funda protectora de los hilos, y las conexiones de las clavijas.
- b) Se debe evitar poner las máquinas sobre lugares húmedos.
- c) Las tomas de corriente nunca se deben efectuar directamente con los cables, sino con clavijas normalizadas.
- d) En trabajos con amoladora, pulidoras, etc., el operario deberá mantenerse siempre fuera del plano de rotación del disco.

- e) Al trabajar con estas herramientas en lugares húmedos o en locales donde se suda mucho, se deben utilizar transformadores que reduzcan la tensión a menos de 50 voltios.
- f) En caso de avería, los cables no se deben reparar con cinta aislante, ya que con el tiempo se reseca, pierde el poder adhesivo y absorbe la humedad; lo correcto es reemplazarlos por otros nuevos.

### 11.8. Prevención de accidentes en máquinas neumáticas

- a) Los racores y la herramienta deben estar bien acoplados a la máquina, por ello se deben revisar periódicamente.
- b) Nunca se debe doblar la manguera para cortar el aire, sino que se debe interrumpir desde la fuente de alimentación.
- c) Las mangueras de aire comprimido se mantendrán fuera de los pasillos y de paso con objeto de no tropezar con ellas ni de que puedan ser atrapadas por ruedas de vehículos y, en consecuencia, ser dañadas.
- d) No se debe dirigir el aire a presión hacia las demás personas.

### 11.9. Prevención de accidentes de máquinas herramienta

- a) Antes de poner en marcha una máquina, se deben conocer las operaciones que se han de realizar y su correcto empleo.
- b) Debe prestarse la máxima atención al proceso de trabajo establecido para cada operación.
- c) No se debe hacer ningún trabajo sin que las protecciones de la máquina estén correctamente colocadas.
- d) En operaciones con máquinas herramienta, el operario debe llevar la ropa de trabajo bien ajustada al cuerpo, con las mangas ajustadas a la muñeca y sin que los cinturones tengan libres o suelos los extremos.

### 11.10. Prevención en almacenamientos

- a) Al almacenar los materiales se deberá cuidar:

- Obstruir el acceso a las tomas de agua, extintores, llaves contra incendio, cuadros eléctricos, interruptores, cajas de fusible, válvulas, máquinas, etc.
  - Bloquear los equipos de primeros auxilios, puertas o salidas de personal, pasillos, etc.
  - Dejar ocultos carteles informativos, señales de seguridad, indicaciones, etc.
- b) Al almacenar materiales pesados, se debe tener en cuenta que los pisos inferiores sean más resistentes
- c) Almacenar correctamente para evitar los riesgos de accidentes debidos al paso de trabajadores y carretillas.
- d) Tipo de apilado:
- Cruzado: Se coloca una capa de materiales en ángulo recto con la capa inmediatamente inferior.
  - De bidones: De pie con el tapón hacia arriba; entre fila y fila habrán de ir tablas de madera como suponte y protección.

### 11.11. Prevención de accidentes eléctricos

- a) Bajo ningún concepto se deben tocar los conductores eléctricos desnudos.
- b) Nunca se deben manipular las instalaciones eléctricas; es tarea del personal especializado.
- c) Cualquier instalación, máquina o aparato eléctricos deben ser inspeccionados detenidamente antes de su utilización, así como sus cables y anclajes.
- d) Si se observa alguna chispa, desconectar y solicitar la revisión por los expertos.
- e) No colocar los cables sobre hierro, tuberías, chapas o muebles metálicos.
- f) Al desconectar un aparato, tirar de la clavija, nunca del cable.
- g) No se debe reparar un fusible, sino sustituirlo por uno nuevo.
- h) Nunca se debe apagar un incendio de origen eléctrico con agua. Se deben utilizar extintores de anhídrido carbónico o de polvo.
- i) Cómo proceder en caso de accidente eléctrico por contacto:

- Desconectar la corriente.
- Alejar al accidentado por contacto, empleando materiales aislantes, guantes de goma, madera seca, etc. No tocarlo sin estar aislados.
- Practicar la respiración artificial inmediatamente.
- Avisar al médico.

j) Las cinco reglas básicas contra riesgos eléctricos:

- Antes de utilizar cualquier aparato o instalación eléctrica hay que asegurarse de su perfecto estado.
- Para utilizar un aparato o instalación eléctrica, sólo se deben manipular los elementos de mando previstos para tal fin.
- No se deben emplear aparatos eléctricos ni instalaciones eléctricas cuando accidentalmente se encuentran mojadas, o cuando la misma persona tenga las manos o los pies húmedos.
- En caso de avería o incidente, se debe cortar la corriente como primera medida, después avisar al personal especializado.
- En caso de avería de la instalación o de la herramienta, se debe llamar al electricista, no se debe utilizar la instalación y se ha de impedir que otros la utilicen.

**Pamplona, Julio de 2013**

**Aitor Iñigo Regaira**

