



# ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación:

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL ELÉCTRICO

Título del proyecto:

INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA NAVE INDUSTRIAL  
EN BAJA TENSIÓN CON CENTRO DE TRANSFORMACIÓN

Itxaro Matxain Rodriguez

José Javier Crespo Ganuza

Pamplona, Julio de 2014



# ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación:

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL ELÉCTRICO

Título del proyecto:

INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA NAVE INDUSTRIAL  
EN BAJA TENSIÓN CON CENTRO DE TRANSFORMACION

MEMORIA

Itxaro Matxain Rodriguez

José Javier Crespo Ganuza

Pamplona, Julio de 2014

## 1. MEMORIA

### ÍNDICE:

1. Memoria.....	2
1.1. Introducción .....	4
1.1.1. Objeto del proyecto .....	4
1.1.2. Situación.....	4
1.1.3. Descripción de la nave .....	4
1.1.4. Superficies .....	4
1.1.5. Descripción de la actividad .....	5
1.1.6. Suministro de energía.....	5
1.1.7. Previsión de cargas .....	5
1.1.8. Normativa.....	6
1.2. Esquema de distribución .....	7
1.2.1. Introducción.....	7
1.2.2. Esquema de distribución escogido .....	8
1.3. Iluminación .....	8
1.3.1. Introducción.....	8
1.3.2. Conceptos luminotécnicos.....	9
1.3.3. Tipos de lámparas.....	11
1.3.4. Proceso de cálculo .....	12
1.3.5. Alumbrado interior .....	22
1.3.6. Alumbrado exterior .....	27
1.3.7. Alumbrados especiales .....	28
1.4. Conductores, canalizaciones y distribución en baja tensión .....	33
1.4.1. Introducción.....	33
1.4.2. Cables .....	33
1.4.3. Sistemas de canalizaciones.....	38
1.5. Tipos de receptores .....	42
1.5.1. Receptores .....	42
1.5.2. Tomas de Corriente .....	43
1.6. Protecciones en baja tensión .....	44
1.6.1. Introducción.....	44
1.6.2. Protección de la instalación.....	44
1.6.3. Protección de las personas.....	48
1.6.4. Solución adoptada .....	51
1.7. Puesta a tierra .....	66

## 1. Memoria

1.7.1. Introducción.....	66
1.7.2. Objetivo de la puesta a tierra.....	66
1.7.3. Partes de la puesta a tierra.....	67
1.7.4. Elementos a conectar a la toma de tierra.....	69
1.7.5. Solución adoptada.....	69
1.8. Corrección del factor de potencia.....	70
1.8.1. Generalidades.....	70
1.8.2. Ventajas de un elevado factor de potencia.....	70
1.8.3. Métodos para mejorar el factor de potencia.....	71
1.8.4. Clasificación y elección de la compensación.....	71
1.9. Centro de transformación.....	73
1.9.1. Introducción.....	73
1.9.2. Características generales del centro de transformación.....	74
1.9.3. Características de las celdas.....	74
1.9.4. Instalación eléctrica.....	77
1.9.5. Cuadro general de baja tensión.....	81
1.9.6. Instalación de puesta a tierra.....	81
1.9.7. Instancias.....	83
1.9.8. Aparatos de media tensión.....	84
1.9.9. Aislamiento.....	84
1.9.10. Instalaciones secundarias en el centro de transformación.....	84
1.10. Resumen del presupuesto total de la instalación.....	85

## 1. Memoria

### 1.1. INTRODUCCIÓN

#### 1.1.1. Objeto del proyecto

El objeto de este proyecto es especificar las condiciones de la instalación eléctrica de una nave industrial dedicada a la estampación de piezas de acero, y que dicha instalación cumpla con todo lo dispuesto en la normativa vigente.

La presente memoria tiene por objeto el estudio de la instalación, en baja y media tensión, necesaria para el suministro de energía eléctrica a los diferentes receptores de fuerza y alumbrado que se proyectan instalar en dicha nave.

La instalación eléctrica constara de:

- Instalación de alumbrado interior, exterior y de emergencia.
- Instalación de fuerzas y tomas de corriente.
- Centro de transformación de media a baja tensión.
- Protección eléctrica de las líneas que alimentan todas las instalaciones.
- Puestas a tierra del centro de transformación y de la instalación eléctrica de la nave.
- Corrección del factor de potencia del centro de transformación en caso necesario.

De forma general, el proceso de diseño y cálculo está dividido en dos grandes partes:

- La instalación en media tensión: que comprenderá los cálculos de las líneas de media tensión que alimentarán el C.T y el propio centro de transformación.
- Las instalaciones en baja tensión: que comprenderá todos los cálculos necesarios desde el C.G.B.T del C.T a los propios receptores ubicados en la nave industrial.

#### 1.1.2. Situación

La nave objeto del proyecto está situada en la localidad de Irurzun, en la provincia de Navarra. El solar se encuentra en la parcela urbana 680 del Polígono 2, de Akaborro.

#### 1.1.3. Descripción de la nave

Nuestra nave está formada por dos alturas repartidas de la siguiente manera: en la altura de 3 m, encontraremos la recepción, una sala de reuniones, la zona de oficinas, salas de descanso, aseos, vestuarios y el despacho.

En la altura de 6m encontraremos, la zona de producción, zona de materia prima y piezas terminadas y el cuarto de mantenimiento de maquinaria.

#### 1.1.4. Superficies

La distribución en metros útiles es la siguiente:

<b>1. Zona 1 y 2</b>	
1.1. Recepción:	34.0 m2
1.2. Oficinas:	227.2 m2
1.3. Pasillo1:	33.4 m2
1.4. Sala de descanso:	17.6 m2
1.5. Sala de reuniones:	42.3 m2
1.6. Despacho:	15.0 m2
1.7. Aseos Mujeres:	9.6 m2
1.8. Aseos Hombres:	9.6 m2

## 1. Memoria

1.9. Sala de descanso:	87.5 m2
1.10. Pasillo2:	33.0 m2
1.11. Vestuarios Mujeres:	38.8 m2
1.12. Vestuarios Hombres:	38.8 m2

### 2. Zona 3

2.1. Mantenimiento:	124.2 m2
2.2. Producción:	1702.5 m2

### 3. Edificios exteriores

3.1. Centro de transformación	13.0 m2
-------------------------------	---------

<b>TOTAL:</b>	<b>2426.43 m2</b>
---------------	-------------------

#### 1.1.5. Descripción de la actividad

La actividad a desarrollar en esta nave industrial será la estampación de piezas metálicas, para usos varios.

#### 1.1.6. Suministro de energía

La energía que recibirá el polígono industrial será suministrada por Iberdrola mediante una 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.

#### 1.1.7. Previsión de cargas

##### Maquinaria

	P (W)	Q (Var)	S (Va)	Cosφ	(V)	Tensión	I (A)	k	Ic (A)
Estampadora 1	46	28508	54.118	0,85	400	0,6/1KV	78,11	1,00	78,11
Estampadora 2	46	28508	54.118	0,85	400	0,6/1KV	78,11	1,25	97,64
Estampadora 3	36	22311	42.353	0,85	400	0,6/1KV	61,13	1,25	76,41
Estampadora 4	19	11775	22.353	0,85	400	0,6/1KV	32,26	1,25	40,33
Estampadora 5	19	11775	22.353	0,85	400	0,6/1KV	32,26	1,25	40,33

Puente Grúa 1	6.5	4028	7.647	0,85	400	0,6/1KV	11,04	1,00	11,04
Puente Grúa 2	4.5	2789	5.294	0,85	400	0,6/1KV	7,64	1,25	9,55
Puerta interior	2.2	1363	2.588	0,85	400	0,6/1KV	3,74	1,25	4,67

Puerta exterior1	2.2	1363	2.588	0,85	400	0,6/1KV	3,74	1,00	3,74
Puerta exterior2	2.2	1363	2.588	0,85	400	0,6/1KV	3,74	1,25	4,67
Compresor	7.5	4648	8.824	0,85	400	0,6/1KV	12,74	1,25	15,92

La potencia total demandada por la maquinaria es de **191.100 W**.

## Iluminación

	INTERIOR (w)	EMERGENCIA (w)
Recepción	216	5,4
Sala de reunión	378	5,4
Oficina Técnica	1.764	27
Pasillo_1	90	5,4
Despacho	168	2,7
Sala de descanso_1	42	2,7
Aseo M	48	2,7
Aseo H	48	2,7
Sala descanso 2	168	8,1
Pasillo 2	90	5,4
Vestuario H	168	5,4
Vestuario M	168	5,4
Reparaciones	2400	18
Taller	19.2	180
<b>Total W</b>	<b>24.948</b>	<b>276,3</b>

	EXTERIOR (w)
Fachada 1	800
Fachada 2	1600
Fachada 3	800
Fachada 4	1600
<b>TOTAL</b>	<b>4800</b>

La potencia total demandada por la iluminación es de **30.024,3 W**.

Las potencias representadas en esta tabla no reflejan los coeficientes que el reglamento establece para las lámparas de descarga para el posterior cálculo de secciones.

### 1.1.8. 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. Real Decreto 842/2002 de 2 de agosto de 2002. (Ministerio de Industria y Energía).
- Reglamento sobre Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación. Real Decreto 3275/82, de 12 de noviembre de 1982. (Ministerio de Industria y Energía).
- Protecciones en las instalaciones eléctricas.(Paulino Montané)
- Instalaciones eléctricas de alumbrado e industriales. (Ed. Paraninfo. Fernando Martínez Domínguez)
- Reglamento sobre Acometidas Eléctricas. (Ministerio de Industria y Energía).
- Normas UNE y recomendaciones UNESA que sean de aplicación.
- Normas particulares de “Iberdrola distribución eléctrica”.

## 1. Memoria

- Normas tecnológicas de la edificación, así como la Norma tecnológica para instalaciones eléctricas de puesta a tierra. (Ed. Paraninfo 1997. Juan José Martínez Requera y José Carlos Toledano Gasca)
- Reglamento de seguridad contra incendios en establecimientos industriales. Real Decreto 2267/2004 de 3 de Diciembre.
- Reglamento de Prevención de Riesgos Laborales. Ley 31/1995, de 8 de noviembre.
- Cualquier otra normativa y reglamentación de obligado cumplimiento para este tipo de instalaciones.

### 1.2. ESQUEMA DE DISTRIBUCIÓN

#### 1.2.1. Introducción

En este apartado analizaremos cuales son las alternativas más importantes que pueden afectar a la seguridad de las personas como la de la propia actividad y claro está también analizaremos lo referido a su viabilidad técnica y económica. Mediante todo esto buscamos que la instalación sea lo más fiable posible con el menor coste económico.

El esquema de conexión nos va a determinar las medidas de protección de nuestra red. Estos equipos de protección nos cubrirán frente a sobretensiones y frente a sobreintensidades.

Los esquemas de conexión se definen en función de cómo está puesta a tierra la red de alimentación y de cómo están puestas a tierra las masas de los receptores. Se designan por 2 o 3 letras:

- La primera letra indica cómo está conectada la alimentación respecto a tierra:
  - T; La red de alimentación tiene el neutro conectado directamente a tierra.
  - I; La red de alimentación tiene el neutro aislado o lo tiene conectado a tierra a través de una impedancia.
- La segunda letra indica cómo están conectadas las masas receptoras:
  - T; Las masas están conectadas directamente a tierra.
  - N; Las masas de los receptores están conectadas directamente a un punto de la alimentación (neutro o conductor de protección) que está conectado a tierra.
- La tercera letra se refiere a como se encuentran el conductor de neutro y el de protección:
  - S; Son conductores independientes
  - C; Son el mismo conductor, es decir, cumple las dos funciones.

Se analizarán las distintas conexiones que hay y se escogerá la que más convenga para nuestra instalación según las características técnicas y económicas. No obstante deberemos tener en cuenta los siguientes principios:

- a) Las redes de distribución pública de baja tensión tienen un punto puesto directamente a tierra por prescripción reglamentaria. Este punto es el punto neutro de la red. El esquema de distribución para instalaciones receptoras alimentadas directamente de una red de distribución pública de baja tensión es el esquema TT.
- b) En instalaciones alimentadas en baja tensión, a partir de un centro de transformación de abonado, se podrá elegir cualquiera de los tres esquemas citados.
- c) No obstante, puede establecerse un esquema IT en parte o partes de una instalación alimentada directamente de una red de distribución pública mediante el uso de

transformadores adecuados, en cuyo secundario y en la parte de la instalación afectada se establezcan las disposiciones para que se de ese esquema.

### **1.2.2. Esquema de distribución escogido**

El sistema de distribución elegido es el TT (el neutro está conectado directamente a tierra y las masas de la instalación receptora están conectadas a una toma de tierra separada de la toma de tierra de la alimentación, tal y como se indica en la ITC 08 del REBT 2002.)

Con este tipo de régimen debemos colocar diferenciales para proteger la instalación ante cualquier corriente de defecto a tierra.

En principio la opción más segura sería elegir el esquema IT pero con este tipo de distribución tendríamos problemas en el caso de que se realizara algún tipo de ampliación o cambio. Por lo cual descartamos esta opción ya que desconocemos si en un futuro se va a realizar algún tipo de modificación.

El esquema TN también lo descartamos ya que es muy parecido al esquema TT, por el cual nos hemos decantado, ya que es el más utilizado en el tipo de instalación que vamos a realizar debido a las ventajas que nos aporta a la hora del mantenimiento o en lo que respecta a ampliaciones futuras y seguridad contra incendios.

Una de las ventajas más importantes que nos aporta el esquema de distribución TT es que la seguridad de la instalación depende de la resistencia de utilización, es decir, la del propio usuario (Ru). Esto hace que el propio usuario pueda vigilar y controlar la seguridad de la instalación.

En el esquema TT, se utilizan los dispositivos de protección siguientes:

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

## **1.3. ILUMINACIÓN**

### **1.3.1. Introducción**

La colocación de alumbrado artificial tiene como objeto sustituir o complementarse con la luz natural para poder continuar con la actividad que se está realizando durante los periodos de tiempo en los cuales la luz diurna es insuficiente o inexistente. Lo que queremos conseguir mediante el alumbrado artificial es iluminar adecuadamente los diferentes espacios cubiertos en los cuales se estén realizando diferentes actividades.

En el ámbito industrial la elección de una buena iluminación tiene diferentes consecuencias ya que se puede decir que es un factor de productividad y rendimiento, también tiene su influencia en el aspecto de seguridad laboral.

A la hora de proyectar una instalación tenemos que tener en cuenta las siguientes características que nos aporta el alumbrado:

- a) La intensidad de iluminación: crear unas condiciones óptimas de visibilidad mediante el suministro de una cantidad de luz suficiente.

## 1. Memoria

- 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) Tenemos que asegurar una buena distribución de los colores, para ello tendremos que elegir unas fuentes luminosas que nos aporten las dichas condiciones.
- d) Hay que elegir apropiadamente los aparatos de alumbrado para cada caso en particular.

### 1.3.2. Conceptos luminotécnicos

Tendremos en cuenta los siguientes conceptos para la realización del proyecto:

- Flujo radiante ( $\Phi$ ):
  - Se define como la potencia emitida, transportada o recibida, en forma de radiación.
  - La unidad es el vatio (W).
- Flujo luminoso ( $\Phi_v$ ):
  - 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: 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 estereo-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.

$$W=S/r^2$$

$$\Phi_v = I \times w$$

Donde:

$w$ : 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 ( $Q_e$ ):
  - Es la energía emitida, transportada o recibida en forma de radiación.
  - La unidad es el Julio (J).
- Cantidad de luz ( $QV$ ):
  - Es la energía en función del tiempo del flujo luminoso, durante una duración dada de tiempo.

## 1. Memoria

- 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).

$$E = \frac{v\Phi}{S}$$

- 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.
  - $1\text{Lux} = 1 \text{ Lm} / 1\text{m}^2$
- Luminancia:
  - Intensidad luminosa en una dirección dada por unidad de superficie aparente iluminada.
  - Su unidad es Cd x m.
- Rendimiento luminoso o eficacia luminosa:
  - 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 watio (Lm/ W).

A continuación se muestran los diferentes rendimientos luminosos que podemos encontrar dentro de las diferentes lámparas:

- Incandescentes (1-2000W): 8- 20 Lm/ W
- Incandescentes con halógenos (3-10000W): 18- 22 Lm/ W
- Fluorescentes tubulares (4-250W): 40- 93 Lm/ W
- Fluorescentes compactas (5-36W): 50- 82 Lm/ W
- Vapor de mercurio (50-2000W): 40- 58 Lm/ W
- Halógenos metálicos (75-3500W): 60- 95 Lm/ W
- Sodio a alta presión (50-1000W): 66- 130 Lm/ W
- Sodio a baja presión (18-180W): 100- 183 Lm/ W
- Temperatura del color:
  - Es la correspondiente a la temperatura del “cuerpo negro” que presenta el mismo color de la fuente. Se puede decir que la temperatura es un elemento de elección cualitativa de una lámpara, así como el flujo un elemento cuantitativo.
  - Su unidad de medida es el grado Kelvin (K).

## 1. Memoria

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

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:

Se trata de un índice que representa la capacidad que tiene una fuente luminosa para reproducir los colores de varios objetos en diferencia con una fuente de luz natural o ideal. Este índice (Ra) está comprendido entre 0 y 100, en el caso de que nuestro índice tenga el valor máximo (100) podremos decir que muestra todos los colores correctamente. A medida que vaya disminuyendo el índice Ra peor será la reproducción cromática.

A la hora de saber la calidad de reproducción cromática de nuestra fuente de luz encontramos la siguiente escala de valores:

- Rendimiento bajo:  $Ra < 50$ .
- Rendimiento moderado:  $50 < Ra < 80$ .
- Rendimiento bueno:  $80 < Ra < 90$ .
- Rendimiento excelente:  $90 < Ra < 100$

### 1.3.3. Tipos de lámparas

#### **Lámparas De Incandescencia:**

Es un tipo de lámpara muy práctica y de fácil aplicación, en el mercado existe una amplia gama y las podemos encontrar con todo tipo de potencias. Se aconseja su uso para niveles de iluminación inferiores a 200 lux, tiene una gran presencia en alumbrado doméstico y de señalización. Este tipo de lámparas tienen un rendimiento luminoso bajo y una duración media reducida.

Debido a las características que hemos comentado, no sale rentable su uso en espacios grandes que requieran un alto nivel de iluminación, tampoco se recomienda su uso para naves industriales ni locales comerciales que tengan una altura de montaje superior a cuatro metros.

## **Lámparas Fluorescentes**

Se utiliza cuando necesitamos una elevada temperatura de color, la T<sup>a</sup> de color define únicamente el color, es decir, el tono de la luz. También es utilizada 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 (2000horas o más).

Es una de las lámparas más utilizadas universalmente ya que el flujo luminoso es del orden de siete veces mayor comparado con el que producen las lámparas incandescentes de la misma potencia, otros factores que podemos resaltar es la gran calidad de luz y su larga vida. 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, etc.; donde la altura de montaje no supere los cinco metros.

## **Lámparas de vapor de Mercurio**

Estas lámparas se utilizan para alumbrado industrial, cuando las condiciones de calidad de luz no son tan exigentes. Podemos encontrar dos tipos de lámparas: luz mixta o de color corregido; estas últimas tienen un elevado rendimiento luminoso y una larga vida media (6000-9000 horas), esto hacen que resulten la interesantes económicamente.

Son muy apropiadas para alumbrado directo con aparatos de alumbrado suspendidos a mucha altura.

En naves industriales, 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.

## **Lámparas del vapor de Sodio**

Son muy utilizados para alumbrado exterior o en naves industriales con elevadas alturas de montaje. Podemos encontrar dos tipos: de baja o alta tensión.

Las de alta tensión presentan una gran duración y un alto rendimiento, lo que hace que se cambien cada mucho de tiempo. La elevada potencia unitaria que tiene hace que se utilicen en instalaciones interiores de industria.

### **1.3.4. Proceso de cálculo**

A la hora de calcular instalaciones interiores tenemos que tener en cuenta 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.

#### **1.3.4.1. Información previa de los factores de partida**

Con el objetivo de conseguir el mejor diseño posible en lo referido a iluminación general y uniforme, tendremos en cuenta los siguientes factores de partida:

- Tipo de tarea que se va a desempeñar.

## 1. Memoria

- Tensión de alimentación de la red eléctrica.
- La y la configuración que tiene el local.
- Las características y el tipo de objeto que se pretende iluminar.

### 1.3.4.2. Determinación del nivel de iluminación

Dependiendo de los diferentes locales y las actividades que se van a realizar en ellas, existen diferentes niveles de iluminación. Para determinar dichos niveles se han realizado diferentes estudios, los cuales determinan los valores orientativos que habría que colocar en cada situación. Hay que saber que es de carácter orientativo y habría que realizar un estudio detallado de cada.

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 espacio a iluminar	Nivel de iluminación en Lux (Lx)
<b>Escuelas:</b>	
Pasillos, vestíbulos, aseos	200
Aulas y bibliotecas	750
Cocinas y talleres en general	500
Aulas de dibujo	1000
<b>Hospitales:</b>	
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
<b>Sala de operación y autopsias:</b>	
Iluminación general	1000
Puesto de trabajo mayor	5000
Quirófano	20000-100000
Zona adyacente quirófano	10000
<b>Hostales y restaurantes:</b>	
Habitaciones y pasillos	200
Cocinas	500
Sala de lectura	500
Restaurante y autoservicio	300
Salas de costura	750
<b>Imprenta:</b>	
Alumbrado general	500
Comprobación colores	1200
Fotocomposición y montaje	1500
<b>Locales de trabajo:</b>	
Garajes y aparcamientos	80
Locales de vestuario, ducha y aseo	200
Locales de almacenaje	300
Fundiciones, cerámicas y granjas	150
<b>Locales de venta y exposición:</b>	
Almacenaje y exposición	250
Comercio y salas de exposición	500

## 1. Memoria

Pabellones de ferias	500
Supermercados	1000
Escaparates	Más de 1000
<b>Montaje de piezas:</b>	
Mecánica en general	500
Montajes precisión eléctricos	1500
Trabajos finos en cristal	1500
Piezas miniaturizadas	2000
<b>Oficinas:</b>	
Trabajos de mecanografía	750
Dibujo técnico	1200
Comprobación de colores	1200
<b>Punto y confección:</b>	
Telares punto oscuro	700
Telares punto claro	500
Control calidad	1000
<b>Trabajo de la madera:</b>	
Trabajo en banco	300
Trabajo en máquinas	500
Acabado, pulido y barnizado	500

Hay que tener en cuenta que cuando la diferencia de nivel de iluminación entre dos locales contiguos sea superior al 20%, 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.

### 1.3.4.3. Determinación del sistema de iluminación y tipo de luminaria.

#### 1.3.4.3.1. Sistemas de iluminación

Dentro de los sistemas de iluminación, a partir de sus características, podemos diferenciarlos en 5 grupos:

- **Directa:**  
Con este tipo de iluminación obtenemos altos niveles de iluminación sobre el plano útil de las mesas y los puestos de trabajo. Por sus características no ilumina las partes que están por encima de ella consiguiendo así que las pérdidas de luz que tendríamos por las claraboyas sean mínimas. Lo que queremos conseguir con este tipo de iluminación es tener el menor número de sombras posibles, para ello cada objeto será iluminado desde diferentes puntos.

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.

- **Semidirecta:**  
Con la iluminación semidirecta parte de la luz que emiten los aparatos, es reflejada sobre el techo, esto hace que su uso esté restringido para locales con un techo no

muy alto. No es recomendable utilizarlo en locales que estén provistos de claraboyas. Con este tipo de iluminación conseguimos de una manera económica altos niveles de iluminación, obteniendo unas sombras más suaves que con la iluminación directa ya que los objetos reciben la luz directa del aparato y la que se refleja en las paredes y el techo.

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

- **Difusa:**  
 Este tipo de iluminación da mucha importancia a la reflexión de luz proveniente de las paredes y el techo. Se consigue hacer desaparecer las sombras de los objetos, para esto y con el objetivo de que las paredes y el techo absorban la menor cantidad de luz posible, se aconseja pintar los locales con colores claros.

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

- **Semi-indirecta e indirecta:**  
 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. 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% del flujo luminoso emitido es dirigido hacia arriba en ángulos superiores a la horizontal.

Dependiendo de la distribución que tenga la luz en el local que vamos a iluminar, podemos obtener tres clases de alumbrado con cada uno de los cinco tipos de iluminación que hemos comentado anteriormente.

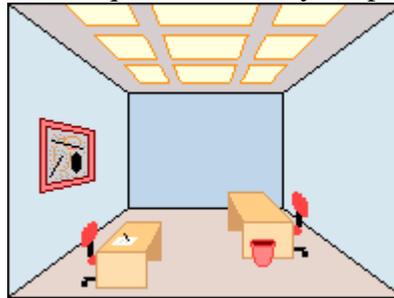
#### a) **Alumbrado general**

Es un alumbrado que ilumina los espacios de una manera uniforme, sin tener en cuenta las necesidades particulares que puede tener cada zona. La iluminación media deberá ser igual al nivel de iluminación que requiera la tarea específica.

Tiene la ventaja que podemos cambiar los espacios de trabajo ya que la con este tipo de alumbrado la iluminación seguirá siendo uniforme.

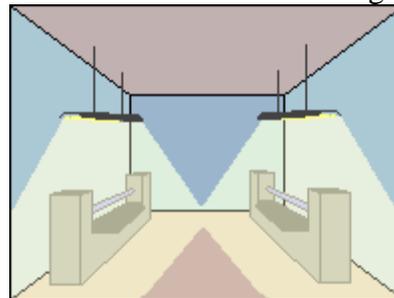
A la hora de distribuir los alumbrados, la forma más normal es colocar las luminarias de una forma simétrica, colocando en filas por columnas, siendo el producto el número total de luminarias a instalar.

Con el objetivo de que las luminarias queden repartidas lo más uniformemente posible, la distancia entre luminarias viene acotado y no puede sobrepasar un determinado valor. Este valor viene determinado por la altura de montaje, el nivel de iluminación o las características propias del local y de las propias luminarias. Normalmente, la distancia entre luminarias es el doble que entre estas y las paredes.



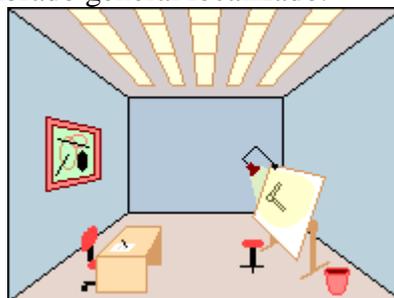
#### b) Alumbrado general localizado

Este tipo de alumbrado se centra en las zonas donde se necesita un alto nivel de iluminación, como pueden ser las zonas de trabajo. En las zonas contiguas será suficiente con el alumbrado general.



#### c) Alumbrado suplementario

Se trata de un alumbrado que proporciona un nivel de iluminación alto en puntos específicos de trabajo, se puede obtener combinando alumbrado general o alumbrado general localizado.



### 1.3.4.3.2. Tipos de lámparas

#### a) Lámpara de Incandescencia

Es un tipo de lámpara muy práctica y de fácil aplicación, en el mercado existe una amplia gama y las podemos encontrar con todo tipo de potencias. Se aconseja su uso para niveles de iluminación inferiores a 200 lux, tiene una gran presencia en alumbrado doméstico y de señalización. Este tipo de

lámparas tienen un rendimiento luminoso bajo y una duración media reducida.

Debido a las características que hemos comentado, no sale rentable su uso en espacios grandes que requieran un alto nivel de iluminación, tampoco se recomienda su uso para naves industriales ni locales comerciales que tengan una altura de montaje superior a cuatro metros.

#### **b) Lámpara Fluorescente**

Se utiliza cuando necesitamos una elevada temperatura de color, la T<sup>a</sup> de color define únicamente el color, es decir, el tono de la luz. También es utilizada 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 (2000horas o más).

Es una de las lámparas más utilizadas universalmente ya que el flujo luminoso es del orden de siete veces mayor comparado con el que producen las lámparas incandescentes de la misma potencia, otros factores que podemos resaltar es la gran calidad de luz y su larga vida. 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, etc.; donde la altura de montaje no supere los cinco metros.

#### **c) Lámpara de vapor de Mercurio**

Estas lámparas se utilizan para alumbrado industrial, cuando las condiciones de cálida de luz no son tan exigentes. Podemos encontrar dos tipos de lámparas: luz mixta o de color corregido; estas últimas tienen un elevado rendimiento luminoso y una larga vida media (6000-9000 horas), esto hacen que resulten la interesantes económicamente.

Son muy apropiadas para alumbrado directo con aparatos de alumbrado suspendidos a mucha altura.

En naves industriales, 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**

Son muy utilizados para alumbrado exterior o en naves industriales con elevadas alturas de montaje. Podemos encontrar dos tipos: de baja o alta tensión.

Las de alta tensión presentan una gran duración y un alto rendimiento, lo que hace que se cambien cada mucho de tiempo. La elevada potencia unitaria que tiene hace que se utilicen en instalaciones interiores de industria.

### **1.3.4.4. Determinación el factor de mantenimiento**

En cualquier instalación de alumbrado, encontramos tres elementos de mantenimiento, los cuales son variables y afectan a la cantidad de flujo luminosos 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.

### 1.3.4.4.1. 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 y 0,90. Típicamente se toma 0,75 o 0,8.

### 1.3.4.4.2. 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 y 0,70. Típicamente se toma 0,65.

### 1.3.4.4.3. 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 y 0,60. Típicamente se toma 0,55.

### 1.3.4.5. Cálculos 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:

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

En ambas formulas:

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, más la altura de montaje h, y más el 0,85 metros al que está el plano de trabajo. Es decir:

$$H = C + h + 0,85 \text{ m}$$

## 1. Memoria

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

$$h = H - (C + 0,85) \text{ m}$$

Con el de relación del local calculado, Se calculará el índice del local, K con ayuda de la siguiente tabla:

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

### 1.3.4.6. Determinación del factor de utilización

Se conoce como factor de utilización de un sistema de alumbrado a la relación existente entre el flujo luminoso que llega al plano de trabajo y el flujo total que emiten las lámparas instaladas.

Se trata de un factor complejo y difícil de calcular, pero es necesario debido a su importancia a la hora de hacer el cálculo del alumbrado. Su dificultad en los cálculos radica en que hay que tener en cuenta factores como: el valor adecuado del nivel de iluminación, el sistema de alumbrado, las luminarias, la dimensión del local, la reflexión o el propio factor de mantenimiento.

Los valores del factor de utilización vienen tabulados según cada fabricante, para obtener estos valores, se tienen en cuenta los siguientes aspectos: tipo de luminaria, índice del local y reflexión de los suelos y techos.

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 descubierto	J	0.32	0.27	0.23	0.32	0.26	0.23	0.25	0.23
	I	0.40	0.35	0.31	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, lo podemos definir como la relación que existe entre la luz reflejada por una superficie y la luz que incide sobre ella. Es un porcentaje que es diferente dependiendo del color y la tonalidad, todos estos aspectos viene tabulados en la siguiente tabla, de la cual obtenemos 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

## 1. Memoria

### 1.3.4.7. Cálculo del flujo a instalar

Para obtener el flujo total a instalar, utilizamos la siguiente fórmula:

$$\phi_T = \frac{E \times S}{\eta \times f_m}$$

Donde:

E = nivel de iluminación en lux según la tarea.

S= superficie del local.

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

η = factor de utilización, determinado según se ha visto.

### 1.3.4.8. Cálculo del número de luminarias

Como ya tenemos el valor del flujo total  $\phi_T$  y el flujo de cada luminaria (nos lo proporciona el fabricante)  $\phi_L$ , podemos calcular el nº de luminarias que tendremos que instalar.

Para ello utilizaremos la siguiente fórmula

$$N = \frac{\phi_T}{n \times \phi_L}$$

Donde:

N = Número de luminarias.

$\phi_T$  = Flujo a instalar.

n = Número de lámparas por luminaria.

$\phi_L$  = Flujo de la lámpara.

### 1.3.4.9. Distribución de las luminarias

Normalmente la distribución de luminarias más empleada es colocarlas de forma simétrica en filas y columnas, siendo el producto de ellas el nº total de luminarias a instalar.

En locales como aseos, el número de luminarias se aumenta para que todas las estancias queden iluminadas.

## 1.3.5. Alumbrado interior

### 1.3.5.1. Luminarias empleadas

El Alumbrado interior se ha calculado con el programa Dialux. Teniendo en cuenta la altura del local, la suspensión de la luminaria, la altura de montaje y la reflexión de suelos y techos.

Los resultados se pueden observar en el apartado Cálculo de iluminación en Dialux.

A continuación se detallan el número de lámparas y luminarias escogidas para cada zona del interior de la nave, teniendo en cuenta las actividades que se han de desarrollar en cada una de ellas. Para las distintas zonas de la nave se ha escogido el alumbrado general directo:

TIPO	MODELO DE LAMPARA
A	Philips - DN125B D234 PSR WH
B	Philips - RC120B W60L60
C	Philips - BBG520 MB ACT
D	Philips - BBS464 W60L60 AC-MLO-W
E	Legrand - 6622 27
F	Legrand - 6622 24
G	Philips - CABANA2 BY150P
H	Legrand - 6608 43
I	Philips - MASTER HPI-T Plus 400W/645
J	Philips - MASTER TL-D 51W/840

TIPO	MODELO DE LUMINARIA
A	Philips - 1xLED20S/840 (24W)
B	Philips - 1xLED37S/840 (42W)
C	Philips - 1xSLED800/840 (15W)
D	Philips - 1xLED48/840 (42W)
E	Legrand - 6622 27 (1x6W)
F	Legrand - 6622 24 (1x8W)
G	Philips - 1xHPI-P400W-BU (428W)
H	Legrand - 6608 43 (2x65W; LED)
I	Philips - RVP351 1X HPI-T 400W
J	Philips - TCS160 2xTL-D58W HF-E

El número de lámparas y luminarias que se detallan a continuación son el resultado del desarrollo que se detalla en “cálculos”. Los datos más relevantes de la siguiente tabla son “Tipo” y “N Final” donde se describen que tipo de lámpara, luminaria y la cantidad final.

### ALUMBRADO INTERIOR

CUADRO AUXILIAR 1								
	Tipo	S (m2)	E (Lux/m2)	fu	fm	Flujo necesario (lm)	Flujo/aparato	Nº
<b>Recepción</b>	A	34,04	350	1	0,8	11.914	1000	9
<b>Sala de reunión</b>	B	42,32	500	1	0,8	21.16	3700	9
<b>Pasillo_1</b>	C	33	120	1	0,8	3.96	883	6
<b>Oficina Técnica</b>	B	224,4	550	1	0,8	123.42	4300	42

CUADRO AUXILIAR 2								
	Tipo	S (m2)	E (Lux/m2)	fu	fm	Flujo necesario (lm)	Flujo/aparato	Nº
Sala de descanso_1	B	17.6	350	1	0,8	6.16	3.7	1
Despacho	D	14,72	550	1	0,8	8.096	3700	4
Aseo M	A	9.6	120	1	0,8	1.152	1000	2
Aseo H	A	9.6	120	1	0,8	1.152	1000	2
Vestuario H	B	38,7	350	1	0,8	13.545	3700	4
Vestuario M	B	38,7	350	1	0,8	13.545	3700	4
Sala descanso 2	B	87,45	320	1	0,8	27.984	3700	4
Pasillo 2	C	33	120	1	0,8	3.96	883	6

CUADRO AUXILIAR 3								
	Tipo	S (m2)	E (Lux/m2)	fu	fm	Flujo necesario (lm)	Flujo/aparato	Nº
Taller	G	1676,61	600	1	0,8	1.005.966	32.5	35
Mantenimiento	G	123,84	600	1	0,8	76.104	32.5	4

Para hacer los cálculos lumínicos se ha utilizado el programa Dialux. Los resultados se pueden observar en el ANEXO de "CALCULOS DIALUX". A continuación se hace un resumen de los resultados obtenidos:

### 1. Zonas 1 y 2:

#### 1.1. Recepción:

- Solución adoptada:
  - 9 lamparas Philips - DN125B D234 PSR WH
  - 9 luminarias Philips - 1xLED20S/840 (24W)

**Potencia: 216 W**

#### 1.2. Sala de reuniones:

- Solución adoptada:
  - 9 lámparas Philips - RC120B W60L60
  - 9 luminarias Philips - 1xLED37S/840 (42W)

**Potencia: 378 W**

### 1.3. Oficinas:

○ Solución adoptada:

- 42 lámparas Philips - BBG520 MB ACT
- 42 luminarias Philips - 1xLED37S/840 (42W)

**Potencia: 1764 W**

### 1.4. Pasillo1:

○ Solución adoptada:

- 6 lámparas Philips - BBG520 MB ACT
- 6 luminarias Philips - 1xSLED800/840 (15W)

**Potencia: 90 W**

### 1.5. Despacho:

○ Solución adoptada:

- 4 lámparas Philips - BBS464 W60L60 AC-MLO-W
- 4 luminarias Philips - 1xLED48/840 (42W)

**Potencia: 168 W**

### 1.6. Sala de descanso1:

○ Solución adoptada:

- 1 lámparas Philips - BBG520 MB ACT
- 1 luminarias Philips - 1xLED37S/840 (42W)

**Potencia: 42 W**

### 1.7. Aseo Mujeres:

○ Solución adoptada:

- 2 lámparas Philips - DN125B D234 PSR WH
- 2 luminarias Philips - 1xLED20S/840 (24W)

**Potencia: 48 W**

1.8. Aseo Hombres:

○ Solución adoptada:

- 2 lámparas Philips - DN125B D234 PSR WH
- 2 luminarias Philips - 1xLED20S/840 (24W)

**Potencia: 48 W**

1.9. Sala Descanso2:

○ Solución adoptada:

- 4 lámparas Philips - RC120B W60L60
- 4 luminarias Philips - 1xLED37S/840 (42W)

**Potencia: 90 W**

1.10. Pasillo2:

○ Solución adoptada:

- 6 lámparas Philips - BBG520 MB ACT
- 6 luminarias Philips - 1xSLED800/840 (15W)

**Potencia: 90 W**

1.11. Vestuarios Mujeres:

○ Solución adoptada:

- 4 lámparas Philips - BBG520 MB ACT
- 4 luminarias Philips - 1xLED37S/840 (42W)

**Potencia: 168 W**

1.12 Vestuarios Hombres:

○ Solución adoptada:

- 4 lámparas Philips - BBG520 MB ACT
- 4 luminarias Philips - 1xLED37S/840 (42W)

**Potencia: 168 W**

2.5. Pasillo2:

○ Solución adoptada:

- 6 lámparas Philips 2 x TL-D36W
- 6 luminarias Philips TBS 320 TBS320/236 C6 2xTL-D36W/840

**Potencia: 90 W**

**2. Zona 3**

2.1. Mantenimiento:

○ Solución adoptada:

- 6 lámparas Philips - CABANA2 BY150P
- 6 luminarias Philips - 1xHPI-P400W-BU (428W)

**Potencia: 2.400 W**

2.2. Producción:

○ Solución adoptada:

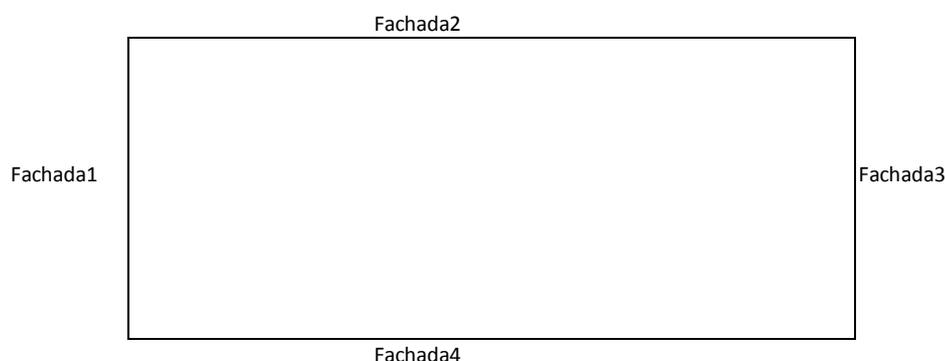
- 48 lámparas Philips - CABANA2 BY150P
- 48 luminarias Philips - 1xHPI-P400W-BU (428W)

**Potencia: 19.200W**

**1.3.6. Alumbrado exterior**

Además del cálculo de número de lámparas necesarias para el alumbrado exterior, también se debe de calcular el ángulo que ha de tener el proyector:

Para calcular la iluminación exterior se han supuesto 4 zonas diferentes, correspondientes a las 4 fachadas.



### 1.3.6.1. Luminarias empleadas

A continuación se hace un resumen de los resultados obtenidos:

#### 1. Fachada 1:

- 2 lámpara Philips SON-TPP 400W.
- 2 Proyector Philips Mazda MVF480 2xSON-TPP 400W-NB.

**Potencia: 800 W**

#### 2. Fachada 2:

- 4 lámpara Philips SON-TPP 400W.
- 4 Proyector Philips Mazda MVF480 2xSON-TPP 400W-NB.

**Potencia: 1600 W**

#### 3. Fachada 3:

- 2 lámpara Philips SON-TPP 400W.
- 2 Proyector Philips Mazda MVF480 2xSON-TPP 400W-NB.

**Potencia: 800 W**

#### 4. Fachada 4

- 4 lámparas Philips SON-TPP 400W.
- 4 Proyectores Philips Mazda MVF480 2xSON-TPP 400W-NB.

**Potencia: 1600 W**

### Características de las lámparas y luminarias escogidas

Las características de las luminarias y lámparas utilizadas en el presente proyecto, se pueden consultar en los catálogos de los distintos fabricantes.

### 1.3.7. Alumbrados especiales

Según la ITC-BT 28, las instalaciones destinadas a alumbrados especiales tienen por objeto asegurar, aún 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 (quirófanos, etc.).

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 su número sea inferior a 12.

## 1. Memoria

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.

Estos alumbrados tienen que tener una autonomía mínima de una hora y debe proporcionar en los pasos principales una iluminación mínima de 1 lux. En cambio en los puntos donde estén situados los equipos de protección contra incendios que exijan.

Comenzarán a funcionar automáticamente cuando se den una de estas dos condiciones:

Al producirse un fallo en los alumbrados generales o cuándo la tensión de los alumbrados 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.

Las zonas que se muestran a continuación deberán tener un alumbrado de emergencia:

- 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.

Con el objetivo de cumplir con lo dicho con anterioridad, puede aplicarse la siguiente regla práctica para la distribución de luminarias:

- Dotación: 5 lúmenes / m
- Flujo luminoso de las luminarias 4 h, siendo h la altura a las que estén instaladas las luminarias comprendidas entre 2,00 y 2,50 metros.

El alumbrado de señalización debe señalar de modo permanente la situación de puertas, pasillos, escaleras y salidas de los locales, durante todo el tiempo que permanezca con público.

Cuando tengamos locales, dependencias o indicaciones que deban iluminarse y coincidan con las de emergencia, los dos puntos de luz serán los mismos.

### 1.3.7.1. Luminarias empleadas

En el mercado actual existen aparatos que proporcionan en un mismo soporte, los alumbrados de emergencia y señalización. Como esta solución está permitida, es la que se utilizara en el presente proyecto.

Para llevar a cabo el alumbrado de emergencia se utilizaran los siguientes aparatos autónomos:

- Proyector autónomo de emergencia Legrand de 2x65w y 1500lm.  
Estos proyectores los utilizaremos para el alumbrado de emergencia del taller.
- Aparatos autónomos de emergencia Legrand; Ref: 6622 24; 8W de 350 lm.  
Estos aparatos los utilizaremos para el alumbrado de emergencia de oficinas, edificios exteriores y vestuarios.
- Aparatos autónomos de emergencia Legrand; Ref: 6622 07; 6W de 100 lm.  
Estos aparatos los utilizaremos para el alumbrado de emergencia de oficinas, edificios exteriores y vestuarios.

La colocación del alumbrado de emergencia y señalización se situarán a una altura de 2,30 m respecto del suelo, justo encima de los marcos de las puertas, excepto en el caso de los proyectores, que se colocarán a una altura de 3 m respecto del suelo.

A continuación se hace un resumen de los resultados obtenidos:

## 1. Zonas 1 y 2:

### 1.1. Recepción.

- Tipo de lámpara: lámpara de emergencia y señalización: marca LEGRAND Ref.6622 24. Potencia de la lámpara 8W.
- Solución: 1 luminarias de 350 lm.

**Potencia: 8W**

### 1.2. Sala de reuniones

- Tipo de lámpara: lámpara de emergencia y señalización: marca LEGRAND Ref. 6622 24. Potencia de la lámpara 8W.
- Solución: 1 luminaria de 350 lm.

**Potencia: 8W**

### 1.3. Pasillo.

- Tipo de lámpara: lámpara de emergencia y señalización: marca LEGRAND Ref. 6627 07. Potencia de la lámpara 6W.
- Solución: 2 luminarias de 100 lm.

**Potencia: 12W.**

### 1.4. Sala de descanso.

- Tipo de lámpara: lámpara de emergencia y señalización: marca LEGRAND Ref. 6627 07. Potencia de la lámpara 6W
- Solución: 1 luminaria de 100 lm.

**Potencia: 6W.**

### 1.5. Oficina

- Tipo de lámpara: lámpara de emergencia y señalización: marca LEGRAND Ref. 6622 24. Potencia de la lámpara 8W.
- Solución: 4 luminarias de 350 lm.

**Potencia: 32W.**

### 1.6. Despacho.

- Tipo de lámpara: lámpara de emergencia y señalización: marca LEGRAND Ref. 6627 07. Potencia de la lámpara 6W.
- Solución: 1 luminaria de 100 lm.

**Potencia: 6W.**

### 1.7. Aseo mujeres

- Tipo de lámpara: lámpara de emergencia y señalización: marca LEGRAND Ref. 6627 07. Potencia de la lámpara 6W.
- Solución: 1 luminaria de 100 lm.

**Potencia: 6W.**

### 1.8. Aseo hombres:

- Tipo de lámpara: lámpara de emergencia y señalización: marca LEGRAND Ref. 6627 07. Potencia de la lámpara 6W.
- Solución: 1 luminaria de 100 lm.

**Potencia: 6W.**

1.9. Sala de descanso.

- Tipo de lámpara: lámpara de emergencia y señalización: marca LEGRAND Ref.6622 24. Potencia de la lámpara 8W.
- Solución: 2 luminarias de 350 lm.

**Potencia: 16W.**

1.10. Pasillo2.

- Tipo de lámpara: lámpara de emergencia y señalización: marca LEGRAND Ref. 6622 07. Potencia de la lámpara 6W.
- Solución: 2 luminarias de 100 lm.

**Potencia: 12W.**

1.11. Vestuario Mujeres

- Tipo de lámpara: lámpara de emergencia y señalización: marca LEGRAND Ref. 6622 24. Potencia de la lámpara 8W.
- Solución: 1 luminaria de 350 lm.

**Potencia: 8W.**

2.2. Vestuario Hombres

- Tipo de lámpara: lámpara de emergencia y señalización: marca LEGRAND Ref.6622 24. Potencia de la lámpara 8W.
- Solución: 1 luminaria de 350 lm.

**Potencia: 8W.**

**2. Zona 3:**

2.1. Producción

- Tipo de lámpara: lámpara de emergencia y señalización: marca LEGRAND Ref. 6608 43. Potencia de la lámpara 2x65W.
- Solución: 4 luminarias de 1500 lm.
- 

**Potencia: 260W.**

2.4. Mantenimiento.

- Tipo de lámpara: lámpara de emergencia y señalización: marca LEGRAND Ref.6622 24. Potencia de la lámpara 8W.
- Solución: 3 luminarias de 350 lm.

**Potencia: 24W.**

### 3. Zona Centro de Transformación:

#### 3.1. Centro de Transformación

- Tipo de lámpara: lámpara de emergencia y señalización: marca LEGRAND Ref. 6622 07. Potencia de la lámpara 6W.
- Solución: 1 luminarias de 100 lm.

**Potencia: 6W.**

## 1.4. CONDUCTORES, CANALIZACIONES Y DISTRIBUCIÓN EN BAJA TENSIÓN

### 1.4.1. Introducción

Se denominan líneas interiores a las instalaciones que encontramos dentro de los edificios, que comienzan en el punto de conexión del transformador y terminan en los elementos receptores.

Realizaremos la conducción de electricidad desde el transformador hasta los elementos receptores, teniendo en cuenta que nuestra instalación es de baja tensión, utilizaremos las tensiones normalizadas según lo indique el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión.

Nosotros emplearemos corriente alterna trifásica (400/230 V), con lo que los conductores que utilicemos deberán calcularse para que tengan una resistencia mecánica suficiente. También habrá que tener en cuenta los criterios de caída de tensión y el criterio térmico.

### 1.4.2. Cables

#### 1.4.2.1. Factores para el cálculo de cables

A la hora de realizar los diferentes cálculos de las líneas de distribución, tendremos en dos factores:

1. Calentamiento de los conductores (criterio térmico)
2. Caída de tensión y pérdidas de potencia en los conductores.

#### 1) Calentamiento de los conductores (criterio térmico)

Cuando circula una intensidad “I” por un conductor que tiene una resistencia “R”, la temperatura se eleva hasta que el calor que ha transmitido la corriente al conductor y el calor cedido por el conductor al ambiente se igualan en igual tiempo.

Gracias a la ley de Joule podemos saber la cantidad de calorías recibidas en un segundo:

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

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, el material que forma su aislante, etc. Se demuestra que el aumento de temperatura es

## 1. Memoria

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.

En los conductores se produce un equilibrio de temperaturas entre el calor que adquiere por el paso de la corriente y el calor cedido a través del medio que lo rodea (aislamiento, pared, aire, tubo, etc.).

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 incremento de la temperatura es debido al aumento de la temperatura del conductor.

Contra mayor sea la intensidad, mayor será la temperatura que circule por el conductor, esto pondrá en peligro los aislantes ya que no están diseñados para soportar estas temperaturas. Si se deterioran los aislantes, habrá el riesgo de que se produzcan cortocircuitos.

A consecuencia de lo comentado anteriormente, para cada sección de conductor que utilicemos existirá un límite de carga en amperios el cual corresponde con la temperatura máxima que puede soportar dicha sección sin que comience a deteriorarse, debido a esto, no deberá sobrepasarse.

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.

En estas tablas se dan las intensidades máximas admisibles según unas determinadas condiciones (condiciones normales), para cada sección de cable. Existen otras tablas que son complementarias a las anteriores, en las cuales nos muestran diferentes factores de corrección de la intensidad admisible como pueden ser: resistividad térmica del suelo (cables subterráneos), disposición de los cables, temperatura del ambiente, clase de recubrimiento, etc.

Este tipo de factores de corrección se aplicarán cuando en nuestra instalación haya algunos aspectos que varíen de las condiciones normales.

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

Después de elegir la sección del cable teniendo en cuenta la intensidad nominal que va a circular (menor que la intensidad máxima admisible de dicho conductor para esa sección), tenemos que mirar ahora si esa sección cumple con 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.

### 1.4.2.2. Preinscripciones generales

#### 1.4.2.2.1. Conductores activos ITC BT 19

Son los encargados de transmitir la energía eléctrica, se aplica a los conductores de fase y neutro en corriente alterna. Los conductores flexibles serán únicamente de cobre.

Las sección que tienen los conductores está calculada de tal forma que admiten una caída de tensión entre el punto de origen de la instalación y cualquier punto de utilización, menor del 4,5% de la tensión nominal en el punto de origen, en el caso del alumbrado y menor del 6,5% para los demás usos.

La caída de tensión se calcula considerando alimentados todos los aparatos de utilización que pueden funcionar simultáneamente.

El valor de las intensidades máximas admisibles a una temperatura ambiente del aire de 40°C y para distintos tipos de cable, métodos de instalación y agrupamiento, vienen reflejadas en la ITC BT 19 tabla 19.2 del RBT.

#### 1.4.2.2.2. Conductores de protección ITC BT 19

En el caso de que los conductores de protección sean del mismo metal del que están constituidos los conductores de fase, tendrán una sección mínima, en función de la sección de los conductores de fase. Dichas secciones vienen reflejadas en la siguiente tabla:

Secciones de los conductores de fase o polares de la instalación (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
(*) 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 4 mm <sup>2</sup> si los conductores de protección no forman parte de la canalización de alimentación y no tienen una protección mecánica	

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

## 1. Memoria

Con el objetivo de mantener el mayor equilibrio posible en nuestra instalación, procuraremos repartir la carga entre las diferentes fases. Otro factor que tendremos en cuenta es que la instalación estará subdividida, para que en el caso de que se produzca alguna avería solo afecte a ciertas partes de la instalación.

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. Nuestra instalación tendrá que tener una rigidez dieléctrica 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.

Ante la posibilidad de que se encuentren canalizaciones eléctricas con otras no eléctricas, se tendrá que mantener una distancia entre las superficies exteriores de cada una por lo menos de 3 cm. En las canalizaciones eléctricas deberemos tener la opción de localizar y encontrar averías, poder reemplazarlas fácilmente y poder controlar su aislamiento.

### 1.4.2.3. 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 del 1,5% de la tensión nominal. En el caso de 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:

#### 1. Criterio de la caída de tensión

a) Para líneas trifásicas

$$S = \frac{2 \times L \times P}{c \times u \times V}$$

b) Para líneas monofásicas

$$S = \frac{L \times P}{c \times u \times V}$$

Donde:

S = Sección (mm<sup>2</sup>)

L = Longitud de la línea (m)

P = Potencia conectada (W)

## 1. Memoria

c = Conductividad del cobre (S/m=56)  
 u = Caída de tensión admisible (6,5% para fuerza y 4,5% para alumbrado)  
 V = Tensión nominal (V)

### 2. Criterio térmico

c) Para líneas trifásicas

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \times V \times \cos\phi}$$

a) Para líneas trifásicas

$$I = \frac{P}{V}$$

Donde:

I = Intensidad (A)  
 P = Potencia conectada (W)  
 V = Tensión nominal (V)

#### 1.4.2.4. Normas para la elección del cable

Tendremos que tener en cuenta las siguientes consideraciones a la hora de elegir el cable:

- ❖ En primer lugar tendremos que asegurarnos que el aislamiento del cable nos permita una continuidad eléctrica duradera en la parte conductora del cable. Para saber qué tipo de aislamiento utilizar, nos fijaremos en los picos de tensión que deberá soportar.
- ❖ Normalmente la sección que vamos a utilizar en el alumbrado, si la longitud no es pequeña, vendrá determinado por la caída de tensión.
- ❖ Tenemos que saber que el cable será la parte de la instalación que mejor deberá soportar los cortocircuitos que puedan producirse.
- ❖ La sección que tendrán los conductores, vendrá determinado por la corriente que circule y el calentamiento que se pueda producir, sin sobrepasar las temperaturas que puedan hacer que el cable se deteriore.

Tenemos que prever que la temperatura y los posibles esfuerzos electrodinámicos producidos por cortocircuitos no deterioren el cable.

#### 1.4.2.5. Conductores empleados

RZ1-K 0,6/ 1 kV GENERAL CABLE, (para la acometida).  
 Conductor: Cobre recocido flexible clase 5.  
 Aislamiento: Polietileno reticulado XLPE.  
 Cubierta: Mezcla especial cero halógenos, tipo AFUMEX Z1.  
 Tª de servicio: 25°C  
 Servicio permanente: 90°.  
 Cortocircuito: 250°.

RV-K 0,6/ 1 kV GENERAL CABLE, (para instalaciones interiores).

Conductor: Cobre recocido flexible clase 5.

Aislamiento: Polietileno reticulado XLPE.

Cubierta: XLPE.

Tª de servicio: 40°C

Servicio permanente: 70°.

Cortocircuito: 160°.

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.

### 1.4.3. Sistemas de canalizaciones

A la hora de canalizar los conductores, encontramos muchos sistemas: conductores desnudos colocados sobre aisladores, conductores aislados colocados sobre aisladores, conductores aislados bajo molduras, conductores aislados fijados directamente sobre las paredes, etc.

Tenemos que tener en cuenta que cuando nuestras canalizaciones pasen a través de elementos de construcción como pueden ser muros, tabiques o techos, deberán tener en cuenta las siguientes prescripciones: instalaciones protegidas contra deterioros mecánicos, no habrá ni derivaciones ni empalmes, etc.

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

#### 1.4.3.1. Tubos protectores

Dentro del mercado podemos encontrar diferentes tubos, dependiendo de las necesidades que tengamos. Algunos de estos 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 nombrados anteriormente tienen que soportar como mínimo las siguientes temperaturas sin deformarse:

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

En la ITC BT 21 del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión, podemos encontrar diferentes tablas, en las cuales nos especifica cuál será el diámetro de los tubos y el número de conductores que pueden pasar por cada uno de ellos.

Cuando coloquemos canalizaciones bajo tubos protectores, tenemos que tener en cuenta las siguientes consideraciones:

## 1. Memoria

- 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.
- En el caso de que se hagan conexiones, estas se realizaran en el interior de cajas apropiadas de materiales aislantes y no propagadores 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.

## 1. Memoria

- 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.

### 1.4.3.2. 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.

## 1. Memoria

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 su 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.

### 1.4.3.3. Canalizaciones empleadas:

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

#### a) Acometida:

La acometida partirá desde el centro de transformación hasta el cuadro general en el interior de la nave. Irá enterrada bajo tubo en una zanja.

Se llevará una terna de cables, constituida por tres fases y neutro, cada una de las fases por un conductor unipolar de 400 mm<sup>2</sup> y el neutro por un cable unipolar de 180 mm<sup>2</sup>.

#### b) Canalización general:

La canalización general de la nave se realizará a través de bandeja portacables de malla de acero galvanizado, se llevará canalizado desde la C.G.P. a los diferentes cuadros auxiliares de la empresa. Esta bandeja irá rodeando las diferentes zonas de la empresa, a una altura de 4 metros. Las bajantes a los cuadros auxiliares se hará a través de bandeja portacables y en los últimos 3 metros esta bandeja llevará una tapa para no tener acceso fácil a los conductores y evitar de esta manera peligros.

### c) Derivaciones:

La derivación de esta canalización a las diferentes máquinas se realizará a través de bandeja portacables y los últimos tres metros de la bajante de la bandeja ira con tapa.

Así mismo las derivaciones a la zona de oficinas se realizará a través de una bandeja portacables que irá por encima del falso techo. Al llegar a cada despacho la canalización será de tubo de XLPE que irá a través de falso techo y por catas.

## 1.5. TIPOS DE RECEPTORES

### 1.5.1. Receptores

En la ITC BT 43 podemos encontrar todas las especificaciones que nos da el reglamento en lo referido a receptores. Los aparatos receptores cuando estén funcionando 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 medio 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.

Los receptores no deberán conectarse a instalaciones cuya tensión asignada sea diferente de la indicada en el mismo.

#### 1.5.1.1. Receptores para el alumbrado ITC BT 44

Lo referido a los receptores para alumbrado lo podemos encontrar en la ITC BT 44.

Las lámparas de descarga deberán cumplir estas 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.

- En el caso de que estas lámparas estén en locales en los cuales funcionen máquinas con movimiento alternativo o rotatorio rápido, se deberán tomar las medidas necesarias para evitar accidentes causados por la ilusión óptica debido al efecto estroboscópico.
- Para receptores con lámparas de descarga, la carga mínima prevista en voltamperios será de 1,8 veces la potencia en vatios de las lámparas. En el caso de distribuciones monofásicas, el conductor neutro tendrá la misma sección que los conductores 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.

### 1.5.1.2. Receptores a motor ITC BT 47

Lo referido a los receptores se encuentra expresado en la ITC BT 47.

Los motores deberán instalarse de manera que la aproximación a sus partes en movimiento no pueda causar accidentes. Estos motores no podrán estar en contacto con materias combustibles.

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:

#### 1.5.1.2.1. 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.

#### 1.5.1.2.2. 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 motores.

### 1.5.2. Tomas de Corriente

#### 1.5.2.1. Introducción

Dentro de las tomas de corriente, al hacer nuestra instalación, tendremos que tener en cuenta diferentes normas dependiendo del uso que le demos a las tomas de corriente. En el caso de que las bases de tomas de corriente se utilicen para uso industrial, seguiremos lo acordado en la norma UNE 60309. En cambio si el uso que le vamos a dar a las bases de toma de corriente son para instalaciones interiores o receptoras serán de acuerdo a la norma UNE 20315.

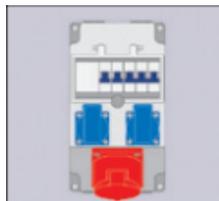
El cálculo de la potencia a instalar en las tomas de corriente se encuentra en el documento CÁLCULOS del presente proyecto.

#### 1.5.2.2. Tipos de tomas de corriente

Dentro de nuestra instalación utilizaremos tomas de corrientes monofásicas y trifásicas:

- Tomas de corriente monofásicas:
  - 230 V / 16 A / (2P+T).
  - La correspondiente para los ordenadores.

- Cajas de 2 tomas de corriente monofásicas y 1 toma trifásica:
  - 230 V / 16 A / (2P+T).
  - 400 V / 32 A / (4P+T).



### 1.5.2.3. Situación de tomas de corriente

Las tomas irán fijadas a las paredes por sus medios convencionales y a una altura de 20 cm en la zona 1, 2 y 3. En todas las zonas de la Nave industrial (Zona 4), las tomas de corrientes irán a una altura de 1,5 metros, agrupadas en unos cuadros con sus protecciones, cumpliendo así lo establecido en la ITC-BT-27.

## 1.6. PROTECCIONES EN BAJA TENSIÓN

### 1.6.1. Introducción

Dentro de las instalaciones de baja tensión, tendremos que utilizar diferentes protecciones las cuales vienen especificadas en el RBT. Dentro de las protecciones, podemos diferenciar entre las que protegen la instalación en lo referido a sobrecargas o cortocircuitos y las protecciones de las personas, en las cuales mencionaremos los contactos directos e indirectos.

### 1.6.2. Protección de la instalación

Con los elementos de protección contra instalaciones, buscamos identificar donde han ocurrido las posibles averías y separar las partes de la instalación. También buscamos limitar las sobreintensidades.

Normalmente dentro de la instalación dispondremos de varios interruptores en serie, los cuales serán selectivos. Con la selectividad conseguimos que solamente se dispare el interruptor inmediatamente anterior al fallo, en el caso de que el interruptor falle, deberá actuar uno de orden superior. Como tenemos varios interruptores en serie, habrá un tiempo de escalonamiento el cual es el intervalo necesario para que dispare con seguridad solo el interruptor de seguridad que se encuentre anterior al punto de defecto.

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

#### 1.6.2.1. Protección contra sobrecargas

Conocemos por sobrecarga al paso de una intensidad superior a la nominal de la instalación. En principio si la sobrecarga se produce en un pequeño periodo de tiempo no producirá daños, en cambio cuando ese periodo de tiempo sea mayor, se podrán producir daños debido a que los aparatos receptores y los propios conductores no están preparados para aguantar ese aumento de temperatura que se producirá debido al aumento de intensidad.

## 1. Memoria

Debido a que el mayor problema que podemos encontrar es el aumento de temperatura el cual es el que nos produce los desperfectos, las protecciones que utilizamos son esencialmente térmicas, o lo que es lo mismo, miden directa o indirectamente la temperatura de un objeto que tenemos que proteger.

Para conseguir medir la temperatura, utilizamos un relé térmico que reproduce las condiciones de carga y calentamiento del objeto que hay que proteger.

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

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

### 1.6.2.2. Protecciones contra cortocircuitos

Dentro de los cortocircuitos, deberíamos saber las siguientes consideraciones:

- Corriente de cortocircuito

Podemos definir la corriente de cortocircuito como la corriente que fluye por el cortocircuito mientras este aun se mantiene activo.

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, mientras que 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 valor máximo que se da en un instante después de producirse el cortocircuito y varía en función del momento en el que se produzca.

- 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

Se trata del valor eficaz de corriente alterna que tenemos después de haber finalizado el proceso de amortiguación. Este valor suele depender de la excitación que tengan los generadores, en el caso de que no se indique otra cosa, entendemos como corriente permanente de cortocircuito la que se establece en caso de cortocircuito en todos los polos de las bornas y la excitación nominal.

- Potencia inicial de cortocircuito

## 1. Memoria

Es la potencia que obtenemos si hacemos el producto entre la corriente alterna inicial de cortocircuito, la tensión de servicio y el factor de concatenación.

- Retardo mínimo de desconexión

Se trata del tiempo que pasa entre el momento que se produce el cortocircuito y el momento en el que queda totalmente abierto el 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

Podemos encontrar diferentes tipos de cortocircuitos pero los más conocidos son los siguientes: tripolares, bipolares, bipolares con contacto (simples o dobles).

- Impedancia de cortocircuito

Se trata de la impedancia que se encuentra la corriente cuando ocurre el cortocircuito. Lo que nos encontramos cuando ocurre un cortocircuito es que la intensidad que nos encontramos es muy grande, aproximadamente 10 veces más grande que la intensidad nominal.

Lo que nosotros buscamos en nuestra instalación es interrumpir rápidamente los cortocircuitos en el punto más cercano de donde ha ocurrido. Para ello en la ITC BT 22 encontramos diferentes dispositivos de protección contra cortocircuitos, los cuales se muestran a continuación:

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

En todo circuito que tengamos en la instalación, en su origen dispondremos de un dispositivo de protección contra cortocircuitos, el cual tendrá un poder de corte que dependerá de la intensidad que podremos encontrar en dicho punto. En el caso de que el circuito principal tenga otros circuitos derivados de él, estos estarán protegidos contra los cortocircuitos por el dispositivo de cabecera. De lo que si dispondrá cada uno de estos circuitos, será de protecciones contra sobrecargas.

Con el objetivo de cumplir con la norma UNE 20460 seguiremos las indicaciones de la tabla 1 de la ITC BT 22 del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión.

### 1.6.2.3. Proceso para el cálculo de las corrientes de cortocircuito

#### Ley general:

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

$$I_{cc} = \frac{U_s}{\sqrt{3} \times Z_t}$$

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 mΩ.

#### Cálculo de $Z_t$ :

Cada constituyente de una red de baja tensión se caracteriza por una impedancia  $Z$  compuesta de un elemento resistivo  $R$  y otro elemento inductivo  $X$ .

Para obtener el valor de la impedancia, descompondremos la red en trozos y para cada uno de ellos calcularemos los valores de  $R$  y  $X$ , después los sumaremos aritméticamente por separado. Una vez que tengamos estos valores y utilizando trigonometría, obtendremos el valor de la impedancia total  $Z_t$ . Para ello sabemos que  $R$  y  $X$  son los catetos y  $Z_t$  es la hipotenusa con lo que utilizando el teorema de Pitágoras, obtendremos el valor de la impedancia.

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

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

La compañía eléctrica suministradora, nos dará el valor de la potencia de cortocircuito de la red, que suele ser de 400 MVA.

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

$$Z = X = \frac{U^2}{S_{cc}}$$

Donde:

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

$S_{cc}$  = potencia de cortocircuito en KVA.

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

#### Transformador:

Con el objetivo de tener un cálculo aproximado, podemos despreciar la resistencia debida a las pérdidas en el cobre según la relación:

$$Z = X = \frac{U^2}{S_{cc}} \times \frac{U_{cc}}{100}$$

Donde:

Us = tensión en vacío entre fases en voltios.

Ucc = tensión de cortocircuito en % (4%)

S = potencia aparente en KVA (400 KVA)

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

La resistencia, o parte real de la impedancia del transformador es despreciable.

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

### Conductores:

El valor de la resistencia de los conductores la calcularemos mediante la siguiente fórmula:

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

Donde:

R = resistencia del conductor (Ω).

ρ = resistividad del conductor (en nuestro caso cobre).

L = longitud del conductor.

S = sección por fase del conductor.

El cálculo de la reactancia:

$$X = 0,15 \times L$$

Donde:

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

L = longitud del conductor (m).

### 1.6.3. Protección de las personas

Cuando tengamos dos puntos unidos por un elemento conductor y exista una diferencia de potencial entre ellos, circulará una corriente eléctrica entre ellos.

Esta corriente puede circular por una persona de dos formas:

- 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.

Debido al peligro que supone esto en las personas, se han realizado diferentes estudios para saber con exactitud qué valores son peligrosos en intensidad y tiempo, dibujando curvas límites tiempo-corriente mostrando el nivel de peligrosidad. En general, valores inferiores a 30 mA se ha comprobado que no son peligrosos para el hombre, así como tiempos inferiores 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.

En el caso de que se produzca un contacto directo o indirecto, el grado de peligrosidad, lo determinarán diferentes factores como pueden ser los fisiológicos. Pero por lo general, lo más importante suele ser la corriente que circula.

#### **1.6.3.1. 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 20460 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 20324.

- 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.

### 1.6.3.2. Protecciones 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:

$$R_A \times I_A < U$$

Donde:

$R_A$  = suma de las resistencias de toma 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 o 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.

#### 1.6.4. Solución adoptada

En el cuadro general de distribución se ha de colocar un interruptor automático de cabecera. A continuación cada línea dispondrá de un interruptor diferencial. Se colocan de esta manera con el fin de que hubiese algún fallo imprevisto (contacto indirecto), no nos quedemos sin suministro en toda la nave. A parte de esto, también se ha de colocar un interruptor automático al principio de cada una de las líneas, para la protección de éstas. La línea que va a la batería de condensadores está protegida por su interruptor automático y su interruptor diferencial.

Para los cuadros auxiliares cada línea estará protegida por un interruptor automático y abra un interruptor diferencial por cada 5 líneas como máximo.

La distribución de las distintas protecciones estará representada en los planos de los cuadros auxiliares.

Los elementos de protección utilizados son de la marca Merlin Gerin. Para su elección 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 debe ser selectiva para lo cual se debe dotar a los diferenciales situados en cabecera de línea una sensibilidad menor que la de los interruptores diferenciales situados aguas abajo.

Los cuadros de la instalación quedan definidos de la siguiente manera:

##### 1.6.4.1. Cuadro general de Distribución

*ENTRADA:*

Sección del cable: 3400x/180 mm<sup>2</sup> Cu  
 RZ1-K 0,6/1 KV GENERAL CABLE.

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:  
 Características principales:
  - Calibre: 800A
  - Poder de corte: 22 KA
  - N° de polos: III+N
  - Curva B

**SALIDAS:****Línea cuadro auxiliar 1: Zona 1.**

Sección del cable: 3x10/10 mm<sup>2</sup> Cu  
RV-K 0,6/1KV GENERAL CABLE

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:  
Características principales:
  - Calibre: 50A
  - Poder de corte: 22 KA
  - N° de polos: III+N
  - Curva C
  
- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:  
Características principales:
  - Calibre: 50A
  - Sensibilidad: 300 mA
  - N° de polos: 4P

**Línea cuadro auxiliar 2: Zona 2.**

Sección del cable: 3x6/6 mm<sup>2</sup> Cu  
RV-K 0,6/1KV GENERAL CABLE

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:  
Características principales:
  - Calibre: 40A
  - Poder de corte: 22 KA
  - N° de polos: III+N
  - Curva C.
  
- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:  
Características principales:
  - Calibre: 40A
  - Sensibilidad: 300 mA
  - N° de polos: 4P

**Línea cuadro auxiliar 3: Zona 3.**

Sección del cable: 3x25/16 mm<sup>2</sup> Cu  
RV-K 0,6/1KV GENERAL CABLE

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:  
Características principales:
  - Calibre: 80A
  - Poder de corte: 22 KA
  - N° de polos: III+N
  - Curva C

- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:  
Características principales:
  - Calibre: 80A
  - Sensibilidad: 300 mA
  - N° de polos: 4P

#### **Línea cuadro auxiliar 4: Zona 3.**

Sección del cable: 3x95/50 mm<sup>2</sup> Cu  
RV-K 0,6/1KV GENERAL CABLE

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:  
Características principales:
  - Calibre: 250A
  - Poder de corte: 22 KA
  - N° de polos: III+N
  - Curva C
- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:  
Características principales:
  - Calibre: 250A
  - Sensibilidad: 300 mA
  - N° de polos: 4P

#### **Línea cuadro auxiliar 5: Zona 3.**

Sección del cable: 3x95/50 mm<sup>2</sup> Cu  
RV-K 0,6/1KV GENERAL CABLE

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:  
Características principales:
  - Calibre: 250A
  - Poder de corte: 22 KA
  - N° de polos: III+N
  - Curva C.
- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:  
Características principales:
  - Calibre: 250A
  - Sensibilidad: 300 mA
  - N° de polos: 4P

### **Línea de la batería de condensadores:**

Sección del cable: 4x70+TTx35 mm<sup>2</sup>  
RV-K 0,6/1KV GENERAL CABLE

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:  
Características principales:
  - Calibre: 250A
  - Poder de corte: 22 KA
  - N° de polos: III+N
  - Curva C.
  
- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:  
Características principales:
  - Calibre: 250A
  - Sensibilidad: 300 mA
  - N° de polos: 4P

### **1.6.4.2. Cuadros secundarios**

Desde el Cuadro General se alimentará a varios cuadros secundarios. Se rotularán de modo que pueda identificarse cada protección con su circuito o máquina.

#### **1.6.4.2.1. Cuadro auxiliar 1: Zona 1.**

*ENTRADA:*

Sección del cable: 3x10/10 mm<sup>2</sup> Cu  
RZ1-K 0,6/1 KV GENERAL CABLE.

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:  
Características principales:
  - Calibre: 50A
  - Poder de corte: 6 KA
  - N° de polos: III+N
  - Curva C.

*SALIDAS:*

#### **Circuito 1.1:**

Sección del cable: 3x1,5/1,5+TTx1.5 mm<sup>2</sup> Cu  
RV-K 0,6/1KV GENERAL CABLE

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:  
Características principales:
  - Calibre: 6A
  - Poder de corte: 6 KA
  - N° de polos: III+N
  - Curva D.

- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:  
Características principales:
  - Calibre: 25 A
  - Sensibilidad: 30 mA
  - N° de polos: 4P

### **Circuito 1.2:**

Sección del cable: 3x1,5/1,5+TTx1.5 mm<sup>2</sup> Cu  
RV-K 0,6/1KV GENERAL CABLE

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:  
Características principales:
  - Calibre: 6A
  - Poder de corte: 6 KA
  - N° de polos: III+N
  - Curva D.
- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:  
Características principales:
  - Calibre: 25 A
  - Sensibilidad: 30 mA
  - N° de polos: 4P

### **Circuito 1.3:**

Sección del cable: 3x1,5/1,5+TTx1.5 mm<sup>2</sup> Cu  
RV-K 0,6/1KV GENERAL CABLE

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:  
Características principales:
  - Calibre: 6A
  - Poder de corte: 6 KA
  - N° de polos: III+N
  - Curva D.
- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:  
Características principales:
  - Calibre: 25 A
  - Sensibilidad: 30 mA
  - N° de polos: 4P

**Circuito 1.4:**

Sección del cable: 3x2,5/2,5+TTx2,5 mm<sup>2</sup> Cu  
RV-K 0,6/1KV GENERAL CABLE

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:  
Características principales:
  - Calibre: 16A
  - Poder de corte: 6 KA
  - N° de polos: III+N
  - Curva D.
  
- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:  
Características principales:
  - Calibre: 25 A
  - Sensibilidad: 30 mA
  - N° de polos: 4P

**Circuito 1.5:**

Sección del cable: 3x4/4+TTx4 mm<sup>2</sup> Cu  
RV-K 0,6/1KV GENERAL CABLE

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:  
Características principales:
  - Calibre: 16A
  - Poder de corte: 6 KA
  - N° de polos: III+N
  - Curva D.
  
- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:  
Características principales:
  - Calibre: 25 A
  - Sensibilidad: 30 mA
  - N° de polos: 4P

**1.6.4.2.2. Cuadro auxiliar 2: Zona 2.**

*ENTRADA:*

Sección del cable: 3x6/6 mm<sup>2</sup> Cu  
RZ1-K 0,6/1 KV GENERAL CABLE.

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:  
Características principales:
  - Calibre: 40A
  - Poder de corte: 6 KA
  - N° de polos: III+N
  - Curva C.

**SALIDAS:****Circuito 2.1:**

Sección del cable: 3x1,5/1,5+TTx1.5 mm<sup>2</sup> Cu  
RV-K 0,6/1KV GENERAL CABLE

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:  
Características principales:
  - Calibre: 6A
  - Poder de corte: 6 KA
  - N° de polos: III+N
  - Curva D.
  
- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:  
Características principales:
  - Calibre: 25 A
  - Sensibilidad: 30 mA
  - N° de polos: 4P

**Circuito 2.2:**

Sección del cable: 3x1,5/1,5+TTx1.5 mm<sup>2</sup> Cu  
RV-K 0,6/1KV GENERAL CABLE

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:  
Características principales:
  - Calibre: 6A
  - Poder de corte: 6 KA
  - N° de polos: III+N
  - Curva D.
  
- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:  
Características principales:
  - Calibre: 25 A
  - Sensibilidad: 30 mA
  - N° de polos: 4P

**Circuito 2.3:**

Sección del cable: 3x2,5/2,5+TTx2,5 mm<sup>2</sup> Cu  
RV-K 0,6/1KV GENERAL CABLE

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:  
Características principales:
  - Calibre: 16A
  - Poder de corte: 6 KA
  - N° de polos: III+N
  - Curva D.

- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:  
Características principales:
  - Calibre: 25 A
  - Sensibilidad: 30 mA
  - N° de polos: 4P

#### **Circuito 2.4:**

Sección del cable: 3x2,5/2,5+TTx2,5 mm<sup>2</sup> Cu  
RV-K 0,6/1KV GENERAL CABLE

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:  
Características principales:
  - Calibre: 16A
  - Poder de corte: 6 KA
  - N° de polos: III+N
  - Curva D.
- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:  
Características principales:
  - Calibre: 25 A
  - Sensibilidad: 30 mA
  - N° de polos: 4P

#### **1.6.4.2.3. Cuadro auxiliar 3: Zona 3.**

*ENTRADA:*

Sección del cable: 3x25/16 mm<sup>2</sup> Cu  
RZ1-K 0,6/1 KV GENERAL CABLE.

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:  
Características principales:
  - Calibre: 80A
  - Poder de corte: 6 KA
  - N° de polos: III+N
  - Curva C.

**SALIDAS:****Circuito 3.1:**

Sección del cable: 3x16/16+TTx16 mm<sup>2</sup> Cu  
RV-K 0,6/1KV GENERAL CABLE

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:  
Características principales:
  - Calibre: 32A
  - Poder de corte: 6 KA
  - N° de polos: III+N
  - Curva D.
  
- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:  
Características principales:
  - Calibre: 32 A
  - Sensibilidad: 30 mA
  - N° de polos: 4P

**Circuito 3.2:**

Sección del cable: 3x10/10+TTx10 mm<sup>2</sup> Cu  
RV-K 0,6/1KV GENERAL CABLE

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:  
Características principales:
  - Calibre: 32A
  - Poder de corte: 6 KA
  - N° de polos: III+N
  - Curva D.
  
- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:  
Características principales:
  - Calibre: 32 A
  - Sensibilidad: 30 mA
  - N° de polos: 4P

**Circuito 3.3:**

Sección del cable: 3x10/10+TTx10 mm<sup>2</sup> Cu  
RV-K 0,6/1KV GENERAL CABLE

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:  
Características principales:
  - Calibre: 32A
  - Poder de corte: 6 KA
  - N° de polos: III+N
  - Curva D.

- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:  
Características principales:
  - Calibre: 32 A
  - Sensibilidad: 30 mA
  - N° de polos: 4P

#### **1.6.4.2.4. Cuadro auxiliar 4: Zona 3.**

##### *ENTRADA:*

Sección del cable: 3x95/50 mm<sup>2</sup> Cu  
RZ1-K 0,6/1 KV GENERAL CABLE.

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:  
Características principales:
  - Calibre: 250A
  - Poder de corte: 10 KA
  - N° de polos: III+N
  - Curva C.

##### *SALIDAS:*

##### **Circuito 4.1:**

Sección del cable: 3x25+TTx16 mm<sup>2</sup> Cu  
RV-K 0,6/1KV GENERAL CABLE

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:  
Características principales:
  - Calibre: 100A
  - Poder de corte: 10 KA
  - N° de polos: III+N
  - Curva D.
- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:  
Características principales:
  - Calibre: 100 A
  - Sensibilidad: 300 mA
  - N° de polos: 4P

**Circuito 4.2:**

Sección del cable: 3x25+TTx16 mm<sup>2</sup> Cu  
RV-K 0,6/1KV GENERAL CABLE

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:  
Características principales:
  - Calibre: 100A
  - Poder de corte: 10 KA
  - N° de polos: III+N
  - Curva D.
  
- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:  
Características principales:
  - Calibre: 100 A
  - Sensibilidad: 300 mA
  - N° de polos: 4P

**Circuito 4.3:**

Sección del cable: 3x1,5+TT1,5 mm<sup>2</sup> Cu  
RV-K 0,6/1KV GENERAL CABLE

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:  
Características principales:
  - Calibre: 10A
  - Poder de corte: 10 KA
  - N° de polos: III+N
  - Curva D.
  
- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:  
Características principales:
  - Calibre: 25 A
  - Sensibilidad: 300 mA
  - N° de polos: 4P

**Circuito 4.4:**

Sección del cable: 3x1,5+TT1,5 mm<sup>2</sup> Cu  
RV-K 0,6/1KV GENERAL CABLE

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:  
Características principales:
  - Calibre: 10A
  - Poder de corte: 10 KA
  - N° de polos: III+N
  - Curva D.

- Mismo Interruptor automático diferencial que en el circuito 4.2:  
 Características principales:
  - Calibre: 25 A
  - Sensibilidad: 300 mA
  - N° de polos: 4P

#### **Circuito 4.5:**

Sección del cable: 3x1,5+TT1,5 mm<sup>2</sup> Cu  
 RV-K 0,6/1KV GENERAL CABLE

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:  
 Características principales:
  - Calibre: 32A
  - Poder de corte: 10 KA
  - N° de polos: III+N
  - Curva D.
- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:  
 Características principales:
  - Calibre: 32 A
  - Sensibilidad: 30 mA
  - N° de polos: 4P

#### **1.6.4.2.5. Cuadro auxiliar 5: Zona 3.**

*ENTRADA:*

Sección del cable: 3x95/50 mm<sup>2</sup> Cu  
 RZ1-K 0,6/1 KV GENERAL CABLE.

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:  
 Características principales:
  - Calibre: 250A
  - Poder de corte: 15 KA
  - N° de polos: III+N
  - Curva C.

*SALIDAS:*

#### **Circuito 5.1:**

Sección del cable: 3x16+TTx16 mm<sup>2</sup> Cu  
 RV-K 0,6/1KV GENERAL CABLE

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:  
 Características principales:
  - Calibre: 80A
  - Poder de corte: 15 KA

- N° de polos: III+N
- Curva D.
- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:  
Características principales:
  - Calibre: 80 A
  - Sensibilidad: 300 mA
  - N° de polos: 4P

### **Circuito 5.2:**

Sección del cable: 3x10+TTx10 mm<sup>2</sup> Cu  
RV-K 0,6/1KV GENERAL CABLE

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:  
Características principales:
  - Calibre: 50A
  - Poder de corte: 15 KA
  - N° de polos: III+N
  - Curva D.
- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:  
Características principales:
  - Calibre: 63 A
  - Sensibilidad: 300 mA
  - N° de polos: 4P

### **Circuito 5.3:**

Sección del cable: 3x10+TTx10 mm<sup>2</sup> Cu  
RV-K 0,6/1KV GENERAL CABLE

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:  
Características principales:
  - Calibre: 50A
  - Poder de corte: 15 KA
  - N° de polos: III+N
  - Curva D.
- Mismo interruptor automático diferencial que el del circuito 5.3:  
Características principales:
  - Calibre: 63 A
  - Sensibilidad: 300 mA
  - N° de polos: 4P

**Circuito 5.4:**

Sección del cable: 3x1,5+TTx1,5 mm<sup>2</sup> Cu  
RV-K 0,6/1KV GENERAL CABLE

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:  
Características principales:
  - Calibre: 10A
  - Poder de corte: 15 KA
  - N° de polos: III+N
  - Curva D.
  
- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin::  
Características principales:
  - Calibre: 25 A
  - Sensibilidad: 300 mA
  - N° de polos: 4P

**Circuito 5.5:**

Sección del cable: 3x1,5+TTx1,5 mm<sup>2</sup> Cu  
RV-K 0,6/1KV GENERAL CABLE

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:  
Características principales:
  - Calibre: 6A
  - Poder de corte: 15 KA
  - N° de polos: III+N
  - Curva D.
  
- Mismo interruptor automático diferencial que el del circuito 5.4:  
Características principales:
  - Calibre: 25 A
  - Sensibilidad: 300 mA
  - N° de polos: 4P

**Circuito 5.6:**

Sección del cable: 3x1,5+TTx1,5 mm<sup>2</sup> Cu  
RV-K 0,6/1KV GENERAL CABLE

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:  
Características principales:
  - Calibre: 6A
  - Poder de corte: 15 KA
  - N° de polos: III+N
  - Curva D.

- Mismo interruptor automático diferencial que el del circuito 5.4:  
Características principales:
  - Calibre: 25 A
  - Sensibilidad: 300 mA
  - N° de polos: 4P

### **Circuito 5.7:**

Sección del cable: 3x1,5+TTx1,5 mm<sup>2</sup> Cu  
RV-K 0,6/1KV GENERAL CABLE

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:  
Características principales:
  - Calibre: 16A
  - Poder de corte: 15 KA
  - N° de polos: III+N
  - Curva D.
- Mismo interruptor automático diferencial que el del circuito 5.4:  
Características principales:
  - Calibre: 25 A
  - Sensibilidad: 300 mA
  - N° de polos: 4P

### **Circuito 5.8:**

Sección del cable: 3x6/6+TTx6 mm<sup>2</sup> Cu  
RV-K 0,6/1KV GENERAL CABLE

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:  
Características principales:
  - Calibre: 32A
  - Poder de corte: 15 KA
  - N° de polos: III+N
  - Curva D.
- Mismo interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:  
Características principales:
  - Calibre: 32 A
  - Sensibilidad: 30 mA
  - N° de polos: 4P

## 1.7. PUESTA A TIERRA

### 1.7.1. Introducción

Con el objetivo principal de limitar la tensión, que con respecto a tierra podemos encontrar en las masas metálicas, colocamos las puestas a tierra. Gracias a las puestas a tierra, aseguraremos la actuación de las protecciones y eliminaremos o disminuirémos el riesgo que supone una avería en los materiales eléctricos utilizados.

Podemos decir que la puesta a tierra es un circuito de protección, que se plantea como una instalación paralela a la instalación eléctrica. Gracias a la puesta a tierra, logramos proteger a las personas, las instalaciones eléctricas o 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 de 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.

Gracias a las tomas de tierra, limitamos las sobreintensidades que aparecen en las instalaciones, contra menor sea la impedancia del las tomas de tierra al paso de la corriente mayor será la limitación.

En el caso de que tengamos algún tipo de perturbación, tenemos que conseguir mediante corrección de pequeños valores de puesta a tierra que los equipos de una misma instalación queden al mismo potencial, es decir, la equipotencialidad.

### 1.7.2. Objetivo de la puesta a tierra

La puesta a tierra tiene el objetivo de conseguir que en las instalaciones, en los edificios y en las superficies que están próximas al terreno que no haya diferencias de potencial que pueden resultar peligrosas y al mismo tiempo permita el paso a tierra de las corrientes de falta o las descargas atmosféricas que se puedan dar. Definiremos como puesta a tierra a la unión eléctrica directa (sin ningún tipo de protección y de sección suficiente) entre determinados elementos o partes de una instalación y un electrodo o grupo de electrodos enterrados en el suelo.

Con la instalación de puesta a tierra, conseguimos que todas las corrientes eléctricas que salgan de su recorrido normal, descargas de orígenes atmosféricos o procedentes de otras fuentes sean derivadas a tierra.

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:

## 1. Memoria

- 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).

### 1.7.3. Partes de la puesta a tierra

#### **Terreno:**

En las puestas a tierra el terreno se considera como un elemento de disipar las posibles corrientes de defecto o las descargas de origen atmosférico que podamos encontrar en una instalación. 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.

Dependiendo de la resistividad que nos pueda ofrecer cada cuerpo dejarán pasar con más o menos facilidad la corriente eléctrica, en el caso de que tenga una resistividad muy baja, dejarán pasar más fácilmente la corriente eléctrica. Cada terreno tendrá diferentes capas de materiales con lo que tendrá una resistividad media producida por la resistividad de cada terreno. La resistividad del terreno se mide en ohmios por metro.

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 conceptos:

- 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.

#### **Tomas de tierra:**

Conocemos como toma de tierra, al elemento que une el terreno y el circuito interior instalado en el interior del edificio. Dentro de los componentes que forman la toma de tierra estos son los indispensables:

## 1. Memoria

### 1. Electrodo.

Se trata del elemento metálico que está en contacto permanente con el terreno, facilitando el paso de la corriente de defecto o la posible carga eléctrica que nos podamos encontrar.

Los electrodos que nos encontremos, podrán ser naturales o artificiales; en el caso de los naturales, se tratan de electrodos constituidos por conducciones metálicas enterradas, como cubiertas de plomo de redes subterráneas, pilares metálicos de edificios, etc. En cambio los artificiales suelen ser, picas, placas metálicas, cables etc.

La sección que tendrá el electrodo dependerá del valor de resistencia a tierra, por norma general la sección no deberá ser inferior a un cuarto de la sección del conductor de la línea principal de tierra.

### 2. Líneas de enlace con tierra.

La línea de enlace, está formada por los conductores que unen el electrodo 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 mm<sup>2</sup> de sección en caso de ser de cobre o su equivalente de otros metales.

### 3. Punto de puesta a tierra.

El elemento de puesta a tierra, está colocado fuera del terreno y se utiliza como conexión entre la línea de enlace con tierra y la línea principal de tierra.

Dependerá del tipo de instalación el número de puntos de puesta a tierra conectados al mismo electrodo conjunto de ellos.

#### **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.

El conductor tendrá como mínimo una sección de 16mm<sup>2</sup> y serán de cobre, de todas formas para saber cuál es la sección apropiada, se dimensionarán con la máxima corriente de falta que se prevé. A la hora de hacer la instalación, buscaremos los caminos más cortos posibles, evitando los cambios de dirección bruscos. Los conductores estarán preparados para evitar la corrosión y evitaremos someterlos a 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.

#### **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 en la siguiente tabla:

Secciones de los conductores de fase o polares de la instalación (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
(*) 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 4 mm <sup>2</sup> si los conductores de protección no forman parte de la canalización de alimentación y no tienen una protección mecánica	

### Conductores de protección:

Estos conductores serán los encargados de unir eléctricamente las masas de una instalación y los aparatos eléctricos con las derivaciones de la línea principal de tierra con el objetivo de asegurar la protección contra los contactos indirectos. Por norma general, estos conductores serán de cobre y se dimensionarán en función de la sección del conductor de fase de la instalación que protege según la ITC BT 19.

#### 1.7.4. Elementos a conectar a la toma de tierra

Después de haber realizado la toma de tierra del edificio, conectaremos 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) 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.

#### 1.7.5. Solución adoptada

Nuestro 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, a los pilares metálicos y a cada cuadro eléctrico. 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 de los cuadros a través de una caja de seccionamiento y medida de puesta a tierra situada junto al cuadro, desde donde partirán las derivaciones de los conductores de protección a los distintos receptores (alumbrado de la nave, tomas de corriente y maquinaria).

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

## 1.8. CORRECCIÓN DEL FACTOR DE POTENCIA

### 1.8.1. Generalidades

Las diferentes máquinas y aparatos que utilizamos en nuestra instalación, consumen tanto energía activa como 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.

Dependiendo de las características de los receptores y del régimen de funcionamiento (tipo de motor, velocidad, carga) el factor de potencia variará; dicho factor es independiente de los rendimientos de los receptores.

### 1.8.2. Ventajas de un elevado factor de potencia

En el caso de que tengamos un buen factor de potencia, obtendremos las siguientes ventajas:

- 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 a la compañía suministradora para valores de:  $0,95 < \cos\phi < 1$ .

### 1.8.3. Métodos para mejorar el factor de potencia

#### 1.8.3.1. Procedimientos directos

Con el objetivo de mejorar nuestro factor de potencia, podemos actuar directamente sobre la causa que hace que tengamos un bajo factor de potencia, para ello procuraremos en la medida de lo posible disminuir el consumo innecesario de energía reactiva actuando sobre las cargas de nuestra instalación, considerando las más importantes, las siguientes:

- 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.

#### 1.8.3.2. Procedimientos indirectos

Otra manera de mejorar nuestro factor de potencia, sería de una manera indirecta, la cual consiste 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.

#### 1.8.3.3. 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.

### 1.8.4. Clasificación y elección de la compensación

#### 1.8.4.1. Clasificación por la situación de la compensación

- **Situación en cabecera:**

En el caso de que nuestros condensadores, estén colocados en la cabecera de la instalación, provocarán que se reduzca el consumo de energía reactiva, lo cual supone evitar penalizaciones económicas por un consumo excesivo de dicha energía. Gracias a esto conseguiremos ajustar la potencia aparente “S” a lo que requiera la instalación.

De todos modos tenemos que tener en cuenta que la corriente reactiva estará presente en toda la instalación ya que la compensación se produce en la cabecera, por lo cual no conseguiremos disminuir las pérdidas por efecto Joule.

- **Situación en cada receptor inductivo:**

Con este método conectaremos los condensadores en los bornes de cada uno de los receptores de tipo inductivo, con esto conseguimos ajustar el valor de la “S” a la necesidad

## 1. Memoria

real, evitar penalizaciones por consumo de energía y 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 lo cual no circula en los cables de la instalación.

- **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.

### 1.8.4.2. 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.

Finalmente se optará por una compensación en la cabecera de la instalación.

### 1.8.4.3. Clasificación por tipo de condensador

- **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.

- **Compensación automática (variable):**

La compensación automática se realiza con un equipo de condensadores que se adecúan a las variaciones de potencia reactiva de la instalación para conseguir mantener el factor de potencia objetivo.

El equipo de compensación automático, o batería de condensadores, está compuesto de un regulador, que mide el factor de potencia 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 capacitiva.

### 1.8.4.4. 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 factor de potencia  $\cos \phi$  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.

#### **1.8.4.5. Características técnicas del equipo de compensación automática**

El equipo seleccionado para la corrección automática del factor de potencia es una batería de condensadores de 100 KVAR ES2:4RY0100-3NP40 de Siemens 400V, que se colocará en el lado del Cuadro General de BT.

##### **Referencias:**

- Q(kvar): 100 kVAR
- Composición kvar (nº grupos x kvar): 10+20+30+40
- I nominal (A): 217 A
- Tensión (V): 400 V

##### **Características:**

- Tensión asignada: 400 V trifásicos, 50 Hz.
- Tensión máxima admisible: 470 V.
- Grado de protección: IP 2X con la puerta abierta.
- Protección: IP 31- IK 05.
- Normas: IEC 60439-1 y 2, y EN 60439-1.

## **1.9. CENTRO DE TRANSFORMACIÓN**

### **1.9.1. Introducción**

Mediante un transformador propiedad de la empresa, se alimentarán todos los circuitos de la instalación, el cual, estará ubicado en un local exclusivo y de fácil acceso. Dentro de dicho local, encontraremos los elementos de unión entre la red de distribución y el transformador de potencia. A este centro de transformación, llegará la acometida de alta tensión a 13.2 KV subterránea, en el local estarán todos los elementos necesarios y exigidos por la reglamentación vigente.

Colocaremos un transformador de 400 KVA mediante el cual cubriremos las necesidades que nos pueda requerir nuestra instalación.

Para la elaboración del proyecto se ha tenido en cuenta la siguiente normativa:

- Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas y Centros de transformación, e Instrucciones Técnicas Complementarias (Real Decreto 3.275/82, de noviembre de 1982).
- Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión e Instrucciones Técnicas Complementarias (Real Decreto 842/2002, de agosto de 2002).
- Reglamento de Verificaciones Eléctricas y Regularidad en el Suministro de Energía Eléctrica (Real Decreto 1075/1986 de 2 de mayo de 1986).

- Normas UNE y Recomendaciones UNESA que sean de aplicación.
- Normas particulares de Iberdrola.
- Condiciones impuestas por las entidades públicas afectadas.

### 1.9.2. Características generales del centro de transformación

La acometida será subterránea, se alimentará de la red de Media Tensión, el suministro de energía se efectuará a una tensión de servicio de 13,2 KV y a una frecuencia de 50 Hz, siendo la Compañía Eléctrica suministradora Iberdrola.

Dadas las características de ubicación de la parcela en la que se emplaza la nave, la empresa suministradora, clasifica el centro de transformación objeto de estudio como centro de transformación de abonado. Por lo que se considerará la llegada de una única línea de media tensión, y no será necesaria la instalación de una celda de salida.

El centro de transformación será prefabricado de la marca ORMAZABAL, modelo PFU-5, empleando para su aparellaje celdas prefabricadas bajo envolvente metálica según la norma UNE-20.099-90 de la marca ORMAZABAL. Se encuentra situado en la parte sur de la nave.

### 1.9.3. Características de las celdas

Los tipos generales de celdas empleadas en este proyecto son sistema CGM: celdas modulares de aislamiento en aire equipadas de aparellaje fijo que utiliza el hexafloruro de azufre como elemento de corte y extinción de arco.

Responderán en su concepción y fabricación a la definición de apartamento bajo envolvente metálica compartimentada de acuerdo con la norma UNE-20.099-90.

#### 1.9.3.1. Descripción de la instalación

##### 1.9.3.1.1. Obra civil

##### 1.9.3.1.1.1 Local

El centro estará ubicado en una caseta independiente destinada únicamente a esta finalidad, situado en la parte exterior, a la misma altura de la CGP.

La caseta será de construcción prefabricada de hormigón de la marca ORMAZABAL, modelo PFU-5.

El acceso al centro de transformación estará restringido al personal de la Compañía Eléctrica suministradora y al personal de mantenimiento especialmente autorizado. Se dispondrá de una puerta peatonal cuyo sistema de cierre permitirá el acceso a ambos tipos de personal, teniendo en cuenta que el primero lo hará con la llave normalizada por la Compañía Eléctrica.

##### 1.9.3.1.1.2 Características constructivas

Se trata de una constitución prefabricada de hormigón modelo PFU-5 de ORMAZABAL, cuyas características más destacadas serán:

- **Compacidad:**

Esta serie de prefabricados se montarán enteramente en fábrica. Realizar el montaje en la propia fábrica supondrá obtener:

- Calidad en origen.
- Reducción del tiempo de instalación.
- Posibilidad de posteriores traslados.

Facilidad de instalación:

La innecesaria cimentación y el montaje en fábrica permitirán asegurar una cómoda y fácil instalación.

- **Material:**

El material empleado en la fabricación de las piezas (bases, paredes, techos) es hormigón armado. Con la justa dosificación y el vibrado adecuado, se conseguirán unas características óptimas de resistencia característica y una perfecta impermeabilidad.

- **Equipotencialidad:**

La propia armadura de mallazo electrosoldado garantizará la perfecta equipotencialidad de todo el prefabricado. Como se indica en la recomendación UNESA las puertas y rejillas de ventilación no estarán conectadas al sistema equipotencial.

Entre la armadura, embebida de hormigón, y las puertas y rejillas existirá una resistencia eléctrica superior a  $10000\Omega$ .

Ningún elemento metálico unido al sistema de equipotencialidad será accesible desde el exterior.

- **Impermeabilidad:**

Los techos estarán diseñados de tal forma que se impidan las filtraciones y la acumulación de agua sobre estos, desaguado directamente al exterior desde su perímetro.

- **Grados de protección:**

Serán conformes a la UNE 20324/89 de tal forma que la parte exterior del edificio prefabricado será IP239, excepto las rejillas de ventilación donde el grado de protección será IP339.

Los componentes principales que formarán el edificio prefabricado son los que se indican a continuación:

- a) **Envolvente:**

La envolvente (base, paredes y techos) de hormigón armado se fabricará de tal manera que se cargará sobre camión como un solo bloque en fábrica.

## 1. Memoria

La envolvente estará diseñada de tal forma que se garantizará una total impermeabilidad y equipotencialidad del conjunto, así como una elevada resistencia mecánica.

En la base de la envolvente irán dispuestos, tanto en el lateral como en la solera, los orificios para la entrada de cables de Alta y Baja Tensión. Estos orificios son partes debilitadas del hormigón que se deberán romper (desde el interior del prefabricado) para realizar la acometida de cables.

### **b) Suelos:**

Estarán constituidos por elementos planos prefabricados de hormigón armado apoyados en un extremos sobre unos soportes metálicos en forma de U, los cuales constituirán los huecos que permitirán la conexión de cables en las celdas.

Los huecos que no queden cubiertos por las celdas o cuadros eléctricos se tapanán con unas placas fabricadas para tal efecto. En la parte frontal se dispondrán unas placas de peso reducido que permitirán el acceso de personas a la parte inferior del prefabricado a fin de facilitar las operaciones de conexión de los cables.

### **c) Cuba de recogida de aceite:**

La cuba de recogida de aceite se integra en el propio diseño del hormigón.

Tendrá una capacidad suficiente para transformadores de hasta 800 KVA, estando así diseñada para recoger en su interior el aceite del transformador sin que este se derrame por la base.

### **d) Puertas y rejillas de ventilación:**

Estarán construidas en chapa de acero galvanizado recubierta con resina epoxi.

Esta doble protección, galvanizado más pintura, las hará muy resistentes a la corrosión causada por los agentes atmosféricos.

Las puertas estarán abisagradas para que se puedan abatir 180° hacia el exterior, y se podrá mantener en la posición de 90° con retenedor metálico.

El acabado estándar del centro se realiza con pintura acrílica rugosa, de color blanco en las paredes y marrón en los techos, puertas y rejillas.

Las dimensiones del centro de transformación quedan reflejadas a continuación:

- Longitud (mm): 6080
- Altura (mm): 3045
- Fondo (mm): 2380
- Peso (kg): 17460

Los equipos eléctricos inmersos en el centro de transformación serán prefabricados y cumplirán con las especificaciones indicadas en MIE RAT 19.

El acceso al centro de transformación estará restringido al personal de la compañía eléctrica suministradora y al personal de mantenimiento especialmente autorizado.

#### 1.9.4. Instalación eléctrica

##### 1.9.4.1. Características de la red de alimentación

La red de alimentación al centro de transformación será de tipo subterráneo a una tensión de 13,2 KV y 50 Hz de frecuencia.

La potencia de cortocircuito máxima de la red de alimentación será de 400 MVA según datos suministrados por la compañía suministradora.

##### 1.9.4.2. Características de la aparamenta de media tensión

Las características generales de los tipos de aparamenta empleados en la instalación de media tensión son los siguientes:

- **Celdas CGM**

El sistema CGM está formado por un conjunto de celdas modulares de media tensión, con aislamiento y corte de hexafluoruro de azufre (SF<sub>6</sub>), cuyos embarrados se conectan utilizando unos elementos patentados por ORMAZABAL y denominados “conjuntos de unión”, consiguiendo una unión totalmente apantallada, e insensible a las condiciones externas.

Las partes que componen estas celdas son:

###### a) Base y frente:

La altura y el diseño de esta base permiten el paso de cables entre celdas sin necesidad de foso, y presentan el mismo unifilar del circuito principal y ejes de accionamiento de la aparamenta a la altura idónea para su operación.

Igualmente, la altura de esta base facilita la conexión de los cables frontales de la acometida.

La parte frontal incluye en su parte superior la placa de características eléctricas, la mirilla para el manómetro, el esquema eléctrico de la celda y los accesos de los accionamientos del mando y, en la parte inferior, se encuentran las tomas para las lámparas de señalización de tensión y el panel de acceso de los cables y fusibles. En su interior hay una pletina de cobre a lo largo de toda la celda, permitiendo la conexión a la misma del sistema de tierras y de las pantallas de los cables.

###### b) Cuba:

La cuba fabricada en acero inoxidable de 2 mm de espesor, contiene el interruptor, el embarrado y los portafusibles. El gas SF<sub>6</sub> se encuentra en su interior a una presión absoluta de 1,3 bares. El sellado de la cuba permite el mantenimiento de los requisitos de operación segura durante más de 30 años, sin necesidad de reposición de gas.

Esta cuba cuenta con un dispositivo de evacuación de gases que, en caso de arco interno permite su salida hacia la parte trasera de la celda, evitando así, con la ayuda de la altura de las celdas, su incidencia sobre las personas, los cables, o la aparamenta del centro de transformación.

### c) Interruptor – Seccionador – Seccionador de puesta a tierra:

El interruptor disponible en el sistema CHM tiene las tres posiciones: conectado, seccionado y puesto a tierra (salvo para el interruptor de la celda CMIP).

La actuación de este interruptor se realiza mediante palanca de accionamiento sobre dos ejes distintos: uno para el interruptor (conmutación entre las posiciones de interruptor conectado e interruptor seccionado); y otro para el seccionador de puesta a tierra de los cables de acometida (que conmuta entre las posiciones de seccionado y puesto a tierra).

### d) Mando:

Los mandos de actuación son accesibles desde la parte frontal, pudiendo ser accionados de forma manual o motorizada.

### e) Fusibles (Celda CMP-F):

En las celdas CMP-F de protección mediante fusibles, los fusibles se montan sobre unos carros que se introducen en los tubos portafusibles de resina aislante, que son perfectamente estancos respecto del gas y del exterior. El disparo se producirá por fusión de uno de los fusibles o cuando la presión interior de los tubos portafusibles se eleve, debido a un fallo en los fusibles o al calentamiento excesivo de éstos.

### f) Conexión de cables:

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

### g) Enclavamientos:

Los enclavamientos incluidos en todas las celdas CGM pretenden 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.

### h) Características eléctricas:

Las características eléctricas generales de las celdas CGM son las siguientes:

- Tensión nominal. (Un) →24 kV
- Nivel de aislamiento:
  - Frecuencia industrial (1min)
    - A tierra y entre fases →50 kV
    - A la distancia de seccionamiento
  - Impulso tipo rayo →60 kV
    - 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.

#### **1.9.4.3. Características descriptivas de las celdas y transformadores de media tensión**

##### **Entrada: CGM-CML Interruptor – seccionador.**

Celda con envolvente metálica, fabricada por ORMAZABAL, formada por un módulo de  $U_n = 24$  kV e  $I_n = 400$  A y 370 mm de ancho por 850 mm de fondo por 1800 mm de alto y 135 kg de peso.

La celda CML de interruptor seccionador, o celda de línea, está constituida por un módulo metálico, con aislamiento y corte en SF<sub>6</sub>, que incorpora en su interior un embarrado superior de cobre, y una derivación con interruptor – seccionador rotativo, con capacidad de corte y aislamiento, y posición de puesta a tierra de los cables de acometida inferior – frontal mediante bornes enchufables. Presenta también captadores capacitivos para la detención de tensión en los cables de acometida.

Permite comunicar el embarrado del conjunto de celdas con los cables, cortar la corriente asignada, seccionar esta unión o poner a tierra simultáneamente las tres bornas de los cables de media tensión.

Otras características constructivas son:

- Capacidad de ruptura 400A
- Intensidad de cortocircuito 16 kA/20kA
- Capacidad de cierre 40 kA

##### **Celda de protección con fusibles:**

Celda con envolvente metálica prefabricada por ORMAZABAL, formada por un módulo UN = 24 kV e  $I_n = 400$  A y 480 mm de fondo por 1800 mm de alto y 215 kg de peso.

La celda CMP-F de protección con fusibles está constituida por un módulo metálico, con aislamiento y corte en SF<sub>6</sub>, 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 bornes enchufables, y en serie con él, un conjunto de fusibles fríos, combinados o asociados a ese interruptor.

Otras características constructivas son:

- Capacidad de ruptura 400<sup>a</sup>
- Intensidad de cortocircuito 16 KA/20KA
- Capacidad de cierre 40 KA
- Fusibles 3 x 63 A

##### **Celda de medida:**

Celda con envolvente metálica, fabricada por ORMAZABAL, formada por un módulo de  $U_n = 24$  kV y 800 mm de ancho por 1025 de fondo por 1800 de alto y 180kg de peso.

## 1. Memoria

La celda CMM 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 contadores de medida de energía.

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

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

La celda de medida contiene:

- 2 juegos de barras tripolar  $I_n = 400$  A
- 3 transformadores de intensidad de relación  $30 - 60 / 5$  A Clase 0,5, aislamiento 24 kV
- 3 transformadores de tensión, bipolares de relación  $13200 - 22000 / 110$ , Clase 0,5, aislamiento 24 kV
- Embarrado de puesta a tierra.

### **Transformador:**

Será una máquina trifásica reductora de tensión, siendo la tensión entre fases a la entrada de 13,2 kV, y la tensión a la salida de 400 V entre fases y 230 V entre fases y neutro.

El transformador a instalar será de la marca Ormazabal conectado con acoplamiento Dyn 11.

La tecnología empleada será la de llenado integral a fin de conseguir una mínima degradación del aceite por oxidación y absorción de humedad, así como unas dimensiones reducidas de la máquina y un mantenimiento mínimo.

Sus características mecánicas y eléctricas se ajustarán a la norma UNE 21428 y a las normas particulares de la compañía suministradora, siendo las siguientes:

- Potencia: 630 KVA
- Tensión primaria: 13200 – 20000 V
- Refrigeración: natural.
- Aislamiento: aceite mineral.
- Cuba de aletas: Llenado integral.

### *Equipo base:*

- Pasatapas de media tensión de porcelana.
- Pasatapas de baja tensión de porcelana.
- Conmutador de regulación maniobrabable sin tensión.
- 2 cáncamos de elevación y desencubado.
- Orificio de llenado.
- Dispositivo de vaciado y toma de muestras.
- 4 ruedas bidireccionales.
- 2 tomas de puesta a tierra.

*Características eléctricas del transformador:*

Características eléctricas 24 kV: D <sub>0</sub> C <sub>K</sub> (AB')			
Potencia asignada [kVA]		630	
Tensión asignada (Ur)	Primaria [kV]	20	
	Secundaria en vacío [V]	420	
Grupo de Conexión		Dyn11	
Pérdidas en Vacío - Po [W]	Lista D <sub>0</sub>	1030	
Pérdidas en Carga - Pk [W]	Lista C <sub>K</sub>	6500	
Impedancia de Cortocircuito (%) a 75°C		4	
Nivel de Potencia Acústica LwA [dB]	Lista D <sub>0</sub>	65	
Caída de tensión a plena carga (%)	cos f=1	1.11	
	cos f=0.8	3.17	
Rendimiento (%)	CARGA 100%	cos f=1	98.82
		cos f=0.8	98.53
	CARGA 75%	cos f=1	99.02
		cos f=0.8	98.78

*Dimensiones del transformador:*

Dimensiones [mm]	
Potencia asignada [kVA]	630
A (Largo)	1622
B (Ancho)	962
C (Alto a tapa)	1092
D1 (Alto a MT con Porcelana MT)	1477
D3 (Alto a MT Borna enchufable MT)	1181
D2 (Alto a BT con Palas)	1353
F (separación MT)	275
H (separación entre BT)	150
J (Distancia entre ruedas)	670
K (ancho rueda)	40
Ø (diámetro rueda)	125
L (Rueda)	110
Volumen Aceite [Litros]	410
Peso total [Kg]	1750

En cuanto a las medidas de seguridad a tomar, se colocarán rótulos indicadores, extintores, equipos para primeros auxilios, etc., de conformidad con las Normas del Reglamento de centros de Transformación en vigor.

**1.9.5. Cuadro general de baja tensión**

La distribución de potencia del Centro de Transformación al C.G.D. situado dentro del recinto de la fábrica se realizará mediante canalización subterránea.

**1.9.6. Instalación de puesta a tierra**

**1.9.6.1. Introducción**

Todo centro de transformación estará provisto de una instalación de puesta a tierra, con objeto de limitar las tensiones de defecto a tierra que puedan producirse en la propia instalación. Este sistema de puesta a tierra complementado con los dispositivos de interrupción de corriente, deberá asegurar la descarga a tierra de la intensidad homopolar de defecto, contribuyendo a la eliminación del riesgo eléctrico debido a la aparición de tensiones peligrosas en el caso de contacto con las masas puestas en tensión.

De acuerdo con el Real Decreto 3275 / 1982 de 12 de Noviembre, que aprueba el “Reglamento sobre condiciones y garantías de seguridad de centrales eléctricas, subestaciones y centros de transformación” y con la O.M. de 6-7-84 que señala las “Instrucciones Técnicas Complementarias” para aplicar dicho reglamento, la instalación que se pretende realizar es de Tercera Categoría por ser la máxima tensión utilizada igual a 20 kV.

El diseño de la puesta a tierra del centro de transformación se efectuará mediante la aplicación del documento UNESA “Método de Cálculo y Proyecto de Instalaciones de Puesta a Tierra para Centros de Transformación conectados a Redes de Tercera Categoría”.

Se dispondrá por tanto de una tierra de protección a la que se conectarán, de acuerdo con la instrucción MIE-RAT 13, todas las partes metálicas de la instalación que no estén normalmente en tensión, pero puedan estarlo a consecuencia de averías, accidentes, descargas atmosféricas o sobretensiones.

Se conectará a la tierra de protección entre otros los siguientes elementos:

- Chasis y bastidores de aparatos de maniobra.
- Las envolventes de los conjuntos de los armarios metálicos.
- Las puertas metálicas de los locales.
- Las armaduras metálicas del centro de transformación.
- Los blindajes metálicos de los cables.
- Las tuberías y conjuntos metálicos.
- Las carcasas de los transformadores.

De igual manera se dispondrá por tanto de una puesta a tierra de servicio a la que se conectarán, según la instrucción MIE-RAT 13, los elementos necesarios de la instalación. La puesta a tierra de servicio será separada e independiente respecto a la puesta a tierra de protección.

Se conectará a la tierra de servicio entre otros los siguientes elementos:

- Los neutros de los transformadores.
- Los circuitos de baja tensión de los transformadores de medida.
- Los limitadores, descargadores, autoválvulas, pararrayos, etc.
- Los elementos de derivación a tierra de los seccionadores de puesta a tierra.

Con el fin de garantizar en el mayor grado posible, la seguridad de las personas que manejan los mandos del centro de transformación, además de dotarlo con un sistema de puesta a tierra como indica la MIE RAT 13, se tendrá a disposición del personal, guantes y calzados aislantes.

#### **1.9.6.2. Investigación de las características del suelo**

Según la investigación previa del terreno (Método Wenner) donde se instalará este centro de transformación, se determina una resistividad media de 500  $\Omega$ m (Terreno cultivable poco fértil).

### 1.9.6.3. Determinación de las corrientes máximas de puesta a tierra y tiempo máximo correspondiente a la eliminación del defecto

En instalaciones eléctricas de alta tensión de tercera categoría, los parámetros de la red que definen la corriente de puesta a tierra son, la resistencia y la reactancia de las líneas.

El aspecto más importante que debe tenerse presente en el cálculo de la corriente máxima de puesta a tierra es el tratamiento del neutro de la red. En este caso, el neutro irá conectado rígidamente a tierra.

Cuando se produce un defecto a tierra, este se elimina mediante la apertura de un elemento de corte que actúa por la orden que le transmite un dispositivo que controla la intensidad de defecto.

A efectos de determinar el tiempo máximo de eliminación de la corriente de defecto a tierra, el elemento de corte será un interruptor cuya desconexión está controlada por un relé que establezca su tiempo de apertura. Los tiempos de apertura del interruptor, incluido el de extinción del arco, se consideran incluidos en el tiempo de actuación del relé.

El diseño preliminar de la instalación de puesta a tierra se realiza basándose en la configuración tipo (representada en el anexo 2 del “Método de cálculo de UNESA”) que está de acuerdo con la forma y dimensiones del centro de transformación.

### 1.9.6.4. Diseño preliminar de la instalación de puesta a tierra

#### Tierra de protección:

Se conectarán a este sistema las partes metálicas de la instalación que no estén en tensión normalmente pero puedan estarlo a consecuencia de averías o causas fortuitas, tales como los chasis y los bastidores de los aparatos de maniobra, envolventes metálicas de las celdas, prefabricadas, cubas de los transformadores, envolventes metálicas de los cuadros de baja tensión.

Los cálculos realizados para la elección de la puesta a tierra quedan indicados en el documento cálculos; optando finalmente por un sistema de picas en rectángulo de 4 x 6m cuyo código de identificación es 50-40/5/46 dentro del “Método de cálculo y proyecto de instalaciones de puesta a tierra para centros de transformación conectados a redes de tercera categoría” de UNESA.

#### Tierra de servicio:

Los cálculos realizados para la elección de la puesta a tierra quedan indicados en el documento cálculos; optando finalmente por un sistema de 5 picas en hilera separadas 3m y con profundidad de 2 m, cuyo código de identificación es 5/52 dentro del “Método de cálculo y proyecto de instalaciones de puesta a tierra para centros de transformación conectados a redes de tercera categoría” de UNESA.

### 1.9.7. Instancias

Las celdas de media tensión en este proyecto, están constituidas por aparatos de fabricación en serie, y cumplen con lo indicado por el Ministerio de Industria, de acuerdo con la orden 11 – 1971.

### 1.9.8. Aparatos de media tensión

Todos los aparatos que se proyectan colocar están previstos para una tensión nominal de 20 KV, con lo que cumplen las prescripciones del Reglamento.

### 1.9.9. Aislamiento

Todos los elementos que se utilicen en el montaje de la instalación de alta tensión, estarán diseñados según la técnica de aislamiento pleno. Siendo 20 kV, el valor eficaz de la tensión nominal de servicio y de 24 kV, el valor eficaz de la tensión más elevada de la red entre fases, deberán soportar sin fallo alguno los siguientes ensayos:

- 125 KV (cresta) tensión de ensayo soportada al choque con onda 1,2 / 50 $\mu$ seg.
- 50 KV (valor eficaz) tensión soportada durante un minuto a 50 Hz.

### 1.9.10. Instalaciones secundarias en el centro de transformación

#### Alumbrado:

En el interior del centro de transformación se instalará 1 luminarias de Philips, modelo Mazda TCS 160 2xTL-D 58w HPF DPB.; capaz de proporcionar un nivel de iluminación suficiente para la comprobación y maniobra de los elementos del mismo.

La luminaria estará dispuesta de tal forma que mantenga la misma uniformidad posible en la iluminación. Además se deberá poder efectuar la sustitución de las lámparas sin peligro de contacto con otros elementos en tensión.

Se instalará también un punto de luz de alumbrado de emergencia de carácter autónomo, formado por una lámpara de emergencia y señalización de Legrand; Ref: B65 615 61;

6W de 100 lm, el cual señalará el acceso peatonal al centro de transformación.

#### Ventilación:

La ventilación del centro de transformación se realizará de modo natural por convención mediante las rejillas de entrada y salida de aire dispuestas para tal efecto. Se dispondrá de una rejilla lateral inferior para entrada de aire de 1,95 m<sup>2</sup>, y dos rejillas situadas en la parte superior de superficie total 2,30 m<sup>2</sup> para la salida del aire.

Estas rejillas estarán protegidas mediante una tela metálica con el fin de impedir el paso de pequeños animales, la entrada de agua de lluvia y los contactos accidentales con partes en tensión si se introdujeran elementos metálicos por las mismas.

#### Elementos y medidas de seguridad:

Como requerimiento de seguridad para trabajos en el interior de celdas, los interruptores instalados cumplen por si solos en cuanto a distancias de seccionamiento, ya que su tensión de cebado entre polos abiertos se halla conforme a la exigencia de la norma UNE 20099.

Las celdas estarán separadas eléctricamente y mecánicamente por medio de placas metálicas y por el propio carácter aislante del interruptor seccionador, los que asegura la independencia entre ellas y evitan la posible propagación de defecto entre celdas contiguas.

El centro estará dotado con el siguiente equipamiento auxiliar:

- Banqueta aislante.
- Cuadro de primeros auxilios.
- Par de guantes aislantes.
- Placa de peligro y cartel de primeros auxilios para guía en caso de accidente eléctrico (cinco reglas de oro).

**1.10. RESUMEN DEL PRESUPUESTO TOTAL DE LA INSTALACIÓN**

<b>ORDEN</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>TOTAL (€)</b>
Capítulo I	Acometida	3676,95
Capítulo II	Protecciones	14963,84
Capítulo III	Conductores, tubos y canalizaciones	28233,13
Capítulo IV	Puesta a tierra	839,47
Capítulo V	Alumbrado	46530,81
Capítulo VI	Tomas de corriente y alementos varios	2068,44
Capítulo VII	Centro de transformación	19277,09
Capítulo VIII	Compensación de energía reactiva	2600,00
Capítulo IX	Seguridad y salud	739,28
<b>TOTAL</b>	<b>Presupuesto de ejecución material</b>	<b>118929,02</b>
	Gastos generales (5%)	5946,45
	Beneficio industrial (10%)	11892,90
<b>TOTAL</b>	<b>Presupuesto de ejecución por contrata sin I.V.A</b>	<b>136768,37</b>
	I.V.A (21%)	28721,36
<b>TOTAL</b>	<b>Presupuesto de ejecución por contrata con I.V.A.</b>	<b>165489,73</b>
	Redacción del proyecto (4%)	5470,73
	Dirección del proyecto (4%)	5470,73
	I.V.A . Honorarios (21%)	2297,71
<b>TOTAL</b>	<b>Presupuesto total</b>	<b>178728,91</b>

El presupuesto total de ejecución por contrata asciende a la cantidad de: **Ciento setenta y ocho mil setecientos veintiocho con noventa y un céntimos de euro.**

**Pamplona, Julio 2014**

**Itxaro Matxain Rodriguez**



# ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación:

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL ELÉCTRICO

Título del proyecto:

INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA NAVE INDUSTRIAL  
EN BAJA TENSIÓN CON CENTRO DE TRANSFORMACIÓN

## CÁLCULOS

Itxaro Matxain Rodriguez

José Javier Crespo Ganuza

Pamplona, Julio de 2014

## 2. CÁLCULOS

### ÍNDICE:

2.	Calculos .....	2
2.1.	Datos iniciales .....	4
2.2.	Cálculo de la instalación de alumbrado .....	4
2.2.1.	Pasos para el cálculo .....	4
2.2.2.	Nivel de iluminación .....	4
2.2.3.	Calculo lumínico .....	6
2.2.3.1.	Datos de partida .....	6
2.2.3.2.	Fórmulas utilizadas .....	8
2.2.3.3.	Calculo de iluminación interior .....	8
2.2.3.4.	Calculo iluminación Exterior .....	25
2.2.3.5.	Cálculo alumbrado de emergencia .....	27
2.3.	Cálculos eléctricos de la instalación .....	33
2.3.1.	Ordenación de los cuadros de baja tensión .....	33
2.3.2.	Potencia de la instalación .....	35
2.3.3.	Elección del transformador .....	37
2.3.4.	Cálculo de secciones .....	38
2.3.4.1.	Introducción .....	38
2.3.4.2.	Cálculo de la acometida .....	39
2.3.5.	Cálculo de las protecciones magnetotérmicas .....	44
2.3.5.1.	Ejemplo de cálculo: Magnetotérmico que va del C.G.D al C.A.1 .....	47
2.3.5.2.	Cálculo de los interruptores magnetotérmicos .....	48
2.3.6.	Cálculo de condensadores para la corrección del factor de potencia .....	49
2.3.6.1.	Batería de condensadores para la instalación .....	49
2.3.6.2.	Cálculo del conductor de unión de la batería .....	51
2.3.7.	Instalación de puesta a tierra .....	51
2.3.7.1.	Resistencia del electrodo .....	51
2.3.7.2.	Características del electrodo .....	52
2.3.8.	Cálculo del centro de transformación .....	53
2.3.8.1.	Datos del transformador .....	53
2.3.8.2.	Intensidad de alta tensión .....	53
2.3.8.3.	Intensidad en baja tensión .....	53
2.3.8.4.	Cortocircuitos .....	54
2.3.8.5.	Dimensionamiento del embarrado .....	54
2.3.8.6.	Protecciones de Alta y Baja Tensión .....	56

## 2. Cálculos

---

2.3.8.7.	Dimensión de la ventilación del Centro de Transformación .....	56
2.3.8.8.	Dimensión del pozo apagafuegos .....	57
2.3.8.9.	Cálculo de la puesta a tierra.....	57

## 2. Cálculos

### 2.1. DATOS INICIALES

Con el objetivo de construir una nave industrial en el polígono de Akaborro se ha encargado la realización del dimensionamiento del conjunto de instalaciones que se van a necesitar para la producción y sus correspondientes máquinas.

La empresa se dedica a la estampación y calidad de piezas metálicas.

#### **Cálculos eléctricos:**

Con el objetivo de saber cuál va a ser la instalación eléctrica necesaria que tenemos que instalar, en primer lugar tenemos que conocer las demandas de potencia previstas para la ejecución de las actividades que se van a realizar. Para ello tenemos que estudiar cada uno de los receptores que van a formar la instalación, tendremos que calcular cuál va a ser la potencia necesaria para cada uno de ellos, calculándose las intensidades y caídas de tensión correspondientes, para poder saber si las secciones y protecciones escogidas cumplen con las especificaciones del REBT.

Después de haber calculado la potencia total que va a tener la instalación y sabiendo cuál es la potencia parcial de cada grupo de receptores, tendremos que calcular la necesidad de compensación de energía reactiva.

Habrà que realizar los cálculos correspondientes al centro de transformación y las correspondientes celdas en dicho centro el cual está situado en el exterior de la nave industrial. También haremos un cálculo lumínico de las zonas más importantes con el objetivo de tener el menor consumo eléctrico y consiguiendo la mejor iluminación posible para la realización de la actividad.

### 2.2. CÁLCULO DE LA INSTALACIÓN DE ALUMBRADO

#### 2.2.1. Pasos para el cálculo

A la hora de realizar los cálculos del sistema de iluminación, seguiremos los siguientes pasos:

1. Determinar el nivel de iluminación, el índice unificado de deslumbramiento, el índice de rendimiento de color de la luz y el plano de trabajo.
2. Elección del tipo de lámpara.
3. Elección del sistema de iluminación y de los aparatos de alumbrado.
4. Cálculo de la distribución y del número de luminarias

Se adopta como plano de trabajo, una superficie situada a 0,85 metros del suelo.

#### 2.2.2. Nivel de iluminación

Con el objetivo de que los trabajadores puedan realizar su trabajo sin ningún riesgo para su seguridad y salud, es importante que tengan una iluminación adecuada en los lugares de trabajo.

En el Real Decreto 486/1997 se incluye una tabla detalla con los niveles mínimos de luz recomendados para diferentes actividades y tareas:

## ANEXO IV: ILUMINACIÓN EN LOS LUGARES DE TRABAJO.

1. La iluminación de cada zona o parte de un lugar de trabajo deberá adaptarse a las características de la actividad que se efectúe en ella, teniendo en cuenta:
  - a. Los riesgos para la seguridad y salud de los trabajadores dependientes de las condiciones de visibilidad.
  - b. Las exigencias visuales de las tareas desarrolladas.
2. Siempre que sea posible, los lugares de trabajo tendrán una iluminación natural, que deberá complementarse con una iluminación artificial cuando la primera, por sí sola, no garantice las condiciones de visibilidad adecuadas. En tales casos se utilizará preferentemente la iluminación artificial general, complementada a su vez con una localizada cuando en zonas concretas se requieran niveles de iluminación elevados.
3. Los niveles mínimos de iluminación de los lugares de trabajo serán los establecidos en la siguiente tabla:

Zona o parte del lugar de trabajo (*)	Nivel mínimo de iluminación (lux)
Zonas donde se ejecuten tareas con:	
1) Bajas exigencias visuales	100
2) Exigencias visuales moderadas	200
3) Exigencias visuales altas	500
4) Exigencias visuales muy altas	1.000
Áreas o locales de uso ocasional	50
Áreas o locales de uso habitual	100

(\*) El nivel de iluminación de una zona en la que se ejecute una tarea se medirá a la altura donde ésta se realice; en el caso de zonas de uso general a 85 cm. del suelo y en el de las vías de circulación a nivel del suelo.

Deberemos de duplicar estos niveles mínimos en el caso de que se cumpla alguna de las siguientes circunstancias:

- a. En las áreas o locales de uso general y en las vías de circulación, cuando por sus características, estado u ocupación, existan riesgos apreciables de caídas, choques u otros accidentes.
- b. En las zonas donde se efectúen tareas, cuando un error de apreciación visual durante la realización de las mismas pueda suponer un peligro para el trabajador que las ejecuta o para terceros o cuando el contraste de luminancias o de color entre el objeto a visualizar y el fondo sobre el que se encuentra sea muy débil.

En el caso de que la naturaleza lo impida, los límites señalados en el párrafo anterior no tendrán que ser aplicados.

4. La iluminación de los lugares de trabajo deberá cumplir, además, en cuanto a su distribución y otras características, las siguientes condiciones:

- a. La distribución de los niveles de iluminación será lo más uniforme posible.
  - b. Se procurará mantener unos niveles y contrastes de luminancia adecuados a las exigencias visuales de la tarea, evitando variaciones bruscas de luminancia dentro de la zona de operación y entre ésta y sus alrededores.
  - c. Se evitarán los deslumbramientos directos producidos por la luz solar o por fuentes de luz artificial de alta luminancia. En ningún caso éstas se colocarán sin protección en el campo visual del trabajador.
  - d. Se evitarán, asimismo, los deslumbramientos indirectos producidos por superficies reflectantes situadas en la zona de operación o sus proximidades.
  - e. No se utilizarán sistemas o fuentes de luz que perjudiquen la percepción de los contrastes, de la profundidad o de la distancia entre objetos en la zona de trabajo, que produzcan una impresión visual de intermitencia o que puedan dar lugar a efectos estroboscópicos.
5. Los lugares de trabajo, o parte de los mismos, en los que un fallo del alumbrado normal suponga un riesgo para la seguridad de los trabajadores dispondrán de un alumbrado de emergencia de evacuación y de seguridad.
  6. Los sistemas de iluminación utilizados no deben originar riesgos eléctricos, de incendio o de explosión, cumpliendo, a tal efecto, lo dispuesto en la normativa específica vigente.

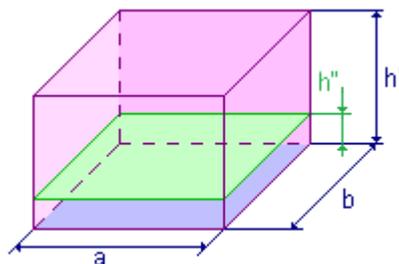
### 2.2.3. Cálculo lumínico

Para realizar los cálculos lumínicos, nos hemos basado en un libro escrito por el autor D. José Ramírez Vázquez en el cual nos explica cómo realizar el cálculo lumínico. El libro se llama LUMINOTECNICA de la enciclopedia CEAC de electricidad.

#### 2.2.3.1. Datos de partida

Con el sistema de cálculo elegido no obtendremos resultados exactos, obtendremos aproximaciones. A continuación se numeran los datos de partida necesarios para empezar con los cálculos:

- Debemos conocer las dimensiones del local y del plano de trabajo. El plano de trabajo depende de la actividad que realicemos, tal y como se ha visto en un apartado anterior.



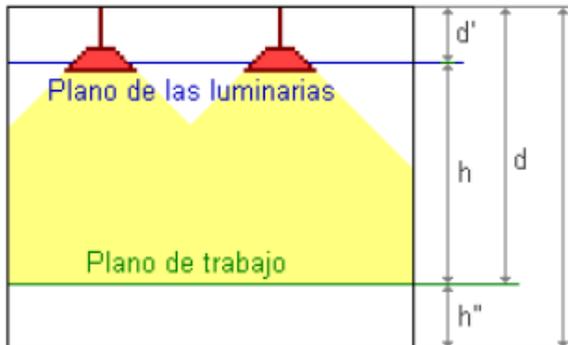
- Debemos saber la iluminancia media que queremos para el local. Esta la elegiremos siguiendo los criterios de la tabla del anexo 4 del Real Decreto 486/1997 tal y como lo hemos hecho anteriormente.

## 2. Cálculos

- Escogeremos el tipo de lámpara, el sistema de alumbrado y las luminarias que mejor se adapten a la actividad del local.
- Determinar la altura de suspensión de las lámparas o si éstas van empotradas.

Para ello nos guiaremos de la siguiente tabla

	Altura de luminarias:
Locales de altura normal (Oficinas, viviendas, aulas..)	Lo más altas posibles
Locales con iluminación directa, semidirecta y difusa.	Óptimo: $h = \frac{4}{5}(h' - 0,85)$



h: altura entre el plano de trabajo y las luminarias.  
 h': altura del local.  
 h'': altura del plano de trabajo.  
 d: altura del plano de trabajo al techo.  
 d': altura entre el techo y las luminarias.

- Obtendremos el índice del local (k) a partir de la fórmula:

$$k = \frac{a \times b}{h \times (a + b)}$$

Donde k tomará un valor entre 1 y 10. Si el valor obtenido es superior, se tomará 10. En cambio si el valor obtenido es menor, se tomará 1.

- Estableceremos el factor de reflexión por defecto de nuestro local. La reflexión para el suelo será del 20%.
- Con estos dos últimos factores y la tabla que se proporciona a continuación obtendremos el factor de utilización, y si fuera preciso, interpolaremos en ella.

Tipo de aparato de alumbrado	Índice del local k	Factor de utilización ( $\eta$ )								
		Factor de reflexión del techo								
		0.7			0.5			0.3		
		Factor de reflexión de las paredes								
		0.5	0.3	0.1	0.5	0.3	0.1	0.5	0.3	0.1
	1	.28	.22	.16	.25	.22	.16	.26	.22	.16
	1.2	.31	.27	.20	.30	.27	.20	.30	.27	.20
	1.5	.39	.33	.26	.36	.33	.26	.36	.33	.26
	2	.45	.40	.35	.44	.40	.35	.44	.40	.35
	2.5	.52	.46	.41	.49	.46	.41	.49	.46	.41
	3	.54	.50	.45	.53	.50	.45	.53	.50	.45
	4	.61	.56	.52	.59	.56	.52	.59	.56	.52
	5	.63	.60	.56	.63	.60	.56	.62	.60	.56
	6	.68	.63	.60	.66	.63	.60	.65	.63	.60
	8	.71	.67	.64	.69	.67	.64	.68	.67	.64
	10	.72	.70	.67	.71	.70	.67	.71	.70	.67

- Por último, estableceremos el factor de mantenimiento (fm), que en este caso será de 0,8, ya que se prevé tener limpias las instalaciones.

## 2. Cálculos

### 2.2.3.2. Fórmulas utilizadas

$$\phi_T = \frac{E \times S}{\eta \times f_m}$$

Dónde:

$\phi_T$  = Flujo luminoso total.

$E$  = Iluminancia media deseada.

$S$  = Superficie del plano de trabajo.

$\eta$  = Factor de utilización.

$f_m$  = Factor de mantenimiento.

$$N = \frac{\phi_T}{n \times \phi_L}$$

Dónde:

$N$  = Número de luminarias.

$\phi_L$  = Flujo luminoso de cada lámpara.

$n$  = Número de lámpara por luminaria.

### 2.2.3.3. Calculo de iluminación interior

El edificio estará dotado con luminarias LED, excepto en el taller y el cuarto de reparaciones. El confort visual ha aumentado considerablemente al no existir reflejos ni deslumbramientos molestos. La gran duración de las luminarias LED garantiza unos costes de mantenimiento muy bajos, además del ahorro energético que tendremos.

#### 2.2.3.3.1. Recepción

Dimensiones del local:

$$a \text{ (m)} = 4,6 \text{ m} \quad b \text{ (m)} = 7,4 \text{ m} \quad h' \text{ (m)} = 3 \text{ m} \quad h'' = 0,85 \text{ m} \quad S \text{ (m}^2\text{)} = 34,04 \text{ m}^2$$

$$d' = 0 \text{ m} \quad h = 2,15 \text{ m} \quad n = 1 \quad E = 300 \text{ lux} \quad \text{lm}$$

Tipo de lámpara: Lámpara CoreLine Downlight DN125B D234; Marca Philips;



Tipo de Luminaria: 1x LED 20S/840 PSR WH

Flujo Luminoso de la lámpara: 2000 lm

Factor de mantenimiento: 0,8

Reflectancias efectivas: Techo 70 %, Paredes 61 %, Suelo: 63%

Índice del local:

$$k = \frac{a \times b}{h \times (a + b)} = \frac{4,6 \times 7,4}{2,15 \times (4,6 + 7,4)} = 1,32$$

Utilizaremos el factor  $k=1,32$  con el cual obtendremos el valor del rendimiento interpolando en la tabla facilitada por el fabricante:

## 2. Cálculos

Room Index k	Reflectances for ceiling, walls and working plane (CIE)										
	0.80	0.80	0.70	0.70	0.70	0.70	0.50	0.50	0.30	0.30	0.00
	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.30	0.30	0.10	0.30	0.10	0.00
	0.30	0.10	0.30	0.20	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.00
0.60	0.55	0.52	0.54	0.53	0.52	0.45	0.45	0.40	0.44	0.40	0.39
0.80	0.66	0.62	0.65	0.63	0.62	0.55	0.54	0.50	0.54	0.50	0.48
1.00	0.75	0.70	0.74	0.71	0.69	0.63	0.62	0.58	0.61	0.58	0.56
1.25	0.84	0.77	0.82	0.79	0.76	0.70	0.69	0.65	0.68	0.65	0.63
1.50	0.90	0.82	0.88	0.84	0.81	0.75	0.74	0.71	0.73	0.70	0.68
2.00	0.99	0.89	0.97	0.92	0.88	0.83	0.82	0.79	0.81	0.78	0.76
2.50	1.05	0.93	1.02	0.97	0.92	0.88	0.87	0.84	0.85	0.83	0.81
3.00	1.09	0.95	1.06	1.00	0.94	0.91	0.90	0.87	0.88	0.86	0.84
4.00	1.14	0.99	1.11	1.04	0.98	0.95	0.93	0.91	0.92	0.90	0.88
5.00	1.17	1.00	1.13	1.06	0.99	0.97	0.95	0.94	0.94	0.92	0.90

$\eta=0,8$

Obtenemos el flujo luminoso total

$$\phi_T = \frac{E \times S}{\eta \times f_m} = \frac{300 \times 34,04}{0,8 \times 0,8} = 15956,25 \text{ lm}$$

Por último sacamos el número de luminarias necesarias

$$N = \frac{\phi_T}{n \times \phi_L} = \frac{15956,25}{1 \times 2000} = 7,9$$

Finalmente utilizaremos 9 luminarias. Para la comprobación de estos cálculos se ha utilizado Dialux, programa proporcionado por el proveedor de luminarias (Ver anexo a este documento “cálculo de luminarias Dialux”).

Numero de luminarias: 9

### 2.2.3.3.2. Sala de reuniones

Dimensiones del local:

$$a \text{ (m)} = 4,6 \text{ m} \quad b \text{ (m)} = 9,2 \text{ m} \quad h' \text{ (m)} = 3 \text{ m} \quad h'' = 0,85 \text{ m} \quad S \text{ (m}^2\text{)} = 34,04 \text{ m}^2$$

$$d' = 0 \text{ m} \quad h = 2,15 \text{ m} \quad n = 1 \quad E = 500 \text{ lux} \quad \text{lm}$$

Tipo de lámpara: Lámpara CoreLine Recessed RC120B W60L60; Marca Philips



Tipo de Luminaria: 1x LED 37S/840

Flujo Luminoso de la lámpara: 3700 lm

Factor de mantenimiento: 0,8

Reflectancias efectivas: Techo 70 %, Paredes 50 %, Suelo: 20 %

Índice del local:

## 2. Cálculos

$$k = \frac{a \times b}{h \times (a + b)} = \frac{4,6 \times 9,2}{2,15 \times (4,6 + 9,2)} = 1,43$$

Utilizaremos el factor  $k=1,43$  con el cual obtendremos el valor del rendimiento interpolando en la tabla facilitada por el fabricante:

Room Index k	Reflectances for ceiling, walls and working plane (CIE)										
	0.80	0.80	0.70	0.70	0.70	0.70	0.50	0.50	0.30	0.30	0.00
	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.30	0.30	0.10	0.30	0.10	0.00
0.60	0.56	0.53	0.55	0.54	0.53	0.46	0.46	0.41	0.45	0.41	0.39
0.80	0.66	0.62	0.65	0.63	0.62	0.55	0.54	0.50	0.54	0.50	0.48
1.00	0.75	0.70	0.74	0.71	0.69	0.63	0.62	0.57	0.61	0.57	0.55
1.25	0.83	0.76	0.81	0.78	0.75	0.69	0.69	0.64	0.68	0.64	0.62
1.50	0.89	0.81	0.87	0.83	0.80	0.75	0.74	0.70	0.73	0.69	0.67
2.00	0.98	0.88	0.96	0.91	0.87	0.82	0.81	0.78	0.80	0.77	0.75
2.50	1.04	0.92	1.01	0.96	0.91	0.87	0.86	0.83	0.84	0.82	0.80
3.00	1.08	0.95	1.05	0.99	0.94	0.91	0.89	0.86	0.88	0.85	0.83
4.00	1.13	0.98	1.10	1.03	0.97	0.94	0.93	0.91	0.91	0.89	0.87
5.00	1.17	1.00	1.13	1.06	0.99	0.97	0.95	0.93	0.93	0.92	0.89

$$\eta = 0,82$$

Obtenemos el flujo luminoso total

$$\phi_T = \frac{E \times S}{\eta \times f_m} = \frac{500 \times 42,32}{0,82 \times 0,8} = 32256 \text{ lm}$$

Por último sacamos el número de luminarias necesarias

$$N = \frac{\phi_T}{n \times \phi_L} = \frac{32256}{1 \times 3700} = 8,7$$

Finalmente utilizaremos 9 luminarias. Para la comprobación de estos cálculos se ha utilizado Dialux, programa proporcionado por el proveedor de luminarias (Ver anexo a este documento “cálculo de luminarias Dialux”).

Numero de luminarias: 9

### 2.2.3.3.3. Oficinas

Dimensiones del local:

$$a \text{ (m)} = 13,6 \text{ m} \quad b \text{ (m)} = 16,5 \text{ m} \quad h' \text{ (m)} = 3 \text{ m} \quad h'' = 0,85 \text{ m} \quad S \text{ (m}^2\text{)} = 224,4 \text{ m}^2$$

$$d' = 0 \text{ m} \quad h = 2,15 \text{ m} \quad n = 1 \quad E = 500 \text{ lux} \quad \text{lm}$$

Tipo de lámpara: Lámpara CoreLine Recessed RC120B W60L60; Marca Philips



Tipo de Luminaria: 1x LED 37S/840

Flujo Luminoso de la lámpara: 3700 lm

## 2. Cálculos

Factor de mantenimiento: 0,8

Reflectancias efectivas: Techo 70 %, Paredes 50 %, Suelo: 20 %

Índice del local:

$$k = \frac{a \times b}{h \times (a + b)} = \frac{13,6 \times 16,5}{2,15 \times (3,6 + 16,5)} = 3,47$$

Utilizaremos el factor  $k=3,47$  con el cual obtendremos el valor del rendimiento interpolando en la tabla facilitada por el fabricante:

Room Index k	Reflectances for ceiling, walls and working plane (CIE)										
	0.80	0.80	0.70	0.70	0.70	0.70	0.50	0.50	0.30	0.30	0.00
	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.30	0.30	0.10	0.30	0.10	0.00
0.30	0.10	0.30	0.20	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.00
0.60	0.56	0.53	0.55	0.54	0.53	0.46	0.46	0.41	0.45	0.41	0.39
0.80	0.66	0.62	0.65	0.63	0.62	0.55	0.54	0.50	0.54	0.50	0.48
1.00	0.75	0.70	0.74	0.71	0.69	0.63	0.62	0.57	0.61	0.57	0.55
1.25	0.83	0.76	0.81	0.78	0.75	0.69	0.69	0.64	0.68	0.64	0.62
1.50	0.89	0.81	0.87	0.83	0.80	0.75	0.74	0.70	0.73	0.69	0.67
2.00	0.98	0.88	0.96	0.91	0.87	0.82	0.81	0.78	0.80	0.77	0.75
2.50	1.04	0.92	1.01	0.96	0.91	0.87	0.86	0.83	0.84	0.82	0.80
3.00	1.08	0.95	1.05	0.99	0.94	0.91	0.89	0.86	0.88	0.85	0.83
4.00	1.13	0.98	1.10	1.03	0.97	0.94	0.93	0.91	0.91	0.89	0.87
5.00	1.17	1.00	1.13	1.06	0.99	0.97	0.95	0.93	0.93	0.92	0.89

$$\eta=1$$

Obtenemos el flujo luminoso total

$$\phi_T = \frac{E \times S}{\eta \times f_m} = \frac{500 \times 224,4}{1 \times 0,8} = 140250 \text{lm}$$

Por último sacamos el número de luminarias necesarias

$$N = \frac{\phi_T}{n \times \phi_L} = \frac{140250}{1 \times 3700} = 37,9$$

Finalmente utilizaremos 42 luminarias debido a que 40 tiene un Em de 504 y es un poco justo. Para la comprobación de estos cálculos se ha utilizado Dialux, programa proporcionado por el proveedor de luminarias (Ver anexo a este documento “cálculo de luminarias Dialux”).

Numero de luminarias: 42

### 2.2.3.3.4. Pasillo 1

Dimensiones del local:

$$a \text{ (m)} = 2 \text{ m} \quad b \text{ (m)} = 16,5 \text{ m} \quad h' \text{ (m)} = 3 \text{ m} \quad h'' = 0,85 \text{ m} \quad S \text{ (m}^2\text{)} = 33 \text{ m}^2$$

$$d' = 0 \text{ m} \quad h = 2,15 \text{ m} \quad n = 1 \quad E = 100 \text{ lux} \quad \text{lm}$$

Tipo de lámpara: Lámpara Downlight; Marca Philips; BBG520

## 2. Cálculos



Tipo de Luminaria: LED 800/840 MB ACT

Flujo Luminoso de la lámpara: 883 lm

Factor de mantenimiento: 0,8

Reflectancias efectivas: Techo 70 %, Paredes 50 %, Suelo: 20 %

Índice del local:

$$k = \frac{a \times b}{h \times \pi \times b} = \frac{2 \times 16,5}{2,15 \times \pi \times 16,5} = 0,83$$

Utilizaremos el factor  $k=0,83$  con el cual obtendremos el valor del rendimiento interpolando en la tabla facilitada por el fabricante:

Room Index k	Reflectances for ceiling, walls and working plane (CIE)										
	0.80	0.80	0.70	0.70	0.70	0.70	0.50	0.50	0.30	0.30	0.00
0.60	0.81	0.77	0.81	0.79	0.77	0.73	0.73	0.70	0.73	0.70	0.69
0.80	0.88	0.83	0.87	0.85	0.82	0.79	0.78	0.76	0.78	0.75	0.74
1.00	0.94	0.88	0.93	0.90	0.87	0.84	0.83	0.81	0.82	0.80	0.79
1.25	1.00	0.92	0.98	0.94	0.91	0.88	0.87	0.85	0.86	0.84	0.83
1.50	1.04	0.94	1.02	0.98	0.94	0.91	0.90	0.88	0.89	0.87	0.86
2.00	1.11	0.99	1.08	1.03	0.98	0.96	0.95	0.93	0.94	0.92	0.90
2.50	1.15	1.02	1.12	1.06	1.01	0.99	0.98	0.96	0.97	0.95	0.94
3.00	1.18	1.03	1.15	1.09	1.03	1.01	1.00	0.99	0.99	0.98	0.96
4.00	1.22	1.05	1.18	1.11	1.04	1.04	1.02	1.01	1.01	1.00	0.98
5.00	1.24	1.06	1.20	1.12	1.06	1.05	1.03	1.03	1.02	1.01	0.99

$$\eta=0,86$$

Obtenemos el flujo luminoso total

$$\phi_T = \frac{E \times S}{\eta \times f_m} = \frac{1000 \times 33}{0,86 \times 0,8} = 4796,5lm$$

Por último sacamos el número de luminarias necesarias

$$N = \frac{\phi_T}{n \times \phi_L} = \frac{4796,5}{1 \times 883} = 5,43$$

Finalmente utilizaremos 6 luminarias. Para la comprobación de estos cálculos se ha utilizado Dialux, programa proporcionado por el proveedor de luminarias (Ver anexo a este documento “cálculo de luminarias Dialux”).

Numero de luminarias: 6

## 2. Cálculos

### 2.2.3.3.5. Despacho

Dimensiones del local:

$$a \text{ (m)} = 3,2 \text{ m} \quad b \text{ (m)} = 4,6 \text{ m} \quad h' \text{ (m)} = 3 \text{ m} \quad h'' = 0,85 \text{ m} \quad S \text{ (m}^2\text{)} = 14,72 \text{ m}^2$$

$$d' = 0 \text{ m} \quad h = 2,15 \text{ m} \quad n = 1 \quad E = 500 \text{ lux} \quad 3700 \text{ lm}$$

Iluminación media deseada: 500 lux

Tipo de lámpara: Lámpara fluorescente; Marca Philips; BBS464 W60L60



Tipo de Luminaria: LED 48/840 AC-MLO

Flujo Luminoso de la lámpara: 3700 lm

Factor de mantenimiento: 0,8

Reflectancias efectivas: Techo 70 %, Paredes 50 %, Suelo: 20 %

Índice del local:

$$k = \frac{a \times b}{h \times (a + b)} = \frac{3,2 \times 4,6}{2,15 \times (3,2 + 4,6)} = 0,88$$

Utilizaremos el factor  $k=0,88$  con el cual obtendremos el valor del rendimiento interpolando en la tabla facilitada por el fabricante:

Room Index k	Reflectances for ceiling, walls and working plane (CIE)										
	0.80	0.80	0.70	0.70	0.70	0.70	0.50	0.50	0.30	0.30	0.00
0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.30	0.30	0.30	0.10	0.10	0.00
0.30	0.10	0.30	0.20	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.00
0.60	0.63	0.60	0.62	0.61	0.60	0.54	0.53	0.50	0.53	0.49	0.48
0.80	0.73	0.69	0.72	0.70	0.68	0.62	0.62	0.58	0.61	0.58	0.56
1.00	0.81	0.75	0.80	0.77	0.75	0.69	0.69	0.65	0.68	0.65	0.63
1.25	0.89	0.81	0.87	0.84	0.81	0.76	0.75	0.71	0.74	0.71	0.69
1.50	0.94	0.86	0.92	0.88	0.85	0.80	0.79	0.76	0.78	0.75	0.74
2.00	1.03	0.92	1.00	0.95	0.91	0.87	0.86	0.83	0.85	0.82	0.80
2.50	1.08	0.95	1.05	1.00	0.94	0.91	0.90	0.88	0.89	0.87	0.85
3.00	1.12	0.98	1.09	1.02	0.97	0.94	0.93	0.91	0.91	0.90	0.87
4.00	1.16	1.00	1.13	1.06	0.99	0.97	0.96	0.94	0.94	0.93	0.90
5.00	1.19	1.02	1.15	1.08	1.01	0.99	0.97	0.96	0.96	0.95	0.92

$$\eta = 0,73$$

Obtenemos el flujo luminoso total

$$\phi_T = \frac{E \times S}{\eta \times f_m} = \frac{500 \times 14,72}{0,73 \times 0,8} = 12602,73 \text{ lm}$$

Por último sacamos el número de luminarias necesarias

$$N = \frac{\phi_T}{n \times \phi_L} = \frac{12602,73}{1 \times 3700} = 3,4$$

## 2. Cálculos

Finalmente utilizaremos 4 luminarias. Para la comprobación de estos cálculos se ha utilizado Dialux, programa proporcionado por el proveedor de luminarias (Ver anexo a este documento “cálculo de luminarias Dialux”).

Numero de luminarias: 4

### 2.2.3.3.6. Sala descanso 1

Dimensiones del local:

a (m) = 3,2 m   b (m) = 5,5 m   h' (m) = 3m   h'' = 0,85 m   S (m) = 17,6 m<sup>2</sup>  
 d' = 0 m   h = 2,15 m   n = 1   E = 100 lux   3700 lm

Tipo de lámpara: Lámpara CoreLine Recessed RC120B W60L60; Marca Philips



Tipo de Luminaria: LED 37S/840

Flujo Luminoso de la lámpara: 3700 lm

Factor de mantenimiento: 0,8

Reflectancias efectivas: Techo 70 %, Paredes 50 %, Suelo: 20 %

Índice del local:

$$k = \frac{a \times b}{h \times (a + b)} = \frac{3,2 \times 5,5}{2,15 \times (3,2 + 5,5)} = 0,94$$

Utilizaremos el factor k=0,94 con el cual obtendremos el valor del rendimiento interpolando en la tabla facilitada por el fabricante:

Room Index k	Reflectances for ceiling, walls and working plane (CIE)										
	0.80	0.80	0.70	0.70	0.70	0.70	0.50	0.50	0.30	0.30	0.00
	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.30	0.30	0.10	0.30	0.10	0.00
	0.30	0.10	0.30	0.20	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.00
0.60	0.56	0.53	0.55	0.54	0.53	0.46	0.46	0.41	0.45	0.41	0.39
0.80	0.66	0.62	0.65	0.63	0.62	0.55	0.54	0.50	0.54	0.50	0.48
1.00	0.75	0.70	0.74	0.71	0.69	0.63	0.62	0.57	0.61	0.57	0.55
1.25	0.83	0.76	0.81	0.78	0.75	0.69	0.69	0.64	0.68	0.64	0.62
1.50	0.89	0.81	0.87	0.83	0.80	0.75	0.74	0.70	0.73	0.69	0.67
2.00	0.98	0.88	0.96	0.91	0.87	0.82	0.81	0.78	0.80	0.77	0.75
2.50	1.04	0.92	1.01	0.96	0.91	0.87	0.86	0.83	0.84	0.82	0.80
3.00	1.08	0.95	1.05	0.99	0.94	0.91	0.89	0.86	0.88	0.85	0.83
4.00	1.13	0.98	1.10	1.03	0.97	0.94	0.93	0.91	0.91	0.89	0.87
5.00	1.17	1.00	1.13	1.06	0.99	0.97	0.95	0.93	0.93	0.92	0.89

$$\eta = 0,686$$

Obtenemos el flujo luminoso total

## 2. Cálculos

$$\phi_T = \frac{E \times S}{\eta \times f_m} = \frac{100 \times 17,6}{0,686 \times 0,8} = 3207 \text{lm}$$

Por último sacamos el número de luminarias necesarias

$$N = \frac{\phi_T}{n \times \phi_L} = \frac{3207}{1 \times 3700} = 0,86$$

Finalmente utilizaremos 1 única luminaria. Para la comprobación de estos cálculos se ha utilizado Dialux, programa proporcionado por el proveedor de luminarias (Ver anexo a este documento “cálculo de luminarias Dialux”).

Numero de luminarias: 1
-------------------------

### 2.2.3.3.7. Baño M

Dimensiones del local:

$$a \text{ (m)} = 3 \text{ m} \quad b \text{ (m)} = 3,2 \text{ m} \quad h' \text{ (m)} = 3 \text{ m} \quad h'' = 0,85 \text{ m} \quad S \text{ (m}^2\text{)} = 9,6 \text{ m}^2$$

$$d' = 0 \text{ m} \quad h = 2,15 \text{ m} \quad n = 1 \quad E = 200 \text{ lux} \quad 2000 \text{ lm}$$

Tipo de lámpara: Lámpara CoreLine Downlight DN125B D234; Marca Philips;



Tipo de Luminaria: LED20S/840

Flujo Luminoso de la lámpara: 2000 lm

Factor de mantenimiento: 0,8

Reflectancias efectivas: Techo 70 %, Paredes 50 %, Suelo: 20 %

Índice del local:

$$k = \frac{a \times b}{h \times (a + b)} = \frac{3 \times 3,2}{2,15 \times (3 + 3,2)} = 0,72$$

Utilizaremos el factor  $k=0,72$  con el cual obtendremos el valor del rendimiento interpolando en la tabla facilitada por el fabricante:

## 2. Cálculos

Room Index k	Reflectances for ceiling, walls and working plane (CIE)										
	0.80	0.80	0.70	0.70	0.70	0.70	0.50	0.50	0.30	0.30	0.00
0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.30	0.30	0.10	0.30	0.10	0.00
0.30	0.10	0.30	0.20	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.00
0.60	0.55	0.52	0.54	0.53	0.52	0.45	0.45	0.40	0.44	0.40	0.39
0.80	0.66	0.62	0.65	0.63	0.62	0.55	0.54	0.50	0.54	0.50	0.48
1.00	0.75	0.70	0.74	0.71	0.69	0.63	0.62	0.58	0.61	0.58	0.56
1.25	0.84	0.77	0.82	0.79	0.76	0.70	0.69	0.65	0.68	0.65	0.63
1.50	0.90	0.82	0.88	0.84	0.81	0.75	0.74	0.71	0.73	0.70	0.68
2.00	0.99	0.89	0.97	0.92	0.88	0.83	0.82	0.79	0.81	0.78	0.76
2.50	1.05	0.93	1.02	0.97	0.92	0.88	0.87	0.84	0.85	0.83	0.81
3.00	1.09	0.95	1.06	1.00	0.94	0.91	0.90	0.87	0.88	0.86	0.84
4.00	1.14	0.99	1.11	1.04	0.98	0.95	0.93	0.91	0.92	0.90	0.88
5.00	1.17	1.00	1.13	1.06	0.99	0.97	0.95	0.94	0.94	0.92	0.90

$$\eta=0,59$$

Obtenemos el flujo luminoso total

$$\phi_T = \frac{E \times S}{\eta \times f_m} = \frac{200 \times 9,6}{0,59 \times 0,8} = 4067,8 \text{ lm}$$

Por último sacamos el número de luminarias necesarias

$$N = \frac{\phi_T}{n \times \phi_L} = \frac{4067,8}{1 \times 2000} = 2$$

Finalmente utilizaremos 2 luminarias. Para la comprobación de estos cálculos se ha utilizado Dialux, programa proporcionado por el proveedor de luminarias (Ver anexo a este documento “cálculo de luminarias Dialux”).

Numero de luminarias: 2

### 2.2.3.3.8. Baño H

Dimensiones del local:

$$a \text{ (m)} = 3 \text{ m} \quad b \text{ (m)} = 3,2 \text{ m} \quad h' \text{ (m)} = 3 \text{ m} \quad h'' = 0,85 \text{ m} \quad S \text{ (m}^2\text{)} = 9,6 \text{ m}^2$$

$$d' = 0 \text{ m} \quad h = 2,15 \text{ m} \quad n = 1 \quad E = 200 \text{ lux} \quad 2000 \text{ lm}$$

Tipo de lámpara: Lámpara CoreLine Downlight DN125B D234; Marca Philips;



Tipo de Luminaria: LED20S/840

Flujo Luminoso de la lámpara: 2000 lm

Factor de mantenimiento: 0,8

Reflectancias efectivas: Techo 70 %, Paredes 50 %, Suelo: 20 %

Índice del local:

## 2. Cálculos

$$k = \frac{a \times b}{h \times (a + b)} = \frac{3 \times 3,2}{2,15 \times (3 + 3,2)} = 0,72$$

Utilizaremos el factor  $k=0,72$  con el cual obtendremos el valor del rendimiento interpolando en la tabla facilitada por el fabricante:

Room Index k	Reflectances for ceiling, walls and working plane (CIE)										
	0.80	0.80	0.70	0.70	0.70	0.70	0.50	0.50	0.30	0.30	0.00
0.60	0.55	0.52	0.54	0.53	0.52	0.45	0.45	0.40	0.44	0.40	0.39
0.80	0.66	0.62	0.65	0.63	0.62	0.55	0.54	0.50	0.54	0.50	0.48
1.00	0.75	0.70	0.74	0.71	0.69	0.63	0.62	0.58	0.61	0.58	0.56
1.25	0.84	0.77	0.82	0.79	0.76	0.70	0.69	0.65	0.68	0.65	0.63
1.50	0.90	0.82	0.88	0.84	0.81	0.75	0.74	0.71	0.73	0.70	0.68
2.00	0.99	0.89	0.97	0.92	0.88	0.83	0.82	0.79	0.81	0.78	0.76
2.50	1.05	0.93	1.02	0.97	0.92	0.88	0.87	0.84	0.85	0.83	0.81
3.00	1.09	0.95	1.06	1.00	0.94	0.91	0.90	0.87	0.88	0.86	0.84
4.00	1.14	0.99	1.11	1.04	0.98	0.95	0.93	0.91	0.92	0.90	0.88
5.00	1.17	1.00	1.13	1.06	0.99	0.97	0.95	0.94	0.94	0.92	0.90

$$\eta = 0,59$$

Obtenemos el flujo luminoso total

$$\phi_T = \frac{E \times S}{\eta \times f_m} = \frac{200 \times 9,6}{0,59 \times 0,8} = 4067,8 \text{ lm}$$

Por último sacamos el número de luminarias necesarias

$$N = \frac{\phi_T}{n \times \phi_L} = \frac{4067,8}{1 \times 2000} = 2$$

Finalmente utilizaremos 2 luminarias. Para la comprobación de estos cálculos se ha utilizado Dialux, programa proporcionado por el proveedor de luminarias (Ver anexo a este documento “cálculo de luminarias Dialux”).

Numero de luminarias: 2

### 2.2.3.3.9. Sala Descanso2

Dimensiones del local:

$$a \text{ (m)} = 5,3 \text{ m} \quad b \text{ (m)} = 16,5 \text{ m} \quad h' \text{ (m)} = 3 \text{ m} \quad h'' = 0,85 \text{ m} \quad S \text{ (m}^2\text{)} = 87,45 \text{ m}^2$$

$$d' = 0 \text{ m} \quad h = 2,15 \text{ m} \quad n = 1 \quad E = 100 \text{ lux} \quad 3700 \text{ lm}$$

Tipo de lámpara: Lámpara CoreLine Recessed RC120B W60L60; Marca Philips



Tipo de Luminaria: LED 48/840 AC-MLO

## 2. Cálculos

Flujo Luminoso de la lámpara: 3700 lm

Factor de mantenimiento: 0,8

Reflectancias efectivas: Techo 70 %, Paredes 50 %, Suelo: 20 %

Índice del local:

$$k = \frac{a \times b}{h \times (a + b)} = \frac{5,3 \times 16,5}{2,15 \times (5,3 + 16,5)} = 1,86$$

Utilizaremos el factor k=1,86 con el cual obtendremos el valor del rendimiento interpolando en la tabla facilitada por el fabricante:

Room Index k	Reflectances for ceiling, walls and working plane (CIE)										
	0.80	0.80	0.70	0.70	0.70	0.70	0.50	0.50	0.30	0.30	0.00
	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.30	0.30	0.10	0.30	0.10	0.00
0.30	0.10	0.30	0.20	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.00
0.60	0.56	0.53	0.55	0.54	0.53	0.46	0.46	0.41	0.45	0.41	0.39
0.80	0.66	0.62	0.65	0.63	0.62	0.55	0.54	0.50	0.54	0.50	0.48
1.00	0.75	0.70	0.74	0.71	0.69	0.63	0.62	0.57	0.61	0.57	0.55
1.25	0.83	0.76	0.81	0.78	0.75	0.69	0.69	0.64	0.68	0.64	0.62
1.50	0.89	0.81	0.87	0.83	0.80	0.75	0.74	0.70	0.73	0.69	0.67
2.00	0.98	0.88	0.96	0.91	0.87	0.82	0.81	0.78	0.80	0.77	0.75
2.50	1.04	0.92	1.01	0.96	0.91	0.87	0.86	0.83	0.84	0.82	0.80
3.00	1.08	0.95	1.05	0.99	0.94	0.91	0.89	0.86	0.88	0.85	0.83
4.00	1.13	0.98	1.10	1.03	0.97	0.94	0.93	0.91	0.91	0.89	0.87
5.00	1.17	1.00	1.13	1.06	0.99	0.97	0.95	0.93	0.93	0.92	0.89

$$\eta = 0,89$$

Obtenemos el flujo luminoso total

$$\phi_T = \frac{E \times S}{\eta \times f_m} = \frac{100 \times 87,45,04}{0,89 \times 0,8} = 12282,3 \text{ lm}$$

Por último sacamos el número de luminarias necesarias

$$N = \frac{\phi_T}{n \times \phi_L} = \frac{12282,3}{1 \times 3700} = 3,32$$

Finalmente utilizaremos 4 luminarias. Para la comprobación de estos cálculos se ha utilizado Dialux, programa proporcionado por el proveedor de luminarias (Ver anexo a este documento “cálculo de luminarias Dialux”).

Numero de luminarias: 4

### 2.2.3.3.10. Pasillo2

Dimensiones del local:

a (m) = 2 m   b (m) = 16,5 m   h' (m) = 3m   h'' = 0,85 m   S (m) = 33 m<sup>2</sup>  
 d' = 0 m   h = 2,15 m   n = 1   E = 100 lux   3700 lm

Tipo de lámpara: PHILIPS BBG520

## 2. Cálculos



Tipo de Luminaria: LED 800/840 MB ACT

Flujo Luminoso de la lámpara: 883 lm

Factor de mantenimiento: 0,8

Reflectancias efectivas: Techo 70 %, Paredes 50 %, Suelo: 20 %

Índice del local:

$$k = \frac{a \times b}{h \times (a + b)} = \frac{2 \times 16,5}{2,15 \times (2 + 16,5)} = 0,83$$

Utilizaremos el factor  $k=0,83$  con el cual obtendremos el valor del rendimiento interpolando en la tabla facilitada por el fabricante:

Room Index k	Reflectances for ceiling, walls and working plane (CIE)										
	0.80	0.80	0.70	0.70	0.70	0.70	0.50	0.50	0.30	0.30	0.00
	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.30	0.30	0.10	0.10	0.00	0.00
	0.30	0.10	0.30	0.20	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.00
0.60	0.81	0.77	0.81	0.79	0.77	0.73	0.73	0.70	0.73	0.70	0.69
0.80	0.88	0.83	0.87	0.85	0.82	0.79	0.78	0.76	0.78	0.75	0.74
1.00	0.94	0.88	0.93	0.90	0.87	0.84	0.83	0.81	0.82	0.80	0.79
1.25	1.00	0.92	0.98	0.94	0.91	0.88	0.87	0.85	0.86	0.84	0.83
1.50	1.04	0.94	1.02	0.98	0.94	0.91	0.90	0.88	0.89	0.87	0.86
2.00	1.11	0.99	1.08	1.03	0.98	0.96	0.95	0.93	0.94	0.92	0.90
2.50	1.15	1.02	1.12	1.06	1.01	0.99	0.98	0.96	0.97	0.95	0.94
3.00	1.18	1.03	1.15	1.09	1.03	1.01	1.00	0.99	0.99	0.98	0.96
4.00	1.22	1.05	1.18	1.11	1.04	1.04	1.02	1.01	1.01	1.00	0.98
5.00	1.24	1.06	1.20	1.12	1.06	1.05	1.03	1.03	1.02	1.01	0.99

$$\eta = 0,86$$

Obtenemos el flujo luminoso total

$$\phi_T = \frac{E \times S}{\eta \times f_m} = \frac{100 \times 33}{0,86 \times 0,8} = 4796,5 \text{ lm}$$

Por último sacamos el número de luminarias necesarias

$$N = \frac{\phi_T}{n \times \phi_L} = \frac{4796,5}{1 \times 883} = 5,43$$

Finalmente utilizaremos 6 luminarias. Para la comprobación de estos cálculos se ha utilizado Dialux, programa proporcionado por el proveedor de luminarias (Ver anexo a este documento “cálculo de luminarias Dialux”)

Numero de luminarias: 6

### 2.2.3.3.11. Vestuario M

Dimensiones del local:

$$a \text{ (m)} = 4,5 \text{ m} \quad b \text{ (m)} = 8,6 \text{ m} \quad h' \text{ (m)} = 3 \text{ m} \quad h'' = 0,85 \text{ m} \quad S \text{ (m}^2\text{)} = 38,7 \text{ m}^2$$

## 2. Cálculos

$d' = 0 \text{ m}$     $h = 2,15 \text{ m}$     $n = 1$     $E = 200 \text{ lux}$     $3700 \text{ lm}$

Tipo de lámpara: Lámpara CoreLine Recessed RC120B W60L60; Marca Philips



Tipo de Luminaria: LED 37S/840

Flujo Luminoso de la lámpara: 3700 lm

Factor de mantenimiento: 0,8

Reflectancias efectivas: Techo 70 %, Paredes 50 %, Suelo: 20 %

Índice del local:

$$k = \frac{a \times b}{h \times (a + b)} = \frac{4,5 \times 8,6}{2,15 \times (4,5 + 8,6)} = 1,37$$

Utilizaremos el factor  $k=1,37$  con el cual obtendremos el valor del rendimiento interpolando en la tabla facilitada por el fabricante:

Room Index k	Reflectances for ceiling, walls and working plane (CIE)										
	0.80	0.80	0.70	0.70	0.70	0.70	0.50	0.50	0.30	0.30	0.00
0.60	0.56	0.53	0.55	0.54	0.53	0.46	0.46	0.41	0.45	0.41	0.39
0.80	0.66	0.62	0.65	0.63	0.62	0.55	0.54	0.50	0.54	0.50	0.48
1.00	0.75	0.70	0.74	0.71	0.69	0.63	0.62	0.57	0.61	0.57	0.55
1.25	0.83	0.76	0.81	0.78	0.75	0.69	0.69	0.64	0.68	0.64	0.62
1.50	0.89	0.81	0.87	0.83	0.80	0.75	0.74	0.70	0.73	0.69	0.67
2.00	0.98	0.88	0.96	0.91	0.87	0.82	0.81	0.78	0.80	0.77	0.75
2.50	1.04	0.92	1.01	0.96	0.91	0.87	0.86	0.83	0.84	0.82	0.80
3.00	1.08	0.95	1.05	0.99	0.94	0.91	0.89	0.86	0.88	0.85	0.83
4.00	1.13	0.98	1.10	1.03	0.97	0.94	0.93	0.91	0.91	0.89	0.87
5.00	1.17	1.00	1.13	1.06	0.99	0.97	0.95	0.93	0.93	0.92	0.89

$$\eta = 0,804$$

Obtenemos el flujo luminoso total

$$\phi_T = \frac{E \times S}{\eta \times f_m} = \frac{200 \times 38,7}{0,804 \times 0,8} = 12033,58 \text{ lm}$$

Por último sacamos el número de luminarias necesarias

$$N = \frac{\phi_T}{n \times \phi_L} = \frac{12033,58}{1 \times 3700} = 3,2$$

Finalmente utilizaremos 4 luminarias. Para la comprobación de estos cálculos se ha utilizado Dialux, programa proporcionado por el proveedor de luminarias (Ver anexo a este documento “cálculo de luminarias Dialux”).

Numero de luminarias: 4

## 2. Cálculos

### 2.2.3.3.12. Vestuario H

Dimensiones del local:

$$a \text{ (m)} = 4,5 \text{ m} \quad b \text{ (m)} = 8,6 \text{ m} \quad h' \text{ (m)} = 3 \text{ m} \quad h'' = 0,85 \text{ m} \quad S \text{ (m}^2\text{)} = 38,7 \text{ m}^2$$

$$d' = 0 \text{ m} \quad h = 2,15 \text{ m} \quad n = 1 \quad E = 200 \text{ lux} \quad 3700 \text{ lm}$$

Tipo de lámpara: Lámpara CoreLine Recessed RC120B W60L60; Marca Philips



Tipo de Luminaria: LED 37S/840

Flujo Luminoso de la lámpara: 3700 lm

Factor de mantenimiento: 0,8

Reflectancias efectivas: Techo 70 %, Paredes 50 %, Suelo: 20 %

Índice del local:

$$k = \frac{a \times b}{h \times (a + b)} = \frac{4,5 \times 8,6}{2,15 \times (4,5 + 8,6)} = 1,37$$

Utilizaremos el factor  $k=1,37$  con el cual obtendremos el valor del rendimiento interpolando en la tabla facilitada por el fabricante:

Room Index k	Reflectances for ceiling, walls and working plane (CIE)										
	0.80	0.80	0.70	0.70	0.70	0.70	0.50	0.50	0.30	0.30	0.00
	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.30	0.30	0.10	0.30	0.10	0.00
	0.30	0.10	0.30	0.20	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.00
0.60	0.56	0.53	0.55	0.54	0.53	0.46	0.46	0.41	0.45	0.41	0.39
0.80	0.66	0.62	0.65	0.63	0.62	0.55	0.54	0.50	0.54	0.50	0.48
1.00	0.75	0.70	0.74	0.71	0.69	0.63	0.62	0.57	0.61	0.57	0.55
1.25	0.83	0.76	0.81	0.78	0.75	0.69	0.69	0.64	0.68	0.64	0.62
1.50	0.89	0.81	0.87	0.83	0.80	0.75	0.74	0.70	0.73	0.69	0.67
2.00	0.98	0.88	0.96	0.91	0.87	0.82	0.81	0.78	0.80	0.77	0.75
2.50	1.04	0.92	1.01	0.96	0.91	0.87	0.86	0.83	0.84	0.82	0.80
3.00	1.08	0.95	1.05	0.99	0.94	0.91	0.89	0.86	0.88	0.85	0.83
4.00	1.13	0.98	1.10	1.03	0.97	0.94	0.93	0.91	0.91	0.89	0.87
5.00	1.17	1.00	1.13	1.06	0.99	0.97	0.95	0.93	0.93	0.92	0.89

$$\eta = 0,804$$

Obtenemos el flujo luminoso total

$$\phi_T = \frac{E \times S}{\eta \times f_m} = \frac{200 \times 38,7}{0,804 \times 0,8} = 12033,58 \text{ lm}$$

Por último sacamos el número de luminarias necesarias

$$N = \frac{\phi_T}{n \times \phi_L} = \frac{12033,58}{1 \times 3700} = 3,2$$

## 2. Cálculos

Finalmente utilizaremos 4 luminarias. Para la comprobación de estos cálculos se ha utilizado Dialux, programa proporcionado por el proveedor de luminarias (Ver anexo a este documento “cálculo de luminarias Dialux”).

Numero de luminarias: 4

### 2.2.3.3.13. Reparación

Dimensiones del local:

a (m) = 8,6 m    b (m) = 14,4 m    h' (m) = 6m    h'' = 0,85 m    S (m) = 123,84 m<sup>2</sup>  
d' = 1 m    h = 4,15 m    n = 1    E = 700 lux    32.500 lm

Tipo de lámpara: PHILIPS BY150P



Tipo de Luminaria: Cabana2: HPI-P400W-BU P-WB

Flujo Luminoso de la lámpara: 32.500 lm

Factor de mantenimiento: 0,8

Reflectancias efectivas: Techo 70 %, Paredes 50 %, Suelo: 20 %

Índice del local:

$$k = \frac{a \times b}{h \times (a + b)} = \frac{8,6 \times 14,4}{4,15 \times (8,6 + 14,4)} = 1,29$$

Utilizaremos el factor k=1,29 con el cual obtendremos el valor del rendimiento interpolando en la tabla facilitada por el fabricante:

Room Index k	Reflectances for ceiling, walls and working plane (CIE)										
	0.80	0.80	0.70	0.70	0.70	0.70	0.50	0.50	0.30	0.30	0.00
0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.30	0.30	0.30	0.10	0.10	0.00
1.00	0.58	0.55	0.58	0.56	0.55	0.51	0.48	0.51	0.48	0.51	0.47
1.25	0.64	0.60	0.64	0.62	0.60	0.57	0.56	0.54	0.56	0.54	0.52
1.50	0.69	0.64	0.68	0.65	0.63	0.60	0.60	0.58	0.59	0.57	0.56
2.00	0.75	0.69	0.74	0.71	0.68	0.66	0.65	0.63	0.65	0.63	0.62
2.50	0.79	0.72	0.78	0.74	0.71	0.69	0.68	0.67	0.68	0.66	0.65
3.00	0.82	0.74	0.81	0.77	0.73	0.71	0.70	0.69	0.70	0.68	0.67
4.00	0.86	0.76	0.84	0.79	0.75	0.74	0.73	0.72	0.72	0.71	0.69
5.00	0.88	0.77	0.86	0.81	0.77	0.75	0.74	0.73	0.73	0.72	0.71

$$\eta = 0,63$$

Obtenemos el flujo luminoso total

$$\phi_T = \frac{E \times S}{\eta \times f_m} = \frac{700 \times 133,84}{0,63 \times 0,8} = 172000 \text{ lm}$$

## 2. Cálculos

Por último sacamos el número de luminarias necesarias

$$N = \frac{\phi_T}{n \times \phi_L} = \frac{172000}{1 \times 32500} = 5,3$$

Finalmente utilizaremos 6 luminarias. Para la comprobación de estos cálculos se ha utilizado Dialux, programa proporcionado por el proveedor de luminarias (Ver anexo a este documento “cálculo de luminarias Dialux”).

Numero de luminarias: 6

### 2.2.3.3.14. Producción

Dimensiones del local:

a (m) = 39,7 m ( m) b (m) =43,06 m (m) h' (m) = 6m h''= 0,85 m d'= 0 m  
 h= 2,15 m S (m) = 1709,5 m<sup>2</sup> n=1 E= 700 lux 3700 lm

Tipo de lámpara: PHILIPS BY150P



Tipo de Luminaria: Cabana2: HPI-P400W-BU P-WB

Flujo Luminoso de la lámpara: 32.500 lm

Factor de mantenimiento: 0,8

Reflectancias efectivas: Techo 70 %, Paredes 50 %, Suelo 20%

Índice del local:

$$k = \frac{a \times b}{h \times (a + b)} = \frac{39,7 \times 43,06}{4,15 \times (39,7 + 43,06)} = 4,97$$

Utilizaremos el factor k=4,97 con el cual obtendremos el valor del rendimiento interpolando en la tabla facilitada por el fabricante:

Room Index k	Reflectances for ceiling, walls and working plane (CIE)										
	0.80	0.80	0.70	0.70	0.70	0.70	0.50	0.50	0.30	0.30	0.00
	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.30	0.30	0.10	0.30	0.10	0.00
	0.30	0.10	0.30	0.20	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.00
0.60	0.44	0.43	0.44	0.43	0.42	0.38	0.38	0.36	0.38	0.36	0.35
0.80	0.52	0.50	0.52	0.51	0.50	0.46	0.45	0.43	0.45	0.43	0.41
1.00	0.58	0.55	0.58	0.56	0.55	0.51	0.51	0.48	0.51	0.48	0.47
1.25	0.64	0.60	0.64	0.62	0.60	0.57	0.56	0.54	0.56	0.54	0.52
1.50	0.69	0.64	0.68	0.65	0.63	0.60	0.60	0.58	0.59	0.57	0.56
2.00	0.75	0.69	0.74	0.71	0.68	0.66	0.65	0.63	0.65	0.63	0.62
2.50	0.79	0.72	0.78	0.74	0.71	0.69	0.68	0.67	0.68	0.66	0.65
3.00	0.82	0.74	0.81	0.77	0.73	0.71	0.70	0.69	0.70	0.68	0.67
4.00	0.86	0.76	0.84	0.79	0.75	0.74	0.73	0.72	0.72	0.71	0.69
5.00	0.88	0.77	0.86	0.81	0.77	0.75	0.74	0.73	0.73	0.72	0.71

## 2. Cálculos

$$\eta=0,81$$

Obtenemos el flujo luminoso total

$$\phi_T = \frac{E \times S}{\eta \times f_m} = \frac{500 \times 1709,5}{0,81 \times 0,8} = 13190586lm$$

Por último sacamos el número de luminarias necesarias

$$N = \frac{\phi_T}{n \times \phi_L} = \frac{13190586}{1 \times 32500} = 40,6$$

Finalmente utilizaremos 48 luminarias. Para la comprobación de estos cálculos se ha utilizado Dialux, programa proporcionado por el proveedor de luminarias (Ver anexo a este documento “cálculo de luminarias Dialux”)

Numero de luminarias: 46
--------------------------

### 2.2.3.3.15. Centro transformación.

Dimensiones del local:

$$a \text{ (m)} = 5,77\text{m} \quad b \text{ (m)} = 2,25\text{m} \quad h' \text{ (m)} = 3,15 \text{ m} \quad h'' = 0,85 \text{ m} \quad S \text{ (m}^2) = 12,98\text{m}^2$$

$$d' = 0,46 \text{ m} \quad h = 1,84 \text{ m} \quad n=2 \quad E= 200 \text{ lux}$$

Tipo de lámpara: Lámpara fluorescente; Marca Philips; MASTER TL-D 51W/840



Tipo de luminaria: Marca Philips; Modelo: Centura2; Ref: TCS160 2xTL-D58W HF-E

Flujo luminoso de la lámpara: 10.480 lúmenes

Factor de mantenimiento: 0,8

Reflectancias efectivas: Techo 70 %, Paredes 50 %, 20%

Índice del local:

$$k = \frac{a \times b}{h \times (a + b)} = \frac{5,77 \times 2,25}{1,84 \times (5,77 + 2,25)} = 0,88$$

Utilizaremos el factor k=0,88 con el cual obtendremos el valor del rendimiento interpolando en la tabla facilitada por el fabricante:

## 2. Cálculos

Room Index k	Reflectances for ceiling, walls and working plane (CIE)										
	0.80	0.80	0.70	0.70	0.70	0.70	0.50	0.50	0.30	0.30	0.00
	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.30	0.30	0.10	0.30	0.10	0.00
	0.30	0.10	0.30	0.20	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.00
0.60	0.32	0.30	0.31	0.31	0.30	0.27	0.26	0.24	0.26	0.24	0.23
0.80	0.38	0.36	0.37	0.36	0.35	0.32	0.31	0.29	0.31	0.29	0.28
1.00	0.43	0.40	0.42	0.41	0.39	0.36	0.36	0.33	0.35	0.33	0.32
1.25	0.47	0.43	0.46	0.45	0.43	0.40	0.39	0.37	0.39	0.37	0.36
1.50	0.51	0.46	0.49	0.47	0.45	0.43	0.42	0.40	0.42	0.40	0.39
2.00	0.55	0.50	0.54	0.51	0.49	0.47	0.46	0.45	0.46	0.44	0.43
2.50	0.59	0.52	0.57	0.54	0.51	0.49	0.49	0.47	0.48	0.47	0.45
3.00	0.61	0.53	0.59	0.56	0.53	0.51	0.50	0.49	0.50	0.48	0.47
4.00	0.63	0.55	0.62	0.58	0.54	0.53	0.52	0.51	0.51	0.50	0.49
5.00	0.65	0.56	0.63	0.59	0.55	0.54	0.53	0.52	0.52	0.52	0.50

$$\eta=0,38$$

Obtenemos el flujo luminoso total

$$\phi_T = \frac{E \times S}{\eta \times f_m} = \frac{200 \times 13,98}{0,38 \times 0,8} = 8539,47 \text{ lm}$$

Por último sacamos el número de luminarias necesarias

$$N = \frac{\phi_T}{n \times \phi_L} = \frac{8539,47}{2 \times 10480} = 0,4$$

Finalmente utilizaremos 1 luminarias. Para la comprobación de estos cálculos se ha utilizado Dialux, programa proporcionado por el proveedor de luminarias (Ver anexo a este documento “cálculo de luminarias Dialux”).

Numero de luminarias: 1

### 2.2.3.4. Cálculo iluminación Exterior

El nivel de iluminación que habrá en el exterior será bajo y muy pequeño en comparación del que se utilizará en el interior, ya que no habrá actividad en el exterior de la nave. Este nivel de iluminación será de 150 lux para la zona de aparcamientos en la cual también está situada la entrada.

La altura a la que colocaremos las luminarias será de 6 metros. Utilizaremos lámparas exteriores clase I IP54 MASTER HPI-T Plus 400W/643 empotradas en la pared para alumbrar las superficies que dan a la entrada y aparcamiento.

Para el cálculo del alumbrado exterior se ha procedido a diferenciar distintas zonas, quedando iluminadas todas las fachadas de la nave industrial.

## 2. Cálculos



### 2.2.3.4.1. Fachada 1

Dimensiones del local: H = 6 m., L = 40 m., A = 4 m.

Nivel de iluminación: 150 lux

Tipo de iluminación: Directa.

Tipo de lámpara: Lámpara de halogenuros metálicos; Marca Philips; MASTER HPI-T Plus 400W/645

Tipo de luminaria: Philips; Modelo: Tempo; Ref: RVP351 1X HPI-T 400W;

Flujo luminoso de la lámpara: 35000 lm.

Factor de mantenimiento: 0,6

Coefficiente de utilización: 0,66

Lámparas necesarias:

$$N^{\circ} = \frac{E * A * L}{Cu * Cm * \phi} \rightarrow N = \frac{150 * 240}{0,6 * 0,66 * 35000} \rightarrow N = 0,02$$

Utilizaremos 2 luminarias.

Establecimiento del ángulo de inclinación del proyector:

$$H = \frac{A}{\tan \alpha} \rightarrow 6 = \frac{4}{\tan \alpha} \rightarrow \tan \alpha = \frac{4}{6} \rightarrow \alpha = 33,7^{\circ}$$

### 2.2.3.4.2. Fachada 2

Dimensiones del local: H = 6 m., L = 60 mA = 4 m.

Nivel de iluminación: 150 lux

Tipo de iluminación: Directa.

Tipo de lámpara: Lámpara de halogenuros metálicos; Marca Philips; MASTER HPI-T Plus 400W/645

Tipo de luminaria: Philips; Modelo: Tempo; Ref: RVP351 1X HPI-T 400W;

Flujo luminoso de la lámpara: 35000 lm.

Factor de mantenimiento: 0,6

Coefficiente de utilización: 0,66

Lámparas necesarias:

$$N^{\circ} = \frac{E * A * L}{Cu * Cm * \phi} \rightarrow N = \frac{150 * 360}{0,6 * 0,66 * 35000} \rightarrow N = 3,9$$

Utilizaremos 4 luminarias.

## 2. Cálculos

Establecimiento del ángulo de inclinación del proyector:

$$H = \frac{A}{\tan \alpha} \rightarrow 6 = \frac{4}{\tan \alpha} \rightarrow \tan \alpha = \frac{4}{6} \rightarrow \alpha = 33,7^\circ$$

### 2.2.3.4.3. Fachada 3

Dimensiones del local: H = 6 m., L = 40 m., A = 6 m.

Nivel de iluminación: 150 lux

Tipo de iluminación: Directa.

Tipo de lámpara: Lámpara de halogenuros metálicos; Marca Philips; MASTER HPI-T Plus 400W/645

Flujo luminoso de la lámpara: 35000 lm.

Factor de mantenimiento: 0,6

Coefficiente de utilización: 0,66

Lámparas necesarias:

$$N^\circ = \frac{E * A * L}{Cu * Cm * \phi} \rightarrow N = \frac{150 * 240}{0,6 * 0,66 * 35000} \rightarrow N = 0,02$$

Utilizaremos 2 luminarias.

Establecimiento del ángulo de inclinación del proyector:

$$H = \frac{A}{\tan \alpha} \rightarrow 6 = \frac{6}{\tan \alpha} \rightarrow \tan \alpha = \frac{6}{6} \rightarrow \alpha = 45^\circ$$

### 2.2.3.4.4. Fachada 4

Dimensiones del local: H = 4 m., L = 60 m., A = 6 m.

Nivel de iluminación: 150 lux

Tipo de iluminación: Directa.

Tipo de lámpara: Lámpara de halogenuros metálicos; Marca Philips; MASTER HPI-T Plus 400W/645

Flujo luminoso de la lámpara: 35000 lm.

Factor de mantenimiento: 0,6

Coefficiente de utilización: 0,66

Lámparas necesarias:

$$N^\circ = \frac{E * A * L}{Cu * Cm * \phi} \rightarrow N = \frac{150 * 360}{0,6 * 0,66 * 35000} \rightarrow N = 3,9$$

Utilizaremos 4 luminarias.

Establecimiento del ángulo de inclinación del proyector:

$$H = \frac{A}{\tan \alpha} \rightarrow 6 = \frac{4}{\tan \alpha} \rightarrow \tan \alpha = \frac{4}{6} \rightarrow \alpha = 33,7^\circ$$

### 2.2.3.5. Cálculo alumbrado de emergencia

El cálculo del alumbrado de emergencia se realiza para obtener una iluminación media de 5 lux/m<sup>2</sup> en toda la nave, de manera que en caso de que el alumbrado general

## 2. Cálculos

falle se mantenga un nivel de iluminación que permita evacuar la nave por las rutas marcadas.

La colocación del alumbrado de emergencia y señalización se situarán a una altura de 2,30 m respecto del suelo, justo encima de los marcos de las puertas, excepto en el caso de usar proyectores de gran potencia. Estos se utilizarán en el taller y en la sala de reparaciones, y se colocarán a una altura de 3m.

Para el cálculo del alumbrado de emergencia el factor de utilización será siempre 1.

### 2.2.3.5.1. Recepción:

Área del local: 34,04 m<sup>2</sup>.

Proporción: 5 lúmenes / m<sup>2</sup>.

Flujo necesario: 170,02 lm.

Tipo de lámpara: Proyector de emergencia y señalización; Marca Legrand; Ref: 6622 24.

Potencia de la lámpara 8W.

Flujo luminoso de la lámpara: 350 lm.

Obtenemos el flujo luminoso total

$$\phi_T = \frac{E \times S}{f_u \times f_m} = \frac{5 \times 34,04}{1 \times 0,8} = 212,8 \text{ lm}$$

Por último sacamos el número de luminarias necesarias

$$N = \frac{\phi_T}{n \times \phi_L} = \frac{212,8}{1 \times 350} = 0,6$$

Numero de luminarias: 1 con cartel de salida
--

### 2.2.3.5.2. Sala reunión:

Área del local: 42,32 m<sup>2</sup>.

Proporción: 5 lúmenes / m<sup>2</sup>.

Flujo necesario: 211,6 lm.

Tipo de lámpara: Proyector de emergencia y señalización; Marca Legrand; Ref: 6622 24.

Potencia de la lámpara 8W.

Flujo luminoso de la lámpara: 350 lm.

Obtenemos el flujo luminoso total

$$\phi_T = \frac{E \times S}{f_u \times f_m} = \frac{5 \times 42,32}{1 \times 0,8} = 264,5 \text{ lm}$$

Por último sacamos el número de luminarias necesarias

$$N = \frac{\phi_T}{n \times \phi_L} = \frac{264,5}{1 \times 350} = 0,75$$

Numero de luminarias: 1 con cartel de salida
--

## 2. Cálculos

### 2.2.3.5.3. Pasillo1:

Área del local: 33 m<sup>2</sup>.

Proporción: 5 lúmenes / m<sup>2</sup>.

Flujo necesario: 181,7 lm.

Tipo de lámpara: Proyector de emergencia y señalización; Marca Legrand; Ref: 6627 07.

Potencia de la lámpara 6W.

Flujo luminoso de la lámpara: 100 lm.

Obtenemos el flujo luminoso total

$$\phi_T = \frac{E \times S}{f_u \times f_m} = \frac{5 \times 33}{1 \times 0,8} = 206,3lm$$

Por último sacamos el número de luminarias necesarias

$$N = \frac{\phi_T}{n \times \phi_L} = \frac{206,3}{1 \times 100} = 2,06$$

Numero de luminarias: 2 con cartel de salida
--

### 2.2.3.5.4. Sala Descanso1:

Área del local: 17,6 m<sup>2</sup>.

Proporción: 5 lúmenes / m<sup>2</sup>.

Flujo necesario: 88 lm.

Tipo de lámpara: Proyector de emergencia y señalización; Marca Legrand; Ref: 6627 07.

Potencia de la lámpara 6W.

Flujo luminoso de la lámpara: 100 lm.

Obtenemos el flujo luminoso total

$$\phi_T = \frac{E \times S}{f_u \times f_m} = \frac{5 \times 17,6}{1 \times 0,8} = 110lm$$

Por último sacamos el número de luminarias necesarias

$$N = \frac{\phi_T}{n \times \phi_L} = \frac{110}{1 \times 100} = 1,10$$

Numero de luminarias: 1 con cartel de salida
--

### 2.2.3.5.5. Oficinas:

Área del local: 224,4 m<sup>2</sup>.

Proporción: 5 lúmenes / m<sup>2</sup>.

Flujo necesario: 1122 lm.

Tipo de lámpara: Proyector de emergencia y señalización; Marca Legrand; Ref: 6622 24.

Potencia de la lámpara 8W.

Flujo luminoso de la lámpara: 350 lm.

Obtenemos el flujo luminoso total

$$\phi_T = \frac{E \times S}{f_u \times f_m} = \frac{5 \times 224,4}{1 \times 0,8} = 1402,5lm$$

## 2. Cálculos

Por último sacamos el número de luminarias necesarias

$$N = \frac{\phi_T}{n \times \phi_L} = \frac{1402,5}{1 \times 350} = 4,00$$

Numero de luminarias: 4 (2 de ellas con cartel de salida)

### 2.2.3.5.6. Despacho:

Área del local: 14,72 m<sup>2</sup>.

Proporción: 5 lúmenes / m<sup>2</sup>.

Flujo necesario: 73,6 lm.

Tipo de lámpara: Proyector de emergencia y señalización; Marca Legrand; Ref: 6627 07.

Potencia de la lámpara 6W.

Flujo luminoso de la lámpara: 100 lm.

Obtenemos el flujo luminoso total

$$\phi_T = \frac{E \times S}{f_u \times f_m} = \frac{5 \times 14,72}{1 \times 0,8} = 92lm$$

Por último sacamos el número de luminarias necesarias

$$N = \frac{\phi_T}{n \times \phi_L} = \frac{92}{1 \times 100} = 0,82$$

Numero de luminarias: 1 con cartel de salida

### 2.2.3.5.7. Aseo M:

Área del local: 9,6 m<sup>2</sup>.

Proporción: 5 lúmenes / m<sup>2</sup>.

Flujo necesario: 48 lm.

Tipo de lámpara: Proyector de emergencia y señalización; Marca Legrand; Ref: 6627 07.

Potencia de la lámpara 6W.

Flujo luminoso de la lámpara: 100 lm.

Obtenemos el flujo luminoso total

$$\phi_T = \frac{E \times S}{f_u \times f_m} = \frac{5 \times 9,6}{1 \times 0,8} = 60lm$$

Por último sacamos el número de luminarias necesarias

$$N = \frac{\phi_T}{n \times \phi_L} = \frac{60}{1 \times 100} = 0,62$$

Numero de luminarias: 1 con cartel de salida

### 2.2.3.5.8. Aseo H:

Área del local: 9,6 m<sup>2</sup>.

Proporción: 5 lúmenes / m<sup>2</sup>.

Flujo necesario: 48 lm.

Tipo de lámpara: Proyector de emergencia y señalización; Marca Legrand; Ref: 6627 07.

Potencia de la lámpara 6W.

## 2. Cálculos

Flujo luminoso de la lámpara: 100 lm.

Obtenemos el flujo luminoso total

$$\phi_T = \frac{E \times S}{f_u \times f_m} = \frac{5 \times 9,6}{1 \times 0,8} = 60lm$$

Por último sacamos el número de luminarias necesarias

$$N = \frac{\phi_T}{n \times \phi_L} = \frac{60}{1 \times 100} = 0,62$$

Numero de luminarias: 1 con cartel de salida
--

### 2.2.3.5.9. Vestuario M:

Área del local: 38,7 m<sup>2</sup>.

Proporción: 5 lúmenes / m<sup>2</sup>.

Flujo necesario: 193,5 lm.

Tipo de lámpara: Proyector de emergencia y señalización; Marca Legrand; Ref: 6622 24.

Potencia de la lámpara 8W.

Flujo luminoso de la lámpara: 350 lm.

Obtenemos el flujo luminoso total

$$\phi_T = \frac{E \times S}{f_u \times f_m} = \frac{5 \times 38,7}{1 \times 0,8} = 241,87lm$$

Por último sacamos el número de luminarias necesarias

$$N = \frac{\phi_T}{n \times \phi_L} = \frac{241,87}{1 \times 350} = 0,69$$

Numero de luminarias: 1 con cartel de salida
--

### 2.2.3.5.10. Vestuario H:

Área del local: 38,7 m<sup>2</sup>.

Proporción: 5 lúmenes / m<sup>2</sup>.

Flujo necesario: 193,5 lm.

Tipo de lámpara: Proyector de emergencia y señalización; Marca Legrand; Ref: 6622 24.

Potencia de la lámpara 8W.

Flujo luminoso de la lámpara: 350 lm.

Obtenemos el flujo luminoso total

$$\phi_T = \frac{E \times S}{f_u \times f_m} = \frac{5 \times 38,7}{1 \times 0,8} = 241,87lm$$

Por último sacamos el número de luminarias necesarias

$$N = \frac{\phi_T}{n \times \phi_L} = \frac{241,87}{1 \times 350} = 0,69$$

Numero de luminarias: 1 con cartel de salida
--

### 2.2.3.5.11. Sala Descanso2:

## 2. Cálculos

Área del local: 87,45 m<sup>2</sup>.  
 Proporción: 5 lúmenes / m<sup>2</sup>.  
 Flujo necesario: 1437,25 lm.

Tipo de lámpara: Proyector de emergencia y señalización; Marca Legrand; Ref: 6622 24.  
 Potencia de la lámpara 8W.  
 Flujo luminoso de la lámpara: 350 lm.

Obtenemos el flujo luminoso total

$$\phi_T = \frac{E \times S}{f_u \times f_m} = \frac{5 \times 87,45}{1 \times 0,8} = 546,56lm$$

Por último sacamos el número de luminarias necesarias

$$N = \frac{\phi_T}{n \times \phi_L} = \frac{546,56}{1 \times 350} = 1,56$$

Numero de luminarias: 2 con cartel de salida
--

### 2.2.3.5.12. Pasillo2:

Área del local: 33 m<sup>2</sup>.  
 Proporción: 5 lúmenes / m<sup>2</sup>.  
 Flujo necesario: 161,7 lm.

Tipo de lámpara: Proyector de emergencia y señalización; Marca Legrand; Ref: 6627 07.  
 Potencia de la lámpara 6W.  
 Flujo luminoso de la lámpara: 100 lm.

Obtenemos el flujo luminoso total

$$\phi_T = \frac{E \times S}{f_u \times f_m} = \frac{5 \times 33}{1 \times 0,8} = 206,25lm$$

Por último sacamos el número de luminarias necesarias

$$N = \frac{\phi_T}{n \times \phi_L} = \frac{206,25}{1 \times 100} = 2,06$$

Numero de luminarias: 2 con cartel de salida
--

### 2.2.3.5.13. Mantenimiento:

Área del local: 123,84 m<sup>2</sup>.  
 Proporción: 5 lúmenes / m<sup>2</sup>.  
 Flujo necesario: 619,2 lm.

Tipo de lámpara: Proyector de emergencia y señalización; Marca Legrand; Ref: 6622 24.  
 Potencia de la lámpara 8W.  
 Flujo luminoso de la lámpara: 350 lm.

Obtenemos el flujo luminoso total

$$\phi_T = \frac{E \times S}{f_u \times f_m} = \frac{5 \times 123,84}{1 \times 0,8} = 774lm$$

Por último sacamos el número de luminarias necesarias

## 2. Cálculos

$$N = \frac{\phi_T}{n \times \phi_L} = \frac{774}{1 \times 350} = 2,21$$

Numero de luminarias: 3 (1 con cartel de salida)

### 2.2.3.5.14. Taller:

Área del local: 167,61 m<sup>2</sup>.

Proporción: 5 lúmenes / m<sup>2</sup>.

Flujo necesario: 8383 lm.

Tipo de lámpara: Proyector de emergencia y señalización; Marca Legrand; Ref: 6608 43.

Potencia de la lámpara 8W.

Flujo luminoso de la lámpara: 1500 lm.

Obtenemos el flujo luminoso total

$$\phi_T = \frac{E \times S}{f_u \times f_m} = \frac{5 \times 1676,61}{1 \times 0,8} = 10478,81 \text{ lm}$$

Por último sacamos el número de luminarias necesarias

$$N = \frac{\phi_T}{n \times \phi_L} = \frac{10478,81}{2 \times 1500} = 3,49$$

Numero de luminarias: 2 con cartel de salida)

### 2.2.3.5.15. CT:

Área del local: 12,98 m<sup>2</sup>.

Proporción: 5 lúmenes / m<sup>2</sup>.

Flujo necesario: 81,125 lm.

Tipo de lámpara: Proyector de emergencia y señalización; Marca Legrand; Ref: 6627 07.

Potencia de la lámpara 6W.

Flujo luminoso de la lámpara: 100 lm.

Obtenemos el flujo luminoso total

$$\phi_T = \frac{E \times S}{f_u \times f_m} = \frac{5 \times 12,98}{1 \times 0,8} = 81,125 \text{ lm}$$

Por último sacamos el número de luminarias necesarias

$$N = \frac{\phi_T}{n \times \phi_L} = \frac{81,125}{1 \times 100} = 3,081$$

Numero de luminarias: 1 con cartel de salida)

## 2.3. CÁLCULOS ELÉCTRICOS DE LA INSTALACIÓN

### 2.3.1. Ordenación de los cuadros de baja tensión

A continuación se dividirán los diferentes circuitos de la instalación interior en distintos cuadros. En las siguientes tablas se muestra la composición de los distintos cuadros de baja tensión repartidos por la nave.

**CGP:**

## 2. Cálculos

CUADRO	CIRCUITO	UTILIZACIÓN	Zonas
CGP	1	Alumbrado-fuerza	Zona 1
CGP	2	Alumbrado-fuerza	Zona 2
CGP	3	Alumbrado	Zona 3
CGP	4	Fuerza	Zona 3
CGP	5	Fuerza	Zona 3

<b>Zona 1</b>	Recepción, Sala reuniones, Pasillo1 y Oficinas
<b>Zona 2</b>	Aseos, Sala Descanso1, Despacho, Sala Descanso2, Pasillo2, Vestuarios
<b>Zona 3</b>	Mantenimiento, Taller y Alumbrado Exterior

### Cuadro Auxiliar 1: Zona 1 (Alumbrado-Fuerza)

CUADRO AUXILIAR 1	CIRCUITO	UTILIZACIÓN
<b>Alumbrado</b>		
Alumbrado Recep., Reuni., Pasillo1, Emergencia	1.1	Encendido 1
Alumbrado Oficinas 1, 2 y 3	1.2	Encendido 2
Alumbrado Oficinas 4, 5 y 6	1.3	Encendido 3
<b>Fuerza</b>		
T.C monofásicas Recep., Reuni., Pasillo1	1.4	T.C monofásicas
T.C monofásicas Oficinas	1.5	T.C monofásicas
T.C monofásicas Oficinas	1.6	T.C monofásicas
T.C SAI	1.7	T.C SAI

### Cuadro Auxiliar 2: Zona 2 (Alumbrado - Fuerza)

CUADRO AUXILIAR 2	CIRCUITO	UTILIZACIÓN
<b>Alumbrado</b>		
Alumbrado Aseos, Sala Descan.1, Sala Descan.2 y Despach.	2.1	Encendido 1
Alumbrado Pasillo2 y Vestuarios.	2.2	Encendido 2
<b>Fuerza</b>		
T.C Monof.	2.3	T.C Monof.
T.C Monof. Vestuarios	2.9	T.C Monof. (Zonas Húmedas)

### Cuadro Auxiliar 3: Zona 3 (Alumbrado)

CUADRO AUXILIAR 3	CIRCUITO	UTILIZACIÓN
<b>Alumbrado</b>		
Alumbrado Taller1, Taller2 y Taller3	3.1	Encendido 1
Alumbrado Taller4, Taller5 y Taller6, Emergencia	3.2	Encendido 2
Alumbrado Mantenimiento y Exterior	3.3	Encendido 3

**Cuadro Auxiliar 4: Zona 3 (Fuerza)**

CUADRO AUXILIAR 4	CIRCUITO	UTILIZACIÓN
<b>Fuerza</b>		
Zona taller	4.1	Estampadora 1
Zona taller	4.2	Estampadora 2
Zona taller	4.3	Puente grua 1
Zona taller	4.4	Puerta exterior 1
T.C Monof. y Trif.	4.5	T.C Monof. y Trif.

**Cuadro Auxiliar 5: Zona 3 (Fuerza)**

CUADRO AUXILIAR 4	CIRCUITO	UTILIZACIÓN
<b>Fuerza</b>		
Zona taller	4.1	Estampadora 1
Zona taller	4.2	Estampadora 2
Zona taller	4.3	Puente grua 1
Zona taller	4.4	Puerta exterior 1
T.C Monof. y Trif.	4.5	T.C Monof. y Trif.

**2.3.2. Potencia de la instalación**

Después de saber cuál va ser la distribución de los diferentes receptores, vamos a calcular cuál será la corriente eléctrica que circulará por cada cuadro. Mediante unos coeficientes se obtiene la dimensión aproximada del transformador que necesitamos, de las líneas, y de las protecciones.

Para realizar los cálculos se partirá de la potencia consumida por cada uno de los receptores y se usarán las siguientes fórmulas, dependiendo del tipo de red que se tenga:

Receptor monofásico

$$I_a = \frac{P}{V \times \cos\varphi}$$

Receptor trifásico

$$I_a = \frac{P}{\sqrt{3} \times V \times \cos\varphi}$$

Dónde:

Ia = intensidad nominal (A).

P = potencia consumida en cada receptor (W).

V = tensión nominal (V).

Cos φ= factor de potencia de cada receptor.

Además se tendrá en cuenta los factores de corrección (FC) que ha de aplicarse en cada caso, dependiendo del tipo de receptor que se tenga (un solo motor, varios motores, lámparas). Al multiplicar este factor de corrección por la intensidad nominal se obtendrá Ic.

Cuando los receptores sean motores la potencia se multiplica por 1.25, ya que según lo dicta el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión en su ITC-BT 47 punto 3.1 del “Apartado de Conexiones”. Los conductores que alimentan a motores deben estar dimensionados para una intensidad del 125% de la intensidad a plena carga del motor. Y en el caso en que una línea alimente varios motores, la línea se dimensiona para una

## 2. Cálculos

intensidad no inferior a la suma del 125% de la intensidad de plena carga del motor de mayor potencia, más la intensidad a plena carga de todos los demás.

En los conductores que suministran corriente a lámparas de descarga se calculará para una carga total de 1.8 veces la potencia nominal. Según el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión en su ITC-BT 09 punto 3 del apartado “Dimensionamiento de las instalaciones”.

También habrá que tener en cuenta el factor de simultaneidad (Fs) ya que al tratarse de un proceso productivo por fases, las tomas de corriente no funcionan a la vez, pudiendo así reducir la potencia a contratar muy por debajo de la instalada.

Para calcular la Potencia Activa total de cada línea, se sumará las de todos los elementos de la misma línea.

### Cuadro Auxiliar 1: Zona1

CIRCUITO	NOMBRE	POTENCIA (W)	TENSIÓN (V)	COS FI	In (A)	Fc	Ical (A)	FASES
1.1	Encendido 1	736	400	0,9	1,18	1,8	2,12	R-S-T-N-TT
1.2	Encendido 2	1008	400	0,9	1,62	1,8	2,91	R-S-T-N-TT
1.3	Encendido 3	756	400	0,9	1,21	1,8	2,18	R-S-T-N-TT
1.4	T.C monof.	3450	400	0,9	5,31	1	5,31	R-S-T-N-TT
1.5	T.C monof.	3450	400	0,9	5,31	1	5,31	R-S-T-N-TT
1.6	T.C monof.	3450	400	0,9	5,31	1	5,31	R-S-T-N-TT
1.7	Tomas SAI	3450	400	0,9	5,31	1	5,31	R-S-T-N-TT
<b>TOTAL</b>		16300			25,26		28,46	

### Cuadro Auxiliar 2: Zona2

CIRCUITO	NOMBRE	POTENCIA (W)	TENSIÓN (V)	COS FI	In (A)	Fc	Ical (A)	FASES
2.1	Encendido 1	286	400	0,9	0,46	1	0,46	R-S-T-N-TT
2.2	Encendido 2	638	400	0,9	1,02	1	1,02	R-S-T-N-TT
2.3	T.C monof.	3450	400	0,9	5,31	1	5,31	R-S-T-N-TT
2.4	T.C monof. (zonas húmedas)	3450	400	0,9	5,31	1	5,31	R-S-T-N-TT
<b>TOTAL</b>		7824			12,11		12,11	

### Cuadro Auxiliar 3: Zona3

CIRCUITO	RECEPTOR	POTENCIA (W)	TENSIÓN (V)	COS FI	In (A)	Fc	Ical (A)	FASES
3.1	Encendido 1	9600	400	0,85	16,30	1,8	29,34	R-S-T-N-TT
3.2	Encendido 2	9084	400	0,85	15,43	1,8	27,77	R-S-T-N-TT
3.3	Encendido 3	7200	400	0,85	12,23	1,8	22,01	R-S-T-N-TT
<b>TOTAL</b>		25884			43,95		79,12	

## 2. Cálculos

### Cuadro Auxiliar 4: Zona4

CIRCUITO	RECEPTOR	POTENCIA (W)	TENSIÓN (V)	COS FI	In (A)	Fc	Ical (A)	FASES
4.1	Estampadora 1	46.000	400	0,85	78,11	1,25	97,64	R-S-T-TT
4.2	Estampadora 2	46.000	400	0,85	78,11	1,25	97,64	R-S-T-TT
4.3	Puente grua 1	6.500	400	0,85	11,04	1,25	13,80	R-S-T-TT
4.4	Puerta exterior 1	2.200	400	0,85	3,74	1,25	4,67	R-S-T-TT
4.5	T.C Monof. y Trif.	14.535	400	0,85	24,68	1,25	30,85	R-S-T-TT

<b>TOTAL</b>		115235			195,69		244,61	
--------------	--	--------	--	--	--------	--	--------	--

### Cuadro Auxiliar 5: Zona5

CIRCUIT O	RECEPTOR	POTENCIA (W)	TENSIÓN (V)	COS FI	In (A)	Fc	Ical (A)	FASES
5.1	Estampadora 3	36.000	400	0,85	61,13	1,25	76,42	R-S-T-TT
5.2	Estampadora 4	19.400	400	0,85	32,94	1,25	41,18	R-S-T-TT
5.3	Estampadora 5	19.400	400	0,85	32,94	1,25	41,18	R-S-T-TT
5.4	Puente grua 2	4.500	400	0,85	7,64	1,25	9,55	R-S-T-TT
5.5	Puerta exterior 2	2.200	400	0,85	3,74	1,25	4,67	R-S-T-TT
5.6	Puerta interior	1.500	400	0,85	2,55	1,25	3,18	R-S-T-TT
5.7	Compresor	7.500	400	0,85	12,74	1,25	15,92	R-S-T-TT
5.8	T.C monof. Y Trif.	14.535	230	0,85	42,93	1,25	53,66	R-S-T-TT

<b>TOTAL</b>		105035			196,61		245,76	
--------------	--	--------	--	--	--------	--	--------	--

### CGD

CIRCUITO	RECEPTOR	POTENCIA (W)	TENSIÓN (V)	In (A)	Icalc (A)
1	Cuadro Auxiliar 1	16300	400	25,26	28,46
2	Cuadro Auxiliar 2	7874	400	12,11	12,11
3	Cuadro Auxiliar 3	25884	400	43,95	79,12
4	Cuadro Auxiliar 4	115235	400	195,69	244,61
5	Cuadro Auxiliar 5	105035	400	178,36	222,95

<b>TOTAL</b>		<b>270328</b>		<b>455,36</b>	<b>587,24</b>
--------------	--	---------------	--	---------------	---------------

### 2.3.3. Elección del transformador

Tras el cálculo de la potencia e intensidades, que demandará la empresa, se ha visto que para estas necesidades de consumo y de utilización el transformador más adecuado es uno de 630KVA ya que proporciona una intensidad de:

$$I = \frac{S}{\sqrt{3} \times V} = \frac{630kVA}{\sqrt{3} \times 400} = 909,32 A$$

De esta forma la instalación de la nave queda abastecida, ya que la demanda es de 587,24 A. El transformador escogido es un transformador ORMAZABAL de 630 KVA, aislado mediante aceite y con un nivel de aislamiento de 24KV. Este será de "llenado integral".

### 2.3.4. Cálculo de secciones

#### 2.3.4.1. Introducción

Una vez conocida la intensidad nominal de cada receptor se calcula la sección de la línea que lo alimenta de la siguiente manera:

1. Se elige el tipo de conductor que vamos a utilizar y por donde se va a llevar, es decir, los siguientes condicionantes:
  - Material del conductor (aluminio o cobre)
  - Tipo de instalación (bajo tubo, al aire, canaleta, bandeja, empotrados...).
  - Material aislante (PVC, XLPE)
  - Tipo de cable (unipolar, multiconductor)

Según el conductor que se elija se tendrá en cuenta un factor de corrección u otro. El factor de corrección (Fc) es un valor que depende de la temperatura ambiente, tipo de canalización y número de conductores que se alojan en la misma. Por tanto cuando las condiciones reales de instalación sean distintas de las condiciones tipo, la intensidad admisible se deberá corregir aplicando los factores de corrección que vienen recogidos en las ITC-s BT 06 y 07 del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión.

2. Tras haber tomado la decisión en el punto 1, ya se pueden calcular las secciones de los conductores aplicando los siguientes criterios:

#### Criterio térmico

Dependiendo de qué opciones se hayan escogido en el punto 1 se hallará la sección necesaria a partir de las tablas que da el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión en sus ITC-BT 06 si la línea es aérea, ITC-BT 07 si es subterránea o en la ITC-BT 19 si es una instalación interior.

Por tanto, mirando en la tabla 19.2 de la ITC-BT 19 se obtiene la sección de cada línea por criterio térmico en el caso de toda la instalación interior ya sea bajo tubo o en bandeja perforada. En el caso de la acometida desde el centro de transformación hasta el cuadro general de distribución se atenderá a la tabla 7.5 de la ITC-BT 07.

Para líneas trifásicas, se calculara la sección con la siguiente expresión:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \times V \times \cos\phi}$$

Y para líneas monofásicas, se calculara mediante la siguiente expresión:

$$I = \frac{P}{V}$$

Donde:

I= Intensidad (A)

P=Potencia conectada (W)

V=Tensión nominal (V)

$\cos\phi$  =Factor de potencia

### Criterio de la caída de tensión

Teniendo en cuenta las condiciones que vienen recogidas en el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión en la ITC-BT-19 en el punto 2.2.2 del apartado “Conductores Activos”, para instalaciones industriales, las caídas de tensión máximas admisibles serán del 4,5% para líneas de alumbrado y 6,5% para los demás usos.

Por lo tanto habrá que ver qué sección es la adecuada para que la caída de tensión en las líneas no supere esos valores.

Según sea la línea trifásica o monofásica tendremos distintas expresiones para calcular las secciones en función de las caídas de tensión.

En el caso de que la línea sea trifásica, se podrá calcular la sección con las siguientes expresiones:

$$S = \frac{\sqrt{3} \times L \times I \times \cos\varphi}{\sigma \times \Delta V} \quad ; \quad S = \frac{L \times P}{\sigma \times \Delta V \times v}$$

Y en el caso de que la línea sea monofásica, se podrá calculara mediante las siguientes expresiones:

$$S = \frac{2 \times L \times I \times \cos\varphi}{\sigma \times \Delta V} \quad ; \quad S = \frac{2 \times L \times P}{\sigma \times \Delta V \times v}$$

Dónde:

S: Sección del conductor en (mm<sup>2</sup>).

I: Intensidad de la línea en (A).

L: Longitud por el conductor en (m).

$\sigma$ : Conductividad del material conductor, en este caso la del cobre que es S/m.

$\Delta V$ : Porcentaje de la máxima caída de tensión admisible (6,5% para fuerza y 4,5% para alumbrado)

$\cos\varphi$ : Factor de potencia total por la línea

v: Tensión nominal (V)

P: Potencia conectada (W)

3. Una vez calculada la sección de la línea según los dos criterios se escogerá el resultado que mayor sección tenga como definitiva.
4. Para finalizar obtenemos la sección del neutro y del cable de protección siguiendo la tabla 1 de la ITC-BT 07 u otras ITCs correspondientes.

#### 2.3.4.2. Cálculo de la acometida

La acometida es la línea que une el centro de transformación con el cuadro general de distribución. Transporta toda la corriente de la instalación. La longitud desde el centro de transformación hasta el cuadro general de distribución es de 10 metros.

Esta línea se dimensionará para la potencia nominal del transformador, así estará sobre dimensionado previendo una futura ampliación.

La línea irá enterrada en zanja en el interior de tubo. Según el Reglamento

## 2. Cálculos

Electrotécnico para Baja Tensión se debe aplicar un factor de corrección de 0,8 por ir en el interior de tubo y separados una distancia  $d=0$  se debe aplicar un factor de corrección del 0,8. Por lo tanto se nos queda un  $F_c = 0,64$ .

Los cálculos se harán para una temperatura de 25°C, una resistividad de 1K.m/W y una profundidad de instalación de 0,7m.

### Criterio de la caída de tensión

$$S = \frac{\sqrt{3} \times L \times I \times \cos \phi}{\sigma \times \Delta V} = \frac{\sqrt{3} \times 10 \times 833,88 \times 0,97}{56 \times 6,5} = 38,48 \text{ mm}^2$$

Se normaliza esta sección con la tabla del ITC-BT-07 quedando una sección de 25.

### Criterio térmico

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \times V \times \cos \phi} = \frac{270328}{\sqrt{3} \times 400 \times 0,97} = 402,3$$

Como se trata de una línea subterránea que lleva 4 cables juntos, hay que mirar el coeficiente de corrección que se debe aplicar en la tabla correspondiente de la ITC-BT-07 (0,64).

$$I_{\text{CALCULO}} = \frac{I}{F_c} = \frac{402,3}{0,64} = 628,5 \text{ A}$$

Con esta intensidad hay que buscar en la tabla de la ITC-REBT-07 la sección necesaria para que cumpla este criterio. Es suficiente una sección de 400 ya que su intensidad admisible es de 665A > 628,5A.

En este caso, la sección obtenida por el criterio térmico es mayor que la obtenida por el criterio de caída de tensión, por lo que como mínimo la sección debe de ser esta.

Las protecciones hacen que debamos subir la sección por lo que se colocará la que nos especifiquen para cumplir los criterios.

Acometida: 3x 400 mm<sup>2</sup> Cu / 1 x 185 mm<sup>2</sup> Cu

El aislamiento será XLPE y el diámetro exterior de los tubos será de 250 mm (ITC-REBT-21).

El resto de los cálculos de las distintas líneas se refleja en las siguientes tablas. El resto de líneas son de cobre y con aislamiento de polietileno reticulado (XLPE). Las líneas interiores irán bajo tubo empotrado en pared, excepto las alimentaciones a las máquinas y armarios auxiliares, que irán en bandeja portacables de malla de acero galvanizado, de 200 mm de ancho y 35 mm de alto. Cuando se realicen las bajantes a los cuadros auxiliares, la bandeja ira con tapa a partir de los 3 metros de altura para no tener acceso directo a los cables de la bandeja. Esta bandeja irá rodeando las diferentes zonas de la empresa, a una altura de 6 metros por el taller y de 3m por el resto.

La línea utilizada para alimentar los aparatos de alumbrado ubicados en el exterior será bajo tubo. Las secciones están calculadas en, la Cdt. y la tensión en V.

## 2. Cálculos

### Cuadro general de protecciones: CGP.

LINEA	SECCIÓN FASES (mm <sup>2</sup> )	SECCIÓN NEUTRO (mm <sup>2</sup> )	CANALIZACIÓN	DESIGNACIÓN
1	4	4	Bandeja	3x4 /4
2	2,5	2,5	Bandeja	3x2,5 / 2,5
3	25	16	Bandeja	3x25/ 16
4	95	50	Bandeja	3x95 / 50
5	95	50	Bandeja	3x95 / 50

### Cuadro Auxiliar 1: Zona 1.

CIRCUITO	FASES (mm <sup>2</sup> )	NEUTRO (mm <sup>2</sup> )	C.P (mm <sup>2</sup> )	CANALIZACIÓN	DESIGNACIÓN
1.1	1,5	1,5	1,5	tubos empotrados	3x1,5/1,5 + 1,5 TT
1.2	1,5	1,5	1,5	tubos empotrados	3x1,5/1,5 + 1,5 TT
1.3	1,5	1,5	1,5	tubos empotrados	3x1,5/1,5 + 1,5 TT
1.4	2,5	2,5	2,5	tubos empotrados	3x2,5/2,5 + 2,5 TT
1.5	2,5	2,5	2,5	tubos empotrados	3x2,5/2,5 + 2,5 TT
1.6	2,5	2,5	2,5	tubos empotrados	3x2,5/2,5 + 2,5 TT
1.7	2,5	2,5	2,5	tubos empotrados	3x2,5/2,5 + 2,5 TT

### Cuadro Auxiliar 2: Zona 2.

CIRCUITO	FASES (mm <sup>2</sup> )	NEUTRO (mm <sup>2</sup> )	C.P (mm <sup>2</sup> )	CANALIZACIÓN	DESIGNACIÓN
2.1	1,5	1,5	1,5	tubos empotrados	3x1,5/1,5 + 1,5 TT
2.2	1,5	1,5	1,5	tubos empotrados	3x1,5/1,5 + 1,5 TT
2.3	2,5	2,5	2,5	tubos empotrados	3x2,5/2,5 + 2,5 TT
2.4	2,5	2,5	2,5	tubos empotrados	3x2,5/2,5 + 2,5 TT

### Cuadro Auxiliar 3: Zona 3.

CIRCUITO	FASES (mm <sup>2</sup> )	NEUTRO (mm <sup>2</sup> )	C.P (mm <sup>2</sup> )	CANALIZACIÓN	DESIGNACIÓN
3.1	16	16	16	bandeja	3x16/16 + 16 TT
3.2	10	10	10	bandeja	3x10/10 + 10 TT
3.3	10	10	10	bandeja	3x10/10 + 10 TT

**Cuadro Auxiliar 4: Zona 3.**

CIRCUITO	FASES (mm <sup>2</sup> )	C.P (mm <sup>2</sup> )	CANALIZACIÓN	DESIGNACIÓN
4.1	25	16	bandeja	3x25 + 16 TT
4.2	25	16	bandeja	3x25 + 16 TT
4.3	1,5	1,5	bandeja	3x1,5 + 1,5 TT
4.4	1,5	1,5	bandeja	3x1,5 + 1,5 TT
4.5	6	6	bandeja	3x6 + 6 TT

**Cuadro Auxiliar 5: Zona 3.**

CIRCUITO	FASES (mm <sup>2</sup> )	C.P (mm <sup>2</sup> )	CANALIZACIÓN	DESIGNACIÓN
5.1	16	16	bandeja	3x16 + 16 TT
5.2	10	10	bandeja	3x10 + 10 TT
5.3	10	10	bandeja	3x10 + 10 TT
5.4	1,5	1,5	bandeja	3x1,5 + 1,5 TT
5.5	1,5	1,5	bandeja	3x1,5 + 1,5 TT
5.6	1,5	1,5	bandeja	3x1,5 + 1,5 TT
5.7	1,5	1,5	bandeja	3x1,5 + 1,5 TT
5.8	6	6	bandeja	3x6 + 6 TT

A continuación se añade una tabla donde se resumen todos los cálculos realizados para calcular las secciones de los conductores. Las secciones que no coinciden entre la tabla resumen y las de las tablas anteriores, son las secciones que se han cambiado debido a las protecciones.

## 2. Cálculos

RECEPTOR	CUADRO	CIRCUITO	POT. RECEPTOR (W)	DISTANCIA (m)	Cu	CDT	TENSIÓN (V)	Cos φ	INTENSIDAD (A)	Fc	INTENSIDAD CALC. (A)	SEC.CALCULADA (Ccdt)	SECCIÓN (Ccdt)(mm2)	SECCIÓN INTENSIDAD (Ct)(mm2)	SECCIÓN N FINAL
Acometida			270.328	10	56	6,5	400	0,97	402,26	0,64	628,54	29,01	30	400	<b>400</b>
Cuadro Auxiliar 1	C.G.D	1	16.300	17	56	6,5	400	0,9	25,26	1	28,46	2,07	2,5	4	<b>4</b>
Cuadro Auxiliar 2	C.G.D	2	7.874	20	56	6,5	400	0,9	12,11	1	12,11	1,04	1,5	2,5	<b>2,5</b>
Cuadro Auxiliar 3	C.G.D	3	25.884	50	56	6,5	400	0,9	43,95	1	79,12	16,94	25	16	<b>25</b>
Cuadro Auxiliar 4	C.G.D	4	115.235	23	56	6,5	400	0,85	195,69	1	244,61	22,75	25	95	<b>95</b>
Cuadro Auxiliar 5	C.G.D	5	105.035	48	56	6,5	400	0,85	196,61	1	245,76	47,71	50	95	<b>95</b>
Encendido 1	C.A.1	1.1	736	30	56	4,5	400	0,9	1,18	1,8	2,12	0,39	1,5	1,5	<b>1,5</b>
Encendido 2	C.A.1	1.2	1008	16	56	4,5	400	0,9	1,62	1,8	2,91	0,29	1,5	1,5	<b>1,5</b>
Encendido 3	C.A.1	1.3	756	22	56	4,5	400	0,9	1,21	1,8	2,18	0,30	1,5	1,5	<b>1,5</b>
T.C monof. Zona 1	C.A.1	1.4	3450	30	56	6,5	400	0,9	5,53	1	5,53	0,71	2,5	2,5	<b>2,5</b>
T.C monof. Zona 2	C.A.1	1.5	3450	30	56	6,5	400	0,9	5,53	1	5,53	0,71	2,5	2,5	<b>2,5</b>
T.C monof. Zona 2	C.A.1	1.6	3450	30	56	6,5	400	0,9	5,31	1	5,31	0,71	2,5	2,5	<b>2,5</b>
Tomas SAI	C.A.1	1.7	3450	30	56	6,5	400	0,9	5,31	1	5,31	0,71	2,5	2,5	<b>2,5</b>
Encendido 1	C.A.2	2.1	286	22	56	4,5	400	0,9	0,46	1	0,46	0,06	1,5	1,5	<b>1,5</b>
Encendido 2	C.A.2	2.2	638	34	56	4,5	400	0,9	1,02	1	1,02	0,22	1,5	1,5	<b>1,5</b>
T.C monof.	C.A.2	2.3	3450	27	56	6,5	400	0,9	5,53	1	5,53	0,64	2,5	2,5	<b>2,5</b>
T.C monof. (Zonas húmedas)	C.A.2	2.4	3450	15	56	6,5	400	0,9	5,53	1	5,53	0,36	2,5	2,5	<b>2,5</b>
Encendido 1	C.A.3	3.1	9600	65	56	4,5	400	0,85	16,30	1,8	29,34	11,14	16	4	<b>16</b>
Encendido 2	C.A.3	3.2	9084	53	56	4,5	400	0,85	15,43	1,8	27,77	8,60	10	2,5	<b>10</b>
Encendido 3	C.A.3	3.3	7200	75	56	4,5	400	0,85	12,23	1,8	22,01	9,64	10	2,5	<b>10</b>
Estampadora 1	C.A.4	4.1	46000	10	56	6,5	400	0,85	78,11	1,25	97,64	3,95	4	25	<b>25</b>
Estampadora 2	C.A.4	4.2	46000	17	56	6,5	400	0,85	78,11	1,25	97,64	6,71	10	25	<b>25</b>
Puente Grua 1	C.A.4	4.3	6500	8	56	6,5	400	0,85	11,04	1,25	13,80	0,45	1,5	1,5	<b>1,5</b>
Puerta Exterior 1	C.A.4	4.4	2200	33	56	6,5	400	0,85	3,74	1,25	4,67	0,62	1,5	1,5	<b>1,5</b>
T.C Monof. y Trif.	C.A.4	4.5	14535	46	56	6,5	400	0,85	24,68	1,25	30,85	5,74	6	4	<b>6</b>
Estampadora 3	C.A.5	5.1	36000	22	56	6,5	400	0,85	61,13	1,25	76,42	6,80	10	16	<b>16</b>
Estampadora 4	C.A.5	5.2	19400	10	56	6,5	400	0,85	32,94	1,25	41,18	1,67	2,5	6	<b>6</b>
Estampadora 5	C.A.5	5.3	19400	12	56	6,5	400	0,85	32,94	1,25	41,18	2,00	2,5	6	<b>6</b>
Puente Grua 2	C.A.5	5.4	4.500	8	56	6,5	400	0,85	7,64	1,25	9,55	0,31	1,5	1,5	<b>1,5</b>
Puerta Exterior 2	C.A.5	5.5	2.200	33	56	6,5	400	0,85	3,74	1,25	4,67	0,62	1,5	1,5	<b>1,5</b>
Puerta Interior	C.A.5	5.6	1.500	16	56	6,5	400	0,85	2,55	1,25	3,18	0,21	1,5	1,5	<b>1,5</b>
Compresor	C.A.5	5.7	7.500	23	56	6,5	400	0,85	12,74	1,25	15,92	1,48	1,5	1,5	<b>1,5</b>
T.C Monof. y Trif.	C.A.5	5.8	14.535	46	56	6,5	400	0,85	24,68	1,25	30,85	5,74	6	1,5	<b>6</b>

### 2.3.5. Cálculo de las protecciones magnetotérmicas

Hay que proteger a la instalación y a las personas tanto de sobrecargas como de cortocircuitos. Para ello se hará:

- El cálculo de las impedancias
- El cálculo de cortocircuito máxima
- El cálculo de cortocircuito mínima

Una vez conocidas las secciones de los conductores necesitamos dimensionar los elementos de corte y protección. Para su cálculo necesitamos conocer valores como el poder de corte, calibre y tipo de curva.

Para llegar a estos valores, necesitamos primero conocer las corrientes de cortocircuito. Los puntos en donde se calcularan las corrientes de cortocircuito serán en las entradas a los cuadros tanto el general como los auxiliares, ya que son en estos puntos donde se colocaran las protecciones.

El poder de corte y el calibre calculado para las protecciones magneto-térmicas, serán los que se utilizaran para las protecciones diferenciales.

El poder de corte de las protecciones deberá ser igual o superior a la corriente de cortocircuito  $I_{cc}$  calculada para su valor máximo en ausencia del dispositivo de protección.

Los cálculos que se han de realizar para calcular las corrientes de cortocircuito tanto máxima, como mínima, vienen recogidos en la memoria del presente proyecto. Los cálculos consisten en calcular la impedancia tanto directa como homopolar, teniendo en cuenta las impedancias del transformador, línea, automatismos, de aguas arriba en el caso de la impedancia directa, y de toda la línea en el caso de la impedancia homopolar.

El cálculo de protecciones es posible que nos fuerce a cambiar alguna de las secciones de los cables debido a:

- La intensidad nominal normalizada de los interruptores.
- El tiempo máximo que el conductor aguanta la intensidad de cortocircuito es inferior que el marcado (0,1 segundos).
- La ITC-REBT 25 obliga a unas determinadas secciones e intensidades de los interruptores que conllevarán al cambio para cumplir todas las condiciones.

La primera protección que se calculará será el I.C.P., que se coloca a la entrada del cuadro C.G.P. para proteger la empresa frente a sobrecarga. Para calcular las protecciones hay que calcular primero las impedancias de la red de baja tensión, del transformador, la aparamenta y los demás componentes.

Así pues, se calculan los datos necesarios para todas las protecciones. Lo primero que se hará es poner las fórmulas que se usarán para el cálculo, comunes para todos los circuitos. La aparamenta habrá que ir aumentándola a medida que bajemos en el circuito, ya que se añaden protecciones. No obstante, estos cálculos se realizarán por medio de una tabla Excel, lo que facilitará el cálculo.

## 2. Cálculos

$$Z_{M.T}(j) = \frac{u_{M.T}^2}{S_{cc}}$$

$$Z_{B.T}(j) = Z_{M.T}(j) \times \frac{u_{B.T}^2}{u_{M.T}^2}$$

$$Z_{TRAFO}(j) = U_{CC} \times \frac{u_{B.T}^2}{S_n}$$

$$Z_{APARAMENTAL}(j) = n^0 \times 0.00015$$

$$Z_{DI} = \phi \times \frac{L}{A} \quad |Z_d| = \sqrt{R_{LINEAS}^2 + X_{LINEAS}^2}$$

$$I_{cc \max} = \frac{c \times u_{B.T}}{\sqrt{3} \times |Z_d|} \quad I_{cc \min} = \frac{c \times u_{B.T} \times \sqrt{3}}{2|Z_d + Z_o|}$$

$$|Z_o| = \sqrt{R_{TRAFO}^2 + X_{TRAFO}^2} + 3 \times Z_{APARAMENTAL}(j)$$

$$t_{micc} = \frac{\Delta T \times s^2 \times Cc}{I_{ccf}^2}$$

Dónde:

$Z_{M.T}(j)$  = Impedancia de Media Tensión.

$Z_{B.T}(j)$  = Impedancia de Baja Tensión.

$Z_{TRAFO}(j)$  = Impedancia del transformador.

$Z_{APARAMENTAL}(j)$  = Impedancia de la Aparamenta hasta el cuadro C.G.P.

$Z_{DI}$  = Impedancia de la Derivación Individual. Esta fórmula se utilizará para todas las líneas que calculemos.

$|Z_d|$  = Impedancia directa.

$|Z_o|$  = Impedancia homopolar.

$u_{M.T}^2$  = Tensión en Media Tensión (13200 V).

$u_{B.T}^2$  = Tensión en Baja Tensión (400 V ó 230 V).

$S_{cc}$  = Potencia de cortocircuito al principio de la línea dada por la compañía eléctrica (400000000 VA).

$U_{CC}(\%)$  = Tensión de cortocircuito que se rige por la siguiente tabla:

	$U_{CC}$
$S_n \leq 630KVA$	4%
$630KVA \leq S_n \leq 800KVA$	4.5%
$800KVA \leq S_n \leq 1000KVA$	5%
$1000KVA \leq S_n \leq 1600KVA$	6%

$S_n$  = Potencia del transformador (630000 VA).

$n^0$  = Número de aparatos o protecciones.

$\phi$  = Resistividad del cobre (0.018).

$L$  = Longitud de línea.

$A$  = Área de la línea.

$I_{cc \max}$  = Calculamos la intensidad de cortocircuito máxima para el punto en el que nos encontramos y puede ser calculada con tres fórmulas:

## 2. Cálculos

Cortocircuito trifásico	$I_{cc\ max} = \frac{c \times u_{B.T.}}{\sqrt{3} \times  Z_d }$
Cortocircuito bifásico	$I_{cc\ max} = \frac{c \times u_{B.T.}}{2 \times  Z_d }$
Cortocircuito Fase-Tierra	$I_{cc\ max} = \frac{c \times u_{B.T.} \times \sqrt{3}}{2 Z_d + Z_o }$

$I_{cc\ min}$  = Corriente de cortocircuito mínima, suele ser el cortocircuito fase-tierra.

c = Se rige por la siguiente tabla:

	$I_{cc\ max}$	$I_{cc\ min}$
230/400 V	1	0.95
Otras tensiones	1.05	1

$t_{micc}$  = Tiempo máximo que el conductor es capaz de soportar la intensidad de cortocircuito.

Cc = Coeficiente del conductor. Ser rige por la siguiente tabla:

	PVC	XLPE/EPR
Cu	135	135
Al	57	57

$$I_{ccf} = I_{cc\ min}$$

$\Delta T_{cc}$  = Variación de la temperatura máxima que aguanta el aislamiento de funcionamiento nominal a cortocircuito:

	$\Delta T$
PVC	90
XLPE	160

Una vez calculada la corriente de cortocircuito máxima conoceremos el poder de corte de los interruptores magnetotérmicos.

$$pdc \geq I_{cc\ max}$$

Una vez calculada la corriente de cortocircuito mínima, antes de elegir el tipo de curva del interruptor magnetotérmico es necesario calcular su calibre (intensidad nominal). Se acota del siguiente modo:

$$I_{CALCULO} \leq I_{NOMINAL} \leq I_{ADMISIBLE}$$

$$CALIBRE = I_{NOMINAL}$$

$I_{CALCULO}$  Es la intensidad prevista partiendo de la previsión de cargas que va a ser alimentada por la línea en la que está la protección, su tensión y el factor de potencia. Por tanto se puede determinar de la siguiente manera:

$$I_{CALCULO} = \frac{P}{\sqrt{3} \times V \times \cos \varphi}$$

$I_{ADMISIBLE}$ : Es la máxima intensidad que puede circular por el cable sin que sufra daños irreversibles. Se obtiene de la tabla 1 de la ITC-BT 19 del Reglamento de Baja Tensión.

## 2. Cálculos

Finalmente ya se puede conocer el tipo de curva del interruptor magnetotérmico de la siguiente manera:

$$I_{CCF} = I_{CCMIN} \geq 5 \times I_n = 100 \rightarrow \text{Curva B}$$

$$I_{CCF} = I_{CCMIN} \geq 10 \times I_n = 200 \rightarrow \text{Curva C}$$

$$I_{CCF} = I_{CCMIN} \geq 20 \times I_n = 400 \rightarrow \text{Curva D y MA}$$

### 2.3.5.1. Ejemplo de cálculo: Magnetotérmico que va del C.G.D al C.A.1

Este elemento va a proteger frente a sobrecarga y cortocircuito por lo que hay que calcular el poder de corte, el calibre y su curva:

$$Z_{M.T}(j) = \frac{u_{M.T}^2}{S_{cc}} = \frac{13200^2}{400000000} = 0,4356j\Omega$$

$$Z_{B.T}(j) = Z_{M.T}(j) \times \frac{u_{B.T}^2}{u_{M.T}^2} = 0,4356 \times \frac{400^2}{13200^2} = 0,0004j\Omega$$

$$Z_{TRAF0}(j) = U_{CC} \times \frac{u_{B.T}^2}{S_n} = \frac{4}{100} \times \frac{400^2}{630000} = 0,0102j\Omega$$

$$Z_{APARAMENTAL}(j) = n^0 \times 0,00015 = 1 \times 0,00015 = 0,00015j\Omega$$

$R_L = \phi \times \frac{L}{S} = 0,018 \times \frac{10}{400} = 0,000045\Omega$  ;  $X_L = 0,3 \frac{\Omega}{km} \times 0,01km = 0,003j\Omega$  Tiene parte imaginaria ya que la sección del cable es mayor que 150mm<sup>2</sup>.

$$Z_{LINEA} = \sqrt{R_L^2 + X_L^2} = \sqrt{0,000045^2 + 0,003^2} = 0,003\Omega$$

$$|Z_d| = \sqrt{Z_{LINEA}^2 + Z_{M.T}^2 + Z_{B.T}^2 + Z_{TRAF0}^2 + Z_{APARAMENTAL}^2} = \sqrt{0,003^2 + ((0,0004 + 0,0102 + 0,00015)j)^2} = 0,0111\Omega$$

$$I_{cc \max} = \frac{c \times u_{B.T}}{\sqrt{3} \times |Z_d|} = \frac{1 \times 400}{\sqrt{3} \times 0,0111} = 20692,15A$$

El Poder de Corte de este magnetotérmico será de 22 KA. Para calcular el calibre:

$$I_{calc} < I_n < I_{adm}; \quad 28,46 < I_n < 34$$

Se escoge un interruptor automático magnetotérmico de intensidad nominal 32A, que es la intensidad normalizada. A continuación se calcula la curva de la protección:

$$Z_{LINEACA1} = \phi \times \frac{L}{S} = 0,018 \times \frac{10}{400} = 0,00045\Omega$$

Para este cálculo, se deben hallar las impedancias de las líneas a temperatura de cortocircuito:

$$Z'_{LINEACA1}(250^\circ) = Z_{LINEACA1} \times (1 + \alpha \times \Delta T) = 0,204 \times (1 + 0,004 \times 230) = 0,3916\Omega$$

$$Z'_{ACOMETIDA}(250^\circ) = Z_{ACOMETIDA} \times (1 + \alpha \times \Delta T) = 0,00097 \times (1 + 0,004 \times 230) = 0,0018\Omega$$

Se coge toda la aparamenta de la línea:

## 2. Cálculos

$$Z'_{APARAMENTA}(j) = n^{\circ} \times 0,00015 = 2 \times 0,00015 = 0,0003j\Omega$$

$$Z_d = Z'_{LINEAS} + Z(j) = (0,392 + 0,0018) + (0,0004 + 0,016 + 0,00015)j = 0,3938 + 0,01655j$$

$$Z_o = 3 \times Z'_{LINEAS} + Z_{TRAFO}(j) + Z_{APARAMENTA}(j) = 3 \times 0,3938 + (0,016 + 3 \times 0,00015)j = 1,1814 + 0,01645j$$

$$|2Z_d + Z_o| = \sqrt{(0,7876 + 1,1814)^2 + ((0,0331 + 0,01645)j)^2} = 1,969 + 0,05j = 1,97\Omega$$

$$I_{CCMIN} = \frac{c \times u_{BT} \times \sqrt{3}}{|2Z_d + Z_o|} = \frac{0,95 \times 400 \times \sqrt{3}}{1,97} = 334,1A$$

$$I_{CCF} = I_{CCMIN} \geq 5 \times I_n = 100 \rightarrow \text{Curva B}$$

$$I_{CCF} = I_{CCMIN} \geq 10 \times I_n = 200 \rightarrow \text{Curva C}$$

$$I_{CCF} = I_{CCMIN} \geq 20 \times I_n = 400 \rightarrow \text{Curva D y MA}$$

La curva elegida para el magnetotérmico será la C.

Se comprueba ahora que el tiempo que soporta el conductor con la intensidad de cortocircuito es válido:

$$t_{micc} = \frac{Cc \times s^2 \times \Delta T_{cc}}{I_{ccf}^2} = \frac{135 \times 1,5^2 \times 160}{334,1^2} = 0,4s > 0,1s \rightarrow \text{Válido}$$

### 2.3.5.2. Cálculo de los interruptores magnetotérmicos

En las siguientes tablas se muestran los resultados obtenidos del cálculo de los interruptores magnetotérmicos.

#### Cuadro general de protecciones: CGP.

CIRCUITO	RECEPTOR	Iccmax (A)	Pdc (KA)	Calibre (A)	Curva
IGA	CGD	20735,95	22	630	C
1	Cuadro Auxiliar 1	20470,71	22	32	C
2	Cuadro Auxiliar 2	20470,71	22	16	C
3	Cuadro Auxiliar 3	20470,71	22	80	C
4	Cuadro Auxiliar 4	20470,71	22	250	C
5	Cuadro Auxiliar 5	20470,71	22	250	C

#### Cuadro Auxiliar 1: Alumbrado Zona 1.

CIRCUITO	RECEPTOR	Iccmax (A)	Pdc (KA)	Calibre (A)	Curva
1.1	Encendido 1	19105,03	20	3	D
1.2	Encendido 2	19105,03	20	3	D
1.3	Encendido 3	19105,03	20	3	D
1.4	T.C monof.	18426,27	20	6	D
1.5	T.C monof.	18426,27	20	6	D
1.6	T.C monof.	18426,27	20	6	D
1.7	Tomas SAI	18426,27	20	6	D

## 2. Cálculos

### Cuadro Auxiliar 2: Alumbrado Zona 2.

CIRCUITO	RECEPTOR	Iccmax (A)	Pdc (KA)	Calibre (A)	Curva
2.1	Encendido 1	19247,67	20	3	D
2.2	Encendido 2	19247,67	20	3	D
2.3	T.C monof.	18688,30	20	6	D
2.4	T.C monof. (zonas húmedas)	18688,30	20	6	D

### Cuadro Auxiliar 3: Alumbrado Zona 3.

CIRCUITO	RECEPTOR	Iccmax (A)	Pdc (KA)	Calibre (A)	Curva
3.1	Encendido 1	16236,87	20	32	D
3.2	Encendido 2	17771,72	20	32	D
3.3	Encendido 3	17771,72	20	32	D

### Cuadro Auxiliar 4: Fuerza Zona 3.

CIRCUITO	RECEPTOR	Iccmax (A)	Pdc (KA)	Calibre (A)	Curva
4.1	Estampadora 1	9154,56	20	100	D
4.2	Estampadora 2	9154,56	20	100	D
4.3	Puente grua 1	19350,22	20	10	D
4.4	Puerta exterior 1	19350,22	20	6	D
4.5	T.C Monof. y Trif.	14814,47	20	32	D

### Cuadro Auxiliar 5: Fuerza Zona 3.

CIRCUITO	RECEPTOR	Iccmax (A)	Pdc (KA)	Calibre (A)	Curva
5.1	Estampadora 3	16067,36	20	80	D
5.2	Estampadora 4	18688,30	20	50	D
5.3	Estampadora 5	18688,30	20	50	D
5.4	Puente grua 2	19684,94	20	10	D
5.5	Puerta exterior 2	19684,94	20	6	D
5.6	Puerta interior	19684,94	20	6	D
5.7	Compresor	19684,94	20	16	D
5.8	T.C monof. Y Trif.	15600,82	20	32	D

## 2.3.6. Cálculo de condensadores para la corrección del factor de potencia

### 2.3.6.1. Batería de condensadores para la instalación

### Cuadro Auxiliar 1: Alumbrado Zona1.

CIRCUITO	RECEPTOR	Potencia Activa (W)	CosFI	Potencia Aparente (VA)
1.1	Encendido 1	736	0,9	817,78
1.2	Encendido 2	1008	0,9	1120,00
1.3	Encendido 3	756	0,9	840,00
1.4	T.C monof.	3450	0,9	3680,00
1.5	T.C monof.	3450	0,9	3680,00
1.6	T.C monof.	3450	0,9	3680,00
1.7	Tomas SAI	3450	0,9	3680,00
<b>Total</b>		<b>16300</b>		<b>17497,78</b>

## 2. Cálculos

### Cuadro Auxiliar 2: Alumbrado Zona 2.

CIRCUITO	RECEPTOR	Potencia Activa (W)	CosFI	Potencia Aparente (VA)
2.1	Encendido 1	736	0,9	817,78
2.2	Encendido 2	1008	0,9	1120,00
2.3	T.C monof.	756	0,9	840,00
2.4	T.C monof. (zonas húmedas)	3450	0,9	3680,00
<b>Total</b>		<b>5950</b>		<b>6457,78</b>

### Cuadro Auxiliar 3: Alumbrado Zona3.

CIRCUITO	RECEPTOR	Potencia Activa (W)	CosFI	Potencia Aparente (VA)
3.1	Encendido 1	9600	0,85	11294,12
3.2	Encendido 2	9084	0,85	10687,06
3.3	Encendido 3	7200	0,85	8470,59
<b>Total</b>		<b>25884</b>		<b>30451,76</b>

### Cuadro Auxiliar 4: Fuerza Zona 3.

CIRCUITO	RECEPTOR	Potencia Activa (W)	CosFI	Potencia Aparente (VA)
4.1	Estampadora 1	46000	0,85	54117,65
4.2	Estampadora 2	46000	0,85	54117,65
4.3	Puente grua 1	6500	0,85	7647,06
4.4	Puerta exterior 1	2200	0,85	2588,24
4.5	T.C Monof. y Trif.	14535	0,85	17100,00
<b>Total</b>		<b>115235</b>		<b>135570,59</b>

### Cuadro Auxiliar 5: Fuerza Zona 3.

CIRCUITO	RECEPTOR	Potencia Activa (W)	CosFI	Potencia Aparente (VA)
5.1	Estampadora 3	36000	0,85	42352,94
5.2	Estampadora 4	19400	0,85	22823,53
5.3	Estampadora 5	19400	0,85	22823,53
5.4	Puente grua 2	4500	0,85	5294,12
5.5	Puerta exterior 2	2200	0,85	2588,24
5.6	Puerta interior	1500	0,85	1764,71
5.7	Compresor	7500	0,85	8823,53
5.8	T.C monof. Y Trif.	14535	0,85	17100,00
<b>Total</b>		<b>105035</b>		<b>123570,59</b>

**Total:**

<b>Potencia Activa (W) Total:</b>	268404,00
<b>Potencia Aparente (VA) Total:</b>	313548,50

Se calcula ahora el cos  $\phi$  medio:  $\text{Cos } \phi \text{ medio} = \frac{\sum P}{\sum S} = \frac{268404}{313548,5} = 0,86 \rightarrow \phi = 31,1^\circ$

Por lo tanto, la potencia reactiva consumida será:

$$Q = P \times \tan \phi = 268404 \times \tan(31,1) = 161911,6 \text{ Var.}$$

## 2. Cálculos

Se quiere conseguir un  $\cos \phi$  cercano a 1, con  $\cos \phi' = 0.97$

$$Q' = P * \operatorname{tg} \phi' = 67268,38 \text{ VAr.}$$

Por lo que la potencia a compensar será:

$$Q_b = Q - Q' = 161911,6 - 67268,38 = 94643,22 \text{ Var}$$

Como hemos elegido compensación automática nuestra batería de condensadores tendrá que ser capaz de suministrar esa potencia. Se elegirá una batería de condensadores que pueda llegar a suministrar una energía reactiva mayor de 94643,22 VAr.

El equipo seleccionado para la corrección automática del factor de potencia es una batería de condensadores de 100 kVAr de la marca Legrand, modelo M10040 a 400V.

Dicha batería de condensadores se colocará en el lado del Cuadro General de Distribución. La batería tendrá 4 saltos de: 12,5+25+25+37,5 KVAR. Como bien especifica en las características de la batería de condensadores, la sección de los conductores será de y el interruptor automático de 22KA y 250A.

### 2.3.6.2. Cálculo del conductor de unión de la batería

Aplicando la fórmula de la potencia se halla la intensidad:

$$Q = 3 \cdot V \cdot I_n \cdot \operatorname{sen} \phi$$

Dónde:

$\operatorname{Sen} \phi = 1$ , el de la batería de condensadores

$$V = 400 \text{ V}$$

Q = potencia de la batería de condensadores (100 kVA).

Se obtiene que  $I_n = 83,33 \text{ A}$

### Criterio de la caída de tensión

$$S = \frac{\sqrt{3} \times L \times I \times \operatorname{Cos} \phi}{C \times U} = \frac{\sqrt{3} \times 10 \times 83,33}{56 \times 400} = 0,064 \text{ mm}^2$$

### Criterio térmico

$$I_{CALC} = 83,33 \text{ A} \rightarrow \text{Sección} = 70 \text{ mm}^2$$

La sección de los conductores de unión de la batería de condensadores será de 70 mm con aislamiento de 0,6/ 1 kV de XLPE.

### 2.3.7. Instalación de puesta a tierra

#### 2.3.7.1. Resistencia del electrodo

Como viene explicado en la memoria, la diferencia de tensión entre masa y tierra no debe de ser superior a 24 voltios en lugares que se consideren húmedos o 50 voltios en lugares secos. En nuestro caso, tomaremos 50 voltios ya que se trata de una nave que consideraremos que tiene un ambiente seco y por ello tomaremos las siguientes medidas para dicho fin:

Datos de partida:

- Resistividad del terreno: Según la tabla de la ITC BT 18, tabla 4, (Terreno cultivable poco fértil).

## 2. Cálculos

- Tensión máxima de contacto 50 V.
- Corriente de disparo del interruptor diferencial 300 mA.
- El valor máximo de la resistencia de tierra deberá ser  $\leq R$ .

$$R = \frac{V}{I} = \frac{50}{300mA} = 166,67\Omega$$

### 2.3.7.2. Características del electrodo

Nuestro electrodo está formado por 4 picas de acero recubiertas de cobre las cuales tendrán 14mm de diámetro y 2 metros de longitud, colocaremos picas en cada una de las esquinas que forman nuestra nave. Estas picas estarán unidas por un conductor de cobre desnudo de 50mm<sup>2</sup> de sección, dicho cable estará unido al mallazo metálico de cimentación, a todos los cuadros eléctricos y las columnas, mediante un conductor de 50mm<sup>2</sup> el cual se unirá mediante soldadura aluminotérmica, consiguiendo así formar una superficie equipotencial a lo largo de toda la nave.

Para calcular el valor de la resistencia de tierra tendremos en cuenta el caso de defecto a tierra más desfavorable, el cual se da cuando la corriente de defecto tenga su máximo valor. Ya que los contactos peligrosos se producen con la maquinaria de la nave, se ha de buscar la máquina con menor resistencia a tierra, que es la máquina con mayor corriente de defecto.

Se calculará a continuación la resistencia de la puesta a tierra. Para ello se utilizarán las siguientes expresiones.

$$R_p = \frac{\rho}{L_1} \quad R_{PT} = n \times R_p$$

Dónde:

$R_p$  = Resistencia de una pica.

$R_{PT}$  = Resistencia de las picas usadas.

$n$  = Número de picas.

$\rho$  = Resistividad del terreno ( $\Omega \times m$ )

$L_1$  = Longitud de pica (m)

$$R_p = \frac{\rho}{L_1} = \frac{500}{2} = 250\Omega$$

$$R_{PT} = n \times R_p = 4 \times 250 = 1000\Omega$$

$$R_{C1} = \frac{2\rho}{L_2} = \frac{2 \times 500}{250} = 4\Omega$$

$$R_{C2} = \rho \times \frac{L}{S} = \frac{1}{56} \times \frac{10}{10} = 0,018\Omega$$

La resistencia total de tierra se calculará mediante el paralelo entre la resistencia de las picas y la del cable:

$$\frac{1}{R_a} = \frac{1}{R_{PT}} + \frac{1}{R_C} = \frac{1}{1000} + \frac{1}{4} = 3,98\Omega$$

Por lo tanto:

$$R_a = 0,25 \text{ k}\Omega$$

## 2. Cálculos

Una vez calculada la resistencia de tierra hay que comprobar si se cumple el reglamento:

$$U_c = Ra \times Ia = 0,251 \times 0,3 = 0,0753V < 50V \rightarrow \text{Se cumple el reglamento.}$$

### 2.3.8. Cálculo del centro de transformación

#### 2.3.8.1. Datos del transformador

En la siguiente tabla mostramos las características de nuestro transformador, obtenidas del catálogo proporcionado por el fabricante.

	Datos del Transformador
Potencia del transformador (KVA)	630
Pérdidas en el hierro (W)	750
Pérdidas en el cobre (W)	4600
Pérdidas del transformador (W)	5350
Porcentaje de tensión de cortocircuito (%)	4
Potencia de cortocircuito de la red (MVA)	400
Dieléctrico (Aceite) (L)	330

#### 2.3.8.2. Intensidad de alta tensión

En un sistema trifásico, la intensidad primaria  $I_p$  viene determinada por la expresión:

$$I_p = \frac{S}{\sqrt{3} \times U_p}$$

Dónde:

$S$  = Potencia del transformador en KVA. (630 KVA)

$U$  = Tensión compuesta primaria en KV (13,2 KV)

$I_p$  = Intensidad primaria en amperios.

Sustituyendo valores, se obtiene  $I_p$ :

$I_p = 27,56 \text{ A}$
-------------------------

#### 2.3.8.3. Intensidad en baja tensión

En un sistema trifásico la intensidad secundaria  $I_s$  viene determinada por la expresión:

$$I_s = \frac{S - P_{fe} - P_{cu}}{\sqrt{3} \times U_s}$$

Donde:

$S$  = Potencia del transformador en KVA. (630 KVA)

$PCu$  = Pérdidas en el cobre del transformador.

$PFe$  = Pérdidas en el hierro del transformador.

$U_s$  = Tensión compuesta en carga del secundario en kilovoltios. (0,4 KV)

$I_s$  = Intensidad secundaria en amperios.

Despreciando las pérdidas en el hierro y en los arrollamientos, se tiene:

$I_s = 902,69 \text{ A}$
--------------------------

## 2. Cálculos

### 2.3.8.4. Cortocircuitos

Para el cálculo de la intensidad de cortocircuito se determina una potencia de cortocircuito de  $S_{cc} = 400$  MVA en la red de distribución, dato proporcionado por la compañía suministradora (Iberdrola).

#### 2.3.8.4.1. Corriente de cortocircuito del lado de alta tensión

La corriente de cortocircuito en el primario como se puede calcular utilizando la siguiente expresión:

$$I_{CCP} = \frac{S_{CC}}{\sqrt{3} \times U_p}$$

Donde:

$I_{CCP}$  = Intensidad de cortocircuito de la red (A).

$S_{CC}$  = Potencia de cortocircuito de la red (400 MVA).

$U_p$  = Tensión primaria (13,2 KV).

Sustituyendo valores, se obtiene:

$$I_{CCP} = 1749,55 \text{ A}$$

#### 2.3.8.4.2. Corriente de cortocircuito del lado de baja tensión

La corriente de cortocircuito en el secundario se puede calcular utilizando la siguiente expresión:

$$I_{CCS} = \frac{S}{\sqrt{3} \times \left( \frac{U_{CC}}{100} \right) \times U_s}$$

Donde:

$S$  = Potencia del transformador (630 KVA).

$I_{CCS}$  = Intensidad de cortocircuito secundaria (KA).

$U_{CC}$  = Tensión de cortocircuito en carga (4).

$U_s$  = Tensión secundaria en carga (0,4 KV).

Sustituyendo valores, se obtiene:

$$I_{CCS} = 22733,17 \text{ A}$$

### 2.3.8.5. Dimensionamiento del embarrado

#### 2.3.8.5.1. Celdas

La gama CGM está compuesta por unidades modulares bajo envolventes metálicas del tipo compartimentadas equipadas con aparatos de corte y seccionamiento. Las unidades CGM son usadas para cumplir con las funciones y requerimientos propios de la media tensión en las estaciones distribuidoras de grandes consumidores, hasta 36 kV. Las unidades SM6 están concebidas para instalaciones de interior y sus dimensiones reducidas son:

Características CGM 24	Datos (m)	Características del embarrado	Datos
Altura	1,6	Intensidad asignada (A)	630
Anchura	0,375 - 0,750	Límite térmico 1s (KA)	20
Profundidad	0,94	Límite electrodinámico (KA)	31,25

Por lo tanto dicho embarrado debe soportar la intensidad nominal sin superar la temperatura de régimen permanente, así como los esfuerzos electrodinámicos y térmicos que se produzcan durante un cortocircuito.

### 2.3.8.5.2. Comprobación por densidad de corriente

La comprobación por densidad de corriente tiene por objeto verificar que el conductor que constituye el embarrado es capaz de conducir la corriente nominal máxima sin sobrepasar la densidad de corriente máxima en régimen permanente. Dado que se utilizan celdas bajo envolvente metálica fabricadas por CGM conforme a la normativa vigente, se garantiza lo indicado para la intensidad asignada 910 A.

### 2.3.8.5.3. Comprobación por sollicitación electrodinámica

Según la MIE-RAT 05, la resistencia mecánica de los conductores deberá verificar, en caso de cortocircuito que:

$$\sigma_{\max} \geq \frac{I_{CCP}^2 \times L^2}{60 \times d \times W}$$

Donde:

$S_{\max}$  = Valor de la carga de rotura de tracción del material de los conductores.

Para cobre semiduro 2800Kg/cm<sup>2</sup>

$I_{CCP}$  = Intensidad de cortocircuito de la red (KA).

$L$  = Separación longitudinal entre apoyos, en cm.

$d$  = Separación entre fases, en cm.

$W$  = Módulo resistente de los conductores en  $cm^3$ .

Dado que se utilizan celdas bajo envolvente metálica fabricadas por CGM conforme a la normativa vigente se garantiza el cumplimiento de la expresión anterior.

### 2.3.8.5.4. Comprobación por sollicitación térmica a cortocircuito

La sobreintensidad máxima admisible en cortocircuito para el embarrado se determina:

$$I_{th} = a \times S \times \sqrt{\frac{DT}{t}}$$

Donde:

$I_{th}$  = Intensidad eficaz (A)

$a = 13$  para el cobre.

$S$  = Sección del embarrado (mm<sup>2</sup>)

$DT$  = Elevación o incremento máximo de temperatura, 150°C para el cobre

$t$  = Tiempo de duración del cortocircuito (s).

Puesto que se utilizan celdas bajo envolvente metálica fabricadas por CGM conforme a la normativa vigente, se garantiza que:

$$I_{th} = 20 \text{ kA durante 1s.}$$

### 2.3.8.6. Protecciones de Alta y Baja Tensión.

#### 2.3.8.6.1. Alta tensión

La protección se realiza utilizando una celda de ruptofusibles cuya señal alimentará a un disparador de un seccionador de puesta a tierra, que efectuará la protección a sobrecargas, cortocircuitos.

#### 2.3.8.6.2. Baja tensión

En el circuito de baja tensión del transformador según RU6302 se instalará una caja de protección. Se instalarán fusibles, con una intensidad nominal igual al valor de la intensidad exigida a esa salida, y un poder de corte mayor o igual a la corriente de cortocircuito en el lado de baja tensión, calculada en el apartado 2.3.8.4.2.

La descarga del transformador al cuadro de Baja Tensión se realizará con conductores XLPE 0,6/1 KV 400 mm<sup>2</sup> unipolares subterráneos, cuya intensidad admisible a 25°C de temperatura ambiente será de 705 A.

### 2.3.8.7. Dimensión de la ventilación del Centro de Transformación

La ventilación del Centro de Transformación se llevará a cabo por medio de ventilación natural en las paredes del mismo, y para evitar la entrada de elementos al interior se instalarán unas rejillas. Primero se calcula el caudal de aire necesario:

$$Q = \frac{W_{cu} + W_{fe}}{1,16 \times \Delta T}$$

Donde:

$W_{cu}$  = Pérdidas en cortocircuito del transformado (4,6 KW).

$W_{fe}$  = Pérdidas en vacío del transformador (0,75 KW).

$\Delta T$  = Diferencia de temperatura entre la masa de aire que entra y la que sale (15°C).

Se calcula ahora la superficie de la rejilla. Para ello se debe calcular la velocidad del aire:

$$v_s = 4,6 \times \frac{\sqrt{H}}{\Delta T}$$

$H$  = Distancia entre los centros de las rejillas de entrada y salida (1,9 m).

$\Delta T$  = Diferencia de temperatura entre la masa de aire que entra y la que sale (15°C).

$v_s$  = Velocidad del aire (m/s).

$$S_{EFICAZREJILLA} = \frac{Q}{v_s}$$

$S_{EFICAZREJILLA}$  = Superficie mínima de la rejilla de ventilación (m<sup>2</sup>).

$v_s$  = Velocidad del aire (m/s).

$$S_{REJILLA} = 1,4 \times S_{EFICAZREJILLA}$$

## 2. Cálculos

$S_{REJILLA}$  = Superficie de la rejilla

1,4= Coeficiente de aumento de la rejilla del 40% debido al espacio que ocupan las lamas.

Sustituyendo los distintos valores en la fórmula, se obtiene la superficie de la rejilla:

$$Q = \frac{W_{cu} + W_{fe}}{1,16 \times \Delta T} = \frac{4,6 + 0,75}{1,16 \times 15} = 0,3075 \text{ m}^3 / \text{s}$$

$$v_s = 4,6 \times \frac{\sqrt{H}}{\Delta T} = 4,6 \times \frac{\sqrt{1,9}}{15} = 0,42271 \text{ m} / \text{s}$$

$$S_{EFICAZREJILLA} = \frac{Q}{v_s} = \frac{0,3075}{0,42271} = 0,7274 \text{ m}^2$$

$$S_{REJILLA} = 1,4 \times S_{EFICAZREJILLA} = 1,4 \times 0,7274 = 1,01843 \text{ m}^2$$

Se colocarán en las paredes del Centro de Transformación en un lado una rejilla de 1,95  $\text{m}^2$  y en el otro lado dos rejillas con superficie de 2,30  $\text{m}^2$ .

### 2.3.8.8. Dimensión del pozo apagafuegos

El pozo de recogida de aceite será capaz de alojar la totalidad del volumen que contiene el transformador. En este caso, al tratarse de un edificio prefabricado, el fabricante ya ha dimensionado dicho pozo para que pueda almacenar los 565 litros de dieléctrico que tiene según los datos dados por el mismo fabricante.

En la parte superior del depósito colector del dieléctrico se instalará un dispositivo apagallamas que consiste en unas rejillas metálicas que producen la autoextinción del aceite.

### 2.3.8.9. Cálculo de la puesta a tierra

#### 2.3.8.9.1. Terreno

El terreno en el que se prevé construir la nave se trata de un terreno cultivable poco fértil por lo que su resistividad media es de 500  $\Omega \times \text{m}$ . Como el Centro de Transformación se quiere instalar en la misma parcela, la resistividad que consideraremos será la misma.

#### 2.3.8.9.2. Corrientes máximas de puesta a tierra y tiempo máximo de eliminación de defecto para esas corrientes

En instalaciones de Alta Tensión de tensión igual o inferior a 30 KV (de tercera categoría) los aspectos a tener en cuenta para los cálculos de falta a tierra son:

- Tipo de neutro: Los cálculos variarán si el neutro de la red está aislado, directamente unido a tierra o unido a través de una impedancia.
- Tipo de protecciones de la línea en la subestación más cercana: Si se produce un fallo en la red, éste se elimina con la apertura de un elemento de corte que se dispara por la indicación de un medidor de corriente.

Además se pueden producir reenganches posteriores al primer disparo que sólo influirán en los cálculos si se producen en un tiempo inferior a medio segundo.

El tiempo máximo de eliminación del defecto es de 1 segundo, y los valores de la impedancia de puesta a tierra del neutro son de 38,49 Ω. La impedancia de puesta a tierra del neutro es características de cada red, y lo proporciona la compañía suministradora.

Con estos datos y la normativa MIE-RAT 13 se obtienen los datos de “K y n” para así poder calcular la intensidad máxima de puesta a tierra.

T	K	n	V <sub>ca</sub>
0,9 ≥ t > 0,1	72	1	K / t <sup>n</sup>
3 ≥ t > 0,9	78,5	0,18	K / t <sup>n</sup>
5 ≥ t > 3			64 V
t > 5			50 V

$$K = 78,5 \text{ y } n = 0,18$$

Así pues, la intensidad máxima de defecto se puede calcular introduciendo los datos en la siguiente fórmula:

$$I_{d(\max)} = \frac{U_{P(\max)}}{\sqrt{3} \times Z_n}$$

Donde:

$I_{d(\max)}$  = Intensidad de defecto máxima (A).

$U_{P(\max)}$  = Tensión del primario máxima (V).

$Z_n$  = Valor de la impedancia de puesta a tierra del neutro (Ω).

En un futuro próximo se prevé que la tensión de servicio de Media Tensión pase de 13,2 kV a 20 kV, y al producirse esta circunstancia, la instalación de tierra deberá cumplir la normativa para seguir en funcionamiento, por lo que se debe dimensionarla para la situación más desfavorable. Por lo tanto, los cálculos se deberán realizar para una tensión de 20 kV.

$$I_{d(\max)} = \frac{U_{P(\max)}}{\sqrt{3} \times Z_n} = \frac{20000}{\sqrt{3} \times 38,49} = 300A$$

### 2.3.8.9.3. Diseño de la instalación de tierra

Para los cálculos a realizar se emplearán las expresiones y procedimientos del “Método de cálculo y proyecto de instalaciones de puesta a tierra para centros de transformación de tercera categoría”, editado por UNESA, conforme a las características del Centro de Transformación objeto de cálculo.

#### 2.3.8.9.3.1 Tierra de protección

A este sistema se conectarán las partes metálicas de la instalación que no estén en tensión normalmente pero puedan estarlo a consecuencia de averías o causas fortuitas, tales como los chasis y los bastidores de los aparatos de maniobra, envolventes metálicas de las cabinas prefabricadas, carcasas de los transformadores, edificio prefabricado, puertas de acceso, rejillas de ventilación,...

- Código 50-40/5/46 del método de cálculo de tierras de UNESA. Este código indica:

## 2. Cálculos

- Con los 2 primeros números (50), el largo de la tierra de protección en dm.
- Con los 2 siguientes números (40), el ancho de la tierra de protección en dm.
- Con el número entre barras (5), la profundidad a la que se instalarán las picas de la tierra de protección en dm.
- Con el penúltimo número (4), se indica el número de picas que se pondrán.
- Con el último número (6), se indica la longitud de las picas en metros.

- Parámetros característicos:

$$Kr = 0,061 \left( \frac{\Omega}{\Omega \times m} \right)$$

$$Kp = 0,0126 \left( \frac{V}{\Omega \times A} \right)$$

- Descripción:

Estará constituida por 4 picas en disposición rectangular, 5x4m, unidas por un conductor horizontal de cobre desnudo de 50 mm<sup>2</sup> de sección. Las picas tendrán un diámetro de 14 mm y una longitud de 6 m. Se enterrarán verticalmente a una profundidad de 0,5 m y la separación entre cada pica y la siguiente será de 4 y 5 m, dependiendo del lado. Con esta configuración, la longitud de conductor desde la primera pica a la última será de 18m.

Se puede utilizar otras configuraciones siempre y cuando los parámetros Kp y Kr de la configuración escogida sean inferiores o iguales a los indicados anteriormente.

La conexión desde el Centro de Transformación hasta la primera pica se realizará con cable de cobre aislado de 0,6/1KV protegido contra daños mecánicos.

### 2.3.8.9.3.2 Tierra de servicio

Se conectarán a este sistema los siguientes aparatos:

- En los transformadores, el punto neutro del secundario BT, cuando esto proceda, o sea, directamente cuando se trata de distribuciones con régimen de neutro TN o TT, o a través de una impedancia cuando son con régimen IT;
- En los transformadores de intensidad y de tensión, uno de los bornes de cada uno de los secundarios;
- En los seccionadores de puesta a tierra, el punto de cierre en cortocircuito de las tres fases y desconexión a tierra.;

Las características de las picas serán las mismas que las indicadas para la tierra de protección. La configuración escogida se describe a continuación

- Código 50/30/5/44 del método de cálculo de tierras de UNESA.
  - Con los 2 primeros números (50), el largo de la tierra de protección en dm.
  - Con los 2 siguientes números (30), el ancho de la tierra de protección en dm.
  - Con el primer número (5), se indica la profundidad a la que se instalarán las picas de la tierra de servicio en dm.
  - Con el penúltimo número (4), se indica el número de picas que se pondrán.
  - Con el último número (4), se indica la longitud de las picas en metros.

## 2. Cálculos

- Parámetros característicos:

$$Kr = 0,064 \left( \frac{\Omega}{\Omega \times m} \right)$$

$$Kp = 0,0134 \left( \frac{V}{\Omega \times A} \right)$$

- Descripción:

Estará constituida por 4 picas en disposición rectangular, 5x3m, unidas por un conductor horizontal de cobre desnudo de 50 mm<sup>2</sup> de sección. Las picas tendrán un diámetro de 14 mm y una longitud de 4 m. Se enterrarán verticalmente a una profundidad de 0,5 m y la separación entre cada pica y la siguiente será de 5 o 3m, según el lado. Con esta configuración, la longitud de conductor desde la primera pica a la última será de 16m, dimensión que tendrá que haber disponible en el terreno.

Se puede utilizar otras configuraciones siempre y cuando los parámetros Kp y Kr de la configuración escogida sean inferiores o iguales a los indicados anteriormente.

La conexión desde el Centro de Transformación hasta la primera pica se realizará con cable de cobre de 50 mm<sup>2</sup> aislado de 0,6/1KV bajo tubo de plástico con grado de protección contra daños mecánicos de 7 como mínimo.

El valor de la resistencia de puesta a tierra de este electrodo deberá ser inferior a 37Ω.

Con este criterio se consigue que un defecto a tierra en una instalación de Baja Tensión protegida contra contactos indirectos por un interruptor diferencial de sensibilidad 300mA no ocasione en el electrodo de puesta a tierra una tensión superior a 24 V (11,1V=37 x0,3).

Existirá una separación mínima entre picas de la tierra de protección y las picas de la tierra de servicio a fin de evitar la posible transferencia de tensiones elevadas a la red de Baja Tensión.

### 2.3.8.9.4. Cálculo de la resistencia de la instalación de tierra

#### 2.3.8.9.4.1 Tierra de protección

Para el cálculo de la resistencia de la puesta a tierra de las masas del Centro (R<sub>t</sub>), intensidad y tensión de defecto correspondientes (I<sub>d</sub>, U<sub>d</sub>), se utilizarán las siguientes fórmulas:

$$R_t = Kr \times \rho$$

$$I_d = \frac{U_{P(máx)}}{\sqrt{3} \times \sqrt{(R_n + R_t)^2 + X_n^2}}$$

$$U_d = I_d \times R_t$$

Donde:

R<sub>t</sub> = Resistencia de puesta a tierra (Ω)

## 2. Cálculos

$$Kr = 0,056 \left( \frac{\Omega}{\Omega \times m} \right)$$

$$\rho = 500 \left( \Omega \times m \right)$$

$I_d$  = Intensidad de defecto (A)

$U_{P(\text{máx})}$  = Tensión del primario máxima (V).

$R_n$  y  $X_n$  = Dan valor a la impedancia de puesta a tierra del neutro (nos lo proporciona la compañía suministradora):

$$Z_n = \sqrt{R_n^2 + X_n^2} = \sqrt{38,49^2 + 0^2} = 38,49\Omega$$

$U_d$  = Tensión de defecto (V)

Cálculo:

$$R_t = Kr \times \rho = 0,061 \times 500 = 30,5\Omega$$

$$I_d = \frac{U_{P(\text{máx})}}{\sqrt{3} \times \sqrt{(R_n + R_t)^2 + X_n^2}} = \frac{20000}{\sqrt{3} \times \sqrt{(38,49 + 30,5)^2 + 0^2}} = 167,4A$$

$$U_d = I_d \times R_t = 167,4 \times 30,5 = 5105,7V$$

El aislamiento de las instalaciones de Baja Tensión del Centro de Transformación deberá ser mayor o igual que la tensión máxima de defecto calculada ( $U_d$ ), por lo que deberá ser como mínimo 10000V.

De esta manera se evitará que las sobretensiones que aparezcan al producirse un defecto en la parte de Alta Tensión deterioren los elementos de Baja Tensión del Centro.

Se comprueba además que la intensidad de defecto calculada es superior a 100A, lo que permitirá que pueda ser detectada por las protecciones normales.

Resumiendo:

- Configuración: 50-40/5/46
  - Geometría: Anillo
  - Dimensiones: 5x4 metros
- Profundidad del electrodo: 0,5 metros
- Longitud de las picas: 6 metros
  - Número de picas: 4
- Resistencia  $Kr=0,061 \left( \frac{\Omega}{\Omega \times m} \right)$
- Tensión de paso  $Kp=0,0126 \left( \frac{V}{\Omega \times A} \right)$
- Tensión de contacto  $Kc=0,0239 \left( \frac{V}{\Omega \times m \times A} \right)$

## 2. Cálculos

### 2.3.8.9.4.2 Tierra de servicio

Con el valor correspondiente al electrodo elegido y multiplicando por la resistividad del terreno, se obtiene el valor de la resistencia de tierra de servicio.

Resumiendo:

- Configuración: 50/30/5/44
  - Geometría: Anillo
  - Dimensiones: 5x3 metros
- Profundidad del electrodo: 0,5 metros
- Longitud de las picas: 4 metros
  - Número de picas: 4
- Resistencia  $K_r = 0,064 \left( \frac{\Omega}{\Omega \times m} \right)$
- Tensión de paso  $K_p = 0,0134 \left( \frac{V}{\Omega \times A} \right)$
- Tensión de contacto  $K_c = 0,0253 \left( \frac{V}{\Omega \times m \times A} \right)$

### 2.3.8.9.5. Cálculo de las tensiones exteriores de la instalación

Con el fin de evitar la aparición de tensiones de contacto elevadas en el exterior de la instalación, las puertas y rejillas metálicas que dan al exterior del centro no tendrán contacto eléctrico alguno con masas conductoras que, a causa de defectos o averías, sean susceptibles de quedar sometidas a tensión.

Los muros, entre sus parámetros tendrán una resistencia de  $100000\Omega$ .

Con estas medidas de seguridad, no será necesario calcular las tensiones de contacto en el exterior, ya que estas serán prácticamente nulas.

Por otra parte, la tensión de paso en el exterior vendrá dada por las características del electrodo y la resistividad del terreno según la expresión:

### 2.3.8.9.6. Cálculo de las tensiones en el interior de la instalación

En el suelo del Centro de Transformación se instalará un mallazo electro-soldado, con redondos de diámetro no inferior a 4 mm, formando una retícula no superior a  $0,30 \times 0,30$  m. Este mallazo se conectará como mínimo en dos puntos opuestos de la puesta a tierra de protección del Centro de Transformación. Dicho mallazo estará cubierto por una capa de hormigón de 10 cm. como mínimo.

Con esta medida se consigue que la persona que deba acceder a una parte que pueda quedar en tensión, de forma eventual, esté sobre una superficie equipotencial, con lo que desaparece el riesgo de la tensión de contacto y de paso interior. De esta forma no será necesario el cálculo de las tensiones de contacto y de paso en el interior, ya que su valor será prácticamente cero.

No obstante, la existencia de una superficie equipotencial conectada al electrodo de tierra, hace que la tensión de paso en el acceso sea equivalente al valor de la tensión de contacto exterior:

$$U_{P(ACCESO)} = K_c \times \rho \times Id = 0,0239 \times 500 \times 167,4 = 2000V$$

## 2. Cálculos

### 2.3.8.9.7. Cálculo de las tensiones máximas aplicadas

La tensión máxima de contacto aplicada que puede aceptarse según el reglamento MIERAT 13 es:

$$U_{ca} = \frac{K}{t^n}$$

Dónde:

$U_{ca}$  = Tensión máxima de contacto aplicada (V).

$K = 78,5$

$t = 1$ S. Duración de la falta en segundos.

$n = 0,18$

Cálculo:

$$U_{ca} = \frac{K}{t^n} = \frac{78,5}{1^{0,18}} = 78,5 \text{ V}$$

Para la determinación de los valores máximos admisibles de la tensión de paso en el exterior, y en el acceso al Centro de Transformación, se emplearán las siguientes expresiones:

$$U_{P(\text{exterior})} = 10 \times \frac{K}{t^n} \times \left( 1 + \frac{6 \times \rho}{1000} \right)$$

$$U_{P(\text{acceso})} = 10 \times \frac{K}{t^n} \times \left( 1 + \frac{3 \times \rho + 3 \times \rho_H}{1000} \right)$$

$U_p$  = Tensión de paso (V).

$K = 78,5$

$n = 0,18$

$t = 1$ s. Duración de la falta.

$\rho = 500$ . Resistividad del terreno ( $\Omega\text{m}$ ).

$\rho_H = 3000$ . Resistividad del hormigón ( $\Omega\text{m}$ ).

Calculando:

$$U_{P(\text{EXTERIOR})} = 10 \times \frac{K}{t^n} \times \left( 1 + \frac{6 \times \rho}{1000} \right) = 10 \times \frac{78,5}{1^{0,18}} \times \left( 1 + \frac{6 \times 500}{1000} \right) = 3140 \text{ V}$$

$$U_{P(\text{ACCESO})} = 10 \times \frac{K}{t^n} \times \left( 1 + \frac{3 \times \rho + 3 \times \rho_H}{1000} \right) = 10 \times \frac{78,5}{1^{0,18}} \times \left( 1 + \frac{3 \times 500 + 3 \times 3000}{1000} \right) = 9027,5 \text{ V}$$

Se comprueba que los valores calculados son inferiores a los admisibles por reglamento (MIE-RAT):

$$U_{P(\text{EXT})} = 1054,62 \text{ V} < U_{P(\text{EXTERIOR})} (\text{MIE} - \text{RAT}) = 3140 \text{ V}$$

$$U_{P(\text{ACCESO})} = 2000 \text{ V} < U_{P(\text{ACCESO})} (\text{MIE} - \text{RAT}) = 9027,5 \text{ V}$$

### 2.3.8.9.8. Investigación de tensiones transferibles al exterior.

Al no existir medios de transferencia de tensiones al exterior no se considera necesario un estudio previo para su reducción o eliminación.

No obstante, con el objeto de garantizar que el sistema de puesta a tierra de servicio no alcance tensiones elevadas que puedan afectar a las instalaciones de los usuarios, cuando se produce un defecto, existirá una distancia de separación mínima  $D_{mín}$ , entre los electrodos de los sistemas de puesta a tierra de protección y de servicio, determinada por la expresión:

$$D_{MIN} = \frac{\rho \times Id}{2 \times 1000 \times \pi} = \frac{500 \times 164,4}{2000 \times \pi} = 13,1m$$

### 2.3.8.9.9. Corrección y ajuste del diseño inicial estableciendo el definitivo.

No se considera necesario la corrección del sistema proyectado. No obstante, si el valor medido de las tomas de tierra resultara elevado y pudiera dar lugar a tensiones de paso o contacto excesivas, se corregirán éstas mediante la disposición de una capa aislante en la tierra del centro, con una alfombra aislante en el suelo del Centro o cualquier otro medio que asegure la no peligrosidad de estas tensiones.

**Pamplona, Julio 2014**

**Itxaro Matxain Rodriguez**



# ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación:

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL ELÉCTRICO

Título del proyecto:

INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA NAVE INDUSTRIAL  
EN BAJA TENSIÓN CON CENTRO DE TRANSFORMACIÓN

PLANOS

Itxaro Matxain Rodriguez

José Javier Crespo Ganuza

Pamplona, Julio de 2014

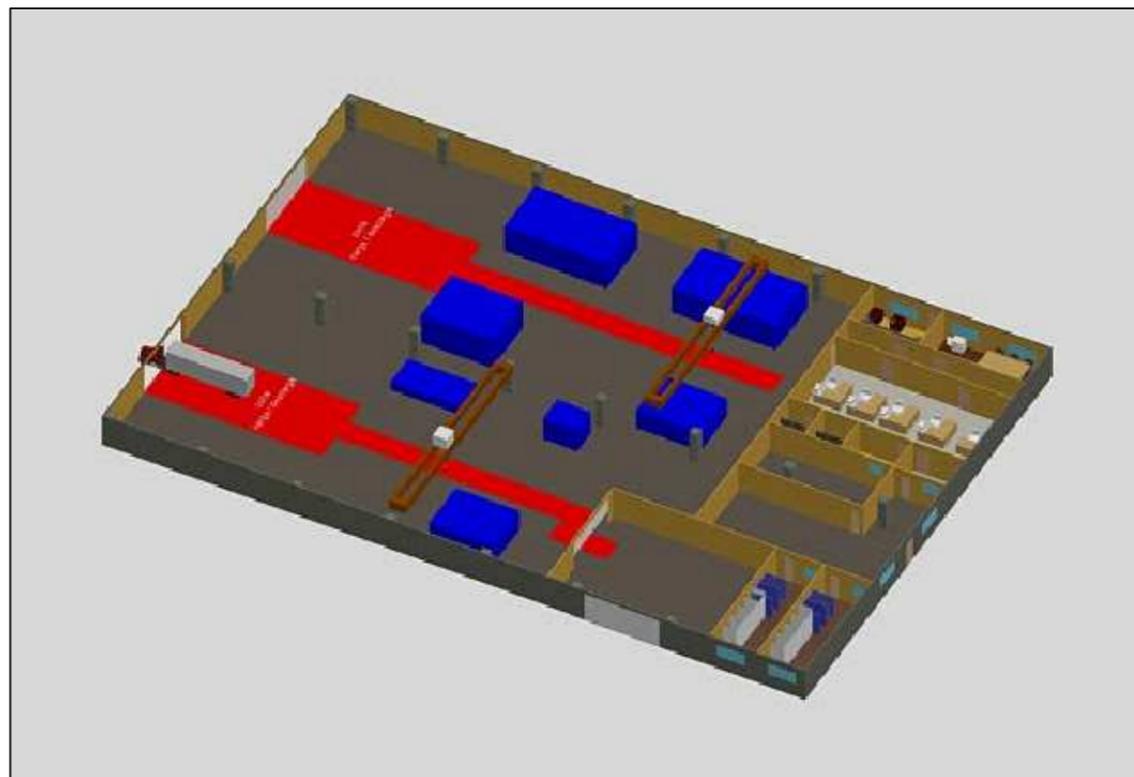
PROVINCIA NAVARRA



POLIGONO INDUSTRIAL AKABORRO



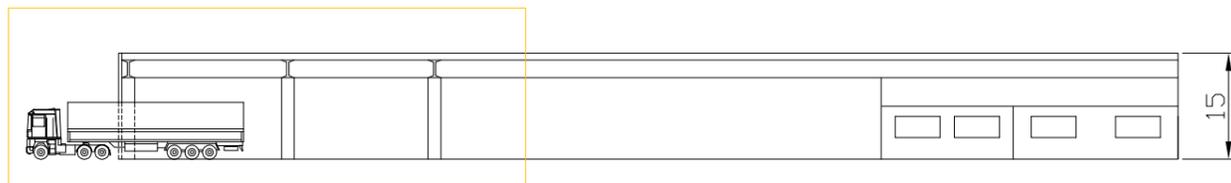
INTERIOR NAVE INDUSTRIAL



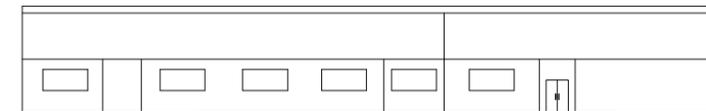
LEYENDA

Municipio: Irurzun  
 Poligono: Akaborro  
 Calle: Aralar  
 Superficie: 2400 m2

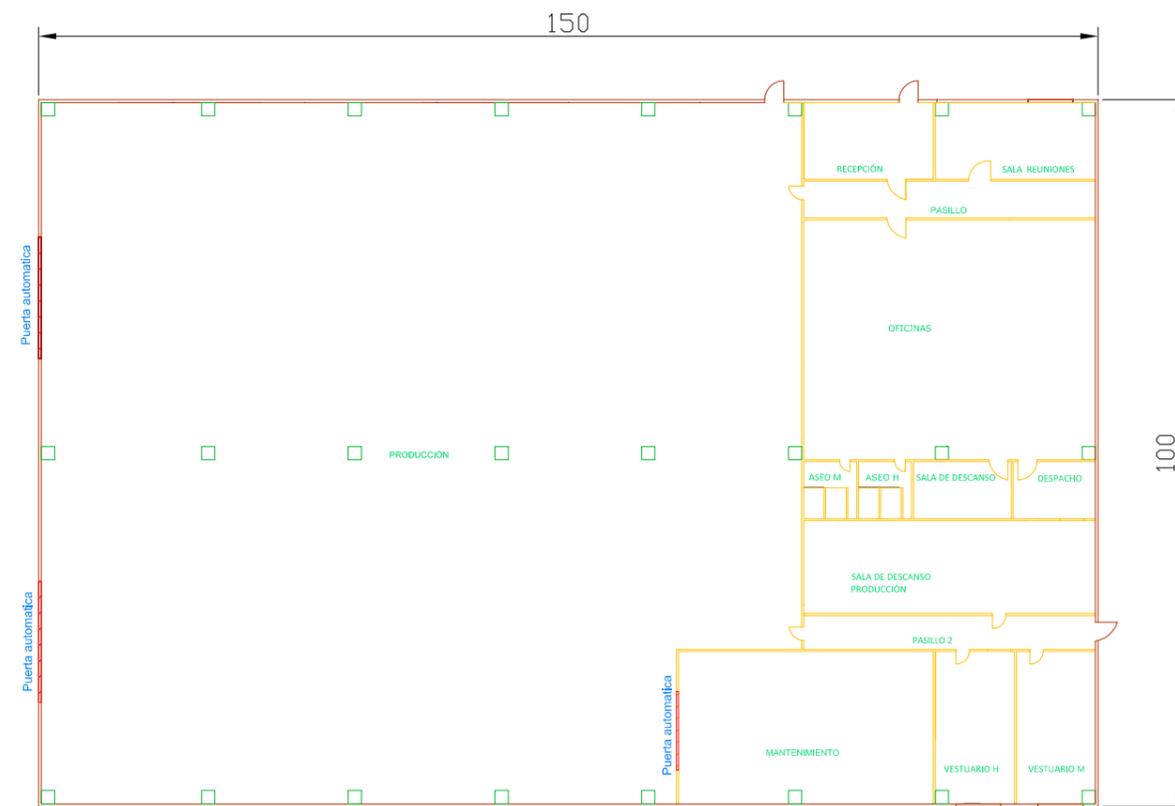
 Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	E.T.S.I.I.T. INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.	DEPARTAMENTO: DEPARTAMENTO DE INGENIERIA ELECTRICA Y ELECTRONICA		
	PROYECTO: INSTALACION ELECTRICA DE UNA NAVE INDUSTRIAL EN BAJA TENSION CON CENTRO DE TRANSFORMACION		REALIZADO: MATXAIN RODRIGUEZ, ITXARO	
PLANO: SITUACION Y EMPLAZAMIENTO		FIRMA: FECHA: 25/06/14	ESCALA: N/A	Nº PLANO: 1



ALZADO INTERIOR LONGITUDINAL



ALZADO FRONTAL

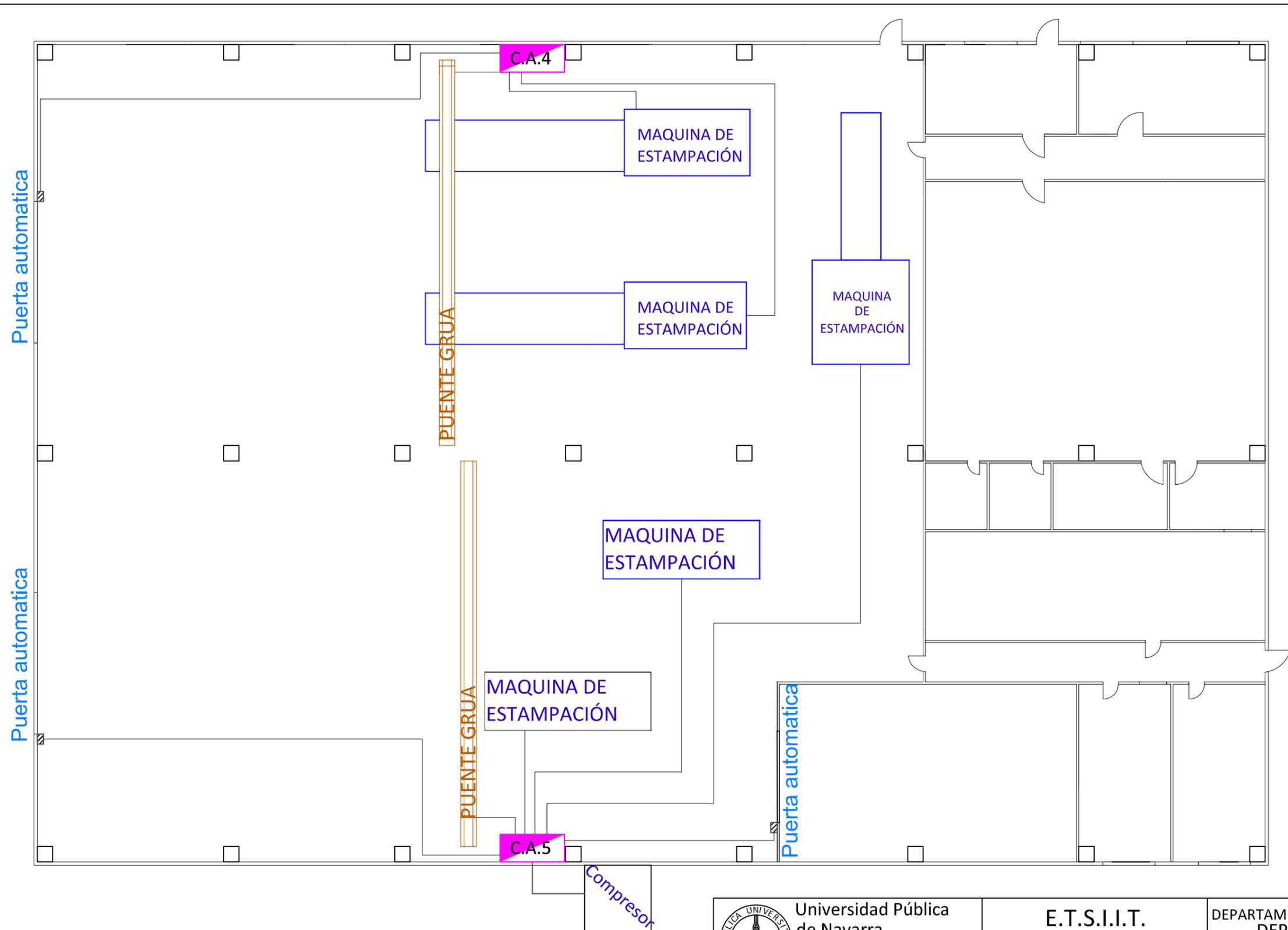


ALZADO SUPERIOR

SUPERFICIES (m2)	
1.RECEPCIÓN	34,04
2.SALA REUNIONES	42,32
3.PASILLO1	33
4.OFICINAS	224,4
5.ASEOS M	9,6
6.ASEOS H	9,6
7.SALA DESCANSO1	17,6
8.DESPACHO	14,72

SUPERFICIES (m2)	
9.SALA DESCANSO2	87,45
10.PASILLO2	33
11.VESTUARIO M	38,7
12.VESTUARIO H	38,7
13.MANTENIMIENTO	123,84
14.TALLER	1709,5
SUP.TOTAL	2400

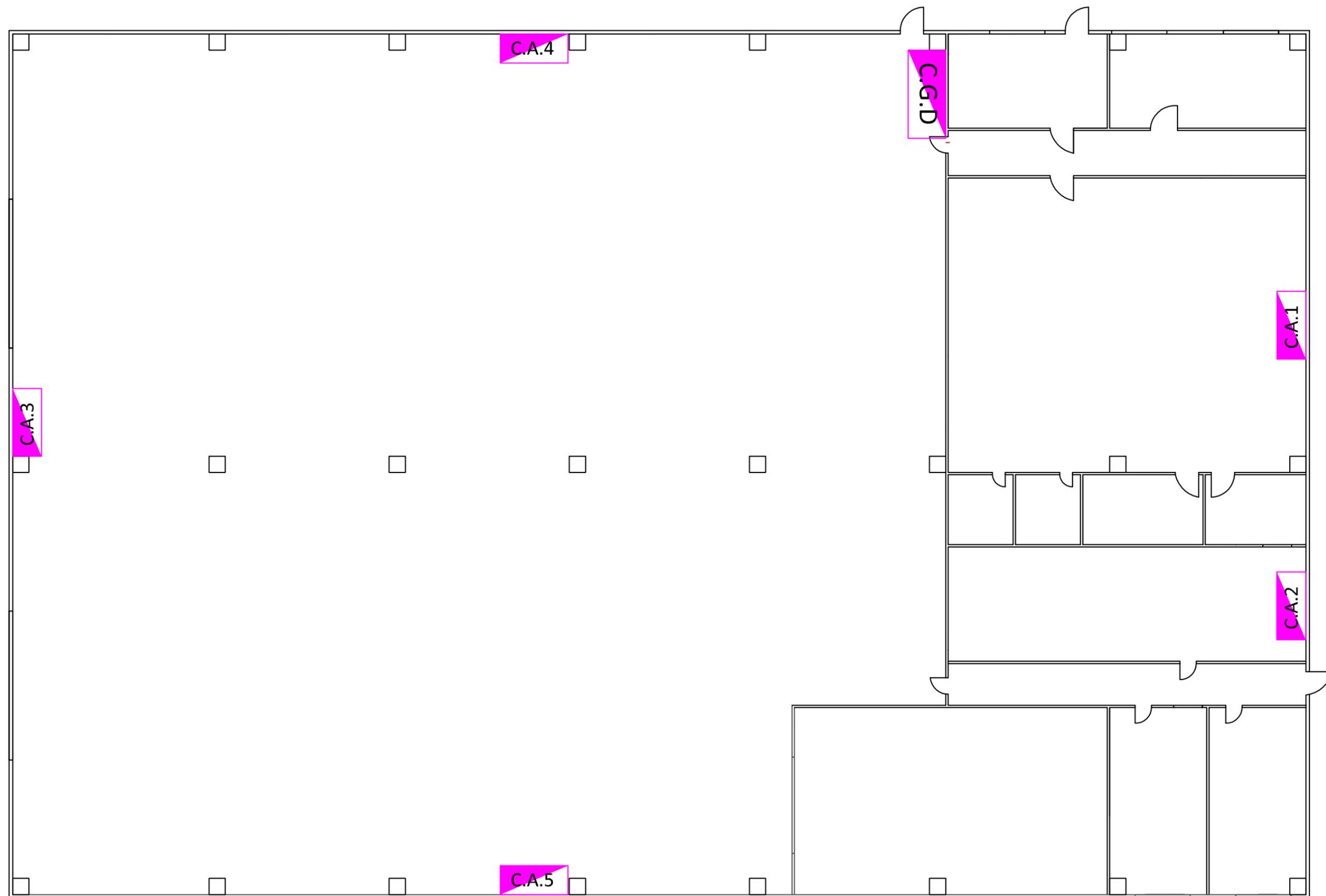
 Universidad Pública de Navarra <i>Nafarroako Unibertsitate Publikoa</i>	<b>E.T.S.I.I.T.</b> INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.	DEPARTAMENTO: DEPARTAMENTO DE INGENIERIA ELECTRICA Y ELECTRONICA
	PROYECTO: INSTALACION ELECTRICA DE UNA NAVE INDUSTRIAL EN BAJA TENSION CON CENTRO DE TRANSFORMACION	
PLANO: DISTRIBUCIÓN Y SUPERFICIES		REALIZADO: MATXAIN RODRIGUEZ, ITXARO
		FIRMA:
	FECHA: 25/06/14	ESCALA: 1/400
		Nº PLANO: 2



LEYENDA:

	Caja de conexiones de la puerta automática
	Cuadro auxiliar X

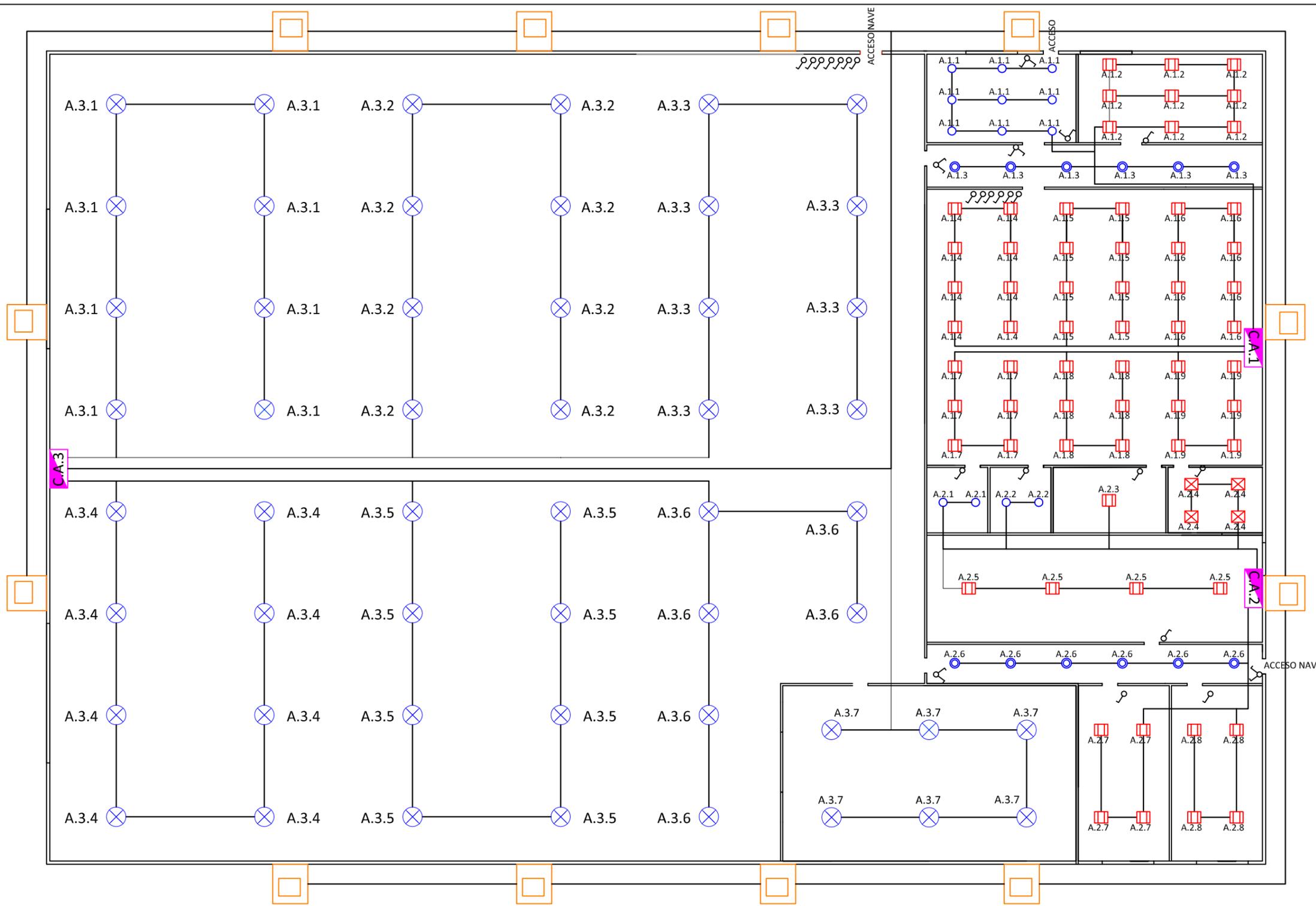
Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	E.T.S.I.I.T.	DEPARTAMENTO: DEPARTAMENTO DE INGENIERIA ELECTRICA Y ELECTRONICA	
	INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.	REALIZADO: MATXAIN RODRIGUEZ, ITXARO	
PROYECTO: INSTALACION ELECTRICA DE UNA NAVE INDUSTRIAL EN BAJA TENSION CON CENTRO DE TRANSFORMACION	FIRMA:		
PLANO: DISTRIBUCIÓN MAQUINÁRIA	FECHA: 25/06/14	ESCALA: 1/200	Nº PLANO: 3



**LEYENDA:**

 CUADROS ELÉCTRICOS ADOSADOS A 1,5m DEL SUELO

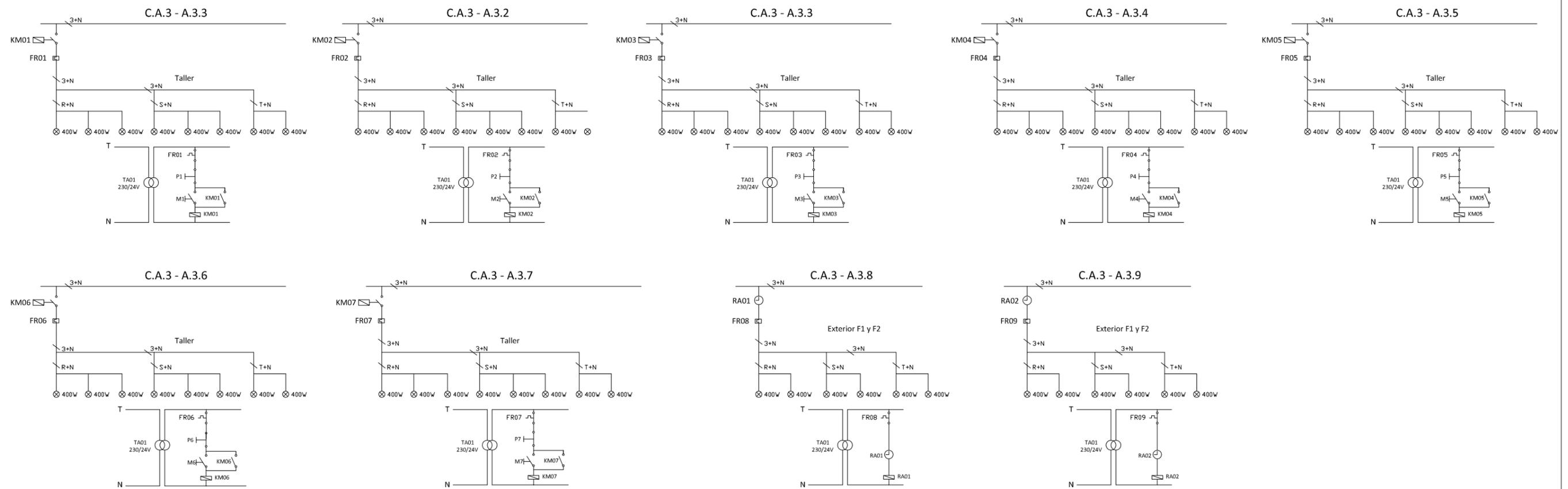
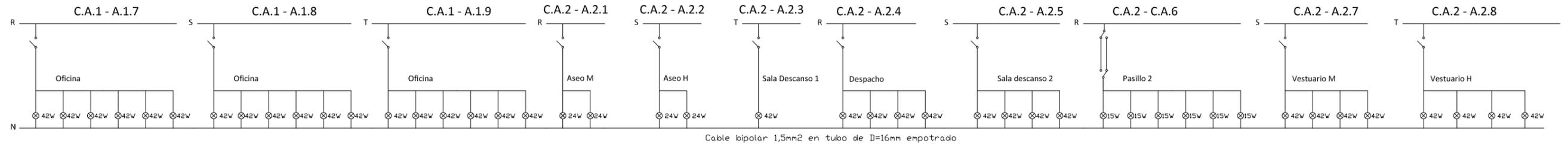
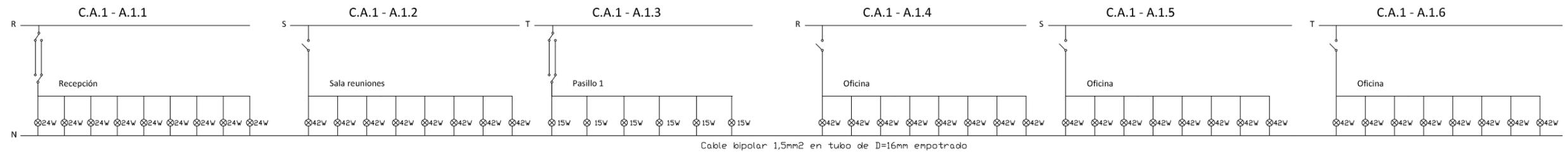
 Universidad Pública de Navarra <i>Nafarroako Unibertsitate Publikoa</i>	<b>E.T.S.I.I.T.</b> INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.		DEPARTAMENTO: DEPARTAMENTO DE INGENIERIA ELECTRICA Y ELECTRONICA		
	PROYECTO: INSTALACION ELECTRICA DE UNA NAVE INDUSTRIAL EN BAJA TENSION CON CENTRO DE TRANSFORMACION		REALIZADO: MATXAIN RODRIGUEZ, ITXARO		
PLANO: DISTRIBUCIÓN CUADROS ELÉCTRICOS		FIRMA:	FECHA: 25/06/14	ESCALA: 1/200	Nº PLANO: 4



**LEYENDA:**

- C.A.X Nº CUADRO AUXILIAR
- INTERRUPTOR OMNIPOLAR EMPOTRADO A 1,5m DEL SUELO
- INTERRUPTOR CONMUTADO EMPOTRADO A 1,5m DEL SUELO
- C.X.Y NÚMERO DE CIRCUITO
- LUMINARIA TIPO INDUSTRIAL, CON CARCASA DE ALUMINIO SUSPENDIDAS. LAMPARA DE HALOGENUROS METÁLICOS 400W
- LUMINARIA TIPO 1xLED375/840 (42W) EMPOTRADO EN FALSO TECHO
- LUMINARIA TIPO 1xLED48/840 (42W) EMPOTRADO EN FALSO TECHO
- LUMINARIA TIPO 1xLED205/840 (24W) EMPOTRADO EN FALSO TECHO
- LUMINARIA TIPO 1xSLED800/840 (15W) EMPOTRADO EN FALSO TECHO
- LUMINARIA TIPO 1XHPI-T 400W, ADOSADA AL TECHO

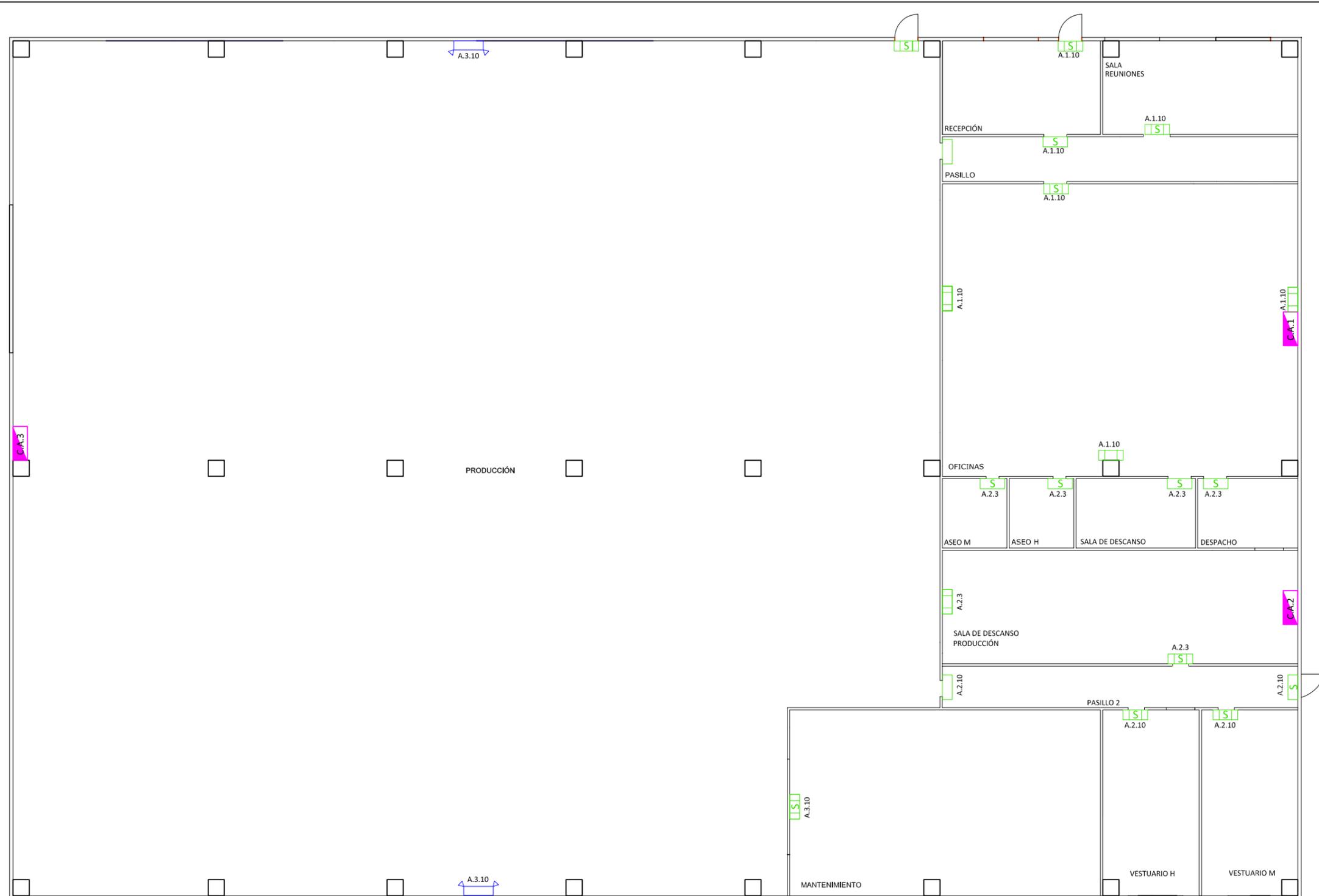
 <b>Universidad Pública de Navarra</b> <i>Nafarroako Unibertsitate Publikoa</i>	<b>E.T.S.I.I.T.</b>	DEPARTAMENTO: DEPARTAMENTO DE INGENIERIA ELECTRICA Y ELECTRONICA		
	INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.		REALIZADO: MATXAIN RODRIGUEZ, ITXARO	
<b>PROYECTO:</b> INSTALACION ELECTRICA DE UNA NAVE INDUSTRIAL EN BAJA TENSION CON CENTRO DE TRANSFORMACION		FIRMA:		
<b>PLANO:</b> DISTRIBUCIÓN ALUMBRADO		FECHA: 25/06/14	ESCALA: 1/200	Nº PLANO: 5_1



**LEYENDA:**

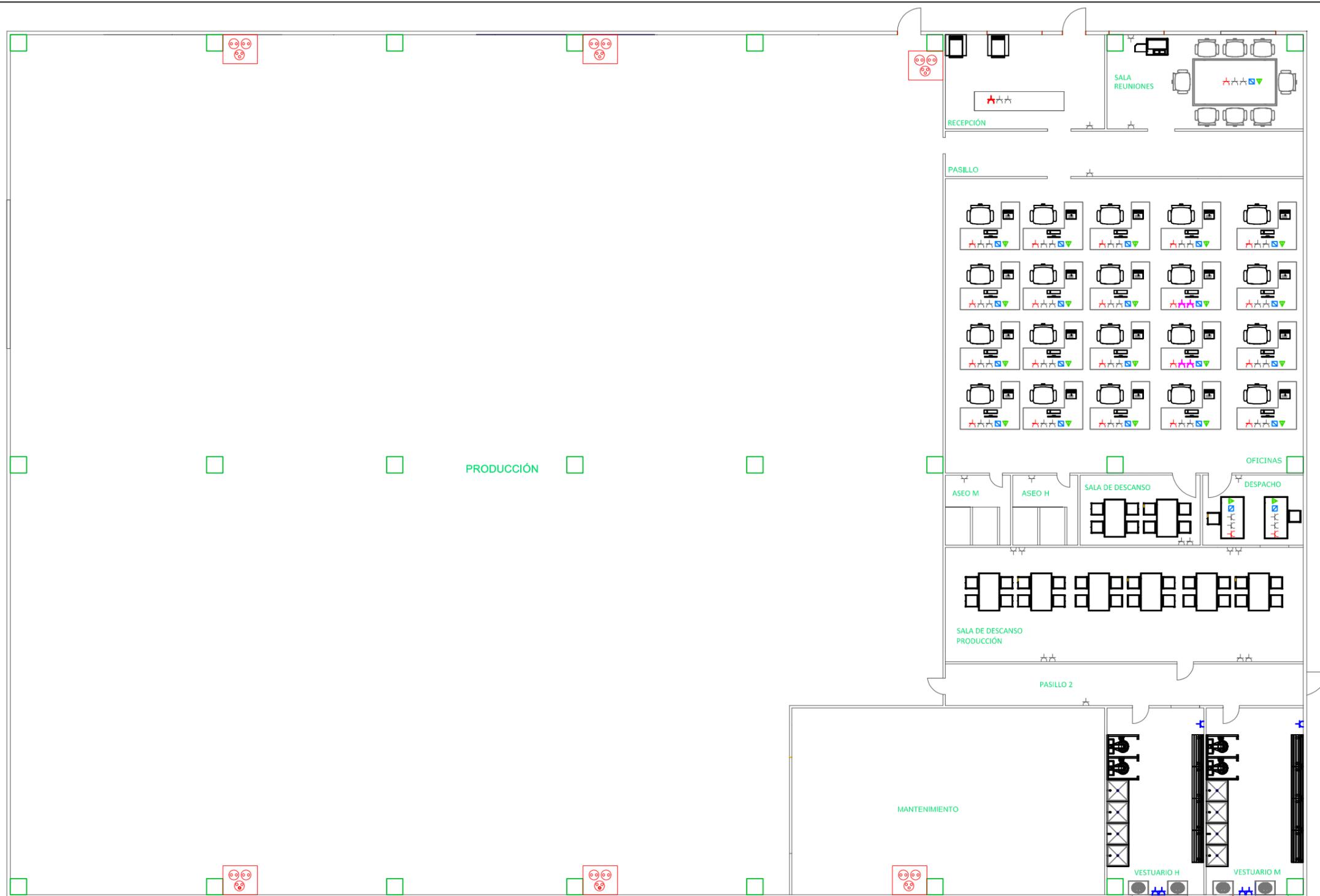
- |  |                       |  |                        |
|--|-----------------------|--|------------------------|
|  | Interruptor conmutado |  | Luminaria              |
|  | Interruptor omnipolar |  | Pulsador de parada     |
|  | Contactor             |  | Pulsador de marcha     |
|  | Reloj Astronómico     |  | Relé Térmico           |
|  |                       |  | Transformador 230V/24V |

 Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	E.T.S.I.I.T. INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.	DEPARTAMENTO: DEPARTAMENTO DE INGENIERIA ELECTRICA Y ELECTRONICA
	PROYECTO: INSTALACION ELECTRICA DE UNA NAVE INDUSTRIAL EN BAJA TENSION CON CENTRO DE TRANSFORMACION	
PLANO: ESQUEMA DE FUERZA Y MANDO DE LUMINARIAS		REALIZADO: MATXAIN RODRIGUEZ, ITXARO
FIRMA:		FECHA: 25/06/14
ESCALA: SE		Nº PLANO: 5_2



LEYENDA:	
	APARATO AUTÓNOMO DE EMERGENCIA 2x65W / 1500 LÍMENES, ADOSADO A LA PARED A 3m DEL SUELO. Marca LEGRAND 6608 43. 2 x 65 W. IK 07.
	SEÑALIZACIÓN DE SALIDA
	APARATO AUTÓNOMO DE EMERGENCIA, ADOSADO A LA PARED A 2,3m DEL SUELO Marca LEGRAND 6622 24 Lámparas de 8 W. IP 42, IK 07. Clase II.
	APARATO AUTÓNOMO DE EMERGENCIA, ADOSADO A LA PARED A 2,3m DEL SUELO Marca LEGRAND 6627 07 con Lámparas de 6 W. IP 42, IK 04. Clase II.
C.X.Y	Nº CIRCUITO

	Universidad Pública de Navarra <i>Nafarroako</i> <i>Unibertsitate Publikoa</i>	<b>E.T.S.I.I.T.</b> INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.	DEPARTAMENTO: DEPARTAMENTO DE INGENIERIA ELECTRICA Y ELECTRONICA			
	PROYECTO: <b>INSTALACION ELECTRICA DE UNA NAVE INDUSTRIAL EN BAJA TENSION CON CENTRO DE TRANSFORMACION</b>			REALIZADO: <b>MATXAIN RODRIGUEZ, ITXARO</b>		
PLANO: <b>INSTALACIÓN DE ALUMBRADO EMERGENCIA</b>			FIRMA:	FECHA: <b>25/06/14</b>	ESCALA: <b>1/200</b>	Nº PLANO: <b>6</b>



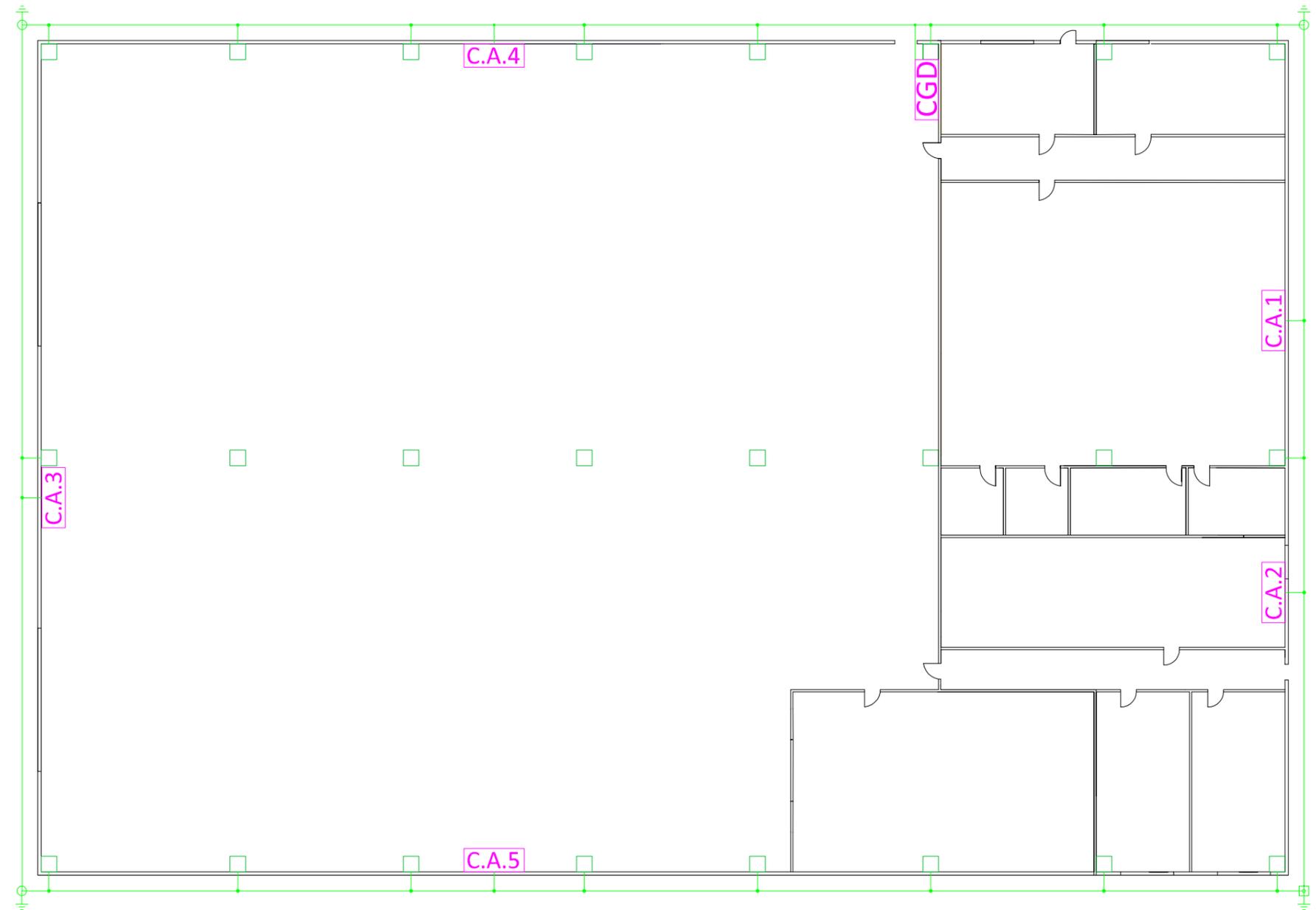
**LEYENDA:**

	TOMA DE CORRIENTE 16 A ZONAS HUMEDAS)
	TOMA DE CORRIENTE 16 A
	TOMA SAI
	TOMA INFORMÁTICA
	TOMA DE TELÉFONO
	CUADROS TOMAS DE CORRIENTE ( 2x ( 2P+TT 16A ) + 1x ( 4P+TT 32A ) )

	Universidad Pública de Navarra <i>Nafarroako Unibertsitate Publikoa</i>	<b>E.T.S.I.I.T.</b> INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.	DEPARTAMENTO: DEPARTAMENTO DE INGENIERIA ELECTRICA Y ELECTRONICA		
	PROYECTO: INSTALACION ELECTRICA DE UNA NAVE INDUSTRIAL EN BAJA TENSION CON CENTRO DE TRANSFORMACION		REALIZADO: MATXAIN RODRIGUEZ, ITXARO		
PLANO: INSTALACIÓN TOMAS DE CORRIENTE		FIRMA:	FECHA: 25/06/14	ESCALA: 1/200	Nº PLANO: 7

**LEYENDA:**

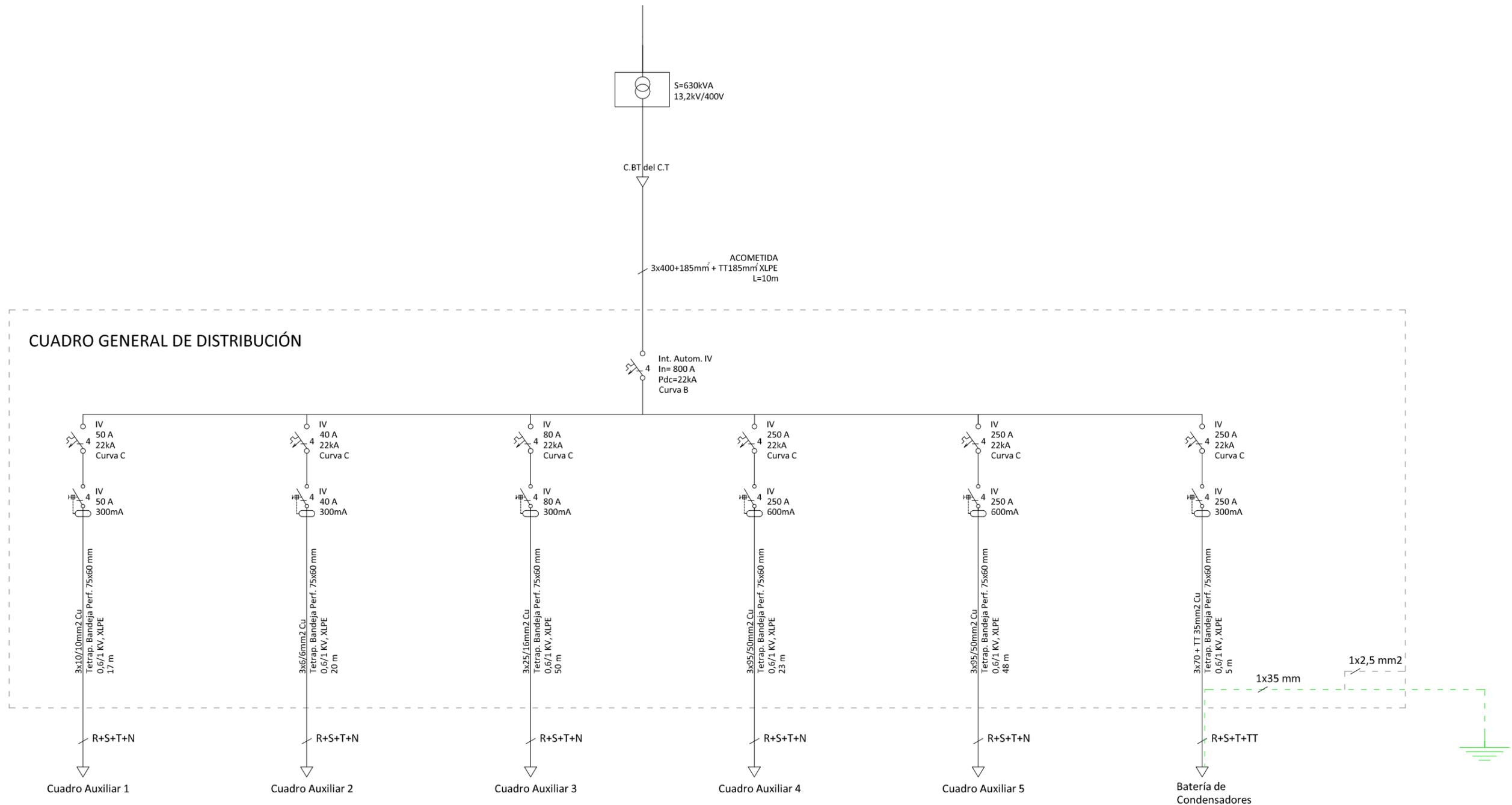
Profundidad del electrodo: 0,8m.  
 Nº de picas: 4.  
 Longitud de las picas: 2m.  
 Diámetro de las picas: 16mm  
 Unidas mediante cable Cu desnudo de 50mm<sup>2</sup> de sección. Ésta irá unida al mallazo metálico de cimentación a través de un conductor de Cu de 50mm<sup>2</sup>.  
 Del cuadro de distribución general se unirá al conductor principal de tierra a través de un conductor de Cu de 50mm<sup>2</sup>.  
 Se dispondrá de una arqueta de registro en cada pica para verificar el corrector estado de las mismas.



**LEYENDA**

-  Pica de 14mm diámetro y 2m de longitud  
Instalada a una profundidad de 0,8 m
-  Cable desnudo de 50mm<sup>2</sup>
-  Soldadura aluminotérmica

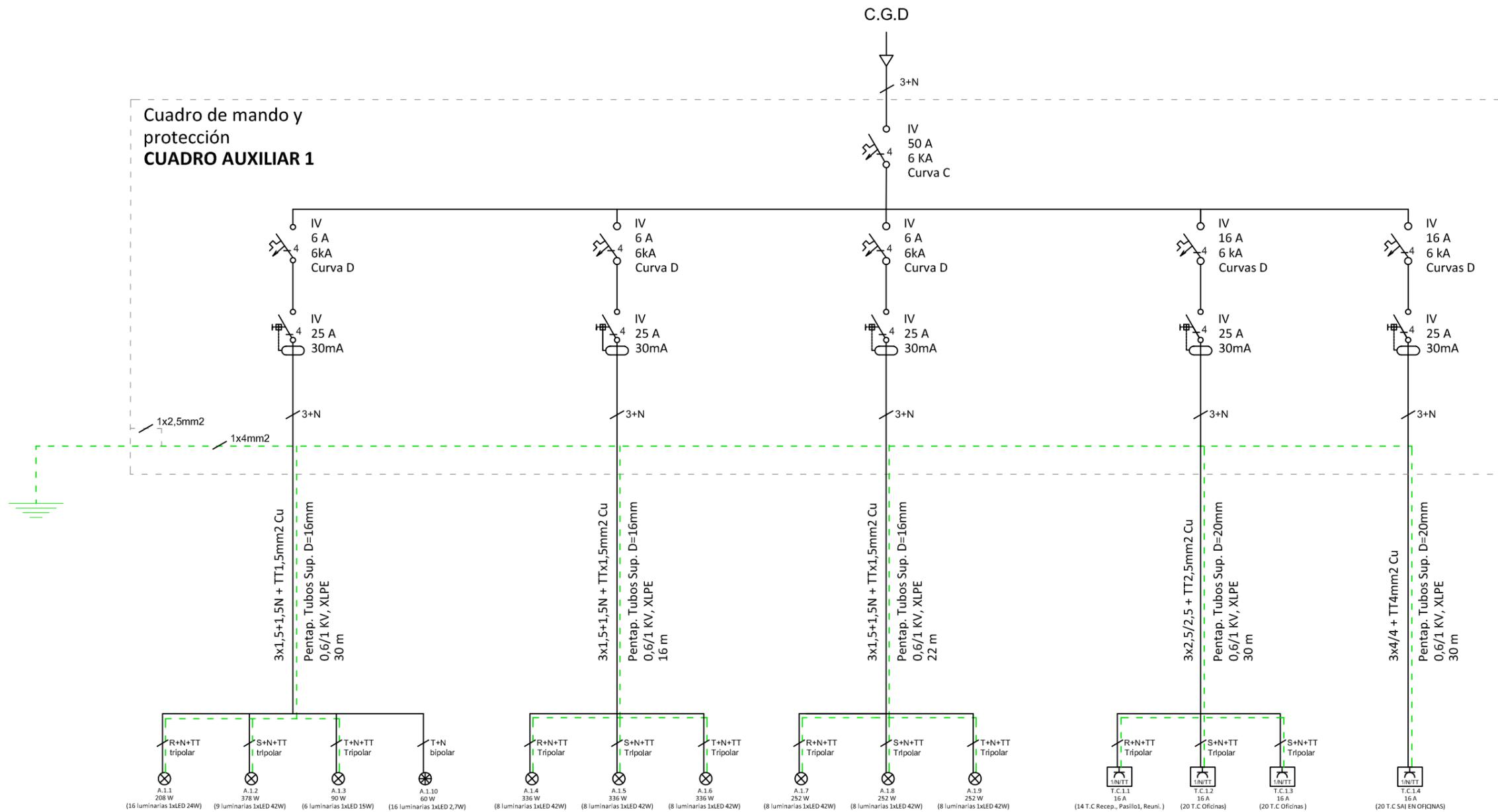
 Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	E.T.S.I.I.T. INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.	DEPARTAMENTO: DEPARTAMENTO DE INGENIERIA ELECTRICA Y ELECTRONICA			
	PROYECTO: INSTALACION ELECTRICA DE UNA NAVE INDUSTRIAL EN BAJA TENSION CON CENTRO DE TRANSFORMACION		REALIZADO: MATXAIN RODRIGUEZ, ITXARO		
PLANO: PUESTA A TIERRA NAVE		FIRMA:	FECHA: 25/06/14	ESCALA: 1/250	Nº PLANO: 8



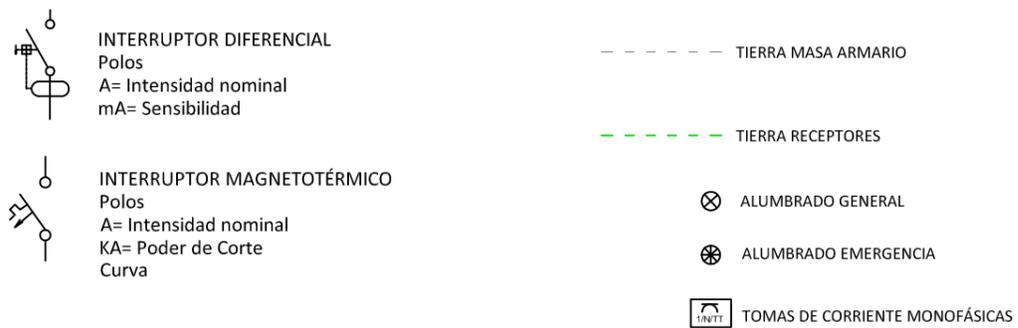
**LEYENDA:**

	INTERRUPTOR DIFERENCIAL Polos A= Intensidad nominal mA= Sensibilidad		CONDUCTOR DE TIERRA MASA ARMARIO
	INTERRUPTOR AUTOMÁTICO Polos A= Intensidad nominal KA= Poder de Corte Curva		CONDUCTOR DE TIERRA DE PROTECCIÓN

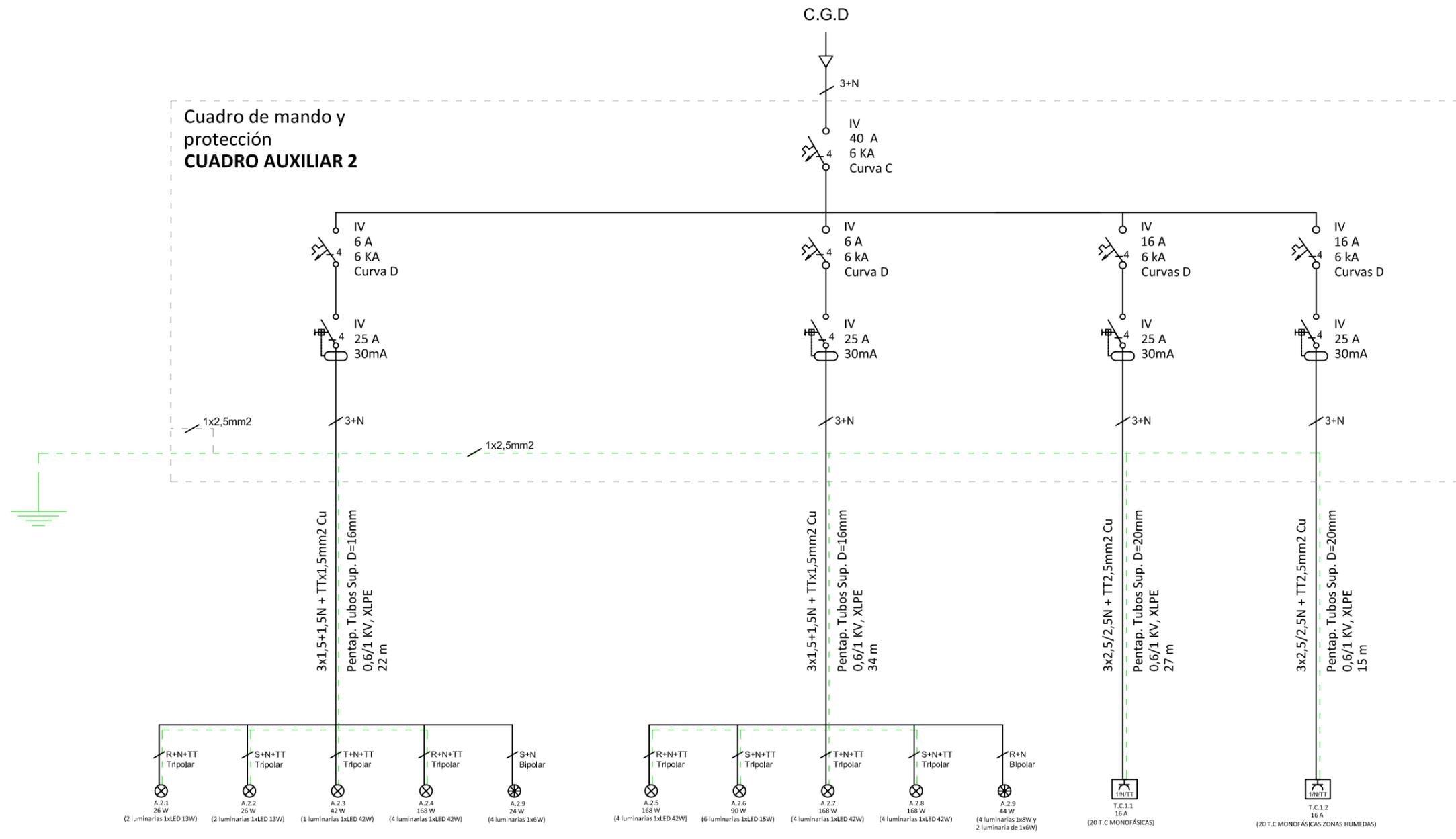
Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	<b>E.T.S.I.I.T.</b> INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.	DEPARTAMENTO: DEPARTAMENTO DE INGENIERIA ELECTRICA Y ELECTRONICA	
	PROYECTO: INSTALACION ELECTRICA DE UNA NAVE INDUSTRIAL EN BAJA TENSION CON CENTRO DE TRANSFORMACION		REALIZADO: MATXAIN RODRIGUEZ, ITXARO
PLANO: ESQUEMA UNIFILAR DEL CUADRO GENERAL DE DISTRIBUCIÓN	FECHA: 25/06/14	ESCALA: SE	Nº PLANO: 9



### LEYENDA:



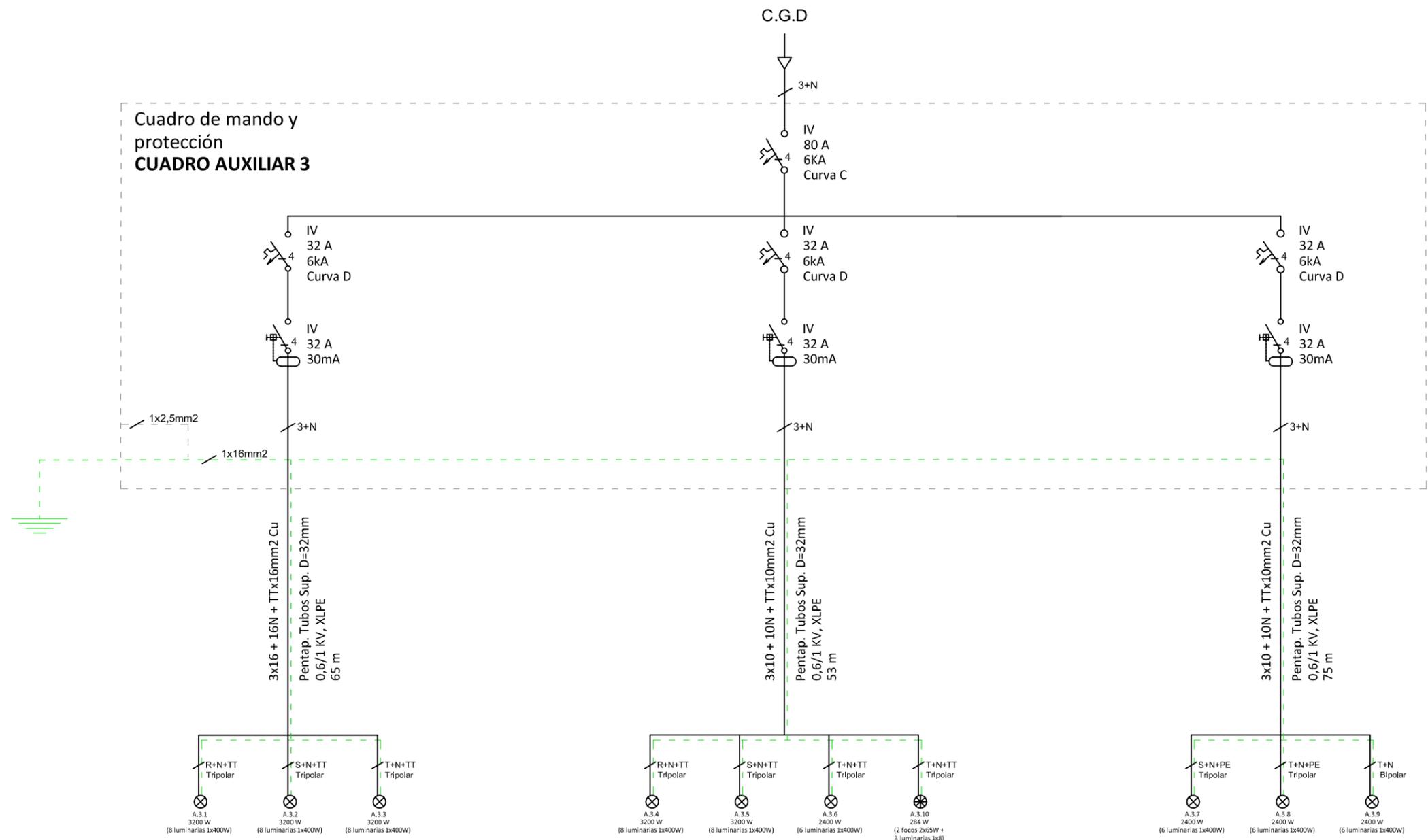
 <b>Universidad Pública de Navarra</b> <i>Nafarroako Unibertsitate Publikoa</i>	<b>E.T.S.I.I.T.</b>	<b>DEPARTAMENTO DE INGENIERIA ELECTRICA Y ELECTRONICA</b>	
	<b>INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.</b>		
<b>PROYECTO:</b> INSTALACION ELECTRICA DE UNA NAVE INDUSTRIAL EN BAJA TENSION CON CENTRO DE TRANSFORMACION		<b>REALIZADO:</b> MATXAIN RODRIGUEZ, ITXARO	
<b>PLANO:</b> ESQUEMA UNIFILAR CUADRO AUXILIAR 1		<b>FIRMA:</b>	<b>FECHA:</b> 25/06/14
	<b>ESCALA:</b> SE	<b>Nº PLANO:</b> 10	



**LEYENDA:**

- INTERRUPTOR DIFERENCIAL  
Polos  
A= Intensidad nominal  
mA= Sensibilidad
- INTERRUPTOR MAGNETOTÉRMICO  
Polos  
A= Intensidad nominal  
KA= Poder de Corte  
Curva
- TIERRA MASA ARMARIO
- TIERRA RECEPTORES
- ALUMBRADO GENERAL
- ALUMBRADO EMERGENCIA
- TOMAS DE CORRIENTE MONOFÁSICAS

Universidad Pública de Navarra <i>Nafarroako Unibertsitate Publikoa</i>	<b>E.T.S.I.I.T.</b> INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.	DEPARTAMENTO: DEPARTAMENTO DE INGENIERIA ELECTRICA Y ELECTRONICA
	PROYECTO: INSTALACION ELECTRICA DE UNA NAVE INDUSTRIAL EN BAJA TENSION CON CENTRO DE TRANSFORMACION	
PLANO: ESQUEMA UNIFILAR CUADRO AUXILIAR 2		REALIZADO: MATXAIN RODRIGUEZ, ITXARO
FECHA: 25/06/14		ESCALA: SE
N° PLANO: 11		FIRMA:



### LEYENDA:



INTERRUPTOR DIFERENCIAL  
Polos  
A= Intensidad nominal  
mA= Sensibilidad



INTERRUPTOR MAGNETOTÉRMICO  
Polos  
A= Intensidad nominal  
KA= Poder de Corte  
Curva

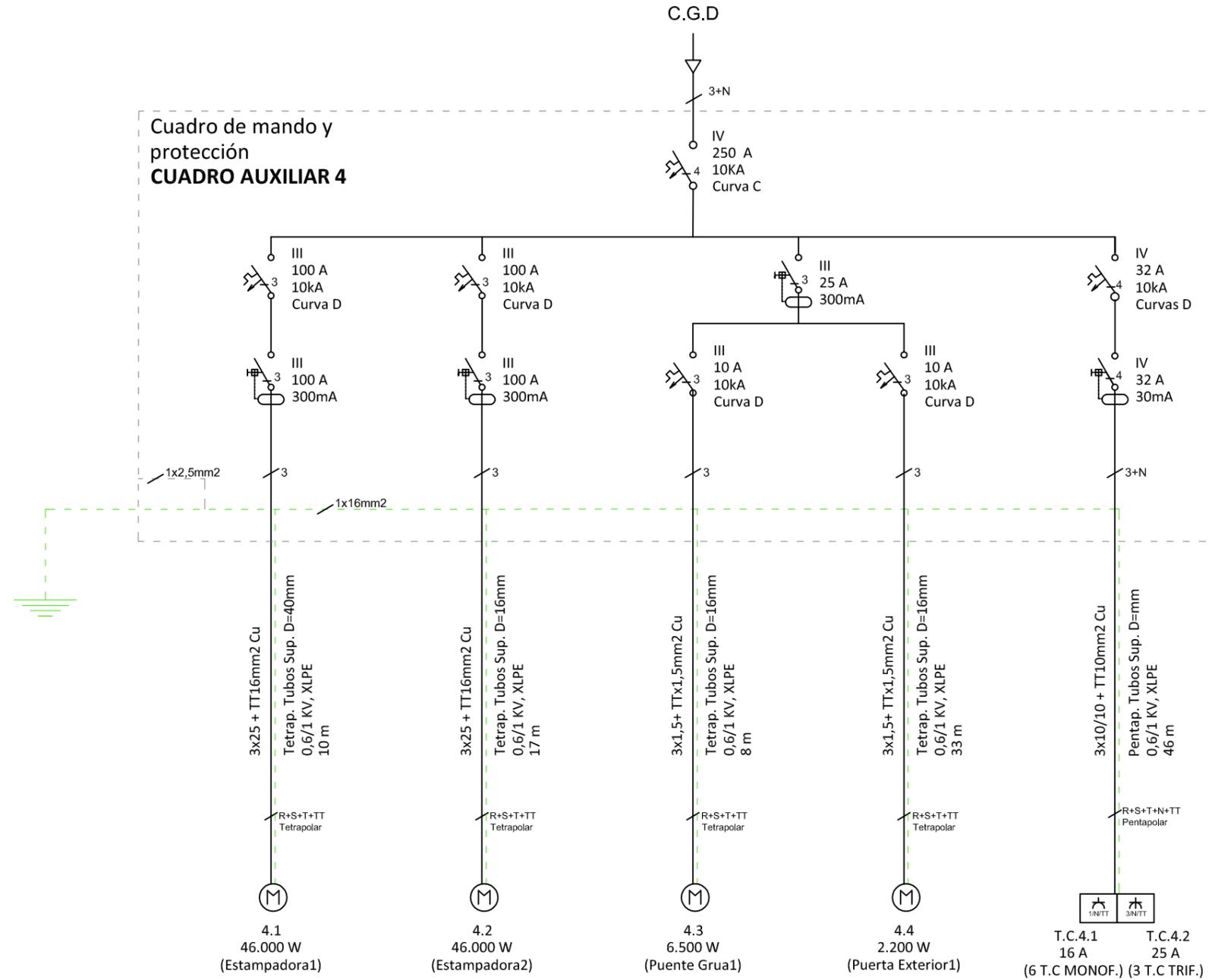
----- TIERRA MASA ARMARIO

----- TIERRA RECEPTORES

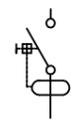
⊗ ALUMBRADO GENERAL

⊗ ALUMBRADO EMERGENCIA

<p>Universidad Pública de Navarra <i>Nafarroako</i> <i>Unibertsitate Publikoa</i></p>	<p><b>E.T.S.I.I.T.</b></p>	<p>DEPARTAMENTO: DEPARTAMENTO DE INGENIERIA ELECTRICA Y ELECTRONICA</p>
	<p>INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.</p>	
<p>PROYECTO: INSTALACION ELECTRICA DE UNA NAVE INDUSTRIAL EN BAJA TENSION CON CENTRO DE TRANSFORMACION</p>		<p>REALIZADO: MATXAIN RODRIGUEZ, ITXARO</p>
<p>PLANO: ESQUEMA UNIFILAR CUADRO AUXILIAR 3</p>		<p>FIRMA:</p>
<p>FECHA: 25/06/14</p>	<p>ESCALA: SE</p>	<p>Nº PLANO: 12</p>



### LEYENDA:



INTERRUPTOR DIFERENCIAL  
Polos  
A= Intensidad nominal  
mA= Sensibilidad



INTERRUPTOR MAGNETOTÉRMICO  
Polos  
A= Intensidad nominal  
KA= Poder de Corte  
Curva

--- TIERRA MASA ARMARIO

--- TIERRA RECEPTORES

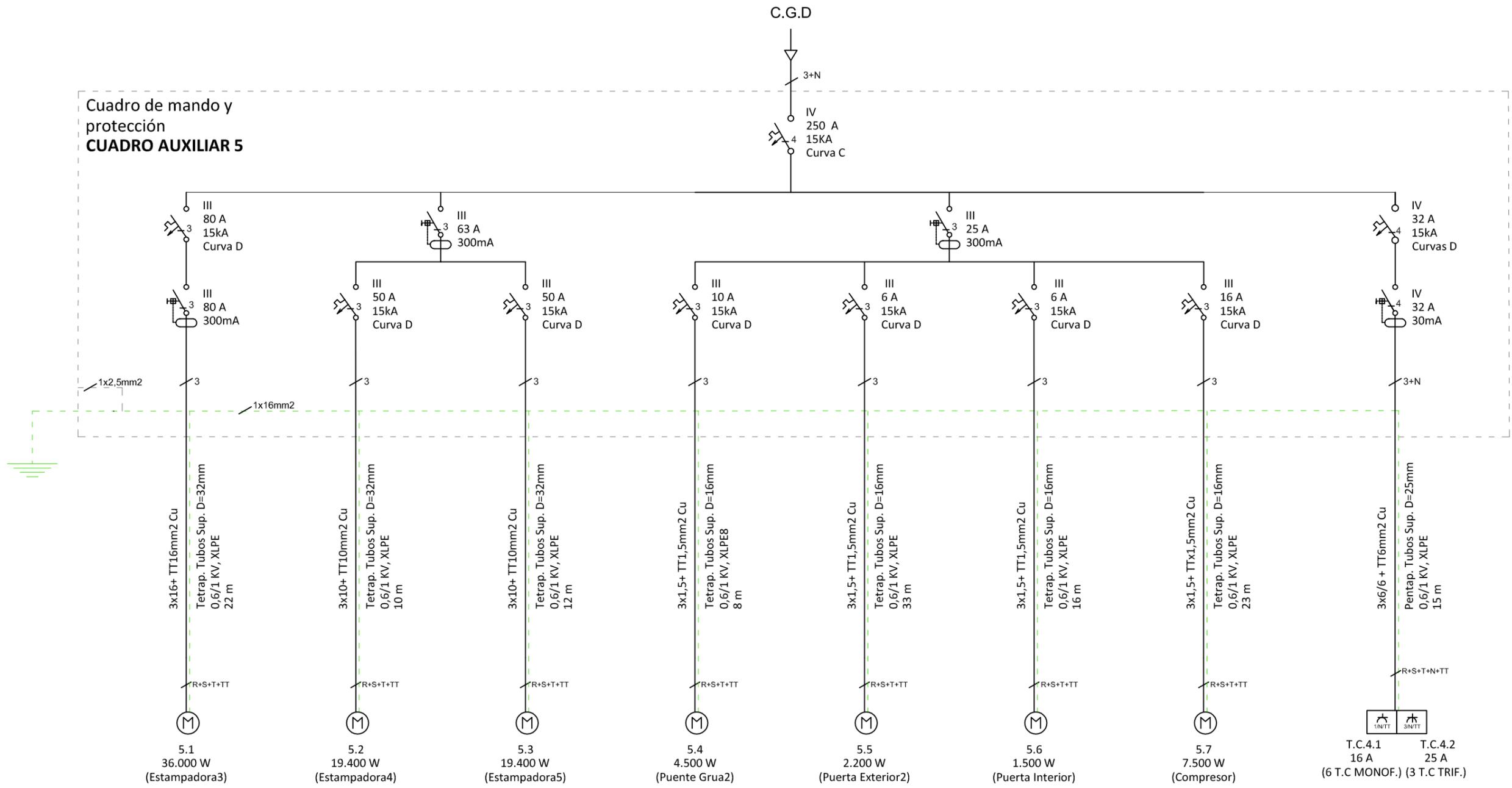


MAQUINA



CUADRO TOMAS DE CORRIENTE (2x16A+1x25A)

 Universidad Pública de Navarra <i>Nafarroako</i> <i>Unibertsitate Publikoa</i>	<b>E.T.S.I.I.T.</b> INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.	DEPARTAMENTO: DEPARTAMENTO DE INGENIERIA ELECTRICA Y ELECTRONICA
	PROYECTO: INSTALACION ELECTRICA DE UNA NAVE INDUSTRIAL EN BAJA TENSION CON CENTRO DE TRANSFORMACION	
PLANO: ESQUEMA UNIFILAR CUADRO AUXILIAR 4		REALIZADO: MATXAIN RODRIGUEZ, ITXARO FIRMA:
	FECHA: 25/06/14	ESCALA: SE
		Nº PLANO: 13



**LEYENDA:**

INTERRUPTOR DIFERENCIAL  
 Polos  
 A= Intensidad nominal  
 mA= Sensibilidad

INTERRUPTOR MAGNETOTÉRMICO  
 Polos  
 A= Intensidad nominal  
 KA= Poder de Corte  
 Curva

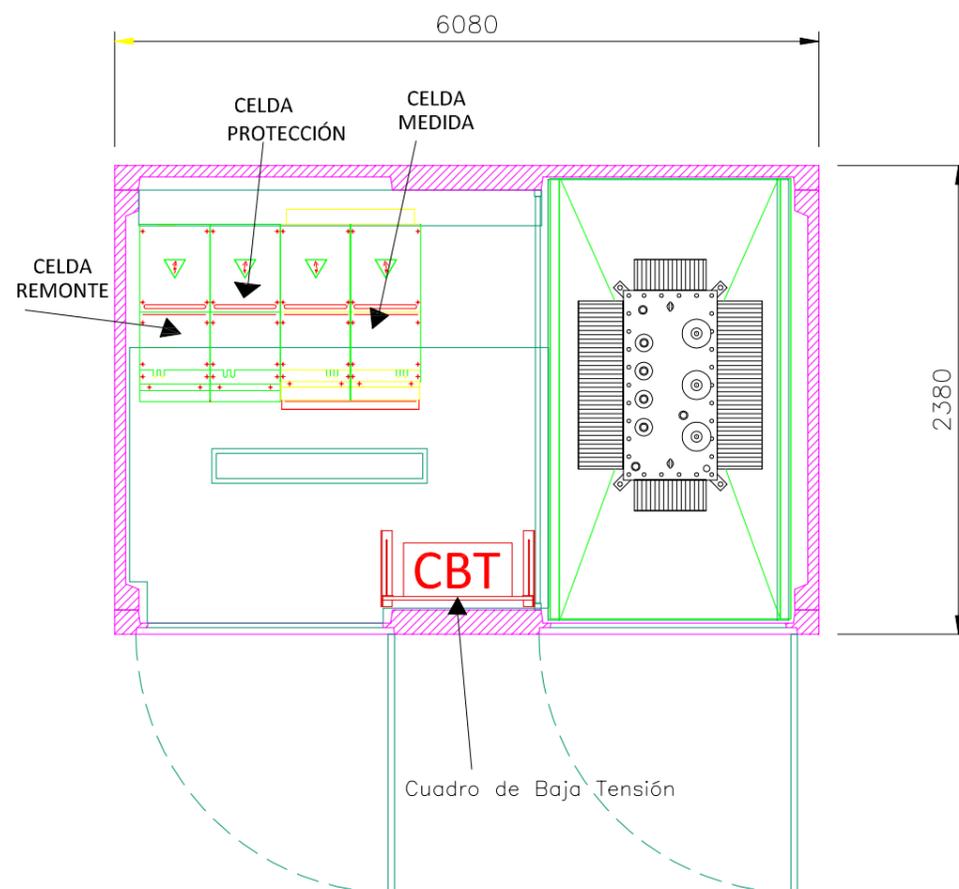
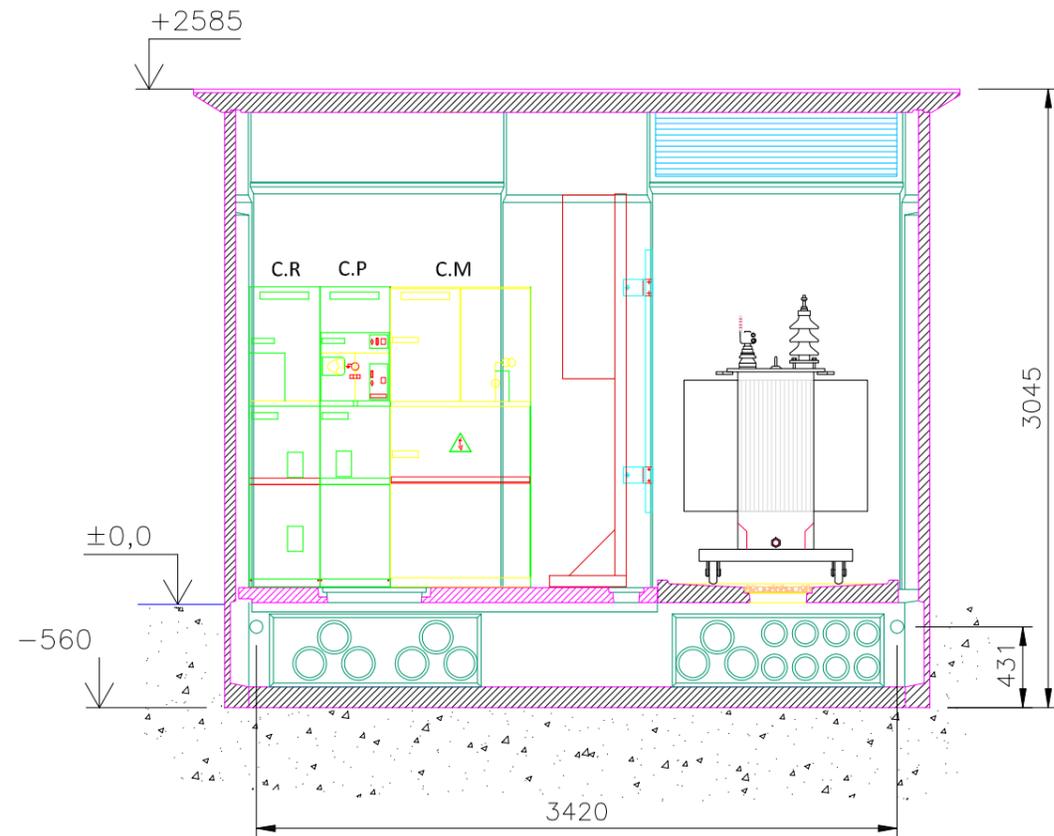
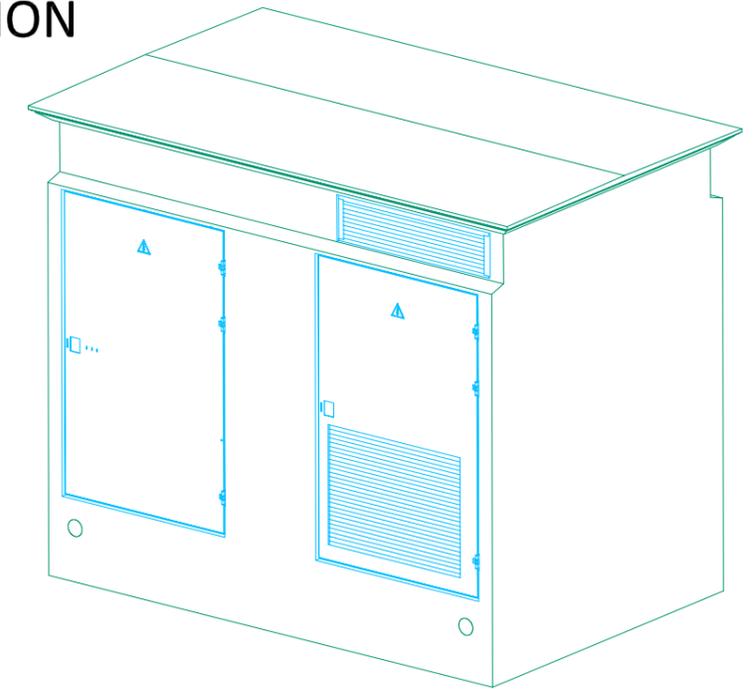
- - - - TIERRA MASA ARMARIO  
 - - - - TIERRA RECEPTORES

MAQUINA

CUADRO TOMAS DE CORRIENTE (2x16A+1x25A)

Universidad Pública de Navarra <i>Nafarroako Unibertsitate Publikoa</i>	<b>E.T.S.I.I.T.</b> INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.	DEPARTAMENTO: DEPARTAMENTO DE INGENIERIA ELECTRICA Y ELECTRONICA
	PROYECTO: INSTALACION ELECTRICA DE UNA NAVE INDUSTRIAL EN BAJA TENSION CON CENTRO DE TRANSFORMACION	
PLANO: ESQUEMA UNIFILAR CUADRO AUXILIAR 5		REALIZADO: MATXAIN RODRIGUEZ, ITXARO
FECHA: 25/06/14		ESCALA: SE
Nº PLANO: 14		FIRMA:

# CENTRO DE TRANSFORMACIÓN PFU-5 DE ORMAZABAL



## LEYENDA:

Edificio preparado para incorporar diferentes esquemas de distribución de MT. Compuesto de envolvente monobloque (base y paredes) más cubierta amovible.

Edificio ensayado para transformadores de hasta 36KV y 1000KVA. Delimitación del transformador mediante defensa de seguridad.

Con foso de recogida de dieléctrico líquido, con revestimiento resistente y estanco. Dotado con elementos de protección cotafuegos adicionales: lecho de guijarros sobre el foso de recogida de dieléctrico.

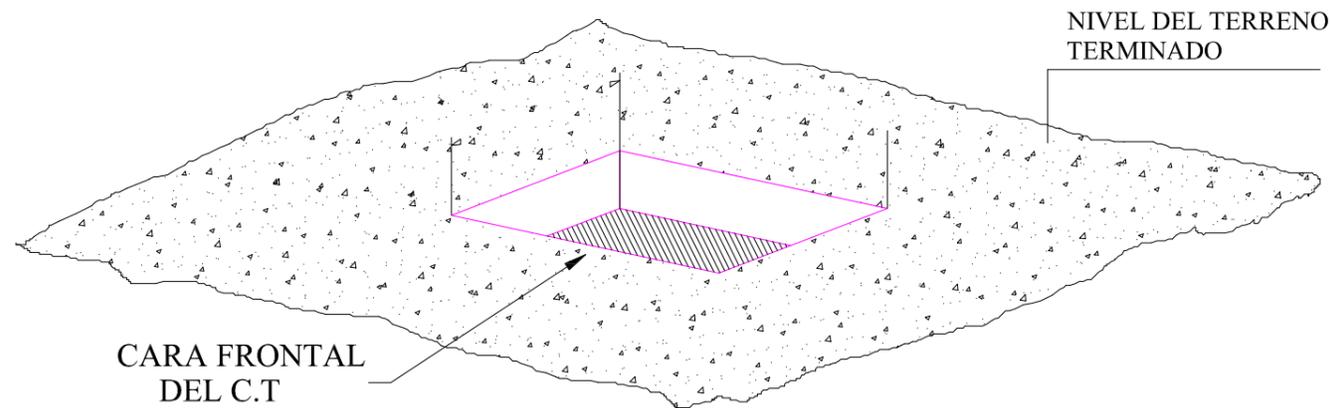
La ventilación será natural de aire, clase 10, conseguida mediante rejillas instaladas en las paredes de la envolvente y en la puerta del transformador.

La entrada/salida de cables de MT y BT, será a través de orificios semiperforados en la base del edificio (frontal/lateral). Entrada Auxiliar de acometida de Baja Tensión, situada en la pared frontal de edificio.

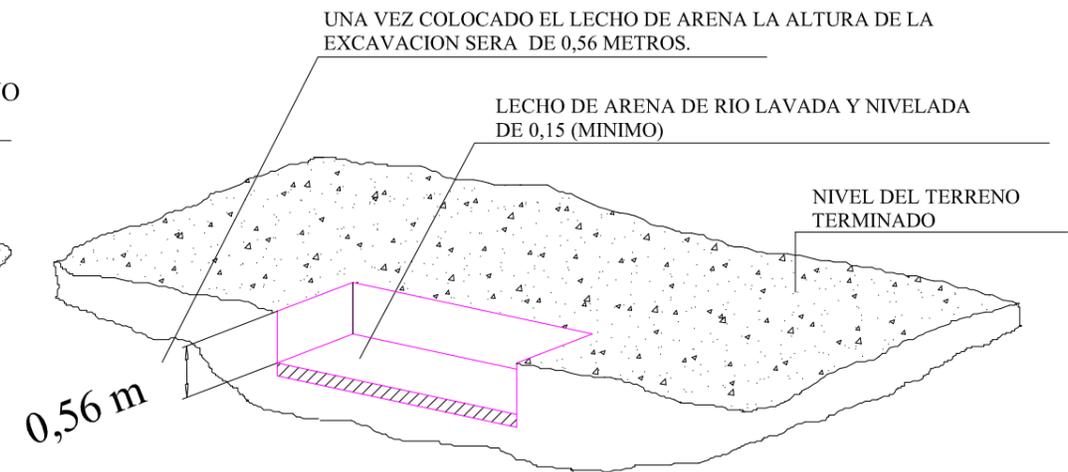
 Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	E.T.S.I.I.T. INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.	DEPARTAMENTO: DEPARTAMENTO DE INGENIERIA ELECTRICA Y ELECTRONICA	
	PROYECTO: INSTALACION ELECTRICA DE UNA NAVE INDUSTRIAL EN BAJA TENSION CON CENTRO DE TRANSFORMACION		REALIZADO: MATXAIN RODRIGUEZ, ITXARO
PLANO: CENTRO DE TRANSFORMACIÓN	FECHA: 25/06/14	ESCALA: SE	Nº PLANO: 15

### DIMENSIONES DE EXCAVACIÓN

TIPO	DIMENSIONES (EN METROS)	
	Long.	Anch.
PREFABRICADO		
PFU-5	5,26m	3,18m



VISTA DE LA EXCAVACIÓN



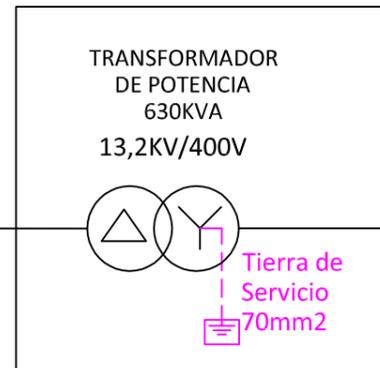
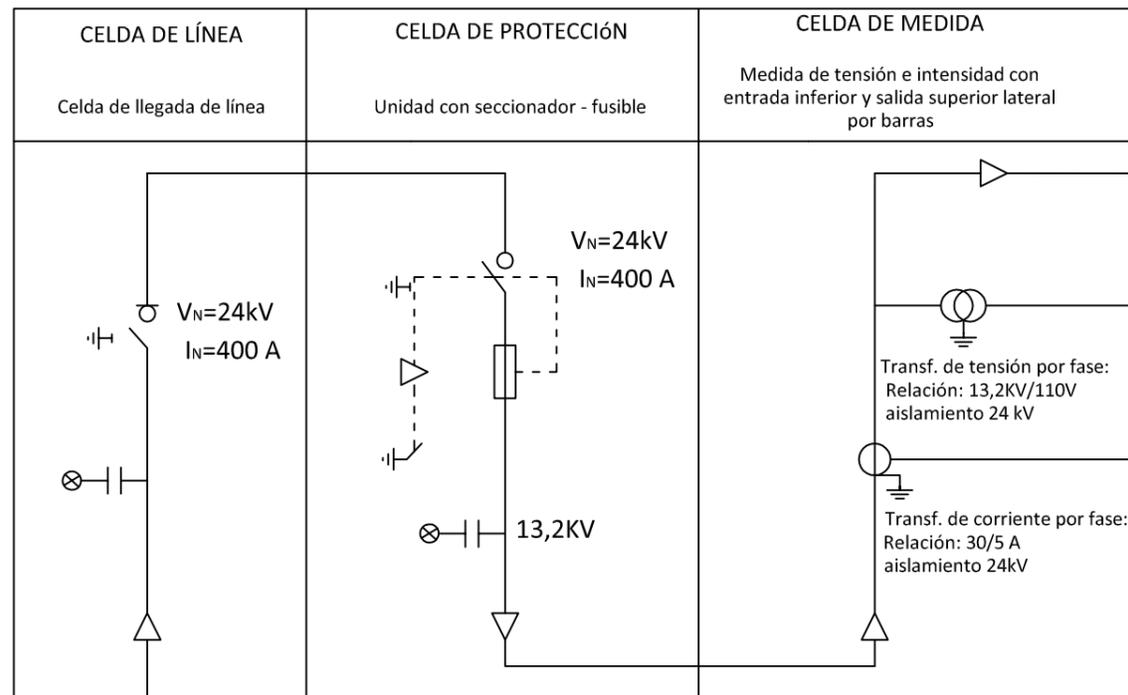
SECCIÓN DEL FOSO

SITUAR EL MÓDULO DE HORMIGÓN CENTRADO EN LA EXCAVACIÓN, DEJANDO 50cm, POR SU FRENTE Y SU PARTE POSTERIOR, PARA PERMITIR LA EXTRACCIÓN DE LOS UTILES DE IZADO.

#### CONDICIONES QUE EL CLIENTE CUMPLIRÁ CON ANTERIORIDAD A LA INSTALACIÓN:

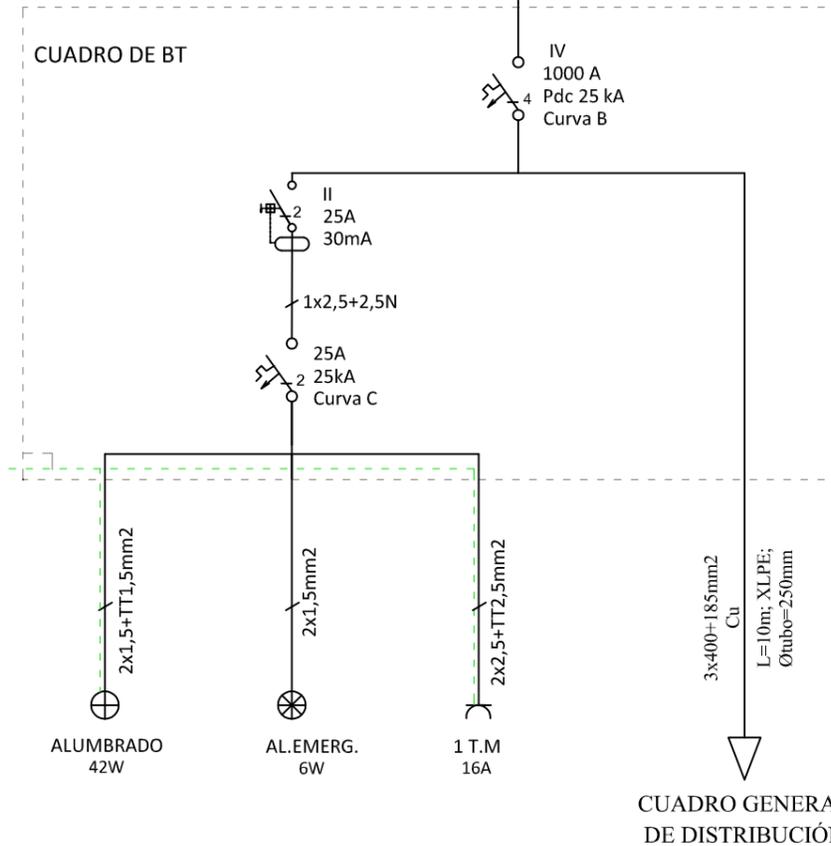
- Deberá existir un camino hasta la zona de ubicación del centro suficiente para el acceso de un camión-grúa de características: PMA=47 T; TARA=16 T; CARGA=31 T.
- La zona de ubicación del centro poseerá un espacio libre que permita una distancia entre el eje longitudinal o transversal del foso y el eje longitudinal del vehículo pesado más alejado de 7 m. si se emplea camión-grúa y de 14 m. si se utiliza góndola más grúa, de forma que no existan obstáculos que impidan la descarga de los materiales y el montaje del centro. (Ver catálogo. Para distancias menores, consultar)
- El lecho de arena de 150 milímetros de espesor mínimo, será por cuenta del cliente, y deberá estar realizado con anterioridad a la instalación del centro según se indica en el dibujo superior.

	Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	<b>E.T.S.I.I.T.</b> INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.	DEPARTAMENTO: DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL
	PROYECTO: INSTALACION ELECTRICA EN BAJA TENSION DE UNA NAVE INDUSTRIAL CON CENTRO DE TRANSFORMACION		REALIZADO: MATXAIN RODRIGUEZ, ITXARO
PLANO: DIMENSIONES DEL FOSO PARA EL CT	FECHA: 25/06/14	ESCALA: S/E	Nº PLANO: 16



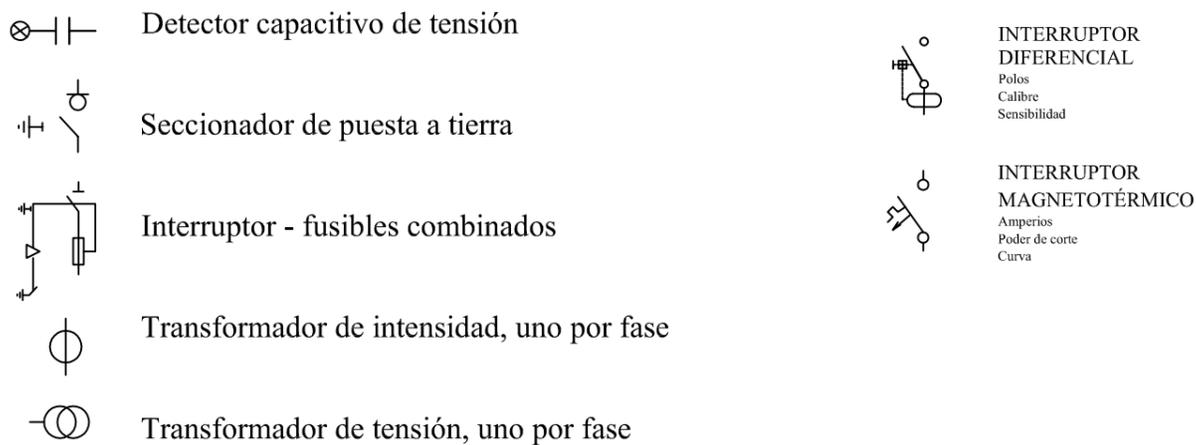
Línea de MT  
13,2KV

CUADRO DE CONTADORES



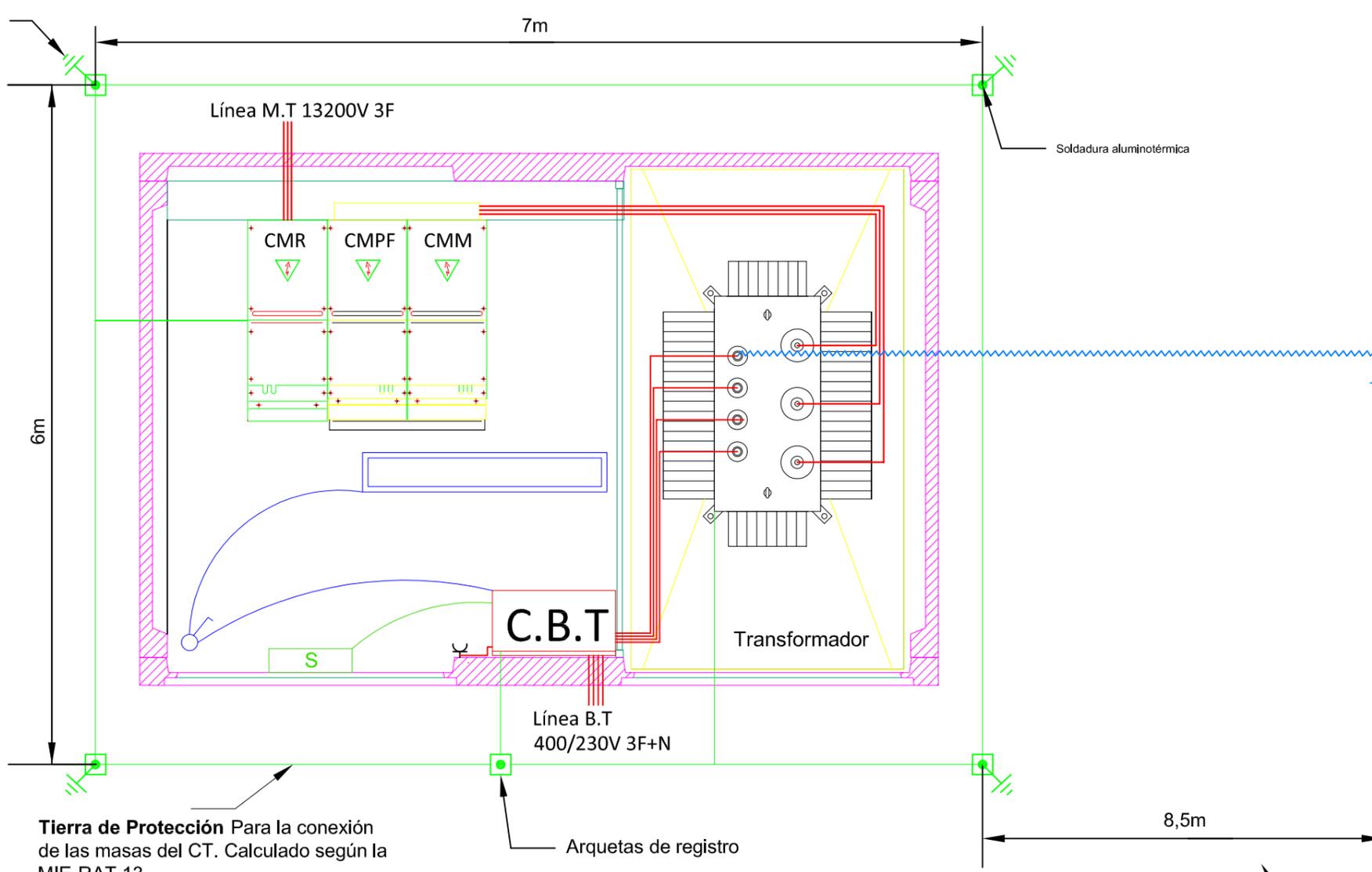
CUADRO GENERAL DE DISTRIBUCIÓN

LEYENDA:

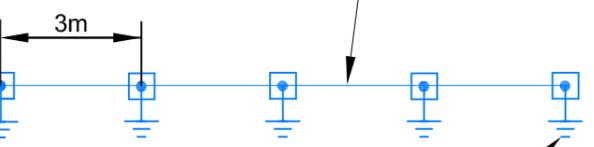


Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	E.T.S.I.I.T.	DEPARTAMENTO: DEPARTAMENTO DE INGENIERIA ELECTRICA Y ELECTRONICA	
	INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.	REALIZADO: MATXAIN RODRIGUEZ, ITXARO	
PROYECTO: INSTALACION ELECTRICA DE UNA NAVE INDUSTRIAL EN BAJA TENSION CON CENTRO DE TRANSFORMACION		FIRMA:	
PLANO: ESQUEMA UNIFILAR DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN	FECHA: 25/06/14	ESCALA: SE	Nº PLANO: 17

Picas de acero recubiertas de cobre  
 Diámetro: 14mm  
 Longitud: 4m  
 Profundidad: 0,5m



**Tierra de Servicio:** Para la conexión del neutro de baja tensión. Calculado según la MIE-RAT 13.



Picas de acero recubiertas de cobre  
 Diámetro: 14mm  
 Longitud: 2m  
 Profundidad: 0,5m

**Tierra de Protección** Para la conexión de las masas del CT. Calculado según la MIE-RAT 13.

Como la puesta a tierra de protección, al ser atravesado por la corriente de falta a tierra, adquiere un valor superior a 1000V se separan la tierra de protección y la tierra de servicio.

**LEYENDA:**

- |   |   |       |  |
|---|---|-------|--|
| CMR   | CELDA DE REMONTE  | —     | CONDUCTOR DESNUDO 50mm <sup>2</sup> Cu           |
| CMPF  | CELDA DE PROTECCIÓN MEDIANTE FUSIBLES                                 | —     | CONDUCTOR DESNUDO 50mm <sup>2</sup> Cu           |
| CMM   | CELDA DE MEDIDA   | ~~~~~ | CONDUCTOR AISLADO (0,6/1Kv) 50mm <sup>2</sup> Cu |
| <span style="border: 1px solid green; padding: 2px;">S</span>   | LUMINARIA DE EMERGENCIA CON SEÑALIZACIÓN DE SALIDA ADOSADA A LA PARED |       |  |
| <span style="border: 1px solid red; padding: 2px;">C.B.T</span> | CUADRO DE BAJA TENSIÓN A 1,5m DEL SUELO                               |       |  |
|   | INTERRUPTOR SIMPLE EMPOTRADO A 1,5m DEL SUELO                         |       |  |
|   | TOMA DE CORRIENTE EMPOTRADA 16A                                       |       |  |

Universidad Pública de Navarra <i>Nafarroako Unibertsitate Publikoa</i>	<b>E.T.S.I.I.T.</b> INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.	DEPARTAMENTO: DEPARTAMENTO DE INGENIERIA ELECTRICA Y ELECTRONICA	
	PROYECTO: INSTALACION ELECTRICA DE UNA NAVE INDUSTRIAL EN BAJA TENSION CON CENTRO DE TRANSFORMACION		REALIZADO: MATXAIN RODRIGUEZ, ITXARO
PLANO: DISTRIBUCIÓN TIERRA CENTRO DE TRANSFORMACIÓN		FIRMA:	FECHA: 25/06/14
		ESCALA: SE	Nº PLANO: 18



# ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación:

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL ELÉCTRICO

Título del proyecto:

INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA NAVE INDUSTRIAL  
EN BAJA TENSIÓN CON CENTRO DE TRANSFORMACIÓN

PLIEGO DE CONDICIONES

Itxaro Matxain Rodriguez

José Javier Crespo Ganuza

Pamplona, Julio de 2014

## 4. PLIEGO DE CONDICIONES

### ÍNDICE:

4.	Pliego de Condiciones .....	2
4.1.	Condiciones facultativas .....	4
4.1.1.	Técnico director de obra.....	4
4.1.2.	Constructor o instalador .....	4
4.1.3.	Verificación de los documentos del proyecto .....	5
4.1.4.	Plan de seguridad y salud en el trabajo .....	5
4.1.5.	Presencia del constructor o instalador de obra .....	5
4.1.6.	Trabajos no estipulados expresamente .....	5
4.1.7.	Interpretaciones, aclaraciones y modificaciones de los documentos ....	6
4.1.8.	Reclamaciones contra las ordenes de la dirección facultativa .....	6
4.1.9.	Faltas de personal .....	6
4.1.10.	Caminos y accesos.....	6
4.1.11.	Replanteo.....	7
4.1.12.	Comienzo de la obra. Ritmo de ejecución de los trabajos.....	7
4.1.13.	Orden de los trabajos.....	7
4.1.14.	Facilidades para otros contratistas.....	7
4.1.15.	Ampliación del proyecto por causas imprevistas o de fuerza mayor ..	7
4.1.16.	Prorroga por causa de fuerza mayor.....	7
4.1.17.	Responsabilidad de la dirección facultativa en el retraso de la obra...8	
4.1.18.	Condiciones generales de ejecución de los trabajos.....	8
4.1.19.	Obras ocultas .....	8
4.1.20.	Trabajos defectuosos .....	8
4.1.21.	Vicios ocultos .....	9
4.1.22.	De los materiales y los aparatos. Su procedencia.....	9
4.1.23.	Materiales no utilizables.....	9
4.1.24.	Gastos ocasionados por pruebas y ensayos. ....	9
4.1.25.	Limpieza de las obras .....	9
4.1.26.	Documentación final de obra .....	9
4.1.27.	Plazo de garantía .....	10
4.1.28.	Conservación de las obras recibidas provisionalmente .....	10
4.1.29.	De la recepción definitiva.....	10
4.1.30.	Prórroga del plazo de garantía.....	10
4.1.31.	De las recepciones de trabajos cuya contrata haya sido rescindida ..	10
4.2.	Condiciones economicas .....	11

## 4. Pliego de Condiciones

4.2.1. Composición de los precios unitarios.....	11
4.2.2. Precio de contrata. Importe de contrata.....	12
4.2.3. Precios contradictorios .....	12
4.2.4. Reclamaciones de aumento de precios por causas diversas .....	12
4.2.5. Reclamaciones de la revisión de los precios contratados.....	12
4.2.6. Acopio de Materiales.....	12
4.2.7. Responsabilidad del constructor o instalador en el bajo rendimiento de los trabajadores .....	13
4.2.8. Relaciones valoradas y certificadas.....	13
4.2.9. Mejoras de obras libremente ejecutadas.....	14
4.2.10. Abono de trabajos presupuestos con partida alzada.....	14
4.2.11. Pagos .....	14
4.2.12. Importe de la indemnización por retraso no justificado en el plazo de terminación de las obras .....	15
4.2.13. Demora de los pagos .....	15
4.2.14. Mejoras y aumentos de obra. Casos contrarios.....	15
4.2.15. Unidades de obra defectuosa pero aceptable.....	15
4.2.16. Seguro de las obras.....	15
4.2.17. Conservación de la obra .....	16
4.2.18. Uso por el contratista del edificio o bienes del propietario .....	16
4.3. Condiciones técnicas para la ejecución y montaje de instalaciones eléctricas en baja tensión .....	17
4.3.1. Condiciones Generales .....	17
4.3.2. Canalizaciones eléctricas.....	17
4.3.3. Conductores.....	27
4.3.4. Cajas de empalme.....	30
4.3.5. Mecanismos y tomas de corriente .....	30
4.3.6. Aparamenta de mando y protección.....	31
4.3.7. Receptores de alumbrado .....	35
4.3.8. Receptores a motor.....	36
4.3.9. Puesta a tierra .....	39
4.3.10. Inspecciones y pruebas en fabrica .....	42
4.3.11. Control.....	43
4.3.12. Seguridad.....	43
4.3.13. Limpieza.....	44
4.3.14. Mantenimiento.....	44
4.3.15. Criterios de medición .....	44

## 4.1. CONDICIONES FACULTATIVAS

### 4.1.1. Técnico director de obra

Corresponde al Técnico Director:

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

### 4.1.2. Constructor o instalador

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

## 4. Pliego de Condiciones

- Preparar las certificaciones parciales de obra y la propuesta de liquidación final.
- Suscribir con el Promotor las actas de recepción provisional y definitiva.
- Concertar los seguros de accidentes de trabajo y de daños a terceros durante la obra.

### 4.1.3. Verificación de los documentos del proyecto

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

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

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

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

### 4.1.5. Presencia del constructor o instalador de obra

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

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

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

### 4.1.6. Trabajos no estipulados expresamente

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

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

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

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

#### **4.1.7. Interpretaciones, aclaraciones y modificaciones de los documentos**

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

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

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

#### **4.1.8. Reclamaciones contra las ordenes de la dirección facultativa**

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

#### **4.1.9. Faltas de personal**

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

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

#### **4.1.10. Caminos y accesos**

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

El Técnico Director podrá exigir su modificación o mejora.

Asimismo el Constructor o Instalador se obligará a la colocación en lugar visible, a la entrada de la obra, de un cartel exento de panel metálico sobre estructura auxiliar donde se reflejarán los datos de la obra en relación al título de la misma, entidad promotora y

## 4. Pliego de Condiciones

nombres de los técnicos competentes, cuyo diseño deberá ser aprobado previamente a su colocación por la Dirección Facultativa.

### 4.1.11. Replanteo

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

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

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

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

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

### 4.1.13. Orden de los trabajos

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

### 4.1.14. Facilidades para otros contratistas

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

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

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

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

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

### 4.1.16. Prorroga por causa de fuerza mayor

Si por causa de fuerza mayor o independiente de la voluntad del Constructor o Instalador, éste no pudiese comenzar las obras, o tuviese que suspenderlas, o no le fuera

## 4. Pliego de Condiciones

posible terminarlas en los plazos prefijados, se le otorgará una prórroga proporcionada para el cumplimiento de la contrata, previo informe favorable del Técnico. Para ello, el Constructor o Instalador expondrá, en escrito dirigido al Técnico, la causa que impide la ejecución o la marcha de los trabajos y el retraso que por ello se originaría en los plazos acordados, razonando debidamente la prórroga que por dicha causa solicita.

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

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

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

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

### 4.1.19. Obras ocultas

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

### 4.1.20. Trabajos defectuosos

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

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

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

## 4. Pliego de Condiciones

### 4.1.21. Vicios ocultos

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

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

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

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

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

### 4.1.23. Materiales no utilizables

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

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

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

### 4.1.24. Gastos ocasionados por pruebas y ensayos.

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

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

### 4.1.25. Limpieza de las obras

Es obligación del Constructor o Instalador mantener limpias las obras y sus alrededores, tanto de escombros como de materiales sobrantes, hacer desaparecer las instalaciones provisionales que no sean necesarias, así como adoptar las medidas y ejecutar todos los trabajos que sean necesarios para que la obra ofrezca un buen aspecto.

### 4.1.26. Documentación final de obra

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

**4.1.27. Plazo de garantía**

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

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

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

**4.1.28. Conservación de las obras recibidas provisionalmente**

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

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

**4.1.29. De la recepción definitiva**

La recepción definitiva se verificará después de transcurrido el plazo de garantía en igual forma y con las mismas formalidades que la provisional, a partir de cuya fecha cesará la obligación del Constructor o Instalador de reparar a su cargo aquéllos desperfectos inherentes a la norma de conservación de los edificios y quedarán sólo subsistentes todas las responsabilidades que pudieran alcanzarle por vicios de la construcción.

**4.1.30. Prórroga del plazo de garantía**

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

**4.1.31. De las recepciones de trabajos cuya contrata haya sido rescindida**

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

## 4.2. CONDICIONES ECONOMICAS

### 4.2.1. Composición de los precios unitarios

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

*Se considerarán costes directos:*

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

*Se considerarán costes indirectos:*

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

*Se considerarán Gastos Generales:*

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

*Beneficio Industrial:*

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

*Precio de Ejecución Material:*

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

*Precio de Contrata:*

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

#### **4.2.2. Precio de contrata. Importe de contrata**

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

#### **4.2.3. Precios contradictorios**

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

El Contratista estará obligado a efectuar los cambios.

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

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

#### **4.2.4. Reclamaciones de aumento de precios por causas diversas**

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

#### **4.2.5. Reclamaciones de la revisión de los precios contratados**

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

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

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

#### **4.2.6. Acopio de Materiales**

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

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

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

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

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

#### **4.2.8. Relaciones valoradas y certificadas**

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

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

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

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

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

## 4. Pliego de Condiciones

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

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

### 4.2.9. Mejoras de obras libremente ejecutadas

Cuando el Contratista, incluso con autorización del Técnico Director, emplease materiales de más esmerada preparación o de mayor tamaño que el señalado en el Proyecto o sustituyese una clase de fábrica con otra que tuviese asignado mayor precio, o ejecutase con mayores dimensiones cualquier parte de la obra, o, en general, introdujese en ésta y sin pedírsela, cualquiera otra modificación que sea beneficiosa a juicio del Técnico Director, no tendrá derecho, sin embargo, más que al abono de lo que pudiera corresponderle en el caso de que hubiese construido la obra con estricta sujeción a la proyectada y contratada o adjudicada.

### 4.2.10. Abono de trabajos presupuestos con partida alzada

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

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

### 4.2.11. Pagos

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

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

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

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

#### **4.2.13. Demora de los pagos**

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

#### **4.2.14. Mejoras y aumentos de obra. Casos contrarios.**

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

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

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

#### **4.2.15. Unidades de obra defectuosa pero aceptable**

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

#### **4.2.16. Seguro de las obras**

El Contratista estará obligado a asegurar la obra contratada durante todo el tiempo que dure su ejecución hasta la recepción definitiva; la cuantía del seguro coincidirá en cada momento con el valor que tengan por contrata los objetos asegurados. El importe abonado por la Sociedad Aseguradora, en el caso de siniestro, se ingresará en cuenta a nombre del Propietario, para que con cargo a ella se abone la obra que se construya y a medida que ésta se vaya realizando. El reintegro de dicha cantidad al Contratista se efectuará por certificaciones, como el resto de los trabajos de la construcción. En ningún caso, salvo conformidad expresa del Contratista, hecho en documento público, el Propietario podrá disponer de dicho importe para menesteres distintos del de reconstrucción de la parte siniestrada; la infracción de lo anteriormente expuesto será motivo suficiente para que el Contratista pueda resolver el contrato, con devolución de fianza, abono completo de gastos, materiales acopiados, etc.; y una indemnización equivalente al importe de los daños

#### 4. Pliego de Condiciones

causados al Contratista por el siniestro y que no se hubiesen abonado, pero sólo en proporción equivalente a lo que suponga la indemnización abonada por la Compañía Aseguradora, respecto al importe de los daños causados por el siniestro, que serán tasados a estos efectos por el Técnico Director.

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

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

##### **4.2.17. Conservación de la obra**

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

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

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

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

##### **4.2.18. Uso por el contratista del edificio o bienes del propietario**

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

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

### 4.3. CONDICIONES TÉCNICAS PARA LA EJECUCIÓN Y MONTAJE DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS EN BAJA TENSIÓN

#### 4.3.1. Condiciones Generales

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

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

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

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

#### 4.3.2. Canalizaciones eléctricas

Los cables se colocarán dentro de tubos o canales, fijados directamente sobre las paredes, enterrados, directamente empotrados en estructuras, en el interior de huecos de la construcción, bajo molduras, en bandeja o soporte de bandeja, según se indica en Memoria, Planos y Mediciones.

Antes de iniciar el tendido de la red de distribución, deberán estar ejecutados los elementos estructurales que hayan de soportarla o en los que vaya a ser empotrada: forjados, tabiquería, etc. Salvo cuando al estar previstas se hayan dejado preparadas las necesarias canalizaciones al ejecutar la obra previa, deberá replantearse sobre ésta en forma visible la situación de las cajas de mecanismos, de registro y protección, así como el recorrido de las líneas, señalando de forma conveniente la naturaleza de cada elemento.

##### 4.3.2.1. Conductores aislados bajo tubos protectores

Los tubos protectores pueden ser:

- Tubo y accesorios metálicos.
- Tubo y accesorios no metálicos.
- Tubo y accesorios compuestos (constituidos por materiales metálicos y no metálicos).

Los tubos se clasifican según lo dispuesto en las normas siguientes:

- UNE-EN 50.086 -2-1: Sistemas de tubos rígidos.

#### 4. Pliego de Condiciones

- UNE-EN 50.086 -2-2: Sistemas de tubos curvables.
- UNE-EN 50.086 -2-3: Sistemas de tubos flexibles.
- UNE-EN 50.086 -2-4: Sistemas de tubos enterrados.

Las características de protección de la unión entre el tubo y sus accesorios no deben ser inferiores a los declarados para el sistema de tubos.

La superficie interior de los tubos no deberá presentar en ningún punto aristas, asperezas o fisuras susceptibles de dañar los conductores o cables aislados o de causar heridas a instaladores o usuarios.

Las dimensiones de los tubos no enterrados y con unión roscada utilizados en las instalaciones eléctricas son las que se prescriben en la UNE-EN 60.423. Para los tubos enterrados, las dimensiones se corresponden con las indicadas en la norma UNE-EN 50.086 -2-4. Para el resto de los tubos, las dimensiones serán las establecidas en la norma correspondiente de las citadas anteriormente. La denominación se realizará en función del diámetro exterior.

El diámetro interior mínimo deberá ser declarado por el fabricante.

En lo relativo a la resistencia a los efectos del fuego considerados en la norma particular para cada tipo de tubo, se seguirá lo establecido por la aplicación de la Directiva de Productos de la Construcción (89/106/CEE).

#### *Tubos en canalizaciones fijas en superficie:*

En las canalizaciones superficiales, los tubos deberán ser preferentemente rígidos y en casos especiales podrán usarse tubos curvables. Sus características mínimas serán las indicadas a continuación:

CARACTERÍSTICAS	CÓDIGO	GRADO
Resistencia a la compresión	4	Fuerte
Resistencia al impacto	3	Media
Temperatura mínima de instalación y servicio	2	- 5 °C
Temperatura máxima de instalación y servicio	1	+ 60 °C
Resistencia al curvado	1, 2	Rígido curvable
Propiedades eléctricas	1, 2	Continuidad eléctrica/aislante
Resistencia a la penetración de objetos sólidos	4	Contraobjetos D 1 mm
Resistencia a la penetración del agua	2	Contra gotas de agua cayendo verticalmente, cuando el sistema de tubos está inclinado 15 °
Resistencia a la corrosión de tubos metálicos	2	Protección interior y exterior media y compuestos
Resistencia a la tracción	0	No declarada
Resistencia a la propagación de la llama	1	No propagador
Resistencia a las cargas suspendidas	0	No declarada

*Tubos en canalizaciones empotradas:*

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

- Tubos empotrados en obras de fábrica (paredes, techos y falsos techos), huecos de la construcción o canales protectoras de obra.

CARACTERÍSTICAS	CÓDIGO	GRADO
Resistencia a la compresión	2	Ligera
Resistencia al impacto	2	Ligera
Temperatura mínima de instalación y servicio	2	- 5 °C
Temperatura máxima de instalación y servicio	1	+ 60 °C
Resistencia al curvado	1, 2, 3, 4	Cualquiera de las especificadas
Propiedades eléctricas	0	No declaradas
Resistencia a la penetración de objetos sólidos	4	Contra objetos D1 mm
Resistencia a la penetración del agua	2	Contra gotas de agua cayendo verticalmente, cuando el sistema de tubos está inclinado 15°
Resistencia a la corrosión de tubos metálicos	2	Protección interior y exterior media y compuestos
Resistencia a la tracción	0	No declarada
Resistencia a la propagación de la llama	1	No propagador
Resistencia a las cargas suspendidas	0	No declarada

- Tubos empotrados embebidos en hormigón o canalizaciones precableadas.

CARACTERÍSTICAS	CÓDIGO	GRADO
Resistencia a la compresión	3	Media
Resistencia al impacto	3	Media
Temperatura mínima de instalación y servicio	2	- 5 °C
Temperatura máxima de instalación y servicio	2	+ 90 °C
Resistencia al curvado	1, 2, 3, 4	Cualquiera de las especificadas
Propiedades eléctricas	0	No declaradas
Resistencia a la penetración de objetos sólidos	5	Protegido contra polvo
Resistencia a la penetración del agua	3	Protegido contra el agua en forma de lluvia
Resistencia a la corrosión de tubos metálicos	2	Protección interior y exterior media y compuestos
Resistencia a la tracción	0	No declarada

#### 4. Pliego de Condiciones

Resistencia a la propagación de la llama	1	No propagador
Resistencia a las cargas suspendidas	0	No declarada

##### *Tubos en canalizaciones aéreas o con tubos al aire:*

En las canalizaciones al aire, destinadas a la alimentación de máquinas o elementos de movilidad restringida, los tubos serán flexibles y sus características mínimas para instalaciones ordinarias serán las indicadas a continuación:

CARACTERÍSTICAS	CÓDIGO	GRADO
Resistencia a la compresión	4	Fuerte
Resistencia al impacto	3	Media
Temperatura mínima de instalación y servicio	2	- 5 °C
Temperatura máxima de instalación y servicio	1	+ 60 °C
Resistencia al curvado	1, 2	Flexible
Propiedades eléctricas	4	Continuidad/aislado
Resistencia a la penetración de objetos sólidos	2	Contra objetos D1 mm
Resistencia a la penetración del agua	2	Contra gotas de agua cayendo verticalmente cuando el sistema de tubos está inclinado 15°
Resistencia a la corrosión de tubos metálicos	2	Protección interior mediana y exterior elevada y compuestos
Resistencia a la tracción	2	Ligera
Resistencia a la propagación de la llama	1	No propagador
Resistencia a las cargas suspendidas	2	Ligera

Se recomienda no utilizar este tipo de instalación para secciones nominales de conductor superiores a 16 mm<sup>2</sup>.

##### *Tubos en canalizaciones enterradas:*

Las características mínimas de los tubos enterrados serán las siguientes:

CARACTERÍSTICAS	CÓDIGO	GRADO
Resistencia a la compresión	NA	NA
Resistencia al impacto	NA	NA
Temperatura mínima de instalación y servicio	NA	NA
Temperatura máxima de instalación y servicio	NA	NA
Resistencia al curvado	1, 2, 3, 4	Cualquiera de las especificadas
Propiedades eléctricas	0	No declarada
Resistencia a la penetración de objetos sólidos	4	Contra objetos D1 mm
Resistencia a la penetración del agua	3	Contra el agua en forma de lluvia

#### 4. Pliego de Condiciones

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

Notas:

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

Se considera suelo ligero aquel suelo uniforme que no sea del tipo pedregoso y con cargas superiores ligeras, como por ejemplo, aceras, parques y jardines. Suelo pesado es aquel del tipo pedregoso y duro y con cargas superiores pesadas, como por ejemplo, calzadas y vías férreas.

*Instalación:*

Los cables utilizados serán de tensión asignada no inferior a 450/750 V.

El diámetro exterior mínimo de los tubos, en función del número y la sección de los conductores a conducir, se obtendrá de las tablas indicadas en la ITC-BT-21, así como las características mínimas según el tipo de instalación.

Para la ejecución de las canalizaciones bajo tubos protectores, se tendrán en cuenta las prescripciones generales siguientes:

- El trazado de las canalizaciones se hará siguiendo líneas verticales y horizontales o paralelas a las aristas de las paredes que limitan el local donde se efectúa la instalación.
- Los tubos se unirán entre sí mediante accesorios adecuados a su clase que aseguren la continuidad de la protección que proporcionan a los conductores.
- Los tubos aislantes rígidos curvables en caliente podrán ser ensamblados entre sí en caliente, recubriendo el empalme con una cola especial cuando se precise una unión estanca.
- Las curvas practicadas en los tubos serán continuas y no originarán reducciones de sección inadmisibles. Los radios mínimos de curvatura para cada clase de tubo serán los especificados por el fabricante conforme a UNE-EN
- Será posible la fácil introducción y retirada de los conductores en los tubos después de colocarlos y fijados éstos y sus accesorios, disponiendo para ello los registros que se consideren convenientes, que en tramos rectos no estarán separados entre sí más de 15 metros. El número de curvas en ángulo situadas entre dos registros consecutivos no será superior a 3. Los conductores se alojarán normalmente en los tubos después de colocados éstos.
- Los registros podrán estar destinados únicamente a facilitar la introducción y retirada de los conductores en los tubos o servir al mismo tiempo como cajas de empalme o derivación.
- Las conexiones entre conductores se realizarán en el interior de cajas apropiadas de material aislante y no propagador de la llama. Si son metálicas estarán protegidas contra la corrosión. Las dimensiones de estas cajas serán tales que

permitan alojar holgadamente todos los conductores que deban contener. Su profundidad será al menos igual al diámetro del tubo mayor más un 50 % del mismo, con un mínimo de 40 mm. Su diámetro o lado interior mínimo será de 60 mm. Cuando se quieran hacer estancas las entradas de los tubos en las cajas de conexión, deberán emplearse prensaestopas o racores adecuados.

- En los tubos metálicos sin aislamiento interior, se tendrá en cuenta la posibilidad de que se produzcan condensaciones de agua en su interior, para lo cual se elegirá convenientemente el trazado de su instalación, previendo la evacuación y estableciendo una ventilación apropiada en el interior de los tubos mediante el sistema adecuado, como puede ser, por ejemplo, el uso de una "T" de la que uno de los brazos no se emplea.
- Los tubos metálicos que sean accesibles deben ponerse a tierra. Su continuidad eléctrica deberá quedar convenientemente asegurada. En el caso de utilizar tubos metálicos flexibles, es necesario que la distancia entre dos puestas a tierra consecutivas de los tubos no exceda de 10 metros.
- No podrán utilizarse los tubos metálicos como conductores de protección o de neutro.

Cuando los tubos se instalen en montaje superficial, se tendrán en cuenta, además, las siguientes prescripciones:

Los tubos se fijarán a las paredes o techos por medio de bridas o abrazaderas protegidas contra la corrosión y sólidamente sujetas. La distancia entre éstas será, como máximo, de 0,50 metros. Se dispondrán fijaciones de una y otra parte en los cambios de dirección, en los empalmes y en la proximidad inmediata de las entradas en cajas o aparatos.

- Los tubos se colocarán adaptándose a la superficie sobre la que se instalan, curvándose o usando los accesorios necesarios.
- En alineaciones rectas, las desviaciones del eje del tubo respecto a la línea que une los puntos extremos no serán superiores al 2 por 100.
- Es conveniente disponer los tubos, siempre que sea posible, a una altura mínima de 2,50 metros sobre el suelo, con objeto de protegerlos de eventuales daños mecánicos.

Cuando los tubos se coloquen empotrados, se tendrán en cuenta, además, las siguientes prescripciones:

- En la instalación de los tubos en el interior de los elementos de la construcción, las rozas no pondrán en peligro la seguridad de las paredes o techos en que se practiquen. Las dimensiones de las rozas serán suficientes para que los tubos queden recubiertos por una capa de 1 centímetro de espesor, como mínimo. En los ángulos, el espesor de esta capa puede reducirse a 0,5 centímetros.
- No se instalarán entre forjado y revestimiento tubos destinados a la instalación eléctrica de las plantas inferiores.
- Para la instalación correspondiente a la propia planta, únicamente podrán instalarse, entre forjado y revestimiento, tubos que deberán quedar recubiertos por una capa de hormigón o mortero de 1 centímetro de espesor, como mínimo, además del revestimiento.
- En los cambios de dirección, los tubos estarán convenientemente curvados o bien provistos de codos o "T" apropiados, pero en este último caso sólo se admitirán los provistos de tapas de registro.

## 4. Pliego de Condiciones

- Las tapas de los registros y de las cajas de conexión quedarán accesibles y desmontables una vez finalizada la obra. Los registros y cajas quedarán enrasados con la superficie exterior del revestimiento de la pared o techo cuando no se instalen en el interior de un alojamiento cerrado y practicable.
- En el caso de utilizarse tubos empotrados en paredes, es conveniente disponer los recorridos horizontales a 50 centímetros como máximo, de suelo o techos y los verticales a una distancia de los ángulos de esquinas no superior a 20 centímetros.

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

Estas instalaciones se establecerán con cables de tensiones asignadas no inferiores a 0,6/1 kV, provistos de aislamiento y cubierta (se incluyen cables armados o con aislamiento mineral).

Para la ejecución de las canalizaciones se tendrán en cuenta las siguientes prescripciones:

- Se fijarán sobre las paredes por medio de bridas, abrazaderas, o collares de forma que no perjudiquen las cubiertas de los mismos.
- Con el fin de que los cables no sean susceptibles de doblarse por efecto de su propio peso, los puntos de fijación de los mismos estarán suficientemente próximos. La distancia entre dos puntos de fijación sucesivos, no excederá de 0,40 metros.
- Cuando los cables deban disponer de protección mecánica por el lugar y condiciones de instalación en que se efectúe la misma, se utilizarán cables armados. En caso de no utilizar estos cables, se establecerá una protección mecánica complementaria sobre los mismos.
- Se evitará curvar los cables con un radio demasiado pequeño y salvo prescripción en contra fijada en la Norma UNE correspondiente al cable utilizado, este radio no será inferior a 10 veces el diámetro exterior del cable.
- Los cruces de los cables con canalizaciones no eléctricas se podrán efectuar por la parte anterior o posterior a éstas, dejando una distancia mínima de 3 cm entre la superficie exterior de la canalización no eléctrica y la cubierta de los cables cuando el cruce se efectúe por la parte anterior de aquélla.
- Los extremos de los cables serán estancos cuando las características de los locales o emplazamientos así lo exijan, utilizándose a este fin cajas u otros dispositivos adecuados. La estanqueidad podrá quedar asegurada con la ayuda de prensaestopas.
- Los empalmes y conexiones se harán por medio de cajas o dispositivos equivalentes provistos de tapas desmontables que aseguren a la vez la continuidad de la protección mecánica establecida, el aislamiento y la inaccesibilidad de las conexiones y permitiendo su verificación en caso necesario.

### 4.3.2.3. Conducotres aislados enterrador

Las condiciones para estas canalizaciones, en las que los conductores aislados deberán ir bajo tubo salvo que tengan cubierta y una tensión asignada 0,6/1kV, se establecerán de acuerdo con lo señalado en la Instrucciones ITC-BT-07 e ITC-BT-21.

**4.3.2.4. Conductores aislados directamente empotrados en estructuras**

Para estas canalizaciones son necesarios conductores aislados con cubierta (incluidos cables armados o con aislamiento mineral). La temperatura mínima y máxima de instalación y servicio será de -5°C y 90°C respectivamente (polietileno reticulado o etileno-propileno).

**4.3.2.5. Conductores aislados en el interior de la construcción**

Los cables utilizados serán de tensión asignada no inferior a 450/750 V.

Los cables o tubos podrán instalarse directamente en los huecos de la construcción con la condición de que sean no propagadores de la llama.

Los huecos en la construcción admisibles para estas canalizaciones podrán estar dispuestos en muros, paredes, vigas, forjados o techos, adoptando la forma de conductos continuos o bien estarán comprendidos entre dos superficies paralelas como en el caso de falsos techos o muros con cámaras de aire.

La sección de los huecos será, como mínimo, igual a cuatro veces la ocupada por los cables o tubos, y su dimensión más pequeña no será inferior a dos veces el diámetro exterior de mayor sección de éstos, con un mínimo de 20 milímetros.

Las paredes que separen un hueco que contenga canalizaciones eléctricas de los locales inmediatos, tendrán suficiente solidez para proteger éstas contra acciones previsibles.

Se evitarán, dentro de lo posible, las asperezas en el interior de los huecos y los cambios de dirección de los mismos en un número elevado o de pequeño radio de curvatura.

La canalización podrá ser reconocida y conservada sin que sea necesaria la destrucción parcial de las paredes, techos, etc., o sus guarnecidos y decoraciones.

Los empalmes y derivaciones de los cables serán accesibles, disponiéndose para ellos las cajas de derivación adecuadas.

Se evitará que puedan producirse infiltraciones, fugas o condensaciones de agua que puedan penetrar en el interior del hueco, prestando especial atención a la impermeabilidad de sus muros exteriores, así como a la proximidad de tuberías de conducción de líquidos, penetración de agua al efectuar la limpieza de suelos, posibilidad de acumulación de aquella en partes bajas del hueco, etc.

**4.3.2.6. Conductores aislados bajo canales protectores**

La canal protectora es un material de instalación constituido por un perfil de paredes perforadas o no, destinado a alojar conductores o cables y cerrado por una tapa desmontable. Los cables utilizados serán de tensión asignada no inferior a 450/750 V.

Las canales protectoras tendrán un grado de protección IP4X y estarán clasificadas como "canales con tapa de acceso que sólo pueden abrirse con herramientas". En su interior se podrán colocar mecanismos tales como interruptores, tomas de corriente, dispositivos de mando y control, etc, siempre que se fijen de acuerdo con las instrucciones

#### 4. Pliego de Condiciones

del fabricante. También se podrán realizar empalmes de conductores en su interior y conexiones a los mecanismos.

Las canalizaciones para instalaciones superficiales ordinarias tendrán unas características mínimas indicadas a continuación:

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

El cumplimiento de estas características se realizará según los ensayos indicados en las normas UNE-EN 501085.

Las canales protectoras para aplicaciones no ordinarias deberán tener unas características mínimas de resistencia al impacto, de temperatura mínima y máxima de instalación y servicio, de resistencia a la penetración de objetos sólidos y de resistencia a la penetración de agua, adecuadas a las condiciones del emplazamiento al que se destina; asimismo las canales serán no propagadoras de la llama. Dichas características serán conformes a las normas de la serie UNE-EN 50.085.

El trazado de las canalizaciones se hará siguiendo preferentemente líneas verticales y horizontales o paralelas a las aristas de las paredes que limitan al local donde se efectúa la instalación.

Las canales con conductividad eléctrica deben conectarse a la red de tierra, su continuidad eléctrica quedará convenientemente asegurada.

La tapa de las canales quedará siempre accesible.

#### 4.3.2.7. Conductores aislados bajo molduras

Estas canalizaciones están constituidas por cables alojados en ranuras bajo molduras. Podrán utilizarse únicamente en locales o emplazamientos clasificados como secos, temporalmente húmedos o polvorientos. Los cables serán de tensión asignada no inferior a 450/750 V.

Las molduras cumplirán las siguientes condiciones:

#### 4. Pliego de Condiciones

- Las ranuras tendrán unas dimensiones tales que permitan instalar sin dificultad por ellas a los conductores o cables. En principio, no se colocará más de un conductor por ranura, admitiéndose, no obstante, colocar varios conductores siempre que pertenezcan al mismo circuito y la ranura presente dimensiones adecuadas para ello.
- La anchura de las ranuras destinadas a recibir cables rígidos de sección igual o inferior a 6 mm<sup>2</sup> serán, como mínimo, de 6 mm.

Para la instalación de las molduras se tendrá en cuenta:

- Las molduras no presentarán discontinuidad alguna en toda la longitud donde contribuyen a la protección mecánica de los conductores. En los cambios de dirección, los ángulos de las ranuras serán obtusos.
- Las canalizaciones podrán colocarse al nivel del techo o inmediatamente encima de los rodapiés. En ausencia de éstos, la parte inferior de la moldura estará, como mínimo, a 10 cm por encima del suelo.
- En el caso de utilizarse rodapiés ranurados, el conductor aislado más bajo estará, como mínimo, a 1,5 cm por encima del suelo.
- Cuando no puedan evitarse cruces de estas canalizaciones con las destinadas a otro uso (agua, gas, etc.), se utilizará una moldura especialmente concebida para estos cruces o preferentemente un tubo rígido empotrado que sobresaldrá por una y otra parte del cruce. La separación entre dos canalizaciones que se crucen será, como mínimo de 1 cm en el caso de utilizar molduras especiales para el cruce y 3 cm, en el caso de utilizar tubos rígidos empotrados.
- Las conexiones y derivaciones de los conductores se hará mediante dispositivos de conexión con tornillo o sistemas equivalentes.
  - Las molduras no estarán totalmente empotradas en la pared ni recubiertas por papeles, tapicerías o cualquier otro material, debiendo quedar su cubierta siempre al aire.
- Antes de colocar las molduras de madera sobre una pared, debe asegurarse que la pared está suficientemente seca; en caso contrario, las molduras se separarán de la pared por medio de un producto hidrófugo.

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

Sólo se utilizarán conductores aislados con cubierta (incluidos cables armados o con aislamiento mineral), unipolares o multipolares según norma UNE 20.460 -5-52.

El material usado para la fabricación será acero laminado de primera calidad, galvanizado por inmersión. La anchura de las canaletas será de 100 mm como mínimo, con incrementos de 100 en 100 mm. La longitud de los tramos rectos será de dos metros. El fabricante indicará en su catálogo la carga máxima admisible, en N/m, en función de la anchura y de la distancia entre soportes. Todos los accesorios, como codos, cambios de plano, reducciones, tes, uniones, soportes, etc, tendrán la misma calidad que la bandeja.

## 4. Pliego de Condiciones

Las bandejas y sus accesorios se sujetarán a techos y paramentos mediante herrajes de suspensión, a distancias tales que no se produzcan flechas superiores a 10 mm y estarán perfectamente alineadas con los cerramientos de los locales.

No se permitirá la unión entre bandejas o la fijación de las mismas a los soportes por medio de soldadura, debiéndose utilizar piezas de unión y tornillería cadmiada. Para las uniones o derivaciones de líneas se utilizarán cajas metálicas que se fijarán a las bandejas.

### 4.3.2.9. Normas de instalación en presencia de otras canalizaciones no eléctricas

En caso de proximidad de canalizaciones eléctricas con otras no eléctricas, se dispondrán de forma que entre las superficies exteriores de ambas se mantenga una distancia mínima de 3 cm. En caso de proximidad con conductos de calefacción, de aire caliente, vapor o humo, las canalizaciones eléctricas se establecerán de forma que no puedan alcanzar una temperatura peligrosa y, por consiguiente, se mantendrán separadas por una distancia conveniente o por medio de pantallas calorífugas.

Las canalizaciones eléctricas no se situarán por debajo de otras canalizaciones que puedan dar lugar a condensaciones, tales como las destinadas a conducción de vapor, de agua, de gas, etc., a menos que se tomen las disposiciones necesarias para proteger las canalizaciones eléctricas contra los efectos de estas condensaciones.

### 4.3.2.10. Accesibilidad a las instalaciones

Las canalizaciones deberán estar dispuestas de forma que faciliten su maniobra, inspección y acceso a sus conexiones. Las canalizaciones eléctricas se establecerán de forma que mediante la conveniente identificación de sus circuitos y elementos, se pueda proceder en todo momento a reparaciones, transformaciones, etc.

En toda la longitud de los pasos de canalizaciones a través de elementos de la construcción, tales como muros, tabiques y techos, no se dispondrán empalmes o derivaciones de cables, estando protegidas contra los deterioros mecánicos, las acciones químicas y los efectos de la humedad.

Las cubiertas, tapas o envoltentes, mandos y pulsadores de maniobra de aparatos tales como mecanismos, interruptores, bases, reguladores, etc, instalados en los locales húmedos o mojados, serán de material aislante.

### 4.3.3. Conductores

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

#### 4.3.3.1. Materiales

Los conductores serán de los siguientes tipos:

*De 450/750 V de tensión nominal:*

- Conductor: de cobre.
- Formación: unipolares.
- Aislamiento: policloruro de vinilo (PVC).
- Tensión de prueba: 2.500 V.
- Instalación: bajo tubo.

## 4. Pliego de Condiciones

- Normativa de aplicación: UNE 21.031.

*De 0,6/1 kV de tensión nominal:*

- Conductor: de cobre (o de aluminio, cuando lo requieran las especificaciones del proyecto).
- Formación: uní-bi-tri-tetrapolares.
- Aislamiento: policloruro de vinilo (PVC) o polietileno reticulado (XLPE).
- Tensión de prueba: 4.000 V.
- Instalación: al aire o en bandeja.
- Normativa de aplicación: UNE 21.123.

Los conductores de cobre electrolítico se fabricarán de calidad y resistencia mecánica uniforme, y su coeficiente de resistividad a 20 °C será del 98 % al 100 %. Irán provistos de baño de recubrimiento de estaño, que deberá resistir la siguiente prueba: A una muestra limpia y seca de hilo estañado se le da la forma de círculo de diámetro equivalente a 20 o 30 veces el diámetro del hilo, a continuación de lo cual se sumerge durante un minuto en una solución de ácido hidrociorídrico de 1,088 de peso específico a una temperatura de 20 °C. Esta operación se efectuará dos veces, después de lo cual no deberán apreciarse puntos negros en el hilo. La capacidad mínima del aislamiento de los conductores será de 500 V.

Los conductores de sección igual o superior a 6 mm<sup>2</sup> deberán estar constituidos por cable obtenido por trenzado de hilo de cobre del diámetro correspondiente a la sección del conductor de que se trate.

### 4.3.3.2. Dimensionado

Para la selección de los conductores activos del cable adecuado a cada carga se usará el más desfavorable entre los siguientes criterios:

- Intensidad máxima admisible. Como intensidad se tomará la propia de cada carga. Partiendo de las intensidades nominales así establecidas, se elegirá la sección del cable que admita esa intensidad de acuerdo a las prescripciones del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión ITC-BT-19 o las recomendaciones del fabricante, adoptando los oportunos coeficientes correctores según las condiciones de la instalación. En cuanto a coeficientes de mayor acción de la carga, se deberán tener presentes las Instrucciones ITC-BT-44 para receptores de alumbrado e ITC-BT-47 para receptores de motor.
- Caída de tensión en servicio. La sección de los conductores a utilizar se determinará de forma que la caída de tensión entre el origen de la instalación y cualquier punto de utilización, sea menor del 3 % de la tensión nominal en el origen de la instalación, para alumbrado, y del 5 % para los demás usos, considerando alimentados todos los receptores susceptibles de funcionar simultáneamente. Para la derivación individual la caída de tensión máxima admisible será del 1,5 %. El valor de la caída de tensión podrá compensarse entre la de la instalación interior y la de la derivación individual, de forma que la caída de tensión total sea inferior a la suma de los valores límites especificados para ambas.

#### 4. Pliego de Condiciones

- Caída de tensión transitoria. La caída de tensión en todo el sistema durante el arranque de motores no debe provocar condiciones que impidan el arranque de los mismos, desconexión de los contactores, parpadeo de alumbrado, etc.

La sección del conductor neutro será la especificada en la Instrucción ITC-BT-07, apartado 1, en función de la sección de los conductores de fase o polares de la instalación.

Los conductores de protección serán del mismo tipo que los conductores activos especificados en el apartado anterior, y tendrán una sección mínima igual a la fijada por la tabla 2 de la ITC-BT-18, en función de la sección de los conductores de fase o polares de la instalación. Se podrán instalar por las mismas canalizaciones que éstos o bien en forma independiente, siguiéndose a este respecto lo que señalen las normas particulares de la empresa distribuidora de la energía.

#### 4.3.3.3. Identificación de las instalaciones

Las canalizaciones eléctricas se establecerán de forma que por conveniente identificación de sus circuitos y elementos, se pueda proceder en todo momento a reparaciones, transformaciones, etc.

Los conductores de la instalación deben ser fácilmente identificables, especialmente por lo que respecta al conductor neutro y al conductor de protección. Esta identificación se realizará por los colores que presenten sus aislamientos. Cuando exista conductor neutro en la instalación o se prevea para un conductor de fase su pase posterior a conductor neutro, se identificarán éstos por el color azul claro. Al conductor de protección se le identificará por el color verde-amarillo. Todos los conductores de fase, o en su caso, aquellos para los que no se prevea su pase posterior a neutro, se identificarán por los colores marrón, negro o gris.

#### 4.3.3.4. Resistencia de aislamiento y rigidez dieléctrica

Las instalaciones deberán presentar una resistencia de aislamiento al menos igual a los valores indicados en la tabla siguiente:

TENSIÓN NOMINAL DE LA INSTALACIÓN	TENSIÓN DE ENSAYO EN CORRIENTE CONTINUA (V)	RESISTENCIA DE AISLAMIENTO (MΩ)
Muy baja tensión de seguridad (MBTS) Muy baja tensión de protección (MBTP)	250	≥0,25
Inferior o igual a 500V, excepto caso anterior	500	≥ 0,5
Superior a 500V	1000	≥ 1,0

La rigidez dieléctrica será tal que, desconectados los aparatos de utilización (receptores), resista durante 1 minuto una prueba de tensión de  $2U + 1000$  V a frecuencia industrial, siendo U la tensión máxima de servicio expresada en voltios, y con un mínimo de 1.500 V.

Las corrientes de fuga no serán superiores, para el conjunto de la instalación o para cada uno de los circuitos en que ésta pueda dividirse a efectos de su protección, a la

## 4. Pliego de Condiciones

sensibilidad que presenten los interruptores diferenciales instalados como protección contra los contactos indirectos.

### 4.3.4. Cajas de empalme

Las conexiones entre conductores se realizarán en el interior de cajas apropiadas de material plástico resistente incombustible o metálicas, en cuyo caso estarán aisladas interiormente y protegidas contra la oxidación. Las dimensiones de estas cajas serán tales que permitan alojar holgadamente todos los conductores que deban contener. Su profundidad será igual, por lo menos, a una vez y media el diámetro del tubo mayor, con un mínimo de 40 mm; el lado o diámetro de la caja será de al menos 80 mm. Cuando se quieran hacer estancas las entradas de los tubos en las cajas de conexión, deberán emplearse prensaestopas adecuados. En ningún caso se permitirá la unión de conductores, como empalmes o derivaciones por simple retorcimiento o arrollamiento entre sí de los conductores, sino que deberá realizarse siempre utilizando bornes de conexión.

Los conductos se fijarán firmemente a todas las cajas de salida, de empalme y de paso, mediante contratuerca y casquillos. Se tendrá cuidado de que quede al descubierto el número total de hilos de rosca al objeto de que el casquillo pueda ser perfectamente apretado contra el extremo del conducto, después de lo cual se apretará la contratuerca para poner firmemente el casquillo en contacto eléctrico con la caja.

Los conductos y cajas se sujetarán por medio de pernos de fiador en ladrillo hueco, por medio de pernos de expansión en hormigón y ladrillo macizo y clavos Split sobre metal. Los pernos de fiador de tipo tornillo se usarán en instalaciones permanentes, los de tipo de tuerca cuando se precise desmontar la instalación, y los pernos de expansión serán de apertura efectiva. Serán de construcción sólida y capaz de resistir una tracción mínima de 20 kg. No se hará uso de clavos por medio de sujeción de cajas o conductos.

### 4.3.5. Mecanismos y tomas de corriente

Los interruptores y conmutadores cortarán la corriente máxima del circuito en que estén colocados sin dar lugar a la formación de arco permanente, abriendo o cerrando los circuitos sin posibilidad de toma una posición intermedia. Serán del tipo cerrado y de material aislante. Las dimensiones de las piezas de contacto serán tales que la temperatura no pueda exceder de 65 °C en ninguna de sus piezas. Su construcción será tal que permita realizar un número total de 10.000 maniobras de apertura y cierre, con su carga nominal a la tensión de trabajo. Llevarán marcada su intensidad y tensiones nominales, y estarán probadas a una tensión de 500 a 1.000 voltios.

Las tomas de corriente serán de material aislante, llevarán marcadas su intensidad y tensión nominales de trabajo y dispondrán, como norma general, todas ellas de puesta a tierra.

Todos ellos irán instalados en el interior de cajas empotradas en los paramentos, de forma que al exterior sólo podrá aparecer el mando totalmente aislado y la tapa embellecedora.

En el caso en que existan dos mecanismos juntos, ambos se alojarán en la misma caja, la cual deberá estar dimensionada suficientemente para evitar falsos contactos.

### 4.3.6. Aparata de mando y protección

#### 4.3.6.1. Cuadros eléctricos

Todos los cuadros eléctricos serán nuevos y se entregarán en obra sin ningún defecto. Estarán diseñados siguiendo los requisitos de estas especificaciones y se construirán de acuerdo con el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión y con las recomendaciones de la Comisión Electrotécnica Internacional (CEI).

Cada circuito en salida de cuadro estará protegido contra las sobrecargas y cortocircuitos. La protección contra corrientes de defecto hacia tierra se hará por circuito o grupo de circuitos según se indica en el proyecto, mediante el empleo de interruptores diferenciales de sensibilidad adecuada, según ITC-BT-24.

Los cuadros serán adecuados para trabajo en servicio continuo. Las variaciones máximas admitidas de tensión y frecuencia serán del + 5 % sobre el valor nominal.

Los cuadros serán diseñados para servicio interior, completamente estancos al polvo y la humedad, ensamblados y cableados totalmente en fábrica, y estarán constituidos por una estructura metálica de perfiles laminados en frío, adecuada para el montaje sobre el suelo, y paneles de cerramiento de chapa de acero de fuerte espesor, o de cualquier otro material que sea mecánicamente resistente y no inflamable.

Alternativamente, la cabina de los cuadros podrá estar constituida por módulos de material plástico, con la parte frontal transparente.

Las puertas estarán provistas con una junta de estanquidad de neopreno o material similar, para evitar la entrada de polvo.

Todos los cables se instalarán dentro de canaletas provista de tapa desmontable. Los cables de fuerza irán en canaletas distintas en todo su recorrido de las canaletas para los cables de mando y control.

Los aparatos se montarán dejando entre ellos y las partes adyacentes de otros elementos una distancia mínima igual a la recomendada por el fabricante de los aparatos, en cualquier caso nunca inferior a la cuarta parte de la dimensión del aparato en la dirección considerada.

La profundidad de los cuadros será de 500 mm y su altura y anchura la necesaria para la colocación de los componentes e igual a un múltiplo entero del módulo del fabricante. Los cuadros estarán diseñados para poder ser ampliados por ambos extremos.

Los aparatos indicadores (lámparas, amperímetros, voltímetros, etc), dispositivos de mando (pulsadores, interruptores, conmutadores, etc), paneles sinópticos, etc, se montarán sobre la parte frontal de los cuadros.

Todos los componentes interiores, aparatos y cables, serán accesibles desde el exterior por el frente.

El cableado interior de los cuadros se llevará hasta una regleta de Bornes situada junto a las entradas de los cables desde el exterior.

Las partes metálicas de la envoltura de los cuadros se protegerán contra la corrosión por medio de una imprimación a base de dos manos de pintura anticorrosiva y una pintura de acabado de color que se especifique en las Mediciones o, en su defecto, por la Dirección Técnica durante el transcurso de la instalación.

La construcción y diseño de los cuadros deberán proporcionar seguridad al personal y garantizar un perfecto funcionamiento bajo todas las condiciones de servicio, y en particular:

- Los compartimentos que hayan de ser accesibles para accionamiento o mantenimiento estando el cuadro en servicio no tendrán piezas en tensión al descubierto.
- El cuadro y todos sus componentes serán capaces de soportar las corrientes de cortocircuito (kA) según especificaciones reseñadas en planos y mediciones.

#### **4.3.6.2. Interruptores automáticos**

En el origen de la instalación y lo más cerca posible del punto de alimentación a la misma, se colocará el cuadro general de mando y protección, en el que se dispondrá un interruptor general de corte omnipolar, así como dispositivos de protección contra sobreintensidades de cada uno de los circuitos que parten de dicho cuadro.

La protección contra sobreintensidades para todos los conductores (fases y neutro) de cada circuito se hará con interruptores magnetotérmicos o automáticos de corte omnipolar, con curva térmica de corte para la protección a sobrecargas y sistema de corte electromagnético para la protección a cortocircuitos.

En general, los dispositivos destinados a la protección de los circuitos se instalarán en el origen de éstos, así como en los puntos en que la intensidad admisible disminuya por cambios debidos a sección, condiciones de instalación, sistema de ejecución o tipo de conductores utilizados. No obstante, no se exige instalar dispositivos de protección en el origen de un circuito en que se presente una disminución de la intensidad admisible en el mismo, cuando su protección quede asegurada por otro dispositivo instalado anteriormente.

Los interruptores serán de ruptura al aire y de disparo libre y tendrán un indicador de posición. El accionamiento será directo por polos con mecanismos de cierre por energía acumulada. El accionamiento será manual o manual y eléctrico, según se indique en el esquema o sea necesario por necesidades de automatismo. Llevarán marcadas la intensidad y tensión nominal de funcionamiento, así como el signo indicador de su desconexión.

El interruptor de entrada al cuadro, de corte omnipolar, será selectivo con los interruptores situados aguas abajo, tras él.

Los dispositivos de protección de los interruptores serán relés de acción directa.

#### **4.3.6.3. Guardamotores**

Los contactores guarda motores serán adecuados para el arranque directo de motores, con corriente de arranque máxima del 600 % de la nominal y corriente de desconexión igual a la nominal.

## 4. Pliego de Condiciones

La longevidad del aparato, sin tener que cambiar piezas de contacto y sin mantenimiento, en condiciones de servicio normales (conecta estando el motor parado y desconecta durante la marcha normal) será de al menos 500.000 maniobras.

La protección contra sobrecargas se hará por medio de relés térmicos para las tres fases, con rearme manual accionable desde el interior del cuadro.

En caso de arranque duro, de larga duración, se instalarán relés térmicos de característica retardada. En ningún caso se permitirá cortocircuitar el relé durante el arranque.

La verificación del relé térmico, previo ajuste a la intensidad nominal del motor, se hará haciendo girar el motor a plena carga en monofásico; la desconexión deberá tener lugar al cabo de algunos minutos.

Cada contactor llevará dos contactos normalmente cerrados y dos normalmente abiertos para enclavamientos con otros aparatos.

### 4.3.6.4. Fusibles

Los fusibles serán de alta capacidad de ruptura, limitadores de corriente y de acción lenta cuando vayan instalados en circuitos de protección de motores.

Los fusibles de protección de circuitos de control o de consumidores óhmicos serán de alta capacidad ruptura y de acción rápida.

Se dispondrán sobre material aislante e incombustible, y estarán contruidos de tal forma que no se pueda proyectar metal al fundirse. Llevarán marcadas la intensidad y tensión nominales de trabajo.

No serán admisibles elementos en los que la reposición del fusible pueda suponer un peligro de accidente. Estará montado sobre una empuñadura que pueda ser retirada fácilmente de la base.

### 4.3.6.5. Interruptores diferenciales

1) La protección contra contactos directos se asegurará adoptando las siguientes medidas:

*Protección por aislamiento de las partes activas:*

Las partes activas deberán estar recubiertas de un aislamiento que no pueda ser eliminado más que destruyéndolo.

*Protección por medio de barreras o envolventes:*

Las partes activas deben estar situadas en el interior de las envolventes o detrás de barreras que posean, como mínimo, el grado de protección IP XXB, según UNE20.324. Si se necesitan aberturas mayores para la reparación de piezas o para el buen funcionamiento de los equipos, se adoptarán precauciones apropiadas para impedir que las personas o animales domésticos toquen las partes activas y se garantizará que las personas sean conscientes del hecho de que las partes activas no deben ser tocadas voluntariamente.

#### 4. Pliego de Condiciones

Las superficies superiores de las barreras o envolventes horizontales que son fácilmente accesibles, deben responder como mínimo al grado de protección IP4X o IPXXD.

Las barreras o envolventes deben fijarse de manera segura y ser de una robustez y durabilidad suficientes para mantener los grados de protección exigidos, con una separación suficiente de las partes activas en las condiciones normales de servicio, teniendo en cuenta las influencias externas.

Cuando sea necesario suprimir las barreras, abrir las envolventes o quitar partes de éstas, esto no debe ser posible más que:

- bien con la ayuda de una llave o de una herramienta;
- bien, después de quitar la tensión de las partes activas protegidas por estas barreras o estas envolventes, no pudiendo ser restablecida la tensión hasta después de volver a colocar las barreras o las envolventes;
- bien, si hay interpuesta una segunda barrera que posee como mínimo el grado de protección IP2X o IPXXB, que no pueda ser quitada más que con la ayuda de una llave o de una herramienta y que impida todo contacto con las partes activas.

Protección complementaria por dispositivos de corriente diferencial-residual.

Esta medida de protección está destinada solamente a complementar otras medidas de protección contra los contactos directos.

El empleo de dispositivos de corriente diferencial-residual, cuyo valor de corriente diferencial asignada de funcionamiento sea inferior o igual a 30 mA, se reconoce como medida de protección complementaria en caso de fallo de otra medida de protección contra los contactos directos o en caso de imprudencia de los usuarios.

2) La protección contra contactos indirectos se conseguirá mediante "corte automático de la alimentación". Esta medida consiste en impedir, después de la aparición de un fallo, que una tensión de contacto de valor suficiente se mantenga durante un tiempo tal que pueda dar como resultado un riesgo. La tensión límite convencional es igual a 50 V, valor eficaz en corriente alterna, en condiciones normales y a 24 V en locales húmedos.

Todas las masas de los equipos eléctricos protegidos por un mismo dispositivo de protección, deben ser interconectadas y unidas por un conductor de protección a una misma toma de tierra. El punto neutro de cada generador o transformador debe ponerse a tierra.

Se cumplirá la siguiente condición:

$$R_a \times I_a = U$$

Donde:

$R_a$  es la suma de las resistencias de la toma de tierra y de los conductores de protección de masas.

## 4. Pliego de Condiciones

*Ia* es la corriente que asegura el funcionamiento automático del dispositivo de protección. Cuando el dispositivo de protección es un dispositivo de corriente diferencial-residual es la corriente diferencial-residual asignada.

*U* es la tensión de contacto límite convencional (50 ó 24V).

### 4.3.6.6. Seccionadores.

Los seccionadores en carga serán de conexión y desconexión brusca, ambas independientes de la acción del operador.

Los seccionadores serán adecuados para servicio continuo y capaces de abrir y cerrar la corriente nominal a tensión nominal con un factor de potencia igual o inferior a 0,7.

### 4.3.6.7. Embarrados

El embarrado principal constará de tres barras para las fases y una, con la mitad de la sección de las fases, para el neutro. La barra de neutro deberá ser seccionable a la entrada del cuadro.

Las barras serán de cobre electrolítico de alta conductividad y adecuadas para soportar la intensidad de plena carga y las corrientes de cortocircuito que se especifiquen en memoria y planos.

Se dispondrá también de una barra independiente de tierra, de sección adecuada para proporcionar la puesta a tierra de las partes metálicas no conductoras de los aparatos, la carcasa del cuadro y, si los hubiera, los conductores de protección de los cables en salida.

### 4.3.6.8. Prensaestopas y etiquetas

Los cuadros irán completamente cableados hasta las regletas de entrada y salida.

Se proveerán prensaestopas para todas las entradas y salidas de los cables del cuadro; los prensaestopas serán de doble cierre para cables armados y de cierre sencillo para cables sin armar.

Todos los aparatos y bornes irán debidamente identificados en el interior del cuadro mediante números que correspondan a la designación del esquema. Las etiquetas serán marcadas de forma indeleble y fácilmente legible.

En la parte frontal del cuadro se dispondrán etiquetas de identificación de los circuitos, constituidas por placas de chapa de aluminio firmemente fijadas a los paneles frontales, impresos al horno, con fondo negro mate y letreros y zonas de estampación en aluminio pulido. El fabricante podrá adoptar cualquier solución para el material de las etiquetas, su soporte y la impresión, con tal de que sea duradera y fácilmente legible.

En cualquier caso, las etiquetas estarán marcadas con letras negras de 10 mm de altura sobre fondo blanco.

### 4.3.7. Receptores de alumbrado

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

La masa de las luminarias suspendidas excepcionalmente de cables flexibles no debe exceder de 5 kg. Los conductores, que deben ser capaces de soportar este peso, no deben presentar empalmes intermedios y el esfuerzo deberá realizarse sobre un elemento distinto del borne de conexión.

Las partes metálicas accesibles de las luminarias que no sean de Clase II o Clase III, deberán tener un elemento de conexión para su puesta a tierra, que irá conectado de manera fiable y permanente al conductor de protección del circuito.

El uso de lámparas de gases con descargas a alta tensión (neón, etc), se permitirá cuando su ubicación esté fuera del volumen de accesibilidad o cuando se instalen barreras o envolventes separadoras.

En instalaciones de iluminación con lámparas de descarga realizadas en locales en los que funcionen máquinas con movimiento alternativo o rotatorio rápido, se deberán tomar las medidas necesarias para evitar la posibilidad de accidentes causados por ilusión óptica originada por el efecto estroboscópico.

Los circuitos de alimentación estarán previstos para transportar la carga debida a los propios receptores, a sus elementos asociados y a sus corrientes armónicas y de arranque. Para receptores con lámparas de descarga, la carga mínima prevista en voltamperios será de 1,8 veces la potencia en vatios de las lámparas. En el caso de distribuciones monofásicas, el conductor neutro tendrá la misma sección que los de fase. Será aceptable un coeficiente diferente para el cálculo de la sección de los conductores, siempre y cuando el factor de potencia de cada receptor sea mayor o igual a 0,9 y si se conoce la carga que supone cada uno de los elementos asociados a las lámparas y las corrientes de arranque, que tanto éstas como aquéllos puedan producir. En este caso, el coeficiente será el que resulte.

En el caso de receptores con lámparas de descarga será obligatoria la compensación del factor de potencia hasta un valor mínimo de 0,9.

En instalaciones con lámparas de muy baja tensión (p.e. 12 V) debe preverse la utilización de transformadores adecuados, para asegurar una adecuada protección térmica, contra cortocircuitos y sobrecargas y contra los choques eléctricos.

Para los rótulos luminosos y para instalaciones que los alimentan con tensiones asignadas de salida en vacío comprendidas entre 1 y 10 kV se aplicará lo dispuesto en la norma UNE-EN 50.107.

#### **4.3.8. Receptores a motor**

Los motores deben instalarse de manera que la aproximación a sus partes en movimiento no pueda ser causa de accidente. Los motores no deben estar en contacto con materias fácilmente combustibles y se situarán de manera que no puedan provocar la ignición de estas.

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

#### 4. Pliego de Condiciones

Los motores deben estar protegidos contra cortocircuitos y contra sobrecargas en todas sus fases, debiendo esta última protección ser de tal naturaleza que cubra, en los motores trifásicos, el riesgo de la falta de tensión en una de sus fases. En el caso de motores con arrancador estrella-triángulo, se asegurará la protección, tanto para la conexión en estrella como en triángulo.

Los motores deben estar protegidos contra la falta de tensión por un dispositivo de corte automático de la alimentación, cuando el arranque espontáneo del motor, como consecuencia del restablecimiento de la tensión, pueda provocar accidentes, o perjudicar el motor, de acuerdo con la norma UNE 20.460 -4-45.

Los motores deben tener limitada la intensidad absorbida en el arranque, cuando se pudieran producir efectos que perjudicasen a la instalación u ocasionasen perturbaciones inaceptables al funcionamiento de otros receptores o instalaciones.

En general, los motores de potencia superior a 0,75 kilovatios deben estar provistos de reóstatos de arranque o dispositivos equivalentes que no permitan que la relación de corriente entre el período de arranque y el de marcha normal que corresponda a su plena carga, según las características del motor que debe indicar su placa, sea superior a la señalada en el cuadro siguiente:

MOTORES DE CORRIENTE CONTINUA		MOTORES DE CORRIENTE ALTERNA	
Potencia nominal del motor	Constante máxima de proporcionalidad entre la intensidad de la corriente de arranque y la de plena carga	Potencia nominal del motor	Constante máxima de proporcionalidad entre la intensidad de la corriente de arranque y de la de plena carga
De 0,75 kW a 1,5 kW	2,5	De 0,75 kW a 1,5 kW	4,5
De 1,5 kW a 5,0 kW	2	De 1,5 kW a 5,0 kW	3
De más de 5,0 kW	1,5	De 5,0 kW a 15,0 kW	2
		De más de 15,0 kW	1,5

Todos los motores de potencia superior a 5 kW tendrán seis bornes de conexión, con tensión de la red correspondiente a la conexión en triángulo del bobinado (motor de 230/400 V para redes de 230 V entre fases y de 400/693 V para redes de 400 V entre fases), de tal manera que será siempre posible efectuar un arranque en estrella-triángulo del motor.

Los motores deberán cumplir, tanto en dimensiones y formas constructivas, como en la asignación de potencia a los diversos tamaños de carcasa, con las recomendaciones europeas IEC y las normas UNE, DIN y VDE. Las normas UNE específicas para motores son la 20.107, 20.108, 20.111, 20.112, 20.113, 20.121, 20.122 y 20.324.

#### 4. Pliego de Condiciones

Para la instalación en el suelo se usará normalmente la forma constructiva B-3, con dos platos de soporte, un extremo de eje libre y carcasa con patas. Para montaje vertical, los motores llevarán cojinetes previstos para soportar el peso del rotor y de la polea.

La clase de protección se determina en las normas UNE 20.324 y DIN 40.050. Todos los motores deberán tener la clase de protección IP 44 (protección contra contactos accidentales con herramienta y contra la penetración de cuerpos sólidos con diámetro mayor de 1 mm, protección contra salpicaduras de agua proveniente de cualquier dirección), excepto para instalación a la intemperie o en ambiente húmedo o polvoriento y dentro de unidades de tratamiento de aire, donde se usarán motores con clase de protección IP 54 (protección total contra contactos involuntarios de cualquier clase, protección contra depósitos de polvo, protección contra salpicaduras de agua proveniente de cualquier dirección).

Los motores con protecciones IP 44 e IP 54 son completamente cerrados y con refrigeración de superficie.

Todos los motores deberán tener, por lo menos, la clase de aislamiento B, que admite un incremento máximo de temperatura de 80 °C sobre la temperatura ambiente de referencia de 40 °C, con un límite máximo de temperatura del devanado de 130 °C.

El diámetro y longitud del eje, las dimensiones de las chavetas y la altura del eje sobre la base estarán de acuerdo a las recomendaciones IEC.

La calidad de los materiales con los que están fabricados los motores serán las que se indican a continuación:

- Carcasa: de hierro fundido de alta calidad, con patas solidarias y con aletas de refrigeración.
- Estator: paquete de chapa magnética y bobinado de cobre electrolítico, montados en estrecho contacto con la carcasa para disminuir la resistencia térmica al paso del calor hacia el exterior de la misma. La impregnación del bobinado para el aislamiento eléctrico se obtendrá evitando la formación de burbujas y deberá resistir las sollicitaciones térmicas y dinámicas a las que viene sometido.
- Rotor: formado por un paquete ranurado de chapa magnética, donde se alojará el devanado secundario en forma de jaula de aleación de aluminio, simple o doble.
- Eje: de acero duro.
- Ventilador: interior (para las clases IP 44 e IP 54), de aluminio fundido, solidario con el rotor, o de plástico inyectado.
- Rodamientos: de esfera, de tipo adecuado a las revoluciones del rotor y capaces de soportar ligeros empujes axiales en los motores de eje horizontal (se seguirán las instrucciones del fabricante en cuanto a marca, tipo y cantidad de grasa necesaria para la lubricación y su duración).

## 4. Pliego de Condiciones

- Cajas de bornes y tapa: de hierro fundido con entrada de cables a través de orificios roscados con prensa-estopas.

Para la correcta selección de un motor, que se hará par servicio continuo, deberán considerarse todos y cada uno de los siguientes factores:

- Potencia máxima absorbida por la máquina accionada, incluidas las pérdidas por transmisión.
- Velocidad de rotación de la máquina accionada.
- Características de la acometida eléctrica (número de fases, tensión y frecuencia).
- Clase de protección (IP 44 o IP 54).
- Clase de aislamiento (B o F).
- Forma constructiva.
- Temperatura máxima del fluido refrigerante (aire ambiente) y cota sobre el nivel del mar del lugar de emplazamiento.
- Momento de inercia de la máquina accionada y de la transmisión referido a la velocidad de rotación del motor.
- Curva del par resistente en función de la velocidad.

Los motores podrán admitir desviaciones de la tensión nominal de alimentación comprendidas entre el 5 % en más o menos. Si son de preverse desviaciones hacia la baja superiores al mencionado valor, la potencia del motor deberá "delatarse" de forma proporcional, teniendo en cuenta que, además, disminuirá también el par de arranque proporcional al cuadrado de la tensión.

Antes de conectar un motor a la red de alimentación, deberá comprobarse que la resistencia de aislamiento del bobinado estático sea superiores a 1,5 megahomios. En caso de que sea inferior, el motor será rechazado por la DO y deberá ser secado en un taller especializado, siguiendo las instrucciones del fabricante, o sustituido por otro.

El número de polos del motor se elegirá de acuerdo a la velocidad de rotación de la máquina accionada.

En caso de acoplamiento de equipos (como ventiladores) por medio de poleas y correas trapezoidales, el número de polos del motor se escogerá de manera que la relación entre velocidades de rotación del motor y del ventilador sea inferior a 2,5.

Todos los motores llevarán una placa de características, situada en lugar visible y escrito de forma indeleble, en la que aparecerán, por lo menos, los siguientes datos:

- Potencia dle motor.
- Velocidad de rotación.
- Intensidad de corriente a la(s) tensión(es) de funcionamiento.
- Intensidad de arranque.
- Tensión(es) de funcionamiento.
- Nombre del fabricante y modelo.

### 4.3.9. Puesta a tierra

Las puestas a tierra se establecen principalmente con objeto de limitar la tensión que, con respecto a tierra, puedan presentar en un momento dado las masas metálicas,

## 4. Pliego de Condiciones

asegurar la actuación de las protecciones y eliminar o disminuir el riesgo que supone una avería en los materiales eléctricos utilizados.

La puesta o conexión a tierra es la unión eléctrica directa, sin fusibles ni protección alguna, de una parte del circuito eléctrico o de una parte conductora no perteneciente al mismo, mediante una toma de tierra con un electrodo o grupo de electrodos enterrados en el suelo.

Mediante la instalación de puesta a tierra se deberá conseguir que en el conjunto de instalaciones, edificios y superficie próxima del terreno no aparezcan diferencias de potencial peligrosas y que, al mismo tiempo, permita el paso a tierra de las corrientes de defecto o las de descarga de origen atmosférico.

La elección e instalación de los materiales que aseguren la puesta a tierra deben ser tales que:

- El valor de la resistencia de puesta a tierra esté conforme con las normas de protección y de funcionamiento de la instalación y se mantenga de esta manera a lo largo del tiempo.
- Las corrientes de defecto a tierra y las corrientes de fuga puedan circular sin peligro, particularmente desde el punto de vista de sollicitaciones térmicas, mecánicas y eléctricas.
- La solidez o la protección mecánica quede asegurada con independencia de las condiciones estimadas de influencias externas.
- Contemplen los posibles riesgos debidos a electrólisis que pudieran afectar a otras partes metálicas.

### 4.3.9.1. Uniones a tierra

*Tomas de tierra:*

Para la toma de tierra se pueden utilizar electrodos formados por:

- Barras, tubos;
- Pletinas, conductores desnudos;
- Placas;
- Anillos o mallas metálicas constituidos por los elementos anteriores o sus combinaciones;
- Armaduras de hormigón enterradas; con excepción de las armaduras pretensadas;
- Otras estructuras enterradas que se demuestre que son apropiadas.

Los conductores de cobre utilizados como electrodos serán de construcción y resistencia eléctrica según la clase 2 de la norma UNE 21.022.

El tipo y la profundidad de enterramiento de las tomas de tierra deben ser tales que la posible pérdida de humedad del suelo, la presencia del hielo u otros efectos climáticos, no aumenten la resistencia de la toma de tierra por encima del valor previsto. La profundidad nunca será inferior a 0,50 m.

*Conductores de tierra:*

#### 4. Pliego de Condiciones

La sección de los conductores de tierra, cuando estén enterrados, deberán estar de acuerdo con los valores indicados en la tabla siguiente. La sección no será inferior a la mínima exigida para los conductores de protección.

TIPO	Protegido mecánicamente	No protegido mecánicamente
<b>Protegido contra la corrosión*</b>	Según apartado 3.4	16 mm <sup>2</sup> Cobre 16 mm <sup>2</sup> Acero Galvanizado
<b>No protegido contra la corrosión</b>	25 mm <sup>2</sup> Cobre 50 mm <sup>2</sup> Hierro	
* La protección contra la corrosión puede obtenerse mediante una envolvente		

Durante la ejecución de las uniones entre conductores de tierra y electrodos de tierra debe extremarse el cuidado para que resulten eléctricamente correctas. Debe cuidarse, en especial, que las conexiones, no dañen ni a los conductores ni a los electrodos de tierra.

##### *Bornes de puesta a tierra:*

En toda instalación de puesta a tierra debe preverse un borne principal de tierra, al cual deben unirse los conductores siguientes:

- Los conductores de tierra.
- Los conductores de protección.
- Los conductores de unión equipotencial principal.
- Los conductores de puesta a tierra funcional, si son necesarios.

Debe preverse sobre los conductores de tierra y en lugar accesible, un dispositivo que permita medir la resistencia de la toma de tierra correspondiente. Este dispositivo puede estar combinado con el borne principal de tierra, debe ser desmontable necesariamente por medio de un útil, tiene que ser mecánicamente seguro y debe asegurar la continuidad eléctrica.

##### *Conductores de protección:*

Los conductores de protección sirven para unir eléctricamente las masas de una instalación con el borne de tierra, con el fin de asegurar la protección contra contactos indirectos.

Los conductores de protección tendrán una sección mínima igual a la fijada en la tabla siguiente:

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

En todos los casos, los conductores de protección que no forman parte de la canalización de alimentación serán de cobre con una sección, al menos de:

- 2,5 mm<sup>2</sup>, si los conductores de protección disponen de una protección mecánica.
- 4 mm<sup>2</sup>, si los conductores de protección no disponen de una protección mecánica.

Como conductores de protección pueden utilizarse:

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

Ningún aparato deberá ser intercalado en el conductor de protección. Las masas de los equipos a unir con los conductores de protección no deben ser conectadas en serie en un circuito de protección.

#### 4.3.10. Inspecciones y pruebas en fabrica

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

En particular se harán por lo menos las siguientes comprobaciones:

- Se medirá la resistencia de aislamiento con relación a tierra y entre conductores, que tendrá un valor de al menos 0,50 Mohm.
- Se inspeccionarán visualmente todos los aparatos y se comprobará el funcionamiento mecánico de todas las partes móviles.
- Se pondrá el cuadro de baja tensión y se comprobará que todos los relés actúan correctamente.
- Se calibrarán y ajustarán todas las protecciones de acuerdo con los valores suministrados por el fabricante.

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

## 4. Pliego de Condiciones

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

### 4.3.11. Control

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

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

### 4.3.12. Seguridad

En general, basándonos en la Ley de Prevención de Riesgos Laborales y las especificaciones de las normas NTE, se cumplirán, entre otras, las siguientes condiciones de seguridad:

Siempre que se vaya a intervenir en una instalación eléctrica, tanto en la ejecución de la misma como en su mantenimiento, los trabajos se realizarán sin tensión, asegurándonos la inexistencia de ésta mediante los correspondientes aparatos de medición y comprobación.

- En el lugar de trabajo se encontrará siempre un mínimo de dos operarios.
- Se utilizarán guantes y herramientas aislantes.
- Cuando se usen aparatos o herramientas eléctricos, además de conectarlos a tierra cuando así lo precisen, estarán dotados de un grado de aislamiento II, o estarán alimentados con una tensión inferior a 50 V mediante transformadores de seguridad.
- Serán bloqueados en posición de apertura, si es posible, cada uno de los aparatos de protección, seccionamiento y maniobra, colocando en su mando un letrero con la prohibición de maniobrarlo.
- No se restablecerá el servicio al finalizar los trabajos antes de haber comprobado que no exista peligro alguno.
- En general, mientras los operarios trabajen en circuitos o equipos a tensión o en su proximidad, usarán ropa sin accesorios metálicos y evitarán el uso innecesario de objetos de metal o artículos inflamables; llevarán las

## 4. Pliego de Condiciones

herramientas o equipos en bolsas y utilizarán calzado aislante, al menos, sin herrajes ni clavos en las suelas.

- Se cumplirán asimismo todas las disposiciones generales de seguridad de obligado cumplimiento relativas a seguridad, higiene y salud en el trabajo, y las ordenanzas municipales que sean de aplicación.

### 4.3.13. Limpieza

Antes de la Recepción provisional, los cuadros se limpiarán de polvo, pintura, cascarillas y de cualquier material que pueda haberse acumulado durante el curso de la obra en su interior o al exterior.

### 4.3.14. Mantenimiento

Cuando sea necesario intervenir nuevamente en la instalación, bien sea por causa de averías o para efectuar modificaciones en la misma, deberán tenerse en cuenta todas las especificaciones reseñadas en los apartados de ejecución, control y seguridad, en la misma forma que si se tratara de una instalación nueva. Se aprovechará la ocasión para comprobar el estado general de la instalación, sustituyendo o reparando aquellos elementos que lo precisen, utilizando materiales de características similares a los reemplazados.

### 4.3.15. Criterios de medición

Las unidades de obra serán medidas con arreglo a lo especificado en la normativa vigente, o bien, en el caso de que ésta no sea suficiente explícita, en la forma reseñada en el Pliego Particular de Condiciones que les sea de aplicación, o incluso tal como figuren dichas unidades en el Estado de Mediciones del Proyecto. A las unidades medidas se les aplicarán los precios que figuren en el Presupuesto, en los cuales se consideran incluidos todos los gastos de transporte, indemnizaciones y el importe de los derechos fiscales con los que se hallen gravados por las distintas Administraciones, además de los gastos generales de la contrata. Si hubiera necesidad de realizar alguna unidad de obra no comprendida en el Proyecto, se formalizará el correspondiente precio contradictorio.

Los cables, bandejas y tubos se medirán por unidad de longitud (metro), según tipo y dimensiones.

En la medición se entenderán incluidos todos los accesorios necesarios para el montaje (grapas, terminales, bornes, prensaestopas, cajas de derivación, etc), así como la mano de obra para el transporte en el interior de la obra, montaje y pruebas de recepción.

Los cuadros y receptores eléctricos se medirán por unidades montadas y conexas.

La conexión de los cables a los elementos receptores (cuadros, motores, resistencias, aparatos de control, etc) será efectuada por el suministrador del mismo elemento receptor.

El transporte de los materiales en el interior de la obra estará a cargo de la EIM.

**Pamplona, Julio 2014**

**Itxaro Matxain Rodriguez**



# ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación:

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL ELÉCTRICO

Título del proyecto:

INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA NAVE INDUSTRIAL  
EN BAJA TENSIÓN CON CENTRO DE TRANSFORMACIÓN

## PRESUPUESTO

Itxaro Matxain Rodriguez

José Javier Crespo Ganuza

Pamplona, Julio de 2014

## 5. PRESUPUESTO

### ÍNDICE:

5.	Presupuesto .....	1
5.1.	Capítulo I: Acometida.....	2
5.1.1.	Acometida .....	2
5.2.	Capítulo II: Protecciones .....	2
5.2.1.	Cuadro general de distribución: CGD .....	2
5.2.2.	Cuadro Auxiliar 1 .....	4
5.2.3.	Cuadro Auxiliar 2 .....	4
5.2.4.	Cuadro Auxiliar 3 .....	5
5.2.5.	Cuadro Auxiliar 4 .....	6
5.2.6.	Cuadro Auxiliar 5 .....	7
5.2.7.	Resumen capítulo de protecciones.....	8
5.3.	Capítulo III: Conductores tubos y bandejas.....	9
5.3.1.	Conductores .....	9
5.3.2.	Tubos .....	10
5.3.3.	Canales.....	12
5.3.4.	Resumen capítulo conductores, tubos y canalizaciones .....	12
5.4.	Capítulo IV: Puesta a tierra.....	13
5.5.	Capítulo V: Alumbrado .....	14
5.5.1.	Alumbrado interior nave industrial.....	14
5.5.2.	Alumbrado de emergencia nave industrial .....	14
5.5.3.	Alumbrado exterior nave industrial .....	15
5.5.4.	Resumen capítulo alumbrado.....	15
5.6.	Capítulo VI: Tomas de corriente, contactores y elementos varios .....	15
5.7.	Capítulo VII: Centro de transformación .....	16
5.7.1.	Obra civil .....	16
5.7.2.	Caseta del centro de transformación.....	16
5.7.3.	Transformador .....	17
5.7.4.	Aparamenta media tensión.....	17
5.7.5.	Aparamenta baja tensión.....	19
5.7.6.	Puesta a tierra del centro de transformación .....	20
5.7.7.	Resumen capítulo centro transformación .....	21
5.8.	Capítulo VIII: Compensación de energía .....	21
5.9.	Capítulo IX: equipo de seguridad y salud.....	21
5.10.	Resumen total del presupuesto .....	23

**5.1. CAPITULO I: ACOMETIDA****5.1.1. Acometida**

Unidad	Descripción	Cantidad	Precio unidad (€)	Total (€)
Metro lineal	Cable RZ1-K(AS+) 0,6/ 1 kV Flexible Marca: General cable (1x400 mm <sup>2</sup> ) Cobre	30	94,834	2845,02
Metro lineal	Cable RV-K 0,6/ 1 kV Flexible Marca: General cable (1x185 mm <sup>2</sup> ) Cobre	10	47,808	478,08
Metro lineal	Tubo de PVC corrugado de doble pared, de 300 mm de diámetro, de 2,2 mm de espesor, liso por el interior y corrugado por el exterior, color rojo FU 15 R de resistencia al aplastamiento 450 N.	10	5,25	52,5
Metro lineal	Zanja sobre tierra de 40x70 cm. Con arena lavada debajo del tubo y relleno de tierra excavada.	10	3,15	31,5
Horas		15	17,99	269,85
<b>TOTAL</b>				<b>3676,95</b>

**5.2. CAPÍTULO II: PROTECCIONES****5.2.1. Cuadro general de distribución: CGD**

Unidad	Descripción	Cantidad	Precio unidad (€)	Total (€)
Unidad	Armario Cofret Merlin Gerin, de medidas 450x550x148 mm 48 módulos incluyendo todos los complementos necesarios. 30 % de reserva	1	212,73	212,73
Unidad	Interruptor magnetotérmico Marca: Schneider Electric Poder de corte: 22 KA, curva B, III+N Calibre 800 A	1	440,65	440,65
Unidad	Interruptor magnetotérmico Marca: Schneider Electric Poder de corte: 22 KA, curva C, III+N Calibre 50 A	1	346,31	346,31

Unidad	Interruptor magnetotérmico Marca: Schneider Electric Poder de corte: 22 KA, curva C, III+N Calibre 40 A	1	297,1	297,1
Unidad	Interruptor magnetotérmico Marca: Schneider Electric Poder de corte: 22 KA, curva C, III+N Calibre 80 A	1	428,65	428,65
Unidad	Interruptor magnetotérmico Marca: Schneider Electric Poder de corte: 22 KA, curva C, III+N Calibre 250 A	3	1505,9	4517,7
Unidad	Interruptor diferencial Marca: Schneider Electric Calibre: 50A Sensibilidad: 300 mA 4 polos	1	209,25	209,25
Unidad	Interruptor diferencial Marca: Schneider Electric Calibre: 40A Sensibilidad: 300 mA 4 polos	1	195,35	195,35
Unidad	Interruptor diferencial Marca: Schneider Electric Calibre: 80A Sensibilidad: 300 mA 4 polos	1	254,36	254,36
Unidad	Interruptor diferencial Marca: Schneider Electric Calibre: 250A Sensibilidad: 600 mA 4 polos	2	458,6	917,2
Unidad	Interruptor diferencial Marca: Schneider Electric Calibre: 250A Sensibilidad: 300 mA 4 polos	1	368,54	368,54
Unidad	Unidades Extintor de CO2, material extintor no conductor de la corriente eléctrica.	1	36,12	36,12
Unidad	Mano de obra. Incluso elementos necesarios para su montaje. Totalmente instalado	11	15,3	168,3
<b>TOTAL</b>				<b>8392,26</b>

## 5.2.2. Cuadro Auxiliar 1

Unidad	Descripción	Cantidad	Precio unidad (€)	Total (€)
Unidad	Armario Cofret Merlin Gerin, de medidas 450x550x148 mm 48 módulos incluyendo todos los complementos necesarios. 30 % de reserva	1	212,73	212,73
Unidad	Interruptor magnetotérmico Marca: Schneider Electric Poder de corte: 6 KA, curva C, III+N Calibre 50 A	1	68,52	68,52
Unidad	Interruptor magnetotérmico Marca: Schneider Electric Poder de corte: 6 KA, curva D, III+N Calibre 6 A	3	54,96	164,88
Unidad	Interruptor magnetotérmico Marca: Schneider Electric Poder de corte: 6 KA, curva D, III+N Calibre 16 A	2	59,45	118,9
Unidad	Interruptor diferencial Marca: Schneider Electric Calibre: 25A Sensibilidad: 30 mA 4 polos	5	123,48	617,4
Unidad	Unidades Extintor de CO2, material extintor no conductor de la corriente eléctrica.	1	36,12	36,12
Unidad	Mano de obra. Incluso elementos necesarios para su montaje. Totalmente instalado	11	15,3	168,3
<b>TOTAL</b>				<b>1386,85</b>

## 5.2.3. Cuadro Auxiliar 2

Unidad	Descripción	Cantidad	Precio unidad (€)	Total (€)
Unidad	Armario Cofret Merlin Gerin, de medidas 450x550x148 mm 48 módulos incluyendo todos los complementos necesarios. 30 % de reserva	1	212,73	212,73

Unidad	Interruptor magnetotérmico Marca: Schneider Electric Poder de corte: 6 KA, curva C, III+N Calibre 40 A	1	48,72	48,72
Unidad	Interruptor magnetotérmico Marca: Schneider Electric Poder de corte: 6 KA, curva D, III+N Calibre 6 A	2	54,96	109,92
Unidad	Interruptor magnetotérmico Marca: Schneider Electric Poder de corte: 6 KA, curva D, III+N Calibre 16 A	2	59,45	118,9
Unidad	Interruptor diferencial Marca: Schneider Electric Calibre: 25A Sensibilidad: 30 mA 4 polos	4	123,48	493,92
Unidad	Unidades Extintor de CO2, material extintor no conductor de la corriente eléctrica.	1	36,12	36,12
Unidad	Mano de obra. Incluso elementos necesarios para su montaje. Totalmente instalado	11	15,3	168,3
<b>TOTAL</b>				<b>1188,61</b>

## 5.2.4. Cuadro Auxiliar 3

Unidad	Descripción	Cantidad	Precio unidad (€)	Total (€)
Unidad	Armario Cofret Merlin Gerin, de medidas 450x550x148 mm 48 módulos incluyendo todos los complementos necesarios. 30 % de reserva	1	212,73	212,73
Unidad	Interruptor magnetotérmico Marca: Schneider Electric Poder de corte: 6 KA, curva C, III+N Calibre 80 A	1	78,41	78,41
Unidad	Interruptor magnetotérmico Marca: Schneider Electric Poder de corte: 6 KA, curva D, III+N Calibre 32 A	3	63,47	190,41

## 5. Presupuesto

Unidad	Interruptor diferencial Marca: Schneider Electric Calibre: 32A Sensibilidad: 30 mA 4 polos	3	123,48	370,44
Unidad	Unidades Extintor de CO2, material extintor no conductor de la corriente eléctrica.	1	36,12	36,12
Unidad	Mano de obra. Incluso elementos necesarios para su montaje. Totalmente instalado	11	15,3	168,3
<b>TOTAL</b>				<b>1056,41</b>

### 5.2.5. Cuadro Auxiliar 4

Unidad	Descripción	Cantidad	Precio unidad (€)	Total (€)
Unidad	Armario Cofret Merlin Gerin, de medidas 450x550x148 mm 48 módulos incluyendo todos los complementos necesarios. 30 % de reserva	1	212,73	212,73
Unidad	Interruptor magnetotérmico Marca: Schneider Electric Poder de corte: 10 KA, curva C, III+N Calibre 250 A	1	94,58	94,58
Unidad	Interruptor magnetotérmico Marca: Schneider Electric Poder de corte: 10 KA, curva D, III+N Calibre 100 A	2	84,75	169,5
Unidad	Interruptor magnetotérmico Marca: Schneider Electric Poder de corte: 10 KA, curva D, III+N Calibre 32 A	1	78,96	78,96
Unidad	Interruptor magnetotérmico Marca: Schneider Electric Poder de corte: 10 KA, curva D, III+N Calibre 10 A	1	76,88	76,88
Unidad	Interruptor diferencial Marca: Schneider Electric Calibre: 100A Sensibilidad: 300 mA 4 polos	2	123,48	246,96

## 5. Presupuesto

Unidad	Interruptor diferencial Marca: Schneider Electric Calibre: 25A Sensibilidad: 300 mA 4 polos	1	132,41	132,41
Unidad	Interruptor diferencial Marca: Schneider Electric Calibre: 32A Sensibilidad: 30 mA 4 polos	1	68,87	68,87
Unidad	Unidades Extintor de CO2, material extintor no conductor de la corriente eléctrica.	1	36,12	36,12
Unidad	Mano de obra. Incluso elementos necesarios para su montaje. Totalmente instalado	11	15,3	168,3
<b>TOTAL</b>				<b>1285,31</b>

### 5.2.6. Cuadro Auxiliar 5

Unidad	Descripción	Cantidad	Precio unidad (€)	Total (€)
Unidad	Armario Cofret Merlin Gerin, de medidas 450x550x148 mm 48 módulos incluyendo todos los complementos necesarios. 30 % de reserva	1	212,73	212,73
Unidad	Interruptor magnetotérmico Marca: Schneider Electric Poder de corte: 15 KA, curva C, III+N Calibre 250 A	1	96,58	96,58
Unidad	Interruptor magnetotérmico Marca: Schneider Electric Poder de corte: 15 KA, curva D, III+N Calibre 80 A	1	89,75	89,75
Unidad	Interruptor magnetotérmico Marca: Schneider Electric Poder de corte: 15 KA, curva D, III+N Calibre 50 A	2	86,41	172,82
Unidad	Interruptor magnetotérmico Marca: Schneider Electric Poder de corte: 15 KA, curva D, III+N Calibre 10 A	1	76,88	76,88

## 5. Presupuesto

Unidad	Interruptor magnetotérmico Marca: Schneider Electric Poder de corte: 15 KA, curva D, III+N Calibre 6 A	2	71,85	143,7
Unidad	Interruptor magnetotérmico Marca: Schneider Electric Poder de corte: 15 KA, curva D, III+N Calibre 16 A	1	77,49	77,49
Unidad	Interruptor magnetotérmico Marca: Schneider Electric Poder de corte: 15 KA, curva D, III+N Calibre 32 A	1	79,29	79,29
Unidad	Interruptor diferencial Marca: Schneider Electric Calibre: 80A Sensibilidad: 300 mA 4 polos	1	153,58	153,58
Unidad	Interruptor diferencial Marca: Schneider Electric Calibre: 63A Sensibilidad: 300 mA 4 polos	1	145,88	145,88
Unidad	Interruptor diferencial Marca: Schneider Electric Calibre: 25A Sensibilidad: 300 mA 4 polos	1	132,41	132,41
Unidad	Interruptor diferencial Marca: Schneider Electric Calibre: 32A Sensibilidad: 30 mA 4 polos	1	68,87	68,87
Unidad	Unidades Extintor de CO2, material extintor no conductor de la corriente eléctrica.	1	36,12	36,12
Unidad	Mano de obra. Incluso elementos necesarios para su montaje. Totalmente instalado	11	15,3	168,3
<b>TOTAL</b>				<b>1654,4</b>

### 5.2.7. Resumen capítulo de protecciones

<b>Presupuesto total capítulo II</b>	<b>Importe</b>
--------------------------------------	----------------

	(€)
Cuadro general de distribución (C.G.P)	8392,26
Cuadro auxiliar 1	1386,85
Cuadro auxiliar 2	1188,61
Cuadro auxiliar 3	1056,41
Cuadro auxiliar 4	1285,31
Cuadro auxiliar 5	1654,40
<b>TOTAL</b>	<b>14963,84</b>

### 5.3. CAPITULO III: CONDUCTORES TUBOS Y BANDEJAS

#### 5.3.1. Conductores

Unidad	Descripción	Cantidad	Precio unidad (€)	Total (€)
Metro lineal	Cable RV-K 0,6/ 1 kV Flexible Marca: General Cable (1x400 mm <sup>2</sup> ) Cobre	54,12	62,3	3371,68
Metro lineal	Cable RV-K 0,6/ 1 kV Flexible Marca: General Cable (1x180 mm <sup>2</sup> ) Cobre	27,02	48,75	1317,23
Metro lineal	Cable RV-K 0,6/ 1 kV Flexible Marca: General Cable (1x6 mm <sup>2</sup> ) Cobre	54,65	2,63	143,73
Metro lineal	Cable RZ1-K(AS+) 0,6/ 1 kV Flexible Marca: General Cable (1x4 mm <sup>2</sup> ) Cobre	98,25	2,138	210,06
Metro lineal	Cable RZ1-K(AS+) 0,6/ 1 kV Flexible Marca: General Cable (1x6 mm <sup>2</sup> ) Cobre	113,25	2,928	331,60
Metro lineal	Cable RV-K 0,6/ 1 kV Flexible Marca: General Cable (1x1,5 mm <sup>2</sup> ) Cobre	662,65	1,156	766,02
Metro lineal	Cable RV-K 0,6/ 1 kV Flexible Marca: General Cable (1x2,5 mm <sup>2</sup> ) Cobre	190,74	1,318	251,40
Metro lineal	Cable RV-K 0,6/ 1 kV Flexible Marca: General Cable (1x35 mm <sup>2</sup> ) Cobre	56,15	13,832	776,67

## 5. Presupuesto

Metro lineal	Cable RV-K 0,6/ 1 kV Flexible Marca: General Cable (1x10 mm <sup>2</sup> ) Cobre	46,75	4,2	196,35
Metro lineal	Cable RV-K 0,6/ 1 kV Flexible Marca: General Cable (1x4 mm <sup>2</sup> ) Cobre	151,35	1,854	280,60
Metro lineal	Cable RZ1-K(AS+) 0,6/ 1 kV Flexible Marca: General Cable (1x1,5 mm <sup>2</sup> ) Cobre	661,68	1,526	1009,72
Horas	Mano de obra. Incluso elementos necesarios para su montaje. Totalmente instalado	85	24,8	2108,00
<b>TOTAL</b>				<b>10763,0471</b>

### 5.3.2. Tubos

Unidad	Descripción	Cantidad	Precio unidad (€)	Total (€)
Metros	Metros de tubo de PVC flexible de 16 mm de diámetro. Incluye fijaciones y material complementario. Totalmente instalado.	533,98	0,48	256,31
Metros	Metros de tubo de PVC flexible de 20 mm de diámetro. Incluye fijaciones y material complementario. Totalmente instalado.	874,42	0,95	830,69
Metros	Metros de tubo de PVC flexible de 25 mm de diámetro. Incluye fijaciones y material complementario. Totalmente instalado.	451,96	1,2	542,35
Metros	Metros de tubo de PVC flexible de 32 mm de diámetro. Incluye fijaciones y material complementario. Totalmente instalado.	119,4	1,5	179,1
Metros	Metros de tubo de PVC flexible de 40 mm de diámetro. Incluye fijaciones y material complementario. Totalmente instalado.	12,8	1,7	21,76

Metros	Metros de tubo de PVC flexible de 50 mm de diámetro. Incluye fijaciones y material complementario. Totalmente instalado.	120,6	1,95	235,17
Metros	Metros de tubo de PVC flexible de 63 mm de diámetro. Incluye fijaciones y material complementario. Totalmente instalado.	152,83	2,17	331,64
Metros	Metros de tubo de PVC flexible de 225 mm de diámetro. Incluye fijaciones y material complementario. Totalmente instalado.	98,6	2,39	235,65
Horas	Mano de obra. Incluso elementos necesarios para su montaje. Totalmente instalado	20	24,8	496
<b>TOTAL</b>				<b>13395,7171</b>

## 5.3.3. Canales

Unidad	Descripción	Cantidad	Precio unidad (€)	Total (€)
Unidad	M.l.Bandeja metálica de rejilla galvanizada en caliente REJIBAND de 150x60, incluso p.p. de uniones, soportes, fijaciones y mano de obra de instalación.	188,41	12	2260,92
Unidad	M.l.Bandeja metálica de rejilla galvanizada en caliente REJIBAND de 54x50, incluso p.p. de uniones, soportes, fijaciones y mano de obra de instalación.	166,5	9,7	1615,05
Metros	Mano de obra. Incluso elementos necesarios para su montaje. Totalmente instalado	8	24,8	198,40
<b>TOTAL</b>				<b>4074,37</b>

## 5.3.4. Resumen capítulo conductores, tubos y canalizaciones

Presupuesto total capítulo III	Importe (€)
Conductores	10763,0471
Tubos	13395,7171
Canalizaciones	4074,37
<b>TOTAL</b>	<b>28233,1342</b>

## 5.4. CAPITULO IV: PUESTA A TIERRA

Unidad	Descripción	Cantidad	Precio unidad (€)	Total (€)
Unidad	Pica de tierra de 2 metros de longitud de acero-cobre. Incluida soldadura aluminotérmica CADWEL a la red de tierra, otros accesorios y mano de obra.	4	12,32	49,28
Unidad	Arqueta de registro de instalación de tierra con tapa de registro URIARTE TR-230, recibida en hormigón HM-20-E-40-2B de espesor 25 cm y 80 cm de profundidad. Incluso mano de obra.	4	26,27	105,08
Metros lineales	Red de tierra constituida con cable de cobre desnudo de 50 mm <sup>2</sup> de sección. Incluida parte proporcional de soldadura aluminotérmica CADWEL a la estructura metálica, empalmes y mano de obra.	90,96	6,15	559,404
Unidad	Pica de tierra de 2 metros de longitud de acero-cobre. Incluida soldadura aluminotérmica CADWEL a la red de tierra, otros accesorios y mano de obra.	4	12,32	49,28
Unidad	Conexión eléctrica entre cable de tierra y pilares metálicos, de marca CADWELL o similar, con soldadura aluminotérmica, incluyendo mano de obra.	10	5,48	54,8
Unidad	Caja de seccionamiento de tierra URIARTE CCST-50 con pletina de seccionamiento y bornes de conexión. Incluidos accesorios y mano de obra.	1	21,63	21,63
<b>TOTAL</b>				<b>839,474</b>

## 5. Presupuesto

### 5.5. CAPITULO V: ALUMBRADO

#### 5.5.1. Alumbrado interior nave industrial

Unidad	Descripción	Cantidad	Precio unidad (€)	Total (€)
Unidad	Luminaria Philips - DN125B D234 PSR WH + Lámpara Philips - 1xLED20S/840 (24W)	13	84,00	1092
Unidad	Luminaria Philips - RC120B W60L60 + Lámpara Philips - 1xLED37S/840 (42W)	64	198,00	12672
Unidad	Luminaria Philips - BBG520 MB ACT + Lámpara Philips - 1xSLED800/840 (15W)	12	120,00	1440
Unidad	Luminaria Philips - BBS464 W60L60 AC-MLO-W + Philips - 1xLED48/840 (42W)	4	760,00	3040
Unidad	Luminaria Philips - CABANA2 BY150P + Philips - 1xHPI-P400W-BU (428W)	39	213,00	8307
Horas	Mano de obra. Incluso elementos necesarios para su montaje. Totalmente instalado	20	24,80	496
<b>TOTAL</b>				<b>27047</b>

#### 5.5.2. Alumbrado de emergencia nave industrial

Unidad	Descripción	Cantidad	Precio unidad (€)	Total (€)
Unidad	Proyector de emergencia y señalización Legrand; Ref: 6608 43; 2x65 W;	2	914,39	1828,78
Unidad	Lámpara de emergencia y señalización Legrand; Ref: 6622 07 (6W)	64	63,00	4032
Unidad	Lámpara de emergencia y señalización Legrand; Ref: 6622 24 (8W)	8	76,00	608
Unidad	Carteles de señalización con la palabra "SALIDA"	15	2,29	34,35
Horas	Mano de obra. Incluso elementos necesarios para su montaje. Totalmente instalado	20	24,80	496
<b>TOTAL</b>				<b>6999,13</b>

## 5. Presupuesto

### 5.5.3. Alumbrado exterior nave industrial

Unidad	Descripción	Cantidad	Precio unidad (€)	Total (€)
Unidad	Lámpara exterior Philips MVF480 2xSON-TPP400W - NB + Lámparas 2x SONTTP400W.	12	914,39	10972,68
Horas	Mano de obra. Incluso elementos necesarios para su montaje. Totalmente instalado	24	63,00	1512
<b>TOTAL</b>				<b>12484,68</b>

### 5.5.4. Resumen capítulo alumbrado

Presupuesto total capítulo V	Importe (€)
Luminarias interior nave	27047
Luminarias de emergencia	6999,13
Luminarias exterior nave	12484,68
<b>TOTAL</b>	<b>46530,81</b>

## 5.6. CAPITULO VI: TOMAS DE CORRIENTE, CONTACTORES Y ELEMENTOS VARIOS

Unidad	Descripción	Cantidad	Precio unidad (€)	Total (€)
Unidad	Toma de corriente F+N+T de 16ª con caja de empotrar, 230V. Marca: NIESSEN serie ARCO blanco alpino colocado y conexionado.	32	9,48	303,36
Unidad	2 T.C. 16A (blancas) + 1 T.C. SAI 16A (rojas) + voz + datos con caja para empotrar. Marca: CIMABOX colocado y conexionado.	25	24,98	624,5
Unidad	Cofret compuesta por 2 tomas de corriente F+N+T de 16A y 1 toma de corriente de 3F+N+T de 16 A Marca: Merlin Gerin colocado y conexionado.	4	57,27	229,08
Unidad	Pulsador luminoso de empotrar completo NIESSEN serie ARCO blanco alpino colocado y conexionado.	22	11,25	247,5

## 5. Presupuesto

Unidad	Ud. S.A.I. monofásica de 2KVA totalmente instalado y programado con las siguientes características: Marca: SALICRU Autonomía: 10 minutos. Tecnología ON-LINE doble conversión PWM, BYPASS estático y manual. SOFTWARE de comunicaciones. Entrada 230V+10% -15%. Salida 230V +-5%. Frecuencia 50Hz.	2	332,00	664
<b>TOTAL</b>				<b>2068,44</b>

### 5.7. CAPITULO VII: CENTRO DE TRANSFORMACIÓN

#### 5.7.1. Obra civil

Unidad	Descripción	Cantidad	Precio unidad (€)	Total (€)
Horas	Excavación de foso para alojar el edificio prefabricado, apertura por medios mecánicos, en cualquier tipo de terreno, de 6,08 m de largura, 2,38 m de anchura y 0,56 m de profundidad, retirada productos de la excavación y transporte a vertedero. Incluidos accesorios y mano de obra.	24	35,40	849,6
<b>TOTAL</b>				<b>849,6</b>

#### 5.7.2. Caseta del centro de transformación

Unidad	Descripción	Cantidad	Precio unidad (€)	Total (€)
Horas	Edificio de hormigón prefabricado Marca: ORMAZABAL Modelo: PFU-5. Incluyendo transporte y montaje.	1	8753,49	8753,49
<b>TOTAL</b>				<b>8753,49</b>

## 5.7.3. Transformador

Unidad	Descripción	Cantidad	Precio unidad (€)	Total (€)
Horas	Transformador trifásico, con neutro accesible en el secundario, de potencia 630 kVA, refrigeración natural de aceite, de tensión 13,2/0,4 kV, grupo de conexión Dyn11, tensión de cortocircuito 4 % y regulación primaria de 2.5 %, 5 %, 7,5%, 10%. Medidas del transformador: 1622mm de largo, 962mm de ancho y 1092 de alto, de 1750kg de peso total. Incluyendo transporte y montaje.	1	9674,00	9674,00
<b>TOTAL</b>				<b>9674,00</b>

## 5.7.4. Aparamenta media tensión

Unidad	Descripción	Cantidad	Precio unidad (€)	Total (€)
Unidad	<p>CELDA DE LÍNEA DE ENTRADA:            Celda CGM-CML-24            Marca: ORMAZABAL.            Celda dotada con un interruptor seccionador de tres posiciones, permite comunicar el embarrado de conjunto de celdas con los cables, cortar la corriente asignada, seccionar esta unión o poner a tierra simultáneamente las tres bornas de los cables de Media Tensión.            Características eléctricas:  <math>V_n = 24 \text{ kV}</math>, <math>I_n = 400 \text{ A}</math>            Características físicas:            Ancho = 370 mm, Alto = 1800 mm,            Fondo = 850 mm, Peso = 135kg            Se incluye en el precio: transporte, montaje y conexión.</p>	1	1245,00	1245

Unidad	<p>CELDA DE MEDIDA: Celda CGM-CMM-24 Marca: ORMAZABAL. Celda dotada con transformadores de tensión. Características eléctricas: Vn = 24 KV. Características físicas: Ancho = 800 mm, Alto = 1800 mm, Fondo = 1025 mm, Peso = 180 Kg. Se incluye en el precio: transporte, montaje y conexión.</p>	1	4356,00	4356
Unidad	<p>CELDA DE PROTECCIÓN CON FUSIBLES: Celda CGM-CMP-F-24 Marca: ORMAZABAL. Celda dotada con un interruptor-seccionador de tres posiciones, cortar la corriente asignada, seccionar esta unión o poner a tierra simultáneamente las tres bornas de los cables de Media Tensión, incluye la protección con fusibles permitiendo su asociación o combinación con el interruptor. Características eléctricas: Vn = 24 kV, In = 400 A Características físicas: Ancho = 420 mm, Alto = 1800 mm, Fondo = 850 mm, Peso = 125Kg. Incluye tres fusibles limitadores de 24 KV y 63 A. Se incluye en el precio: transporte, montaje y conexión.</p>	1	4050,00	4050
Metro lineal	<p>Cable V-K 0,6/ 1 kV Flexible Marca: General Cable (1x2,5 mm<sup>2</sup>) Cobre</p>	18	1,66	29,916
Metro lineal	<p>Cable V-K 0,6/ 1 kV Flexible Marca: General Cable (1x1,5 mm<sup>2</sup>) Cobre</p>	30	1,45	43,38
Metro lineal	<p>Tubo de termoplástico de PVC corrugado, de 16 mm de color negro, temperatura máxima de instalación 20° C.</p>	3	0,25	0,75
Unidad	Extintor	1	195,85	195,85
Unidad	Par de guantes aislantes hasta 24 kV	1	113,75	113,75
Unidad	Taburete aislante hasta 24 kV	1	68,47	68,47

## 5. Presupuesto

Unidad	Placa con simbología: "peligro de muerte"	1	27,18	27,18
Unidad	Placa con simbología: "primeros auxilios"	1	17,38	17,38
Unidad	Cuadro de baja tensión	1	490,71	490,71
Unidad	Cuadro de contadores	1	3452,51	3452,51
Horas	Mano de obra. Incluso elementos necesarios para su montaje. Totalmente instalado.	8	14,30	114,4
<b>TOTAL</b>				<b>1245</b>

### 5.7.5. Aparamenta baja tensión

Unidad	Descripción	Cantidad	Precio unidad (€)	Total (€)
Unidad	Armario Cofret metálico de distribución Marca: Merlin Gerin con puerta metálica de 12 módulos. Dimensiones: 310 x 344 x 90 30 % de reserva.	1	55,56	55,56
Unidad	Interruptor magnetotérmico Marca: ABB Poder de corte: 25 KA, curva B, 3F+N Calibre 1000 A	1	2541,85	2541,85
Unidad	Interruptor magnetotérmico Marca: ABB Poder de corte: 25 KA, curva C, F+N Calibre 25 A	1	117,81	117,81
Unidad	Interruptor diferencial Marca: ABB Calibre: 25A Sensibilidad: 30 mA 2 polos	1	192,95	192,95
Metro lineal	Cable V-K 0,6/ 1 kV Flexible Marca: General Cable (1x2,5 mm <sup>2</sup> ) Cobre	18	1,66	29,916
Metro lineal	Cable V-K 0,6/ 1 kV Flexible Marca: General Cable (1x1,5 mm <sup>2</sup> ) Cobre	30	1,45	43,38
Metro lineal	Tubo de termoplástico de PVC corrugado, de 16 mm de color negro, temperatura máxima de instalación 20° C.	3	0,25	0,75

## 5. Presupuesto

Unidad	Extintor	1	195,85	195,85
Unidad	Par de guantes aislantes hasta 24kV	1	113,75	113,75
Unidad	Taburete aislante hasta 24 kV	1	68,47	68,47
Unidad	Placa con simbología: "peligro de muerte"	1	27,18	27,18
Unidad	Placa con simbología: "primeros auxilios"	1	17,38	17,38
Unidad	Placa con simbología: "5 reglas de oro"	1	12,40	12,4
Unidad	Cuadro de baja tensión	1	490,71	490,71
Unidad	Cuadro de contadores	1	3452,51	3452,51
Horas	Mano de obra. Incluso elementos necesarios para su montaje. Totalmente instalado.	8	14,30	114,4
<b>TOTAL</b>				<b>7474,866</b>

### 5.7.6. Puesta a tierra del centro de transformación

Unidad	Descripción	Cantidad	Precio unidad (€)	Total (€)
Unidad	Tierra de protección del centro de transformación realizada en anillo de 7 x 6 m a 0,5 m de profundidad con conductor desnudo de cobre de 50 mm <sup>2</sup> y 4 picas de acero recubierto de cobre de 14 mm de diámetro y 6 metros de largo. Incluso línea de tierra interior formada por conductor de cobre desnudo de 50 mm <sup>2</sup> . Incluso arquetas de registro y caja de seccionamiento. Incluso soldadura aluminotérmica y otros elementos para conexión. Totalmente instalada y conexionada.	1	2600,00	2600
Unidad	Tierra de servicio realizada en hilera con 18 m de conductor de cobre desnudo de 50 mm <sup>2</sup> uniendo 4 picas de 14 mm de diámetro y 2m de longitud separada 4 m entre sí a 0,5 m de profundidad, unido al centro de transformación por conductor de cobre de 50 mm <sup>2</sup> RV-K 0,6/1 KV. Incluso arqueta de registro y caja de seccionamiento. Incluso elementos de conexión. Totalmente instalado y conexionado.	1	1553,75	1553,75
<b>TOTAL</b>				<b>4153,75</b>

## 5. Presupuesto

### 5.7.7. Resumen capítulo centro transformación

Presupuesto total capítulo VII	Importe (€)
Obra civil	849,60
Caseta centro de transformación	8753,49
Transformador	9674,00
Aparamenta Media tensión	9651,00
Aparamenta Baja tensión	7474,87
Puesta a tierra	4153,75
<b>TOTAL</b>	<b>19277,09</b>

### 5.8. CAPITULO VIII: COMPENSACION DE ENERGIA

Unidad	Descripción	Cantidad	Precio unidad (€)	Total (€)
Unidad	Batería de compensación automática, 100 KVAR Incluído conexionado y puesta en marcha. Marca: Legrand Modelo: ES2:4RY0100-3NP40, 400V. 10 + 20 + 30 + 40 KVAR/50Hz Dimensiones: 705x710x260	1	2600,00	2600
<b>TOTAL</b>				<b>2600</b>

### 5.9. CAPÍTULO IX: EQUIPO DE SEGURIDAD Y SALUD

Unidad	Descripción	Cantidad	Precio unidad (€)	Total (€)
Unidad	Casco de seguridad dieléctrico con pantalla para protección de descargas eléctricas, amortizable en 5 usos.	5	3,73	18,65
Unidad	Arnés de seguridad con amarre dorsal + amarre torsal + amarre lateral, acolchado y cinturón giro 180° para trabajos de electricidad, fabricado con fibra de nylon de 45 mm y elementos metálicos de acero inoxidable, amortizable en 5 obras. Certificado CE.	3	54,45	163,35
Unidad	Placa señalización- información en PVC serigrafiado de 50x30 cm, fijada mecánicamente, amortizable en 3 usos, incluso colocación y desmontaje.	1	3,43	3,43

Unidad	Señal triangular y soporte Señal de seguridad triangular de L= 70 cm, normalizada, con trípode tubular, amortizable en 5 usos, colocación y desmontaje según RD. 485/97.	1	15,96	15,96
Unidad	Gafas protectoras contra impactos, incoloras, amortizables en 3 usos.	5	3,14	15,7
Unidad	Gafas antipolvo antiempañables, panorámicas, amortizables en 3 usos.	5	0,81	4,05
Unidad	Cascos protectores auditivos Protectores auditivos con arnés a la nuca, amortizables en tres usos. Certificado CE.	10	3,12	31,2
Unidad	Juego de tapones antirruído de silicona ajustables. Certificado CE.	15	1,41	21,15
Unidad	Faja protección lumbar, amortizable en 4 usos. Certificado CE.	3	2,8	8,4
Unidad	Chaleco de trabajo de poliéster algodón, amortizable en un uso. Certificado CE.	10	13,5	135
Unidad	Par de rodilleras ajustables de protección ergonómica, amortizable en tres usos. Certificado CE.	3	2,63	7,89
Unidad	Cinturón portaherramientas amortizable en 4 usos.	5	5,89	29,45
Unidad	Mono de trabajo, de una pieza de poliéster- algodón, amortizable en un uso. Certificado CE.	5	15,29	76,45
Unidad	Par guantes de uso general de lona y cerraje. Certificado CE.	15	1,4	21
Unidad	Par de botas de seguridad con puntera metálica para refuerzo y plantillas de acero flexibles, para riesgos de perforación, amortizable en tres usos. Certificado CE.	10	9,32	93,2
Metros lineales	Cinta balizamiento bicolor rojo- blanco de material plástico, incluso colocación y desmontaje.	25	0,62	15,5

## 5. Presupuesto

Unidad	Lámpara portátil de mano, con cesto protector y mango aislante, amortizable en tres usos.	3	3,45	10,35
Unidad	Extintor de polvo ABC 6 Kg. PR. INC Extintor de polvo químico ABC polivalente antibrasa de eficacia 34A/233B, de 6 Kg. de agente extintor, con soporte, manómetro comprobable y boquilla con difusor, según norma UNE 23110. Medida la unidad instalada.	3	22,85	68,55
<b>TOTAL</b>				<b>739,28</b>

### 5.10. RESUMEN TOTAL DEL PRESUPUESTO

ORDEN	DESCRIPCIÓN	TOTAL (€)
Capítulo I	Acometida	3676,95
Capítulo II	Protecciones	14963,84
Capítulo III	Conductores, tubos y canalizaciones	28233,13
Capítulo IV	Puesta a tierra	839,47
Capítulo V	Alumbrado	46530,81
Capítulo VI	Tomas de corriente y elementos varios	2068,44
Capítulo VII	Centro de transformación	19277,09
Capítulo VIII	Compensación de energía reactiva	2600,00
Capítulo IX	Seguridad y salud	739,28
<b>TOTAL</b>	<b>Presupuesto de ejecución material</b>	<b>118929,02</b>
	Gastos generales (5%)	5946,45
	Beneficio industrial (10%)	11892,90
<b>TOTAL</b>	<b>Presupuesto de ejecución por contrata sin I.V.A</b>	<b>136768,37</b>
	I.V.A (21%)	28721,36
<b>TOTAL</b>	<b>Presupuesto de ejecución por contrata con I.V.A.</b>	<b>165489,73</b>
	Redacción del proyecto (4%)	5470,73
	Dirección del proyecto (4%)	5470,73
	I.V.A. Honorarios (21%)	2297,71
<b>TOTAL</b>	<b>Presupuesto total</b>	<b>178728,91</b>

El presupuesto total de ejecución por contrata asciende a la cantidad de: **Ciento setenta y ocho mil setecientos veintiocho con noventa y un céntimos de euro.**

**Pamplona, Julio 2014**

**Itxaro Matxain Rodriguez**



# ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación:

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL ELÉCTRICO

Título del proyecto:

INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA NAVE INDUSTRIAL  
EN BAJA TENSIÓN CON CENTRO DE TRANSFORMACIÓN

ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD

Itxaro Matxain Rodriguez

José Javier Crespo Ganuza

Pamplona, Julio de 2014

## 6. ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD

### ÍNDICE:

6.	Estudio Básico de seguridad y salud.....	1
6.1.	Prevencion de riesgos laborales .....	2
6.1.1.	Introducción.....	2
6.1.2.	Derechos y obligaciones.....	2
6.1.3.	Servicios de prevención.....	6
6.1.4.	Consulta y participación de los trabajadores.....	7
6.2.	Disposiciones minimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo .....	8
6.2.1.	Introducción.....	8
6.2.2.	Obligaciones del empresario .....	8
6.3.	Disposiciones minimas en materia de señalizacion de seguridad y salud .	12
6.3.1.	Introducción.....	12
6.3.2.	Obligación general del empresario.....	12
6.4.	Disposiciones minimas para la utilizacion de los equipos de trabajo .....	13
6.4.1.	Introducción.....	13
6.4.2.	Obligación general del empresario.....	13
6.5.	Disposiciones minimas en las obras de construccion .....	18
6.5.1.	Introducción.....	18
6.5.2.	Estudio básico de seguridad y salud.....	19
6.5.3.	Disposiciones específicas de la ejecución de las obras .....	29
6.6.	Disposiciones minimas relativas a los EPIs .....	29
6.6.1.	Introducción.....	29
6.6.2.	Obligaciones generales del empresario .....	30

## **6.1. PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES**

### **6.1.1. Introducción**

La ley 31/1995, de 8 de noviembre de 1995, de Prevención de Riesgos Laborales tiene por objeto la determinación del cuerpo básico de garantías y responsabilidades preciso para establecer un adecuado nivel de protección de la salud de los trabajadores frente a los riesgos derivados de las condiciones de trabajo.

Como ley establece un marco legal a partir del cual las normas reglamentarias irán fijando y concretando los aspectos más técnicos de las medidas preventivas. Estas normas complementarias quedan resumidas a continuación:

- Disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.
- Disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.
- Disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.
- Disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción.
- Disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.

### **6.1.2. Derechos y obligaciones**

#### **6.1.2.1. Derecho a la protección frente a los riesgos laborales**

Los trabajadores tienen derecho a una protección eficaz en materia de seguridad y salud en el trabajo.

A este efecto, el empresario realizará la prevención de los riesgos laborales mediante la adopción de cuantas medidas sean necesarias para la protección de la seguridad y la salud de los trabajadores, con las especialidades que se recogen en los artículos siguientes en materia de evaluación de riesgos, información, consulta, participación y formación de los trabajadores, actuación en casos de emergencia y de riesgo grave e inminente y vigilancia de la salud.

#### **6.1.2.2. Principios de la acción preventiva**

El empresario aplicará las medidas preventivas pertinentes, con arreglo a los siguientes principios generales:

- Evitar los riesgos.
- Evaluar los riesgos que no se pueden evitar.
- Combatir los riesgos en su origen.
- Adaptar el trabajo a la persona, en particular en lo que respecta a la concepción de los puestos de trabajo, la organización del trabajo, las condiciones de trabajo, las relaciones sociales y la influencia de los factores ambientales en el trabajo.
- Adoptar medidas que antepongan la protección colectiva a la individual.
- Dar las debidas instrucciones a los trabajadores.

## 6. Estudio básico de seguridad y salud

- Adoptar las medidas necesarias a fin de garantizar que sólo los trabajadores que hayan recibido información suficiente y adecuada puedan acceder a las zonas de riesgo grave y específico.
- Prever las distracciones o imprudencias no temerarias que pudiera cometer el trabajador.

### 6.1.2.3. Evaluación de los riesgos

La acción preventiva en la empresa se planificará por el empresario a partir de una evaluación inicial de los riesgos para la seguridad y la salud de los trabajadores, que se realizará, con carácter general, teniendo en cuenta la naturaleza de la actividad, y en relación con aquellos que estén expuestos a riesgos especiales. Igual evaluación deberá hacerse con ocasión de la elección de los equipos de trabajo, de las sustancias o preparados químicos y del acondicionamiento de los lugares de trabajo.

De alguna manera se podrían clasificar las causas de los riesgos en las categorías siguientes:

- Insuficiente calificación profesional del personal dirigente, jefes de equipo y obreros.
- Empleo de maquinaria y equipos en trabajos que no corresponden a la finalidad para la que fueron concebidos o a sus posibilidades.
- Negligencia en el manejo y conservación de las máquinas e instalaciones. Control deficiente en la explotación.
- Insuficiente instrucción del personal en materia de seguridad.
- Referente a las máquinas herramienta, los riesgos que pueden surgir al manejarlas se pueden resumir en los siguientes puntos:
  - Se puede producir un accidente o deterioro de una máquina si se pone en marcha sin conocer su modo de funcionamiento.
  - La lubricación deficiente conduce a un desgaste prematuro por lo que los puntos de engrase manual deben ser engrasados regularmente.
  - Puede haber ciertos riesgos si alguna palanca de la máquina no está en su posición correcta.
  - El resultado de un trabajo puede ser poco exacto si las guías de las máquinas se desgastan, y por ello hay que protegerlas contra la introducción de virutas.
  - Puede haber riesgos mecánicos que se deriven fundamentalmente de los diversos movimientos que realicen las distintas partes de una máquina y que pueden provocar que el operario:
    - Entre en contacto con alguna parte de la máquina o ser atrapado entre ella y cualquier estructura fija o material.
    - Sea golpeado o arrastrado por cualquier parte en movimiento de la máquina.
    - Ser golpeado por elementos de la máquina que resulten proyectados.
    - Ser golpeado por otros materiales proyectados por la máquina.
  - Puede haber riesgos no mecánicos tales como los derivados de la utilización de energía eléctrica, productos químicos, generación de ruido, vibraciones, radiaciones, etc.
- Los movimientos peligrosos de las máquinas se clasifican en cuatro grupos:
  - Movimientos de rotación. Son aquellos movimientos sobre un eje con independencia de la inclinación del mismo y aun cuando giren lentamente. Se clasifican en los siguientes grupos:
    - Elementos considerados aisladamente tales como árboles de transmisión, vástagos, brocas, acoplamientos.

## 6. Estudio básico de seguridad y salud

- Puntos de atrapamiento entre engranajes y ejes girando y otras fijas o dotadas de desplazamiento lateral a ellas.
- Movimientos alternativos y de traslación. El punto peligroso se sitúa en el lugar donde la pieza dotada de este tipo de movimiento se aproxima a otra pieza fija o móvil y la sobrepasa.
- Movimientos de traslación y rotación. Las conexiones de bielas y vástagos con ruedas y volantes son algunos de los mecanismos que generalmente están dotadas de este tipo de movimientos.
- Movimientos de oscilación. Las piezas dotadas de movimientos de oscilación pendular generan puntos de "tijera" entre ellas y otras piezas fijas.
- Las actividades de prevención deberán ser modificadas cuando se aprecie por el empresario, como consecuencia de los controles periódicos previstos en el apartado anterior, su inadecuación a los fines de protección requeridos.

### 6.1.2.4. Equipos de trabajo y medios de protección

- Cuando la utilización de un equipo de trabajo pueda presentar un riesgo específico para la seguridad y la salud de los trabajadores, el empresario adoptará las medidas necesarias con el fin de que:
- La utilización del equipo de trabajo quede reservada a los encargados de dicha utilización.
- Los trabajos de reparación, transformación, mantenimiento o conservación sean realizados por los trabajadores específicamente capacitados para ello.
- El empresario deberá proporcionar a sus trabajadores equipos de protección individual adecuados para el desempeño de sus funciones y velar por el uso efectivo de los mismos.

### 6.1.2.5. Consulta y participación de los trabajadores

El empresario adoptará las medidas adecuadas para que los trabajadores reciban todas las informaciones necesarias en relación con:

- Los riesgos para la seguridad y la salud de los trabajadores en el trabajo.
- Las medidas y actividades de protección y prevención aplicables a los riesgos.

Los trabajadores tendrán derecho a efectuar propuestas al empresario, así como a los órganos competentes en esta materia, dirigidas a la mejora de los niveles de la protección de la seguridad y la salud en los lugares de trabajo, en materia de señalización en dichos lugares, en cuanto a la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo, en las obras de construcción y en cuanto a utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.

### 6.1.2.6. Formación de los trabajadores

El empresario deberá garantizar que cada trabajador reciba una formación teórica y práctica, suficiente y adecuada, en materia preventiva.

### 6.1.2.7. Medidas de Emergencia

El empresario, teniendo en cuenta el tamaño y la actividad de la empresa, así como la posible presencia de personas ajenas a la misma, deberá analizar las posibles situaciones de emergencia y adoptar las medidas necesarias en materia de primeros auxilios, lucha contra incendios y evacuación de los trabajadores, designando para ello al personal encargado de poner en práctica estas medidas y comprobando periódicamente, en su caso, su correcto funcionamiento.

#### **6.1.2.8. Riesgo grave e inminente**

Cuando los trabajadores estén expuestos a un riesgo grave e inminente con ocasión de su trabajo, el empresario estará obligado a:

- Informar lo antes posible a todos los trabajadores afectados acerca de la existencia de dicho riesgo y de las medidas adoptadas en materia de protección.
- Dar las instrucciones necesarias para que, en caso de peligro grave, inminente e inevitable, los trabajadores puedan interrumpir su actividad y además estar en condiciones, habida cuenta de sus conocimientos y de los medios técnicos puestos a su disposición, de adoptar las medidas necesarias para evitar las consecuencias de dicho peligro.

#### **6.1.2.9. Vigilancia de la salud**

El empresario garantizará a los trabajadores a su servicio la vigilancia periódica de su estado de salud en función de los riesgos inherentes al trabajo, optando por la realización de aquellos reconocimientos o pruebas que causen las menores molestias al trabajador y que sean proporcionales al riesgo.

#### **6.1.2.10. Documentación**

El empresario deberá elaborar y conservar a disposición de la autoridad laboral la siguiente documentación:

- Evaluación de los riesgos para la seguridad y salud en el trabajo, y planificación de la acción preventiva.
- Medidas de protección y prevención a adoptar.
- Resultado de los controles periódicos de las condiciones de trabajo.
- Práctica de los controles del estado de salud de los trabajadores.
- Relación de accidentes de trabajo y enfermedades profesionales que hayan causado al trabajador una incapacidad laboral superior a un día de trabajo.

#### **6.1.2.11. Coordinación de actividades empresariales**

Cuando en un mismo centro de trabajo desarrollen actividades trabajadores de dos o más empresas, éstas deberán cooperar en la aplicación de la normativa sobre prevención de riesgos laborales.

#### **6.1.2.12. Protección de trabajadores especialmente sensibles a determinados riesgos**

El empresario garantizará, evaluando los riesgos y adoptando las medidas preventivas necesarias, la protección de los trabajadores que, por sus propias características personales o estado biológico conocido, incluidos aquellos que tengan reconocida la situación de discapacidad física, psíquica o sensorial, sean específicamente sensibles a los riesgos derivados del trabajo.

#### **6.1.2.13. Protección de la maternidad**

La evaluación de los riesgos deberá comprender la determinación de la naturaleza, el grado y la duración de la exposición de las trabajadoras en situación de embarazo o parto reciente, a agentes, procedimientos o condiciones de trabajo que puedan influir negativamente en la salud de las trabajadoras o del feto, adoptando, en su caso, las medidas necesarias para evitar la exposición a dicho riesgo.

#### **6.1.2.14. Protección de los menores**

Antes de la incorporación al trabajo de jóvenes menores de dieciocho años, y previamente a cualquier modificación importante de sus condiciones de trabajo, el empresario deberá efectuar una evaluación de los puestos de trabajo a desempeñar por los mismos, a fin de determinar la naturaleza, el grado y la duración de su exposición, teniendo especialmente en cuenta los riesgos derivados de su falta de experiencia, de su inmadurez para evaluar los riesgos existentes o potenciales y de su desarrollo todavía incompleto.

#### **6.1.2.15. Relaciones de trabajo temporales de duración determinada y en empresas de trabajo temporal**

Los trabajadores con relaciones de trabajo temporales o de duración determinada, así como los contratados por empresas de trabajo temporal, deberán disfrutar del mismo nivel de protección en materia de seguridad y salud que los restantes trabajadores de la empresa en la que prestan sus servicios.

#### **6.1.2.16. Obligaciones de los trabajadores en materia de prevención de riesgos**

Corresponde a cada trabajador velar, según sus posibilidades y mediante el cumplimiento de las medidas de prevención que en cada caso sean adoptadas, por su propia seguridad y salud en el trabajo y por la de aquellas otras personas a las que pueda afectar su actividad profesional, a causa de sus actos y omisiones en el trabajo, de conformidad con su formación y las instrucciones del empresario.

Los trabajadores, con arreglo a su formación y siguiendo las instrucciones del empresario, deberán en particular:

- Usar adecuadamente, de acuerdo con su naturaleza y los riesgos previsibles, las máquinas, aparatos, herramientas, sustancias peligrosas, equipos de transporte y, en general, cualesquiera otros medios con los que desarrollen su actividad.
- Utilizar correctamente los medios y equipos de protección facilitados por el empresario.
- No poner fuera de funcionamiento y utilizar correctamente los dispositivos de seguridad existentes.
- Informar de inmediato un riesgo para la seguridad y la salud de los trabajadores.
- Contribuir al cumplimiento de las obligaciones establecidas por la autoridad competente.

#### **6.1.3. Servicios de prevención**

##### **6.1.3.1. Protección y prevención de riesgos profesionales**

En cumplimiento del deber de prevención de riesgos profesionales, el empresario designará uno o varios trabajadores para ocuparse de dicha actividad, constituirá un servicio de prevención o concertará dicho servicio con una entidad especializada ajena a la empresa.

Los trabajadores designados deberán tener la capacidad necesaria, disponer del tiempo y de los medios precisos y ser suficientes en número, teniendo en cuenta el tamaño de la empresa, así como los riesgos a que están expuestos los trabajadores.

En las empresas de menos de seis trabajadores, el empresario podrá asumir personalmente las funciones señaladas anteriormente, siempre que desarrolle de forma habitual su actividad en el centro de trabajo y tenga capacidad necesaria.

El empresario que no hubiere concertado el Servicio de Prevención con una entidad especializada ajena a la empresa deberá someter su sistema de prevención al control de una auditoría o evaluación externa.

### **6.1.3.2. Servicios de prevención**

Si la designación de uno o varios trabajadores fuera insuficiente para la realización de las actividades de prevención, en función del tamaño de la empresa, de los riesgos a que están expuestos los trabajadores o de la peligrosidad de las actividades desarrolladas, el empresario deberá recurrir a uno o varios servicios de prevención propios o ajenos a la empresa, que colaborarán cuando sea necesario.

Se entenderá como servicio de prevención el conjunto de medios humanos y materiales necesarios para realizar las actividades preventivas a fin de garantizar la adecuada protección de la seguridad y la salud de los trabajadores, asesorando y asistiendo para ello al empresario, a los trabajadores y a sus representantes y a los órganos de representación especializados.

### **6.1.4. Consulta y participación de los trabajadores**

#### **6.1.4.1. Consulta de los trabajadores**

El empresario deberá consultar a los trabajadores, con la debida antelación, la adopción de las decisiones relativas a:

- La planificación y la organización del trabajo en la empresa y la introducción de nuevas tecnologías, en todo lo relacionado con las consecuencias que éstas pudieran tener para la seguridad y la salud de los trabajadores.
- La organización y desarrollo de las actividades de protección de la salud y prevención de los riesgos profesionales en la empresa, incluida la designación de los trabajadores encargados de dichas actividades o el recurso a un servicio de prevención externo.
- La designación de los trabajadores encargados de las medidas de emergencia.
- El proyecto y la organización de la formación en materia preventiva.

#### **6.1.4.2. Derechos de participación y representación**

Los trabajadores tienen derecho a participar en la empresa en las cuestiones relacionadas con la prevención de riesgos en el trabajo.

En las empresas o centros de trabajo que cuenten con seis o más trabajadores, la participación de éstos se canalizará a través de sus representantes y de la representación especializada.

#### **6.1.4.3. Delegados de prevención**

Los Delegados de Prevención son los representantes de los trabajadores con funciones específicas en materia de prevención de riesgos en el trabajo. Serán designados por y entre los representantes del personal, con arreglo a la siguiente escala:

- De 50 a 100 trabajadores: 2 Delegados de Prevención.
- De 101 a 500 trabajadores: 3 Delegados de Prevención.
- De 501 a 1000 trabajadores: 4 Delegados de Prevención.
- De 1001 a 2000 trabajadores: 5 Delegados de Prevención.
- De 2001 a 3000 trabajadores: 6 Delegados de Prevención.
- De 3001 a 4000 trabajadores: 7 Delegados de Prevención.

- De 4001 en adelante: 8 Delegados de Prevención.

En las empresas de hasta treinta trabajadores el Delegado de Prevención será el Delegado de Personal. En las empresas de treinta y uno a cuarenta y nueve trabajadores habrá un Delegado de Prevención que será elegido por y entre los Delegados de Personal.

## **6.2. DISPOSICIONES MINIMAS DE SEGURIDAD Y SALUD EN LOS LUGARES DE TRABAJO**

### **6.2.1. Introducción**

La ley 31/1995, de 8 de noviembre de 1995, de Prevención de Riesgos Laborales es la norma legal por la que se determina el cuerpo básico de garantías y responsabilidades preciso para establecer un adecuado nivel de protección de la salud de los trabajadores frente a los riesgos derivados de las condiciones de trabajo.

De acuerdo con el artículo 6 de dicha ley, serán las normas reglamentarias las que fijarán y concretarán los aspectos más técnicos de las medidas preventivas, a través de normas mínimas que garanticen la adecuada protección de los trabajadores. Entre éstas se encuentran necesariamente las destinadas a garantizar la seguridad y la salud en los lugares de trabajo, de manera que de su utilización no se deriven riesgos para los trabajadores.

Por todo lo expuesto, el Real Decreto 486/1997 de 14 de Abril de 1.997 establece las disposiciones mínimas de seguridad y de salud aplicables a los lugares de trabajo, entendiéndose como tales las áreas del centro de trabajo, edificadas o no, en las que los trabajadores deban permanecer o a las que puedan acceder en razón de su trabajo, sin incluir las obras de construcción temporales o móviles.

### **6.2.2. Obligaciones del empresario**

El empresario deberá adoptar las medidas necesarias para que la utilización de los lugares de trabajo no origine riesgos para la seguridad y salud de los trabajadores.

En cualquier caso, los lugares de trabajo deberán cumplir las disposiciones mínimas establecidas en el presente Real Decreto en cuanto a sus condiciones constructivas, orden, limpieza y mantenimiento, señalización, instalaciones de servicio o protección, condiciones ambientales, iluminación, servicios higiénicos y locales de descanso, y material y locales de primeros auxilios.

#### **6.2.2.1. Condiciones constructivas**

El diseño y las características constructivas de los lugares de trabajo deberán ofrecer seguridad frente a los riesgos de resbalones o caídas, choques o golpes contra objetos y derrumbaciones o caídas de materiales sobre los trabajadores, para ello el pavimento constituirá un conjunto homogéneo, llano y liso sin solución de continuidad, de material consistente, no resbaladizo o susceptible de serlo con el uso y de fácil limpieza, las paredes serán lisas, guarnecidas o pintadas en tonos claros y susceptibles de ser lavadas y blanqueadas y los techos deberán resguardar a los trabajadores de las inclemencias del tiempo y ser lo suficientemente consistentes.

El diseño y las características constructivas de los lugares de trabajo deberán también facilitar el control de las situaciones de emergencia, en especial en caso de incendio, y posibilitar, cuando sea necesario, la rápida y segura evacuación de los trabajadores.

## 6. Estudio básico de seguridad y salud

Todos los elementos estructurales o de servicio (cimentación, pilares, forjados, muros y escaleras) deberán tener la solidez y resistencia necesarias para soportar las cargas o esfuerzos a que sean sometidos.

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, adoptando una superficie libre superior a 2 m<sup>2</sup> por trabajador, un volumen mayor a 10 m<sup>3</sup> por trabajador y una altura mínima desde el piso al techo de 2,50 m. Las zonas de los lugares de trabajo en las que exista riesgo de caída, de caída de objetos o de contacto o exposición a elementos agresivos, deberán estar claramente señalizadas.

El suelo deberá ser fijo, estable y no resbaladizo, sin irregularidades ni pendientes peligrosas. Las aberturas, desniveles y las escaleras se protegerán mediante barandillas de 90 cm de altura.

Los trabajadores deberán poder realizar de forma segura las operaciones de abertura, cierre, ajuste o fijación de ventanas, y en cualquier situación no supondrán un riesgo para éstos.

Las vías de circulación deberán poder utilizarse conforme a su uso previsto, de forma fácil y con total seguridad. La anchura mínima de las puertas exteriores y de los pasillos será de 100 cm.

Las puertas transparentes deberán tener una señalización a la altura de la vista y deberán estar protegidas contra la rotura.

Las puertas de acceso a las escaleras no se abrirán directamente sobre sus escalones, sino sobre descansos de anchura al menos igual a la de aquellos.

Los pavimentos de las rampas y escaleras serán de materiales no resbaladizos y caso de ser perforados la abertura máxima de los intersticios será de 8 mm. La pendiente de las rampas variará entre un 8 y 12 %. La anchura mínima será de 55 cm para las escaleras de servicio y de 1 m. para las de uso general.

En caso de utilizar escaleras de mano, éstas tendrán la resistencia y los elementos de apoyo y sujeción necesarios para que su utilización en las condiciones requeridas no suponga un riesgo de caída, por rotura o desplazamiento de las mismas. En cualquier caso, no se emplearán escaleras de más de 5 m de altura, se colocarán formando un ángulo aproximado de 75° con la horizontal, sus largueros deberán prolongarse al menos 1 m sobre la zona a acceder, el ascenso, descenso y los trabajos desde escaleras se efectuarán frente a las mismas, los trabajos a más de 3,5 m de altura, desde el punto de operación al suelo, que requieran movimientos o esfuerzos peligrosos para la estabilidad del trabajador, sólo se efectuarán si se utiliza cinturón de seguridad y no serán utilizadas por dos o más personas simultáneamente.

Las vías y salidas de evacuación deberán permanecer expeditas y desembocarán en el exterior. El número, la distribución y las dimensiones de las vías deberán estar dimensionadas para poder evacuar todos los lugares de trabajo rápidamente, dotando de alumbrado de emergencia aquellas que lo requieran.

## 6. Estudio básico de seguridad y salud

La instalación eléctrica no deberá entrañar riesgos de incendio o explosión, para ello se dimensionarán todos los circuitos considerando las sobre intensidades previsibles y se dotará a los conductores y resto de aparamenta eléctrica de un nivel de aislamiento adecuado.

Para evitar el contacto eléctrico directo se utilizará el sistema de separación por distancia o alejamiento de las partes activas hasta una zona no accesible por el trabajador, interposición de obstáculos y/o barreras (armarios para cuadros eléctricos, tapas para interruptores, etc.) y recubrimiento o aislamiento de las partes activas.

Para evitar el contacto eléctrico indirecto se utilizará el sistema de puesta a tierra de las masas (conductores de protección conectados a las carcasas de los receptores eléctricos, líneas de enlace con tierra y electrodos artificiales) y dispositivos de corte por intensidad de defecto (interruptores diferenciales de sensibilidad adecuada al tipo de local, características del terreno y constitución de los electrodos artificiales).

### 6.2.2.2. Orden, limpieza y mantenimiento. Señalización

Las zonas de paso, salidas y vías de circulación de los lugares de trabajo y, en especial, las salidas y vías de circulación previstas para la evacuación en casos de emergencia, deberán permanecer libres de obstáculos.

Las características de los suelos, techos y paredes serán tales que permitan dicha limpieza y mantenimiento. Se eliminarán con rapidez los desperdicios, las manchas de grasa, los residuos de sustancias peligrosas y demás productos residuales que puedan originar accidentes o contaminar el ambiente de trabajo.

Los lugares de trabajo y, en particular, sus instalaciones, deberán ser objeto de un mantenimiento periódico.

### 6.2.2.3. Condiciones ambientales

La exposición a las condiciones ambientales de los lugares de trabajo no debe suponer un riesgo para la seguridad y la salud de los trabajadores.

En los locales de trabajo cerrados deberán cumplirse las condiciones siguientes:

- La temperatura de los locales donde se realicen trabajos sedentarios propios de oficinas o similares estará comprendida entre 17 y 27 °C. En los locales donde se realicen trabajos ligeros estará comprendida entre 14 y 25 °C.
- La humedad relativa estará comprendida entre el 30 y el 70 por 100, excepto en los locales donde existan riesgos por electricidad estática en los que el límite inferior será el 50 por 100.
- Los trabajadores no deberán estar expuestos de forma frecuente o continuada a corrientes de aire cuya velocidad exceda los siguientes límites:
- Trabajos en ambientes no calurosos: 0,25 m/s.
- Trabajos sedentarios en ambientes calurosos: 0,5 m/s.
- Trabajos no sedentarios en ambientes calurosos: 0,75 m/s.
- La renovación mínima del aire de los locales de trabajo será de 30 m<sup>3</sup> de aire limpio por hora y trabajador en el caso de trabajos sedentarios en ambientes no calurosos ni contaminados por humo de tabaco y 50 m<sup>3</sup> en los casos restantes.
- Se evitarán los olores desagradables.

#### 6.2.2.4. Iluminación

La iluminación será natural con puertas y ventanas acristaladas, complementándose con iluminación artificial en las horas de visibilidad deficiente. Los puestos de trabajo llevarán además puntos de luz individuales, con el fin de obtener una visibilidad notable. Los niveles de iluminación mínimos establecidos (lux) son los siguientes:

- Áreas o locales de uso ocasional: 50 lux
- Áreas o locales de uso habitual: 100 lux
- Vías de circulación de uso ocasional: 25 lux.
- Vías de circulación de uso habitual: 50 lux.
- Zonas de trabajo con bajas exigencias visuales: 100 lux.
- Zonas de trabajo con exigencias visuales moderadas: 200 lux.
- Zonas de trabajo con exigencias visuales altas: 500 lux.
- Zonas de trabajo con exigencias visuales muy altas: 1000 lux.

La iluminación anteriormente especificada deberá poseer una uniformidad adecuada, mediante la distribución uniforme de luminarias, evitándose los deslumbramientos directos por equipos de alta luminancia.

Se instalará además el correspondiente alumbrado de emergencia y señalización con el fin de poder iluminar las vías de evacuación en caso de fallo del alumbrado general.

#### 6.2.2.5. Servicios higiénicos y locales de descanso

En el local se dispondrá de agua potable en cantidad suficiente y fácilmente accesible por los trabajadores.

Se dispondrán vestuarios cuando los trabajadores deban llevar ropa especial de trabajo, provistos de asientos y de armarios o taquillas individuales con llave, con una capacidad suficiente para guardar la ropa y el calzado. Si los vestuarios no fuesen necesarios, se dispondrán colgadores o armarios para colocar la ropa.

Existirán aseos con espejos, retretes con descarga automática de agua y papel higiénico y lavabos con agua corriente, caliente si es necesario, jabón y toallas individuales u otros sistema de secado con garantías higiénicas. Dispondrán además de duchas de agua corriente, caliente y fría, cuando se realicen habitualmente trabajos sucios, contaminantes o que originen elevada sudoración. Llevarán alicatados los paramentos hasta una altura de 2 m. del suelo, con baldosín cerámico esmaltado de color blanco. El solado será continuo e impermeable, formado por losas de gres rugoso antideslizante.

Si el trabajo se interrumpiera regularmente, se dispondrán espacios donde los trabajadores puedan permanecer durante esas interrupciones, diferenciándose espacios para fumadores y no fumadores.

#### 6.2.2.6. Material y locales de primeros auxilios

El lugar de trabajo dispondrá de material para primeros auxilios en caso de accidente, que deberá ser adecuado, en cuanto a su cantidad y características, al número de trabajadores y a los riesgos a que estén expuestos.

Como mínimo se dispondrá, en lugar reservado y a la vez de fácil acceso, de un botiquín portátil, que contendrá en todo momento, agua oxigenada, alcohol de 96, tintura de yodo, mercurocromo, gasas estériles, algodón hidrófilo, bolsa de agua, torniquete,

## 6. Estudio básico de seguridad y salud

guantes esterilizados y desechables, jeringuillas, hervidor, agujas, termómetro clínico, gasas, esparadrapo, apósitos adhesivos, tijeras, pinzas, antiespasmódicos, analgésicos y vendas.

### 6.3. DISPOSICIONES MINIMAS EN MATERIA DE SEÑALIZACION DE SEGURIDAD Y SALUD

#### 6.3.1. Introducción

La ley 31/1995, de 8 de noviembre de 1995, de Prevención de Riesgos Laborales es la norma legal por la que se determina el cuerpo básico de garantías y responsabilidades preciso para establecer un adecuado nivel de protección de la salud de los trabajadores frente a los riesgos derivados de las condiciones de trabajo.

De acuerdo con el artículo 6 de dicha ley, serán las normas reglamentarias las que fijarán las medidas mínimas que deben adoptarse para la adecuada protección de los trabajadores. Entre éstas se encuentran las destinadas a garantizar que en los lugares de trabajo exista una adecuada señalización de seguridad y salud, siempre que los riesgos no puedan evitarse o limitarse suficientemente a través de medios técnicos de protección colectiva.

Por todo lo expuesto, el Real Decreto 485/1997 de 14 de Abril de 1.997 establece las disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y de salud en el trabajo, entendiéndose como tales aquellas señalizaciones que referidas a un objeto, actividad o situación determinada, proporcionen una indicación o una obligación relativa a la seguridad o la salud en el trabajo mediante una señal en forma de panel, un color, una señal luminosa o acústica, una comunicación verbal o una señal gestual.

#### 6.3.2. Obligación general del empresario

La elección del tipo de señal y del número y emplazamiento de las señales o dispositivos de señalización a utilizar en cada caso se realizará de forma que la señalización resulte lo más eficaz posible, teniendo en cuenta:

- Las características de la señal.
- Los riesgos, elementos o circunstancias que hayan de señalizarse.
- La extensión de la zona a cubrir.
- El número de trabajadores afectados.

Para la señalización de desniveles, obstáculos u otros elementos que originen riesgo de caída de personas, choques o golpes, así como para la señalización de riesgo eléctrico, presencia de materias inflamables, tóxicas, corrosivas o riesgo biológico, podrá optarse por una señal de advertencia de forma triangular, con un pictograma característico de color negro sobre fondo amarillo y bordes negros.

Las vías de circulación de vehículos deberán estar delimitadas con claridad mediante franjas continuas de color blanco o amarillo. Los equipos de protección contra incendios deberán ser de color rojo.

La señalización para la localización e identificación de las vías de evacuación y de los equipos de salvamento o socorro (botiquín portátil) se realizará mediante una señal de forma cuadrada o rectangular, con un pictograma característico de color blanco sobre fondo verde.

## 6. Estudio básico de seguridad y salud

La señalización dirigida a alertar a los trabajadores o a terceros de la aparición de una situación de peligro y de la consiguiente y urgente necesidad de actuar de una forma determinada o de evacuar la zona de peligro, se realizará mediante una señal luminosa, una señal acústica o una comunicación verbal.

Los medios y dispositivos de señalización deberán ser limpiados, mantenidos y verificados regularmente.

### **6.4. DISPOSICIONES MINIMAS PARA LA UTILIZACION DE LOS EQUIPOS DE TRABAJO**

#### **6.4.1. Introducción**

La ley 31/1995, de 8 de noviembre de 1995, de Prevención de Riesgos Laborales es la norma legal por la que se determina el cuerpo básico de garantías y responsabilidades preciso para establecer un adecuado nivel de protección de la salud de los trabajadores frente a los riesgos derivados de las condiciones de trabajo.

De acuerdo con el artículo 6 de dicha ley, serán las normas reglamentarias las que fijarán las medidas mínimas que deben adoptarse para la adecuada protección de los trabajadores. Entre éstas se encuentran las destinadas a garantizar que de la presencia o utilización de los equipos de trabajo puestos a disposición de los trabajadores en la empresa o centro de trabajo no se deriven riesgos para la seguridad o salud de los mismos.

Por todo lo expuesto, el Real Decreto 1215/1997 de 18 de Julio de 1.997 establece las disposiciones mínimas de seguridad y de salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo, entendiéndose como tales cualquier máquina, aparato, instrumento o instalación utilizado en el trabajo.

#### **6.4.2. Obligación general del empresario**

El empresario adoptará las medidas necesarias para que los equipos de trabajo que se pongan a disposición de los trabajadores sean adecuados al trabajo que deba realizarse y convenientemente adaptados al mismo, de forma que garanticen la seguridad y la salud de los trabajadores al utilizar dichos equipos.

Deberá utilizar únicamente equipos que satisfagan cualquier disposición legal o reglamentaria que les sea de aplicación.

Para la elección de los equipos de trabajo el empresario deberá tener en cuenta los siguientes factores:

- Las condiciones y características específicas del trabajo a desarrollar.
- Los riesgos existentes para la seguridad y salud de los trabajadores en el lugar de trabajo.
- En su caso, las adaptaciones necesarias para su utilización por trabajadores discapacitados.

Adoptará las medidas necesarias para que, mediante un mantenimiento adecuado, los equipos de trabajo se conserven durante todo el tiempo de utilización en unas condiciones adecuadas. Todas las operaciones de mantenimiento, ajuste, desbloqueo, revisión o reparación de los equipos de trabajo se realizará tras haber parado o desconectado el equipo. Estas operaciones deberán ser encomendadas al personal especialmente capacitado para ello.

El empresario deberá garantizar que los trabajadores reciban una formación e información adecuadas a los riesgos derivados de los equipos de trabajo. La información, suministrada preferentemente por escrito, deberá contener, como mínimo, las indicaciones relativas a:

- Las condiciones y forma correcta de utilización de los equipos de trabajo, teniendo en cuenta las instrucciones del fabricante, así como las situaciones o formas de utilización anormales y peligrosas que puedan preverse.
- Las conclusiones que, en su caso, se puedan obtener de la experiencia adquirida en la utilización de los equipos de trabajo.

### 6.4.2.1. Disposiciones mínimas generales aplicables a los equipos de trabajo

Los órganos de accionamiento de un equipo de trabajo que tengan alguna incidencia en la seguridad deberán ser claramente visibles e identificables y no deberán acarrear riesgos como consecuencia de una manipulación involuntaria.

Cada equipo de trabajo deberá estar provisto de un órgano de accionamiento que permita su parada total en condiciones de seguridad.

Cualquier equipo de trabajo que entrañe riesgo de caída de objetos o de proyecciones deberá estar provisto de dispositivos de protección adecuados a dichos riesgos.

Cualquier equipo de trabajo que entrañe riesgo por emanación de gases, vapores o líquidos o por emisión de polvo deberá estar provisto de dispositivos adecuados de captación o extracción cerca de la fuente emisora correspondiente.

Si fuera necesario para la seguridad o la salud de los trabajadores, los equipos de trabajo y sus elementos deberán estabilizarse por fijación o por otros medios.

Cuando los elementos móviles de un equipo de trabajo puedan entrañar riesgo de accidente por contacto mecánico, deberán ir equipados con resguardos o dispositivos que impidan el acceso a las zonas peligrosas.

Las zonas y puntos de trabajo o mantenimiento de un equipo de trabajo deberán estar adecuadamente iluminadas en función de las tareas que deban realizarse.

Las partes de un equipo de trabajo que alcancen temperaturas elevadas o muy bajas deberán estar protegidas cuando corresponda contra los riesgos de contacto o la proximidad de los trabajadores.

Todo equipo de trabajo deberá ser adecuado para proteger a los trabajadores expuestos contra el riesgo de contacto directo o indirecto de la electricidad y los que entrañen riesgo por ruido, vibraciones o radiaciones deberá disponer de las protecciones o dispositivos adecuados para limitar, en la medida de lo posible, la generación y propagación de estos agentes físicos.

Las herramientas manuales deberán estar construidas con materiales resistentes y la unión entre sus elementos deberá ser firme, de manera que se eviten las roturas o proyecciones de los mismos.

## 6. Estudio básico de seguridad y salud

La utilización de todos estos equipos no podrá realizarse en contradicción con las instrucciones facilitadas por el fabricante, comprobándose antes del iniciar la tarea que todas sus protecciones y condiciones de uso son las adecuadas.

Deberán tomarse las medidas necesarias para evitar el atrapamiento del cabello, ropas de trabajo u otros objetos del trabajador, evitando, en cualquier caso, someter a los equipos a sobrecargas, sobrepresiones, velocidades o tensiones excesivas.

### **6.4.2.2. Disposiciones mínimas adicionales aplicables a los equipos de trabajo móviles**

Los equipos con trabajadores transportados deberán evitar el contacto de éstos con ruedas y orugas y el aprisionamiento por las mismas. Para ello dispondrán de una estructura de protección que impida que el equipo de trabajo incline más de un cuarto de vuelta o una estructura que garantice un espacio suficiente alrededor de los trabajadores transportados cuando el equipo pueda inclinarse más de un cuarto de vuelta. No se requerirán estas estructuras de protección cuando el equipo de trabajo se encuentre estabilizado durante su empleo.

Las carretillas elevadoras deberán estar acondicionadas mediante la instalación de una cabina para el conductor, una estructura que impida que la carretilla vuelque, una estructura que garantice que, en caso de vuelco, quede espacio suficiente para el trabajador entre el suelo y determinadas partes de dicha carretilla y una estructura que mantenga al trabajador sobre el asiento de conducción en buenas condiciones.

Los equipos de trabajo automotores deberán contar con dispositivos de frenado y parada, con dispositivos para garantizar una visibilidad adecuada y con una señalización acústica de advertencia. En cualquier caso, su conducción estará reservada a los trabajadores que hayan recibido una información específica.

### **6.4.2.3. Disposiciones mínimas adicionales aplicables a los equipos de trabajo para elevación de cargas**

Deberán estar instalados firmemente, teniendo presente la carga que deban levantar y las tensiones inducidas en los puntos de suspensión o de fijación. En cualquier caso, los aparatos de izar estarán equipados con limitador del recorrido del carro y de los ganchos, los motores eléctricos estarán provistos de limitadores de altura y del peso, los ganchos de sujeción serán de acero con "pestillos de seguridad" y los carriles para desplazamiento estarán limitados a una distancia de 1 m de su término mediante topes de seguridad de final de carrera eléctricos.

Deberá figurar claramente la carga nominal.

Deberán instalarse de modo que se reduzca el riesgo de que la carga caiga en picado, se suelte o se desvíe involuntariamente de forma peligrosa. En cualquier caso, se evitará la presencia de trabajadores bajo las cargas suspendidas. Caso de ir equipadas con cabinas para trabajadores deberá evitarse la caída de éstas, su aplastamiento o choque.

Los trabajos de izado, transporte y descenso de cargas suspendidas, quedarán interrumpidos bajo régimen de vientos superiores a los 60 km/h.

#### **6.4.2.4. Disposiciones mínimas adicionales aplicables a los equipos de trabajo para movimiento de tierras y maquinaria pesada en general**

Las máquinas para los movimientos de tierras estarán dotadas de faros de marcha hacia adelante y de retroceso, servofrenos, freno de mano, bocina automática de retroceso, retrovisores en ambos lados, pórtico de seguridad anti-vuelco y anti-impactos y un extintor.

Se prohíbe trabajar o permanecer dentro del radio de acción de la maquinaria de movimiento de tierras, para evitar los riesgos por atropello.

Durante el tiempo de parada de las máquinas se señalizará su entorno con "señales de peligro", para evitar los riesgos por fallo de frenos o por atropello durante la puesta en marcha.

Si se produjese contacto con líneas eléctricas el maquinista permanecerá inmóvil en su puesto y solicitará auxilio por medio de las bocinas. De ser posible el salto sin riesgo de contacto eléctrico, el maquinista saltará fuera de la máquina sin tocar, al unísono, la máquina y el terreno.

Antes del abandono de la cabina, el maquinista habrá dejado en reposo, en contacto con el pavimento (la cuchilla, cazo, etc.), puesto el freno de mano y parado el motor extrayendo la llave de contacto para evitar los riesgos por fallos del sistema hidráulico.

Las pasarelas y peldaños de acceso para conducción o mantenimiento permanecerán limpios de gravas, barros y aceite, para evitar los riesgos de caída.

Se prohíbe el transporte de personas sobre las máquinas para el movimiento de tierras, para evitar los riesgos de caídas o de atropellos.

Se instalarán topes de seguridad de fin de recorrido, ante la coronación de los cortes (taludes o terraplenes) a los que debe aproximarse la maquinaria empleada en el movimiento de tierras, para evitar los riesgos por caída de la máquina.

Se señalizarán los caminos de circulación interna mediante cuerda de banderolas y señales normalizadas de tráfico.

Se prohíbe el acopio de tierras a menos de 2 m. del borde de la excavación (como norma general).

No se debe fumar cuando se abastezca de combustible la máquina, pues podría inflamarse. Al realizar dicha tarea el motor deberá permanecer parado.

Se prohíbe realizar trabajos en un radio de 10 m entorno a las máquinas de hinca, en prevención de golpes y atropellos.

Las cintas transportadoras estarán dotadas de pasillo lateral de visita de 60 cm de anchura y barandillas de protección de éste de 90 cm de altura. Estarán dotadas de encauzadores antidesprendimientos de objetos por rebose de materiales. Bajo las cintas, en todo su recorrido, se instalarán bandejas de recogida de objetos desprendidos.

Los compresores serán de los llamados "silenciosos" en la intención de disminuir el nivel de ruido. La zona dedicada para la ubicación del compresor quedará acordonada en

## 6. Estudio básico de seguridad y salud

un radio de 4 m. Las mangueras estarán en perfectas condiciones de uso, es decir, sin grietas ni desgastes que puedan producir un reventón.

Cada tajo con martillos neumáticos, estará trabajado por dos cuadrillas que se turnarán cada hora, en prevención de lesiones por permanencia continuada recibiendo vibraciones. Los pisones mecánicos se guiarán avanzando frontalmente, evitando los desplazamientos laterales. Para realizar estas tareas se utilizará faja elástica de protección de cintura, muñequeras bien ajustadas, botas de seguridad, cascos antirruído y una mascarilla con filtro mecánico recambiable.

### 6.4.2.5. Disposiciones mínimas adicionales aplicables a la maquinaria herramienta

Las máquinas-herramienta estarán protegidas eléctricamente mediante doble aislamiento y sus motores eléctricos estarán protegidos por la carcasa.

Las que tengan capacidad de corte tendrán el disco protegido mediante una carcasa antiproyecciones.

Las que se utilicen en ambientes inflamables o explosivos estarán protegidas mediante carcasas antideflagrantes. Se prohíbe la utilización de máquinas accionadas mediante combustibles líquidos en lugares cerrados o de ventilación insuficiente.

Se prohíbe trabajar sobre lugares encharcados, para evitar los riesgos de caídas y los eléctricos.

Para todas las tareas se dispondrá una iluminación adecuada, en torno a 100 lux.

En prevención de los riesgos por inhalación de polvo, se utilizarán en vía húmeda las herramientas que lo produzcan.

Las mesas de sierra circular, cortadoras de material cerámico y sierras de disco manual no se ubicarán a distancias inferiores a tres metros del borde de los forjados, con la excepción de los que estén claramente protegidos (redes o barandillas, petos de remate, etc.). Bajo ningún concepto se retirará la protección del disco de corte, utilizándose en todo momento gafas de seguridad anti proyección de partículas. Como normal general, se deberán extraer los clavos o partes metálicas hincadas en el elemento a cortar.

Con las pistolas fija-clavos no se realizarán disparos inclinados, se deberá verificar que no hay nadie al otro lado del objeto sobre el que se dispara, se evitará clavar sobre fábricas de ladrillo hueco y se asegurará el equilibrio de la persona antes de efectuar el disparo.

Para la utilización de los taladros portátiles y rozadoras eléctricas se elegirán siempre las brocas y discos adecuados al material a taladrar, se evitará realizar taladros en una sola maniobra y taladros o rozaduras inclinadas a pulso y se tratará no recalentar las brocas y discos.

Las pulidoras y abrillantadoras de suelos, lijadoras de madera y alisadoras mecánicas tendrán el manillar de manejo y control revestido de material aislante y estarán dotadas de aro de protección antiatrapamientos o abrasiones.

En las tareas de soldadura por arco eléctrico se utilizará yelmo del soldar o pantalla de mano, no se mirará directamente al arco voltaico, no se tocarán las piezas recientemente

## 6. Estudio básico de seguridad y salud

soldadas, se soldará en un lugar ventilado, se verificará la inexistencia de personas en el entorno vertical de puesto de trabajo, no se dejará directamente la pinza en el suelo o sobre la perfilaría, se escogerá el electrodo adecuada para el cordón a ejecutar y se suspenderán los trabajos de soldadura con vientos superiores a 60 km/h y a la intemperie con régimen de lluvias.

En la soldadura oxiacetilénica (oxicorte) no se mezclarán botellas de gases distintos, éstas se transportarán sobre bateas enjauladas en posición vertical y atadas, no se ubicarán al sol ni en posición inclinada y los mecheros estarán dotados de válvulas antirretroceso de la llama. Si se desprenden pinturas se trabajará con mascarilla protectora y se hará al aire libre o en un local ventilado.

### 6.5. DISPOSICIONES MINIMAS EN LAS OBRAS DE CONSTRUCCION

#### 6.5.1. Introducción

La ley 31/1995, de 8 de noviembre de 1995, de Prevención de Riesgos Laborales es la norma legal por la que se determina el cuerpo básico de garantías y responsabilidades preciso para establecer un adecuado nivel de protección de la salud de los trabajadores frente a los riesgos derivados de las condiciones de trabajo.

De acuerdo con el artículo 6 de dicha ley, serán las normas reglamentarias las que fijarán las medidas mínimas que deben adoptarse para la adecuada protección de los trabajadores. Entre éstas se encuentran necesariamente las destinadas a garantizar la seguridad y la salud en las obras de construcción.

Por todo lo expuesto, el Real Decreto 1627/1997 de 24 de Octubre de 1.997 establece las disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción, entendiéndose como tales cualquier obra, pública o privada, en la que se efectúen trabajos de construcción o ingeniería civil.

La obra en proyecto referente a la Ejecución de una Edificación de uso Industrial o Comercial se encuentra incluida en el Anexo I de dicha legislación, con la clasificación a) Excavación, b) Movimiento de tierras, c) Construcción, d) Montaje y desmontaje de elementos prefabricados, e) Acondicionamiento o instalación, l) Trabajos de pintura y de limpieza y m) Saneamiento.

Al tratarse de una obra con las siguientes condiciones:

- a) El presupuesto de ejecución por contrata incluido en el proyecto es inferior a 75 millones de pesetas.
- b) La duración estimada es inferior a 30 días laborables, no utilizándose en ningún momento a más de 20 trabajadores simultáneamente.
- c) El volumen de mano de obra estimada, entendiéndose por tal la suma de los días de trabajo del total de los trabajadores en la obra, es inferior a 500.

Por todo lo indicado, el promotor estará obligado a que en la fase de redacción del proyecto se elabore un estudio básico de seguridad y salud. Caso de superarse alguna de las condiciones citadas anteriormente deberá realizarse un estudio completo de seguridad y salud.

### 6.5.2. Estudio básico de seguridad y salud

#### 6.5.2.1. Riesgos más frecuentes en las obras de construcción

Los oficios más comunes en las obras de construcción son los siguientes:

- Movimiento de tierras. Excavación de pozos y zanjas.
- Relleno de tierras.
- Encofrados.
- Trabajos con ferralla, manipulación y puesta en obra.
- Trabajos de manipulación del hormigón.
- Montaje de estructura metálica
- Montaje de prefabricados.
- Albañilería.
- Cubiertas.
- Alicatados.
- Enfoscados y enlucidos.
- Solados con mármoles, terrazos, plaquetas y asimilables.
- Carpintería de madera, metálica y cerrajería.
- Montaje de vidrio.
- Pintura y barnizados.
- Instalación eléctrica definitiva y provisional de obra.
- Instalación de fontanería, aparatos sanitarios, calefacción y aire acondicionado.
- Instalación de antenas y pararrayos.

Los riesgos más frecuentes durante estos oficios son los descritos a continuación:

- Deslizamientos, desprendimientos de tierras por diferentes motivos (no emplear el talud adecuado, por variación de la humedad del terreno, etc.).
- Riesgos derivados del manejo de máquinas-herramienta y maquinaria pesada en general.
- Atropellos, colisiones, vuelcos y falsas maniobras de la maquinaria para movimiento de tierras.
- Caídas al mismo o distinto nivel de personas, materiales y útiles.
- Los derivados de los trabajos pulverulentos.
- Contactos con el hormigón (dermatitis por cementos, etc.).
- Caída de los encofrados al vacío, caída de personal al caminar o trabajar sobre los fondillos de las vigas, pisadas sobre objetos punzantes, etc.
- Desprendimientos por mal apilado de la madera, planchas metálicas, etc.
- Cortes y heridas en manos y pies, aplastamientos, tropiezos y torceduras al caminar sobre las armaduras.
- Hundimientos, rotura o reventón de encofrados, fallos de entibaciones.
- Contactos con la energía eléctrica (directos e indirectos), electrocuciones, quemaduras, etc.
- Los derivados de la rotura fortuita de las planchas de vidrio.
- Cuerpos extraños en los ojos, etc.
- Agresión por ruido y vibraciones en todo el cuerpo.
- Microclima laboral (frío-calor), agresión por radiación ultravioleta, infrarroja.
- Agresión mecánica por proyección de partículas.
- Golpes.
- Cortes por objetos y/o herramientas.
- Incendio y explosiones.

## 6. Estudio básico de seguridad y salud

- Riesgo por sobreesfuerzos musculares y malos gestos.
- Carga de trabajo física.
- Deficiente iluminación.
- Efecto psico-fisiológico de horarios y turno.

### 6.5.2.2. Medidas preventivas de carácter general

Se establecerán a lo largo de la obra letreros divulgativos y señalización de los riesgos (vuelo, atropello, colisión, caída en altura, corriente eléctrica, peligro de incendio, materiales inflamables, prohibido fumar, etc.), así como las medidas preventivas previstas (uso obligatorio del casco, uso obligatorio de las botas de seguridad, uso obligatorio de guantes, uso obligatorio de cinturón de seguridad, etc.).

Se habilitarán zonas o estancias para el acopio de material y útiles (ferralla, perfilaría metálica, piezas prefabricadas, carpintería metálica y de madera, vidrio, pinturas, barnices y disolventes, material eléctrico, aparatos sanitarios, tuberías, aparatos de calefacción y climatización, etc.).

Se procurará que los trabajos se realicen en superficies secas y limpias, utilizando los elementos de protección personal, fundamentalmente calzado antideslizante reforzado para protección de golpes en los pies, casco de protección para la cabeza y cinturón de seguridad.

El transporte aéreo de materiales y útiles se hará suspendiéndolos desde dos puntos mediante eslingas, y se guiarán por tres operarios, dos de ellos guiarán la carga y el tercero ordenará las maniobras.

El transporte de elementos pesados (sacos de aglomerante, ladrillos, arenas, etc.) se hará sobre carretilla de mano y así evitar sobreesfuerzos.

Los andamios sobre borriquetas, para trabajos en altura, tendrán siempre plataformas de trabajo de anchura no inferior a 60 cm (3 tablones trabados entre sí), prohibiéndose la formación de andamios mediante bidones, cajas de materiales, bañeras, etc.

Se tenderán cables de seguridad amarrados a elementos estructurales sólidos en los que enganchar el mosquetón del cinturón de seguridad de los operarios encargados de realizar trabajos en altura.

La distribución de máquinas, equipos y materiales en los locales de trabajo será la adecuada, delimitando las zonas de operación y paso, los espacios destinados a puestos de trabajo, las separaciones entre máquinas y equipos, etc.

El área de trabajo estará al alcance normal de la mano, sin necesidad de ejecutar movimientos forzados.

Se vigilarán los esfuerzos de torsión o de flexión del tronco, sobre todo si el cuerpo está en posición inestable.

Se evitarán las distancias demasiado grandes de elevación, descenso o transporte, así como un ritmo demasiado alto de trabajo.

## 6. Estudio básico de seguridad y salud

Se tratará que la carga y su volumen permitan asirla con facilidad.

Se recomienda evitar los barrizales, en prevención de accidentes.

Se debe seleccionar la herramienta correcta para el trabajo a realizar, manteniéndola en buen estado y uso correcto de ésta. Después de realizar las tareas, se guardarán en lugar seguro.

La iluminación para desarrollar los oficios convenientemente oscilará en torno a los 100 lux.

Es conveniente que los vestidos estén configurados en varias capas al comprender entre ellas cantidades de aire que mejoran el aislamiento al frío. Empleo de guantes, botas y orejeras. Se resguardará al trabajador de vientos mediante apantallamientos y se evitará que la ropa de trabajo se empape de líquidos evaporables.

Si el trabajador sufriese estrés térmico se deben modificar las condiciones de trabajo, con el fin de disminuir su esfuerzo físico, mejorar la circulación de aire, apantallar el calor por radiación, dotar al trabajador de vestimenta adecuada (sombrero, gafas de sol, cremas y lociones solares), vigilar que la ingesta de agua tenga cantidades moderadas de sal y establecer descansos de recuperación si las soluciones anteriores no son suficientes.

El aporte alimentario calórico debe ser suficiente para compensar el gasto derivado de la actividad y de las contracciones musculares.

Para evitar el contacto eléctrico directo se utilizará el sistema de separación por distancia o alejamiento de las partes activas hasta una zona no accesible por el trabajador, interposición de obstáculos y/o barreras (armarios para cuadros eléctricos, tapas para interruptores, etc.) y recubrimiento o aislamiento de las partes activas.

Para evitar el contacto eléctrico indirecto se utilizará el sistema de puesta a tierra de las masas (conductores de protección, líneas de enlace con tierra y electrodos artificiales) y dispositivos de corte por intensidad de defecto (interruptores diferenciales de sensibilidad adecuada a las condiciones de humedad y resistencia de tierra de la instalación provisional).

Las vías y salidas de emergencia deberán permanecer expeditas y desembocar lo más directamente posible en una zona de seguridad.

El número, la distribución y las dimensiones de las vías y salidas de emergencia dependerán del uso, de los equipos y de las dimensiones de la obra y de los locales, así como el número máximo de personas que puedan estar presentes en ellos.

En caso de avería del sistema de alumbrado, las vías y salidas de emergencia que requieran iluminación deberán estar equipadas con iluminación de seguridad de suficiente intensidad.

Será responsabilidad del empresario garantizar que los primeros auxilios puedan prestarse en todo momento por personal con la suficiente formación para ello.

### 6.5.2.3. Medidas preventivas de carácter particular para cada oficio

#### Movimiento de tierras. Excavación de pozos y zanjas.

Antes del inicio de los trabajos, se inspeccionará el tajo con el fin de detectar posibles grietas o movimientos del terreno.

Se prohibirá el acopio de tierras o de materiales a menos de dos metros del borde de la excavación, para evitar sobrecargas y posibles vuelcos del terreno, señalizándose además mediante una línea esta distancia de seguridad.

Se eliminarán todos los bolos o viseras de los frentes de la excavación que por su situación ofrezcan el riesgo de desprendimiento.

La maquinaria estará dotada de peldaños y asidero para subir o bajar de la cabina de control. No se utilizará como apoyo para subir a la cabina las llantas, cubiertas, cadenas y guardabarros.

Los desplazamientos por el interior de la obra se realizarán por caminos señalizados.

Se utilizarán redes tensas o mallazo electro soldado situadas sobre los taludes, con un solape mínimo de 2 m.

La circulación de los vehículos se realizará a un máximo de aproximación al borde de la excavación no superior a los 3 m. para vehículos ligeros y de 4 m para pesados.

Se conservarán los caminos de circulación interna cubriendo baches, eliminando blandones y compactando mediante zahorras.

El acceso y salida de los pozos y zanjas se efectuará mediante una escalera sólida, anclada en la parte superior del pozo, que estará provista de zapatas antideslizantes.

Cuando la profundidad del pozo sea igual o superior a 1,5 m., se entibará (o encamisará) el perímetro en prevención de derrumbamientos.

Se efectuará el achique inmediato de las aguas que afloran (o caen) en el interior de las zanjas, para evitar que se altere la estabilidad de los taludes.

En presencia de líneas eléctricas en servicio se tendrán en cuenta las siguientes condiciones:

Se procederá a solicitar de la compañía propietaria de la línea eléctrica el corte de fluido y puesta a tierra de los cables, antes de realizar los trabajos.

La línea eléctrica que afecta a la obra será desviada de su actual trazado al límite marcado en los planos.

La distancia de seguridad con respecto a las líneas eléctricas que cruzan la obra, queda fijada en 5 m., en zonas accesibles durante la construcción.

Se prohíbe la utilización de cualquier calzado que no sea aislante de la electricidad en proximidad con la línea eléctrica.

### **Relleno de tierras.**

Se prohíbe el transporte de personal fuera de la cabina de conducción y/o en número superior a los asientos existentes en el interior.

Se regarán periódicamente los tajos, las cargas y cajas de camión, para evitar las polvaredas. Especialmente si se debe conducir por vías públicas, calles y carreteras.

Se instalará, en el borde de los terraplenes de vertido, sólidos topes de limitación de recorrido para el vertido en retroceso.

Se prohíbe la permanencia de personas en un radio no inferior a los 5 m. en torno a las compactadoras y apisonadoras en funcionamiento.

Los vehículos de compactación y apisonado, irán provistos de cabina de seguridad de protección en caso de vuelco.

### **Encofrados.**

Se prohíbe la permanencia de operarios en las zonas de batido de cargas durante las operaciones de izado de tablonas, sopandas, puntales y ferralla; igualmente se procederá durante la elevación de viguetas, nervios, armaduras, pilares, bovedillas, etc.

El ascenso y descenso del personal a los encofrados, se efectuará a través de escaleras de mano reglamentarias.

Se instalarán barandillas reglamentarias en los frentes de losas horizontales, para impedir la caída al vacío de las personas.

Los clavos o puntas existentes en la madera usada, se extraerán o remacharán, según casos.

Queda prohibido encofrar sin antes haber cubierto el riesgo de caída desde altura mediante la ubicación de redes de protección.

### **Trabajos con ferralla, manipulación y puesta en obra.**

Los paquetes de redondos se almacenarán en posición horizontal sobre durmientes de madera capa a capa, evitándose las alturas de las pilas superiores al 1'50 m.

Se efectuará un barrido diario de puntas, alambres y recortes de ferralla en torno al banco (o bancos, borriquetes, etc.) de trabajo.

Queda prohibido el transporte aéreo de armaduras de pilares en posición vertical.

Se prohíbe trepar por las armaduras en cualquier caso.

Se prohíbe el montaje de zunchos perimetrales, sin antes estar correctamente instaladas las redes de protección.

Se evitará, en lo posible, caminar por los fondillos de los encofrados de jácenas o vigas.

### **Trabajos de manipulación del hormigón.**

Se instalarán fuertes topes final de recorrido de los camiones hormigonera, en evitación de vuelcos.

Se prohíbe acercar las ruedas de los camiones hormigoneras a menos de 2 m. del borde de la excavación.

Se prohíbe cargar el cubo por encima de la carga máxima admisible de la grúa que lo sustenta.

Se procurará no golpear con el cubo los encofrados, ni las entibaciones.

La tubería de la bomba de hormigonado, se apoyará sobre caballetes, arriostándose las partes susceptibles de movimiento.

Para vibrar el hormigón desde posiciones sobre la cimentación que se hormigona, se establecerán plataformas de trabajo móviles formadas por un mínimo de tres tablonas, que se dispondrán perpendicularmente al eje de la zanja o zapata.

El hormigonado y vibrado del hormigón de pilares, se realizará desde "castilletes de hormigonado"

En el momento en el que el forjado lo permita, se izará en torno a los huecos el peto definitivo de fábrica, en prevención de caídas al vacío.

Se prohíbe transitar pisando directamente sobre las bovedillas (cerámicas o de hormigón), en prevención de caídas a distinto nivel.

### **Montaje de estructura metálica.**

Los perfiles se apilarán ordenadamente sobre durmientes de madera de soporte de cargas, estableciendo capas hasta una altura no superior al 1'50 m.

Una vez montada la "primera altura" de pilares, se tenderán bajo ésta redes horizontales de seguridad.

Se prohíbe elevar una nueva altura, sin que en la inmediata inferior se hayan concluido los cordones de soldadura.

Las operaciones de soldadura en altura, se realizarán desde el interior de una guindola de soldador, provista de una barandilla perimetral de 1 m. de altura formada por pasamanos, barra intermedia y rodapié. El soldador, además, amarrará el mosquetón del cinturón a un cable de seguridad, o a argollas soldadas a tal efecto en la perfilaría.

Se prohíbe la permanencia de operarios dentro del radio de acción de cargas suspendidas.

Se prohíbe la permanencia de operarios directamente bajo tajos de soldadura.

Se prohíbe trepar directamente por la estructura y desplazarse sobre las alas de una viga sin atar el cinturón de seguridad.

El ascenso o descenso a/o de un nivel superior, se realizará mediante una escalera de mano provista de zapatas antideslizantes y ganchos de cuelgue e inmovilidad dispuestos de tal forma que sobrepase la escalera 1 m. la altura de desembarco.

El riesgo de caída al vacío por fachadas se cubrirá mediante la utilización de redes de horca (o de bandeja).

### **Montaje de prefabricados.**

El riesgo de caída desde altura, se evitará realizando los trabajos de recepción e instalación del prefabricado desde el interior de una plataforma de trabajo rodeada de barandillas de 90 cm., de altura, formadas por pasamanos, listón intermedio y rodapié de 15 cm., sobre andamios (metálicos, tubulares de borriquetas).

Se prohíbe trabajar o permanecer en lugares de tránsito de piezas suspendidas en prevención del riesgo de desplome.

Los prefabricados se acopiarán en posición horizontal sobre durmientes dispuestos por capas de tal forma que no dañen los elementos de enganche para su izado.

Se paralizará la labor de instalación de los prefabricados bajo régimen de vientos superiores a 60 Km/h.

### **Albañilería.**

Los grandes huecos (patios) se cubrirán con una red horizontal instalada alternativamente cada dos plantas, para la prevención de caídas.

Se prohíbe concentrar las cargas de ladrillos sobre vanos. El acopio de palets, se realizará próximo a cada pilar, para evitar las sobrecargas de la estructura en los lugares de menor resistencia.

Los escombros y cascotes se evacuarán diariamente mediante trompas de vertido montadas al efecto, para evitar el riesgo de pisadas sobre materiales.

Las rampas de las escaleras estarán protegidas en su entorno por una barandilla sólida de 90 cm. de altura, formada por pasamanos, listón intermedio y rodapié de 15 cm.

### **Cubiertas.**

El riesgo de caída al vacío, se controlará instalando redes de horca alrededor del edificio. No se permiten caídas sobre red superiores a los 6 m. de altura.

Se paralizarán los trabajos sobre las cubiertas bajo régimen de vientos superiores a 60 km/h., lluvia, helada y nieve.

### **Alicatados.**

El corte de las plaquetas y demás piezas cerámicas, se ejecutará en vía húmeda, para evitar la formación de polvo ambiental durante el trabajo.

## 6. Estudio básico de seguridad y salud

El corte de las plaquetas y demás piezas cerámicas se ejecutará en locales abiertos o a la intemperie, para evitar respirar aire con gran cantidad de polvo.

### **Enfoscados y enlucidos.**

Las "miras", reglas, tabloneros, etc., se cargarán a hombro en su caso, de tal forma que al caminar, el extremo que va por delante, se encuentre por encima de la altura del casco de quién lo transporta, para evitar los golpes a otros operarios, los tropezones entre obstáculos, etc.

Se acordonará la zona en la que pueda caer piedra durante las operaciones de proyección de "garbancillo" sobre morteros, mediante cinta de banderolas y letreros de prohibido el paso.

### **Solados con mármoles, terrazos, plaquetas y asimilables.**

El corte de piezas de pavimento se ejecutará en vía húmeda, en evitación de lesiones por trabajar en atmósferas pulverulentas.

Las piezas del pavimento se izarán a las plantas sobre plataformas emplintadas, correctamente apiladas dentro de las cajas de suministro, que no se romperán hasta la hora de utilizar su contenido.

Los lodos producto de los pulidos, serán orillados siempre hacia zonas no de paso y eliminados inmediatamente de la planta.

### **Carpintería de madera, metálica y cerrajería.**

Los recortes de madera y metálicos, objetos punzantes, cascotes y serrín producidos durante los ajustes se recogerán y se eliminarán mediante las tolvas de vertido, o mediante bateas o plataformas emplintadas amarradas del gancho de la grúa.

Los cercos serán recibidos por un mínimo de una cuadrilla, en evitación de golpes, caídas y vuelcos.

Los listones horizontales inferiores contra deformaciones, se instalarán a una altura en torno a los 60 cm. Se ejecutarán en madera blanca, preferentemente, para hacerlos más visibles y evitar los accidentes por tropiezos.

El "cuelgue" de hojas de puertas o de ventanas, se efectuará por un mínimo de dos operarios, para evitar accidentes por desequilibrio, vuelco, golpes y caídas.

### **Montaje de vidrio.**

Se prohíbe permanecer o trabajar en la vertical de un tajo de instalación de vidrio.

Los tajos se mantendrán libres de fragmentos de vidrio, para evitar el riesgo de cortes.

La manipulación de las planchas de vidrio, se ejecutará con la ayuda de ventosas de seguridad.

## 6. Estudio básico de seguridad y salud

Los vidrios ya instalados, se pintarán de inmediato a base de pintura a la cal, para significar su existencia.

### **Pintura y barnizados.**

Se prohíbe almacenar pinturas susceptibles de emanar vapores inflamables con los recipientes mal o incompletamente cerrados, para evitar accidentes por generación de atmósferas tóxicas o explosivas.

Se prohíbe realizar trabajos de soldadura y oxicorte en lugares próximos a los tajos en los que se empleen pinturas inflamables, para evitar el riesgo de explosión o de incendio.

Se tenderán redes horizontales sujetas a puntos firmes de la estructura, para evitar el riesgo de caída desde alturas.

Se prohíbe la conexión de aparatos de carga accionados eléctricamente (puentes grúa por ejemplo) durante las operaciones de pintura de carriles, soportes, topes, barandillas, etc., en prevención de atrapamientos o caídas desde altura.

Se prohíbe realizar "pruebas de funcionamiento" en las instalaciones, tuberías de presión, equipos motobombas, calderas, conductos, etc. durante los trabajos de pintura de señalización o de protección de conductos.

### **Instalación eléctrica provisional de obra.**

El montaje de aparatos eléctricos será ejecutado por personal especialista, en prevención de los riesgos por montajes incorrectos.

El calibre o sección del cableado será siempre el adecuado para la carga eléctrica que ha de soportar.

Los hilos tendrán la funda protectora aislante sin defectos apreciables (rasgones, repelones y asimilables). No se admitirán tramos defectuosos.

La distribución general desde el cuadro general de obra a los cuadros secundarios o de planta, se efectuará mediante manguera eléctrica antihumedad.

El tendido de los cables y mangueras, se efectuará a una altura mínima de 2 m. en los lugares peatonales y de 5 m. en los de vehículos, medidos sobre el nivel del pavimento.

Los empalmes provisionales entre mangueras, se ejecutarán mediante conexiones normalizadas estancas antihumedad.

Las mangueras de "alargadera" por ser provisionales y de corta estancia pueden llevarse tendidas por el suelo, pero arrimadas a los paramentos verticales.

Los interruptores se instalarán en el interior de cajas normalizadas, provistas de puerta de entrada con cerradura de seguridad.

Los cuadros eléctricos metálicos tendrán la carcasa conectada a tierra.

## 6. Estudio básico de seguridad y salud

Los cuadros eléctricos se colgarán pendientes de tableros de madera recibidos a los paramentos verticales o bien a "pies derechos" firmes.

Las maniobras a ejecutar en el cuadro eléctrico general se efectuarán subido a una banqueta de maniobra o alfombrilla aislante.

Los cuadros eléctricos poseerán tomas de corriente para conexiones normalizadas blindadas para intemperie.

La tensión siempre estará en la clavija "hembra", nunca en la "macho", para evitar los contactos eléctricos directos.

Los interruptores diferenciales se instalarán de acuerdo con las siguientes sensibilidades:

30 mA. Alimentación a la maquinaria.

30 mA. Para las instalaciones eléctricas de alumbrado.

Las partes metálicas de todo equipo eléctrico dispondrán de toma de tierra.

El neutro de la instalación estará puesto a tierra.

La toma de tierra se efectuará a través de la pica o placa de cada cuadro general.

El hilo de toma de tierra, siempre estará protegido con macarrón en colores amarillo y verde. Se prohíbe expresamente utilizarlo para otros usos.

La iluminación mediante portátiles cumplirá la siguiente norma:

Portalámparas estanco de seguridad con mango aislante, rejilla protectora de la bombilla dotada de gancho de cuelgue a la pared, manguera antihumedad, clavija de conexión normalizada estanca de seguridad, alimentados a 24 V.

La iluminación de los tajos se situará a una altura en torno a los 2 m., medidos desde la superficie de apoyo de los operarios en el puesto de trabajo.

La iluminación de los tajos, siempre que sea posible, se efectuará cruzada con el fin de disminuir sombras.

Las zonas de paso de la obra, estarán permanentemente iluminadas evitando rincones oscuros.

No se permitirá las conexiones a tierra a través de conducciones de agua.

No se permitirá el tránsito de carretillas y personas sobre mangueras eléctricas, pueden pelarse y producir accidentes.

No se permitirá el tránsito bajo líneas eléctricas de las compañías con elementos longitudinales transportados a hombro (pértigas, reglas, escaleras de mano y asimilables). La inclinación de la pieza puede llegar a producir el contacto eléctrico.

### **Instalación de fontanería, aparatos sanitarios, calefacción y aire acondicionado.**

El transporte de tramos de tubería a hombro por un solo hombre, se realizará inclinando la carga hacia atrás, de tal forma que el extremo que va por delante supere la

## 6. Estudio básico de seguridad y salud

altura de un hombre, en evitación de golpes y tropiezos con otros operarios en lugares poco iluminados o iluminados a contra luz.

Se prohíbe el uso de mecheros y sopletes junto a materiales inflamables.

Se prohíbe soldar con plomo, en lugares cerrados, para evitar trabajos en atmósferas tóxicas.

### **Instalación de antenas y pararrayos.**

Bajo condiciones meteorológicas extremas, lluvia, nieve, hielo o fuerte viento, se suspenderán los trabajos.

Se prohíbe expresamente instalar pararrayos y antenas a la vista de nubes de tormenta próximas.

Las antenas y pararrayos se instalarán con ayuda de la plataforma horizontal, apoyada sobre las cuñas en pendiente de encaje en la cubierta, rodeada de barandilla sólida de 90 cm. de altura, formada por pasamanos, barra intermedia y rodapié, dispuesta según detalle de planos.

Las escaleras de mano, pese a que se utilicen de forma "momentánea", se anclarán firmemente al apoyo superior, y estarán dotados de zapatas antideslizantes, y sobrepasarán en 1 m. la altura a salvar.

Las líneas eléctricas próximas al tajo, se dejarán sin servicio durante la duración de los trabajos.

### **6.5.3. Disposiciones específicas de la ejecución de las obras**

Cuando en la ejecución de la obra intervenga más de una empresa, o una empresa y trabajadores autónomos o diversos trabajadores autónomos, el promotor designará un coordinador en materia de seguridad y salud durante la ejecución de la obra, que será un técnico competente integrado en la dirección facultativa.

Cuando no sea necesaria la designación de coordinador, las funciones de éste serán asumidas por la dirección facultativa.

En aplicación del estudio básico de seguridad y salud, cada contratista elaborará un plan de seguridad y salud en el trabajo en el que se analicen, estudien, desarrollen y complementen las previsiones contenidas en el estudio desarrollado en el proyecto, en función de su propio sistema de ejecución de la obra.

Antes del comienzo de los trabajos, el promotor deberá efectuar un aviso a la autoridad laboral competente.

## **6.6. DISPOSICIONES MINIMAS RELATIVAS A LOS EPIS**

### **6.6.1. Introducción**

La ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales, determina el cuerpo básico de garantías y responsabilidades preciso para establecer un adecuado nivel

## 6. Estudio básico de seguridad y salud

de protección de la salud de los trabajadores frente a los riesgos derivados de las condiciones de trabajo.

Así son las normas de desarrollo reglamentario las que deben fijar las medidas mínimas que deben adoptarse para la adecuada protección de los trabajadores. Entre ellas se encuentran las destinadas a garantizar la utilización por los trabajadores en el trabajo de equipos de protección individual que los protejan adecuadamente de aquellos riesgos para su salud o su seguridad que no puedan evitarse o limitarse suficientemente mediante la utilización de medios de protección colectiva o la adopción de medidas de organización en el trabajo.

### 6.6.2. Obligaciones generales del empresario

Hará obligatorio el uso de los equipos de protección individual que a continuación se desarrollan.

#### 6.6.2.1. Protectores de la cabeza

- Cascos de seguridad, no metálicos, clase N, aislados para baja tensión, con el fin de proteger a los trabajadores de los posibles choques, impactos y contactos eléctricos.
- Protectores auditivos acoplables a los cascos de protección.
- Gafas de montura universal contra impactos y antipolvo.
- Mascarilla antipolvo con filtros protectores.
- Pantalla de protección para soldadura autógena y eléctrica.

#### 6.6.2.2. Protectores de manos y brazos

- Guantes contra las agresiones mecánicas (perforaciones, cortes, vibraciones).
- Guantes de goma finos, para operarios que trabajen con hormigón.
- Guantes dieléctricos para B.T.
- Guantes de soldador.
- Muñequeras.
- Mango aislante de protección en las herramientas.

#### 6.6.2.3. Protectores de pies y piernas

- Calzado provisto de suela y puntera de seguridad contra las agresiones mecánicas.
- Botas dieléctricas para B.T.
- Botas de protección impermeables.
- Polainas de soldador.
- Rodilleras.

**6.6.2.4. Protectores del cuerpo**

- Crema de protección y pomadas.
- Chalecos, chaquetas y mandiles de cuero para protección de las agresiones mecánicas.
- Traje impermeable de trabajo.
- Cinturón de seguridad, de sujeción y caída, clase A.
- Fajas y cinturones antivibraciones.
- Pértiga de B.T.
- Banqueta aislante clase I para maniobra de B.T.
- Linterna individual de situación.
- Comprobador de tensión.

**Pamplona, Julio 2014****Itxaro Matxain Rodriguez**



# ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación:

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL ELÉCTRICO

Título del proyecto:

INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA NAVE INDUSTRIAL  
EN BAJA TENSIÓN CON CENTRO DE TRANSFORMACIÓN

## BIBLIOGRAFÍA

Itxaro Matxain Rodriguez

José Javier Crespo Ganuza

Pamplona, Julio de 2014

## 7. BIBLIOGRAFÍA

### ÍNDICE

7. Bibliografía .....	2
7.1. Reglamentos, normativas y libros .....	3
7.2. Catálogos consultados .....	3
7.3. Páginas web consultadas .....	4

## 7. Bibliografía

### 7.1. REGLAMENTOS, NORMATIVAS Y LIBROS

Para la realización del proyecto se han debido de consultar los siguientes documentos:

- Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión e Instrucciones Técnicas Complementarias (Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto de 2002).
- 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 (Real Decreto 3275/82, de 12 de noviembre de 1982).
- 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.
- Instalación de NTE-IE electricidad. Normas tecnológicas de la edificación. Ed. paraninfo 1996. Jose Carlos Toledano.
- Puesta a tierra en edificios en instalaciones eléctricas. Ed. Paraninfo 1997. Juan José Martínez Requera y José Carlos Toledano Gasca.
- Lámparas eléctricas, sistemas de iluminación, proyectos de alumbrado. Ed. CEAC 1987. José Remírez Vázquez.
- Reglamento de verificaciones eléctricas y regularidad en el suministro de energía eléctrica.
- Normas UNE y recomendaciones UNESA que sean de aplicación.
- Normas particulares de “IBERDROLA distribución eléctrica S.A.U.”
- Método de cálculo y proyecto de instalaciones de puesta a tierra para centros de transformación conectados a redes de tercera categoría. UNESA. Febrero 1989.

### 7.2. CATÁLOGOS CONSULTADOS

Se han consultado los siguientes catálogos:

- Toda serie de catálogos ABB.
- Compensación de energía reactiva y filtrado de armónicos LEGRAND.
- Luminarias y lámparas Philips.
- Lámparas de emergencia LEGRAND.
- Catálogo de NIESSEN-ABB.
- Catálogo de protecciones MERLIN GERIN.
- Catálogo de armarios y cofrets MERLIN GERIN.

## 7. Bibliografía

- Catálogo de GENERAL CABLE.
- Catálogo de ORMAZABAL.
- Catálogo de TABALSA.
- Equipos de seguridad NAISA: Cascos, gafas, guantes, etc.
- Catálogo KLK

### 7.3. PÁGINAS WEB CONSULTADAS

En este apartado se adjuntan las direcciones web de las empresas cuyos elementos han sido utilizados en el presente proyecto:

Las páginas web son las siguientes:

- GENERAL CABLE. (<http://www.generalcable.es/>)
- ORMAZABAL. (<http://www.ormazabal.com>).
- PHILIPS. (<http://www.philips.com>).
- LEGRAND. (<http://www.legrand.es>).
- REGLAMENTO SOBRE CT:  
([http://www.coitiab.es/reglamentos/electricidad/reglamentos/RD\\_3275.htm](http://www.coitiab.es/reglamentos/electricidad/reglamentos/RD_3275.htm))
- INSTALACIONES DE PUESTA A TIERRA:  
([Bibliografia.docxhttp://www.coitiab.es/reglamentos/electricidad/reglamentos/mie-rat/mie-rat-13.htm](http://www.coitiab.es/reglamentos/electricidad/reglamentos/mie-rat/mie-rat-13.htm))
- NIESSEN (<http://www.abb.es>).
- SCHNEIDER ELECTRIC: (<http://www.schneider-electric.com/site/home/index.cfm/es/>)
- NAISA (<http://www.naisa.es>).

**Pamplona, Julio 2014**

**Itxaro Matxain Rodriguez**



# ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación:

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL ELÉCTRICO

Título del proyecto:

INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA NAVE INDUSTRIAL  
EN BAJA TENSIÓN CON CENTRO DE TRANSFORMACIÓN

ANEXO “CÁLCULOS DIALUX”

Itxaro Matxain Rodriguez

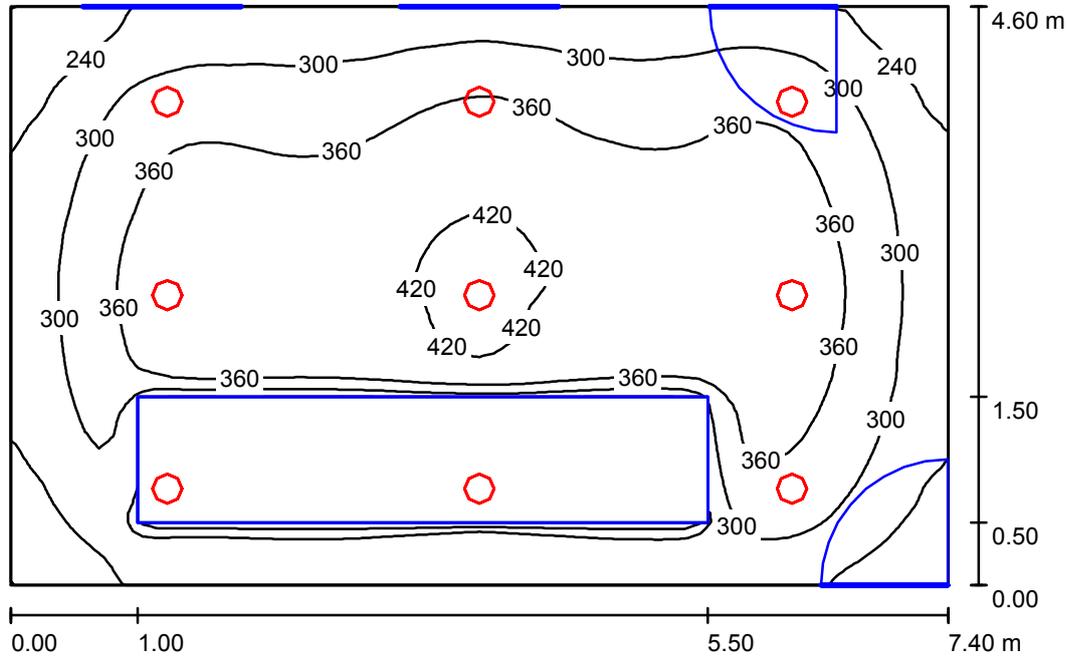
José Javier Crespo Ganuza

Pamplona, Julio de 2014



Proyecto elaborado por Itxaro Matxain Rodriguez  
 Teléfono  
 Fax  
 e-Mail

Recepción / Resumen



Altura del local: 3.000 m, Altura de montaje: 3.103 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	/	327	168	437	0.515
Suelo	20	226	1.33	358	0.006
Techo	70	68	49	79	0.723
Paredes (4)	50	148	55	332	/

**Plano útil:**

Altura: 0.850 m  
 Trama: 64 x 64 Puntos  
 Zona marginal: 0.000 m

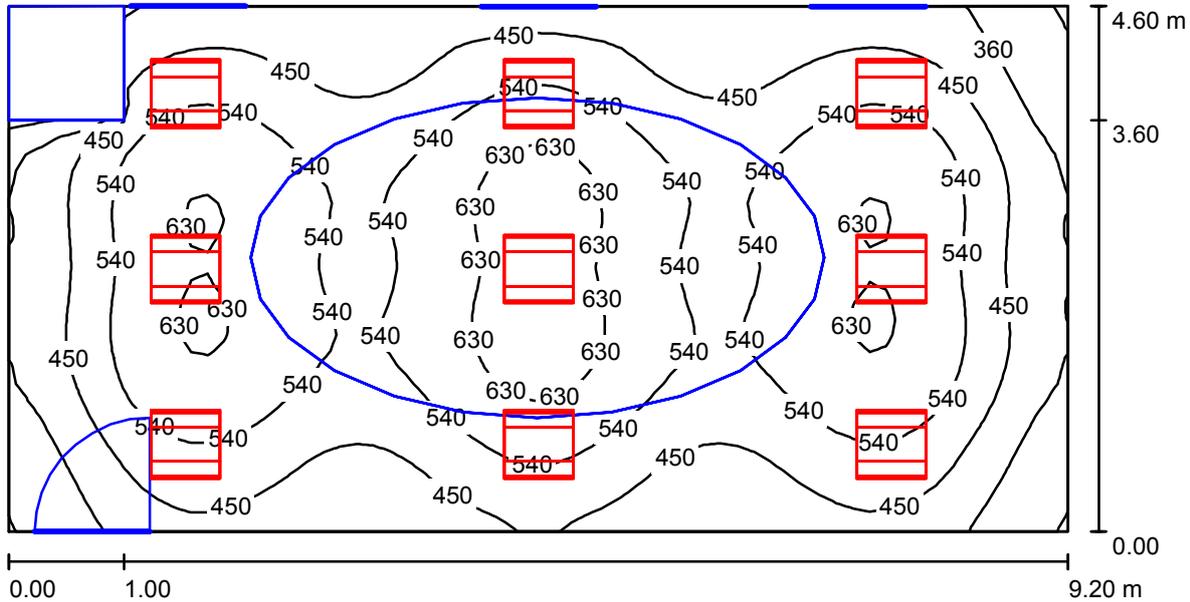
**Lista de piezas - Luminarias**

Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	$\Phi$ (Luminaria) [lm]	$\Phi$ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	9	PHILIPS DN125B D234 1xLED20S/840 (1.000)	2000	2000	24.0
			Total: 18000	Total: 18000	216.0

Valor de eficiencia energética:  $6.35 \text{ W/m}^2 = 1.94 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $34.04 \text{ m}^2$ )

Proyecto elaborado por Itxaro Matxain Rodriguez  
 Teléfono  
 Fax  
 e-Mail

**Sala de reunión / Resumen**



Altura del local: 3.000 m, Altura de montaje: 2.989 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:66

Superficie	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano útil	/	506	263	676	0.519
Suelo	20	268	1.43	468	0.005
Techo	70	81	55	114	0.676
Paredes (4)	50	212	18	458	/

**Plano útil:**

Altura: 0.850 m  
 Trama: 64 x 32 Puntos  
 Zona marginal: 0.000 m

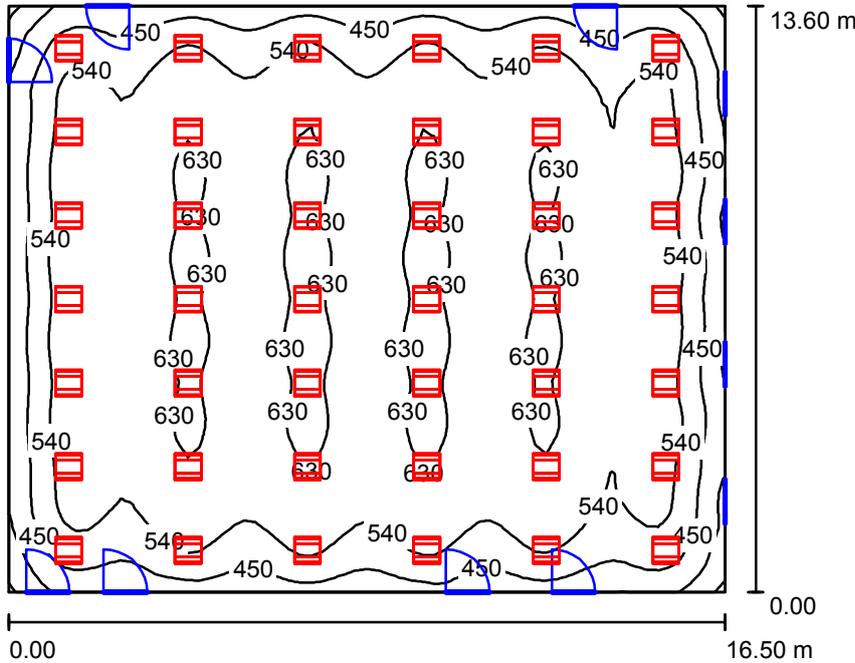
**Lista de piezas - Luminarias**

Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	$\Phi$ (Luminaria) [lm]	$\Phi$ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	9	PHILIPS RC120B 1xLED37S/840 W60L60 (1.000)	3700	3700	42.0
			Total: 33300	Total: 33300	378.0

Valor de eficiencia energética:  $8.93 \text{ W/m}^2 = 1.76 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $42.32 \text{ m}^2$ )

Proyecto elaborado por Itxaro Matxain Rodriguez  
 Teléfono  
 Fax  
 e-Mail

**Oficinas / Resumen**



Altura del local: 3.000 m, Altura de montaje: 2.989 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:175

Superficie	ρ [%]	E <sub>m</sub> [lx]	E <sub>min</sub> [lx]	E <sub>max</sub> [lx]	E <sub>min</sub> / E <sub>m</sub>
Plano útil	/	552	256	659	0.464
Suelo	20	520	268	613	0.514
Techo	70	102	78	128	0.762
Paredes (4)	50	239	93	359	/

Plano útil:		UGR	Longi-	Tran	al eje de luminaria
Altura:	0.850 m	Pared izq	22	22	
Trama:	64 x 64 Puntos	Pared inferior	22	22	
Zona marginal:	0.000 m	(CIE, SHR = 0.25.)			

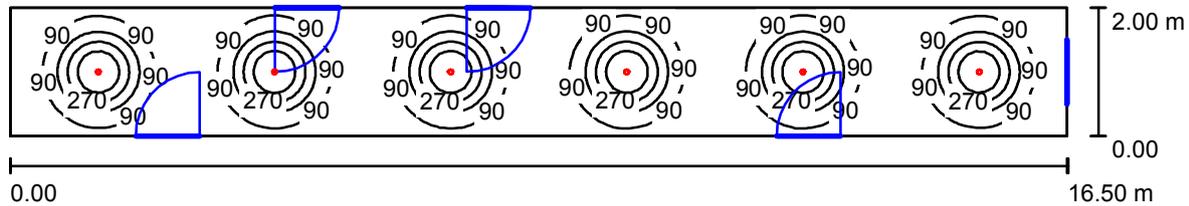
**Lista de piezas - Luminarias**

Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	Φ (Luminaria) [lm]	Φ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	42	PHILIPS RC120B 1xLED37S/840 W60L60 (1.000)	3700	3700	42.0
			Total: 155400	Total: 155400	1764.0

Valor de eficiencia energética: 7.86 W/m<sup>2</sup> = 1.43 W/m<sup>2</sup>/100 lx (Base: 224.40 m<sup>2</sup>)

Proyecto elaborado por Itxaro Matxain Rodriguez  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

## Pasillo1 / Resumen



Altura del local: 3.000 m, Altura de montaje: 3.086 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:118

Superficie	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano útil	/	122	16	436	0.134
Suelo	20	111	27	233	0.247
Techo	70	12	8.82	14	0.720
Paredes (4)	50	21	8.89	52	/

**Plano útil:**

Altura: 0.850 m  
Trama: 128 x 64 Puntos  
Zona marginal: 0.000 m

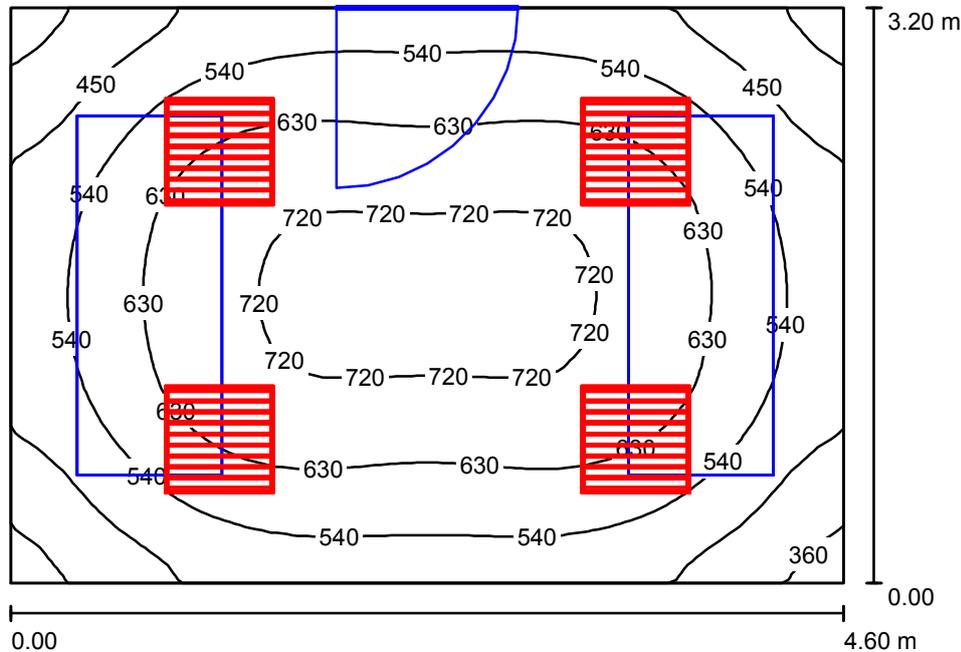
**Lista de piezas - Luminarias**

N°	Pieza	Designación (Factor de corrección)	$\Phi$ (Luminaria) [lm]	$\Phi$ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	6	PHILIPS BBG520 1xSLED800/840 MB ACT (1.000)	883	883	15.0
			Total: 5298	Total: 5298	90.0

Valor de eficiencia energética:  $2.73 \text{ W/m}^2 = 2.23 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $33.00 \text{ m}^2$ )

Proyecto elaborado por Itxaro Matxain Rodriguez  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

## Despacho / Resumen



Altura del local: 3.000 m, Altura de montaje: 3.047 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:42

Superficie	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano útil	/	582	339	747	0.583
Suelo	20	306	3.46	562	0.011
Techo	70	111	82	132	0.733
Paredes (4)	50	244	103	505	/

### Plano útil:

Altura: 0.850 m  
Trama: 32 x 32 Puntos  
Zona marginal: 0.000 m

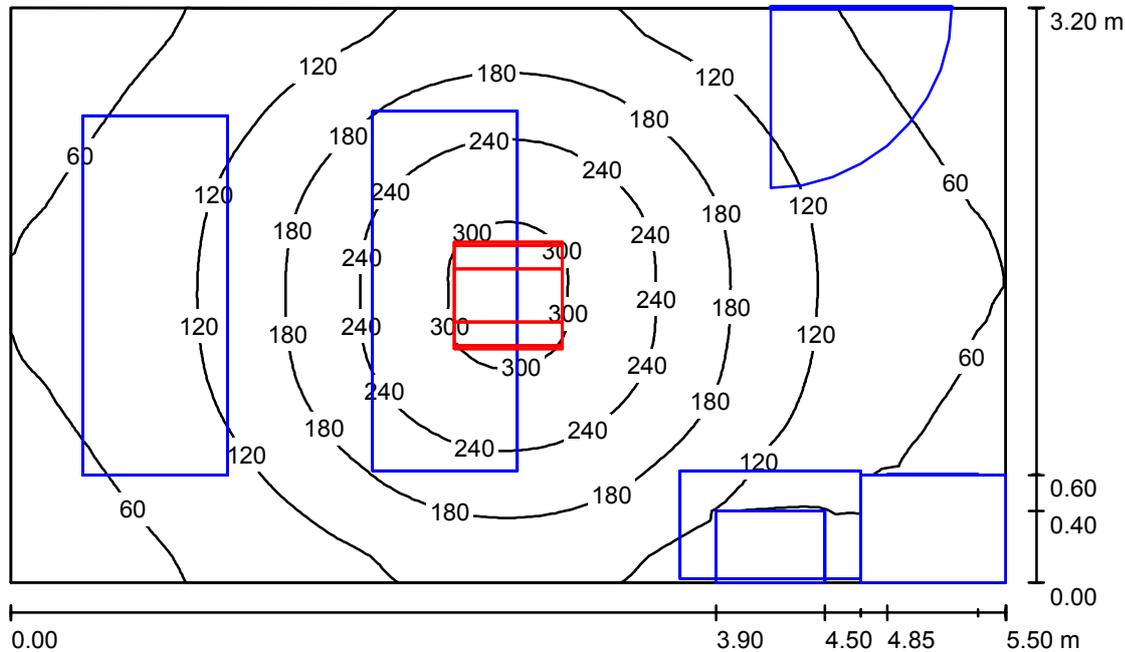
### Lista de piezas - Luminarias

Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	$\Phi$ (Luminaria) [lm]	$\Phi$ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	4	PHILIPS BBS464 W60L60 1xLED48/840 AC-MLO (1.000)	3700	3700	42.0
			Total: 14800	Total: 14800	168.0

Valor de eficiencia energética:  $11.41 \text{ W/m}^2 = 1.96 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $14.72 \text{ m}^2$ )

Proyecto elaborado por Itxaro Matxain Rodriguez  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

## Sala Descanso1 / Resumen



Altura del local: 3.000 m, Altura de montaje: 2.989 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:42

Superficie	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano útil	/	140	38	315	0.274
Suelo	20	69	1.25	166	0.018
Techo	70	23	14	30	0.611
Paredes (4)	50	45	0.99	108	/

**Plano útil:**

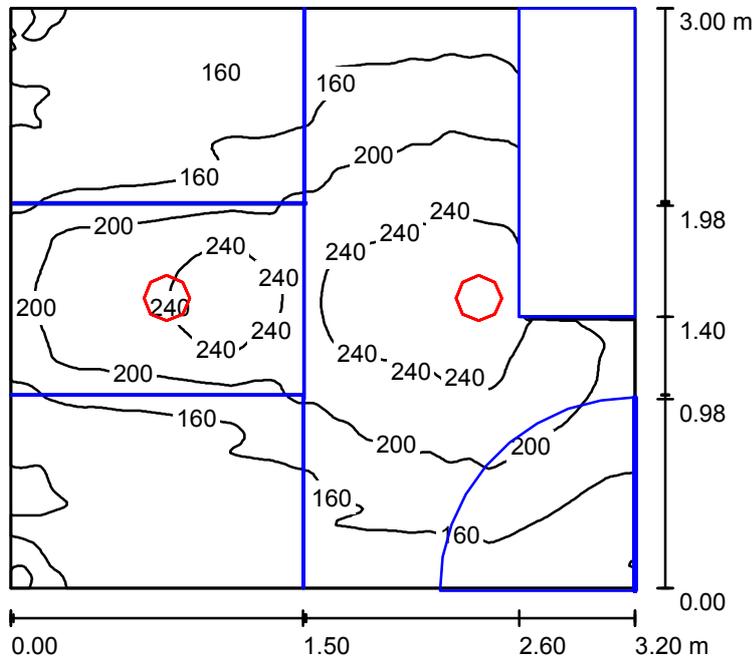
Altura: 0.850 m  
Trama: 64 x 64 Puntos  
Zona marginal: 0.000 m

**Lista de piezas - Luminarias**

Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	$\Phi$ (Luminaria) [lm]	$\Phi$ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	1	PHILIPS RC120B 1xLED37S/840 W60L60 (1.000)	3700	3700	42.0
			Total: 3700	Total: 3700	42.0

Valor de eficiencia energética:  $2.39 \text{ W/m}^2 = 1.70 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $17.60 \text{ m}^2$ )

**Baño M / Resumen**



Altura del local: 3.000 m, Altura de montaje: 3.120 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:39

Superficie	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano útil	/	181	111	263	0.611
Suelo	20	110	4.53	160	0.041
Techo	70	41	28	54	0.688
Paredes (4)	50	87	1.97	274	/

**Plano útil:**

Altura: 0.850 m  
 Trama: 128 x 128 Puntos  
 Zona marginal: 0.000 m

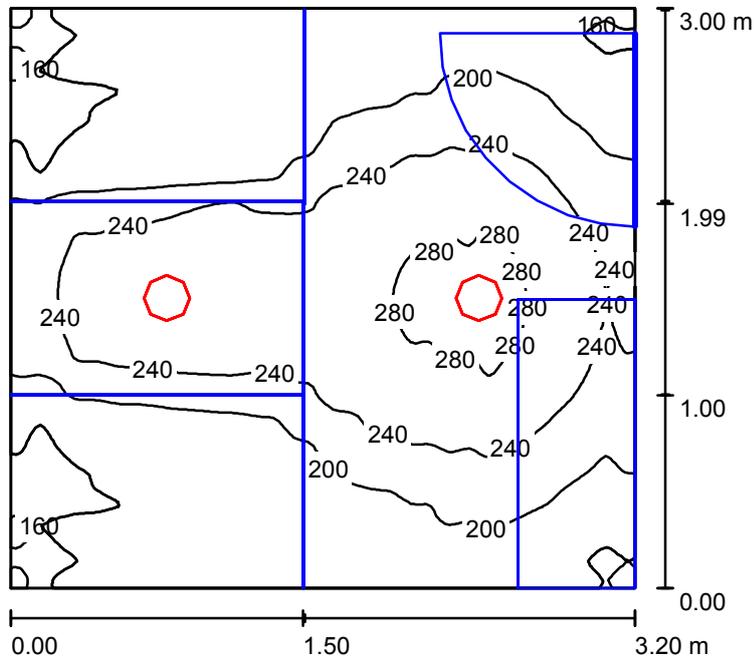
**Lista de piezas - Luminarias**

Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	$\Phi$ (Luminaria) [lm]	$\Phi$ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	2	PHILIPS DN125B D234 1xLED20S/840 (1.000)	2000	2000	24.0
Total:			4000	4000	48.0

Valor de eficiencia energética:  $5.00 \text{ W/m}^2 = 2.76 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $9.60 \text{ m}^2$ )

Proyecto elaborado por Itxaro Matxain Rodriguez  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

## Baño H / Resumen



Altura del local: 3.000 m, Altura de montaje: 3.120 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:39

Superficie	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano útil	/	214	142	296	0.667
Suelo	30	134	4.49	186	0.033
Techo	70	72	49	85	0.674
Paredes (4)	73	111	2.88	300	/

**Plano útil:**

Altura: 0.850 m  
Trama: 128 x 128 Puntos  
Zona marginal: 0.000 m

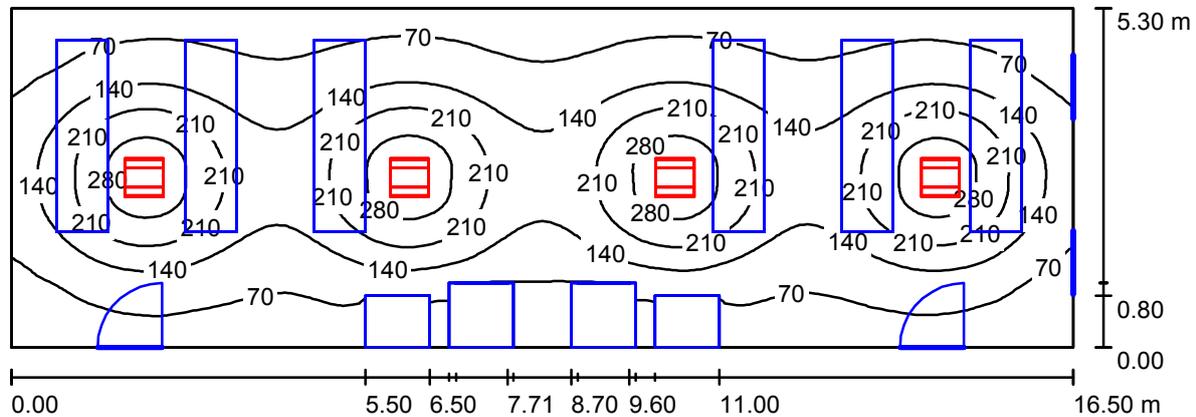
**Lista de piezas - Luminarias**

Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	$\Phi$ (Luminaria) [lm]	$\Phi$ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	2	PHILIPS DN125B D234 1xLED20S/840 (1.000)	2000	2000	24.0
Total:			4000	4000	48.0

Valor de eficiencia energética:  $5.00 \text{ W/m}^2 = 2.34 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $9.60 \text{ m}^2$ )

Proyecto elaborado por Itxaro Matxain Rodriguez  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

## Sala Descanso2 / Resumen



Altura del local: 3.000 m, Altura de montaje: 2.989 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:118

Superficie	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano útil	/	138	9.91	329	0.072
Suelo	20	81	2.37	189	0.029
Techo	70	30	15	40	0.512
Paredes (4)	50	42	1.86	108	/

**Plano útil:**

Altura: 0.850 m  
Trama: 128 x 128 Puntos  
Zona marginal: 0.000 m

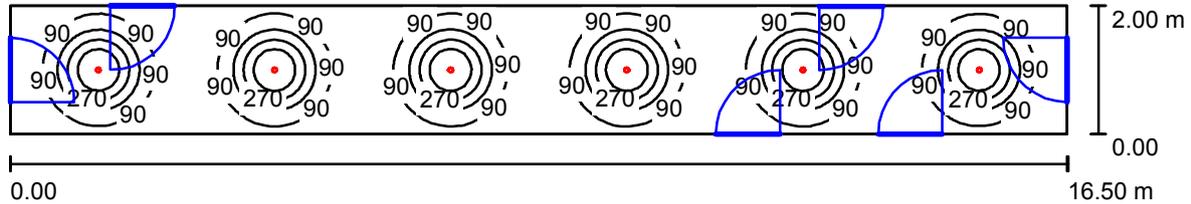
**Lista de piezas - Luminarias**

Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	$\Phi$ (Luminaria) [lm]	$\Phi$ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	4	PHILIPS RC120B 1xLED37S/840 W60L60 (1.000)	3700	3700	42.0
			Total: 14800	Total: 14800	168.0

Valor de eficiencia energética:  $1.92 \text{ W/m}^2 = 1.39 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $87.45 \text{ m}^2$ )

Proyecto elaborado por Itxaro Matxain Rodriguez  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

## Pasillo2 / Resumen



Altura del local: 3.000 m, Altura de montaje: 3.086 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:118

Superficie	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano útil	/	123	17	436	0.138
Suelo	20	111	27	233	0.243
Techo	70	12	9.11	14	0.733
Paredes (4)	50	21	9.47	52	/

**Plano útil:**

Altura: 0.850 m  
Trama: 128 x 64 Puntos  
Zona marginal: 0.000 m

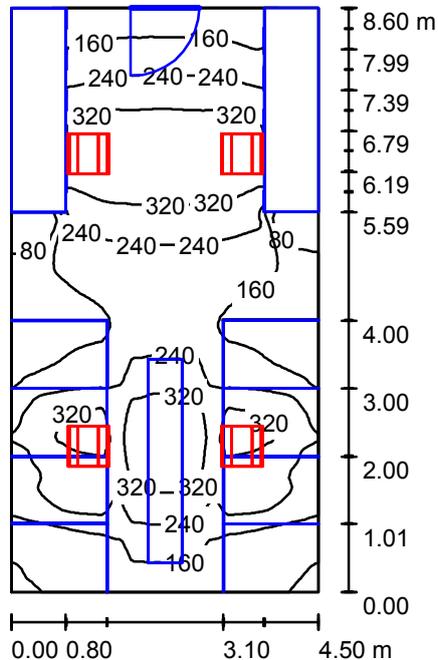
**Lista de piezas - Luminarias**

N°	Pieza	Designación (Factor de corrección)	$\Phi$ (Luminaria) [lm]	$\Phi$ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	6	PHILIPS BBG520 1xSLED800/840 MB ACT (1.000)	883	883	15.0
			Total: 5298	Total: 5298	90.0

Valor de eficiencia energética:  $2.73 \text{ W/m}^2 = 2.22 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $33.00 \text{ m}^2$ )

Proyecto elaborado por Itxaro Matxain Rodriguez  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

## Vestuario M / Resumen



Altura del local: 3.000 m, Altura de montaje: 2.989 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:111

Superficie	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano útil	/	225	30	382	0.135
Suelo	20	142	3.84	272	0.027
Techo	70	32	20	39	0.611
Paredes (4)	50	65	1.81	203	/

**Plano útil:**

Altura: 0.850 m  
Trama: 128 x 128 Puntos  
Zona marginal: 0.000 m

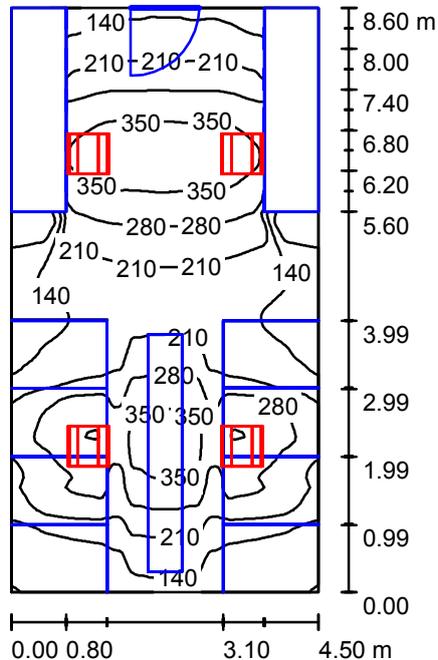
**Lista de piezas - Luminarias**

Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	$\Phi$ (Luminaria) [lm]	$\Phi$ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	4	PHILIPS RC120B 1xLED37S/840 W60L60 (1.000)	3700	3700	42.0
			Total: 14800	Total: 14800	168.0

Valor de eficiencia energética:  $4.34 \text{ W/m}^2 = 1.93 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $38.70 \text{ m}^2$ )

Proyecto elaborado por Itxaro Matxain Rodriguez  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

## Vestuario H / Resumen



Altura del local: 3.000 m, Altura de montaje: 2.989 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:111

Superficie	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano útil	/	227	35	384	0.152
Suelo	20	142	4.74	278	0.033
Techo	70	36	23	52	0.635
Paredes (4)	50	67	2.28	220	/

### Plano útil:

Altura: 0.850 m  
Trama: 128 x 128 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	4	PHILIPS RC120B 1xLED37S/840 W60L60 (1.000)	3700	3700	42.0
			Total: 14800	Total: 14800	168.0

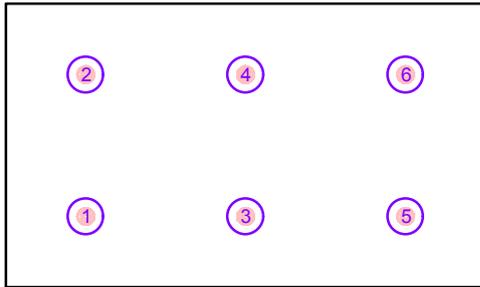
Valor de eficiencia energética:  $4.34 \text{ W/m}^2 = 1.91 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $38.70 \text{ m}^2$ )



Proyecto elaborado por Itxaro Matxain Rodriguez  
 Teléfono  
 Fax  
 e-Mail

### Reparación / Luminarias (lista de coordenadas)

**PHILIPS BY150P 1xHPI-P400W-BU P-WB +BY150G R +BY150Z GC**  
 24700 lm, 428.0 W, 1 x 1 x HPI-P400W-BU/743 (Factor de corrección 1.000).

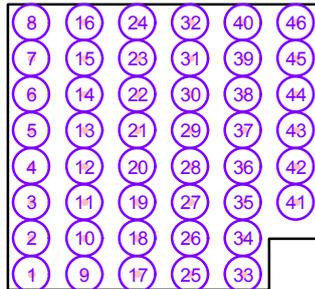


N°	Posición [m]			Rotación [°]		
	X	Y	Z	X	Y	Z
1	2.400	2.150	5.000	0.0	0.0	90.0
2	2.400	6.450	5.000	0.0	0.0	90.0
3	7.200	2.150	5.000	0.0	0.0	90.0
4	7.200	6.450	5.000	0.0	0.0	90.0
5	12.000	2.150	5.000	0.0	0.0	90.0
6	12.000	6.450	5.000	0.0	0.0	90.0

Proyecto elaborado por Itxaro Matxain Rodriguez  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

## Producción / Luminarias (lista de coordenadas)

**PHILIPS BY150P 1xHPI-P400W-BU P-WB +BY150G R +BY150Z GC**  
24700 lm, 428.0 W, 1 x 1 x HPI-P400W-BU/743 (Factor de corrección 1.000).



N°	Posición [m]			Rotación [°]		
	X	Y	Z	X	Y	Z
1	3.268	2.176	5.000	0.0	0.0	90.0
2	3.268	7.183	5.000	0.0	0.0	90.0
3	3.268	12.189	5.000	0.0	0.0	90.0
4	3.268	17.195	5.000	0.0	0.0	90.0
5	3.268	22.202	5.000	0.0	0.0	90.0
6	3.268	27.208	5.000	0.0	0.0	90.0
7	3.268	32.214	5.000	0.0	0.0	90.0
8	3.268	37.221	5.000	0.0	0.0	90.0
9	10.560	2.176	5.000	0.0	0.0	90.0
10	10.560	7.183	5.000	0.0	0.0	90.0
11	10.560	12.189	5.000	0.0	0.0	90.0
12	10.560	17.195	5.000	0.0	0.0	90.0
13	10.560	22.202	5.000	0.0	0.0	90.0
14	10.560	27.208	5.000	0.0	0.0	90.0
15	10.560	32.214	5.000	0.0	0.0	90.0
16	10.560	37.221	5.000	0.0	0.0	90.0
17	17.853	2.176	5.000	0.0	0.0	90.0
18	17.853	7.183	5.000	0.0	0.0	90.0
19	17.853	12.189	5.000	0.0	0.0	90.0
20	17.853	17.195	5.000	0.0	0.0	90.0
21	17.853	22.202	5.000	0.0	0.0	90.0
22	17.853	27.208	5.000	0.0	0.0	90.0
23	17.853	32.214	5.000	0.0	0.0	90.0
24	17.853	37.221	5.000	0.0	0.0	90.0
25	25.145	2.176	5.000	0.0	0.0	90.0
26	25.145	7.183	5.000	0.0	0.0	90.0
27	25.145	12.189	5.000	0.0	0.0	90.0
28	25.145	17.195	5.000	0.0	0.0	90.0

Proyecto elaborado por Itxaro Matxain Rodriguez  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

### Producción / Luminarias (lista de coordenadas)

N°	Posición [m]			Rotación [°]		
	X	Y	Z	X	Y	Z
29	25.145	22.202	5.000	0.0	0.0	90.0
30	25.145	27.208	5.000	0.0	0.0	90.0
31	25.145	32.214	5.000	0.0	0.0	90.0
32	25.145	37.221	5.000	0.0	0.0	90.0
33	32.437	2.176	5.000	0.0	0.0	90.0
34	32.437	7.183	5.000	0.0	0.0	90.0
35	32.437	12.189	5.000	0.0	0.0	90.0
36	32.437	17.195	5.000	0.0	0.0	90.0
37	32.437	22.202	5.000	0.0	0.0	90.0
38	32.437	27.208	5.000	0.0	0.0	90.0
39	32.437	32.214	5.000	0.0	0.0	90.0
40	32.437	37.221	5.000	0.0	0.0	90.0
41	39.729	12.189	5.000	0.0	0.0	90.0
42	39.729	17.195	5.000	0.0	0.0	90.0
43	39.729	22.202	5.000	0.0	0.0	90.0
44	39.729	27.208	5.000	0.0	0.0	90.0
45	39.729	32.214	5.000	0.0	0.0	90.0
46	39.729	37.221	5.000	0.0	0.0	90.0