



# ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación:

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL ELÉCTRICO

Título del proyecto:

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

Igor Rípodas Mariñelarena

Rafael Gonzaga Jarquín

Pamplona, 18/07/2013



# ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación:

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL ELÉCTRICO

Título del proyecto:

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

MEMORIA

Igor Rípodas Mariñelarena

Rafael Gonzaga Jarquín

Pamplona, 18/07/2013



1.1. INTRODUCCIÓN.....	4
1.1.1. Objeto.....	4
1.1.2. Situación .....	4
1.1.3. Descripción de la parcela y la nave .....	4
1.1.4. Descripción de la actividad.....	5
1.1.5. Previsión de cargas .....	6
1.1.6. Suministro de energía .....	7
1.1.7. Distribución de los cuadros.....	7
1.1.8. Normativa .....	8
1.2. ESQUEMA DE DISTRIBUCIÓN .....	9
1.3. ILUMINACIÓN .....	11
1.3.1. Introducción .....	11
1.3.2. Conceptos luminotécnicos .....	11
1.3.3. Tipos de lámparas .....	12
1.3.4. Proceso de cálculo .....	13
1.3.5. Alumbrado interior .....	14
1.3.6. Alumbrado exterior.....	15
1.3.7. Alumbrados de emergencia y señalización.....	15
1.4. DISTRIBUCIÓN INTERIOR DE LA INSTALACIÓN.....	19
1.4.1. Introducción .....	19
1.4.2. Prescripciones generales .....	19
1.4.2.1. Conductores activos .....	19
1.4.2.2. Conductores de protección .....	19
1.4.2.3. Subdivisión de las instalaciones.....	20
1.4.2.4. Equilibrado de cargas .....	20
1.4.3. Sistemas de canalización .....	20
1.4.3.1. Canalizaciones.....	20
1.4.3.2. Tubos protectores .....	21
1.4.4. Receptores.....	23
1.4.4.1. Introducción .....	23
1.4.4.2. Motores.....	23
1.4.4.3. Receptores para alumbrado .....	24
1.4.4.4. Receptores para aparatos de caldeo.....	24
1.4.5. Tomas de corriente.....	24
1.4.5.1. Introducción .....	24
1.4.5.2. Tipos de tomas de corriente .....	24
1.4.5.3. Situación y número de tomas de corriente .....	25
1.4.6. Interruptores y contactores.....	27
1.4.7. Cálculos de las intensidades de línea .....	27
1.4.8. Cálculo de los conductores de baja tensión .....	28
1.4.9. Soluciones adoptadas .....	31
1.4.9.1. Conductores.....	31
1.4.9.2. Canalizaciones.....	31
1.5. PROTECCIONES EN BAJA TENSIÓN .....	34
1.5.1. Clasificación de las protecciones .....	34
1.5.2. Conceptos básicos.....	34
1.5.3. Protección de la instalación .....	36
1.5.3.1. Protección contra sobrecargas .....	37



1.5.3.2. Protección contra cortocircuitos.....	37
1.5.4. Cálculo de las impedancias .....	38
1.5.5. Cálculo de las intensidades de cortocircuito .....	40
1.5.6. Cálculo del tiempo máximo que el conductor aguanta la intensidad de cortocircuito final.....	42
1.5.7. Protección de las personas .....	43
1.5.7.1. Protección contra contactos directos .....	44
1.5.7.2. Protección contra contactos indirectos .....	44
1.5.8. Solución adoptada.....	45
1.5.8.1. Cuadro general de distribución .....	46
1.5.8.2. Cuadro secundario 1 .....	47
1.5.8.3. Cuadro secundario 2.....	47
1.5.8.4. Cuadro secundario 3.....	48
1.5.8.5. Cuadro secundario 4.....	49
1.5.8.6. Cuadro secundario 5.....	50
1.5.8.7. Cuadro secundario 6.....	50
1.5.8.8. Cuadro secundario 7.....	51
1.5.8.9. Cuadro secundario 8.....	51
1.6. PUESTAS A TIERRA .....	52
1.6.1. Objeto.....	52
1.6.2. Definición .....	52
1.6.3. Partes de la puesta a tierra.....	53
1.6.3.1. Electrodo .....	53
1.6.3.2. Línea de enlace con tierra.....	53
1.6.3.3. Punto de puesta a tierra .....	54
1.6.3.4. Conductores de protección .....	54
1.6.4. El terreno.....	54
1.6.5. Resistencia de las tomas de tierra .....	55
1.6.6. Elementos a conectar a la toma de tierra .....	55
1.6.7. Revisión de las tomas de tierra .....	56
1.6.8. Solución adoptada.....	56
1.7. POTENCIA A COMPENSAR .....	57
1.8. CENTRO DE TRANSFORMACIÓN.....	58
1.8.1. Introducción .....	58
1.8.2. Reglamentación y disposiciones oficiales .....	58
1.8.3. Tipos de centros de transformación .....	58
1.8.4. Emplazamiento del centro de transformación.....	59
1.8.5. Características del centro de transformación .....	59
1.8.5.1. Local.....	59
1.8.5.2. Características constructivas .....	60
1.8.6. Instalación eléctrica .....	62
1.8.6.1. Introducción .....	62
1.8.6.2. Características de la red de alimentación .....	63
1.8.6.3. Características de la aparamenta de media tensión .....	63
1.8.6.4. Características descriptivas de las celdas de media tensión.....	65
1.8.6.5. Características del transformador.....	67
1.8.6.6. Cuadro auxiliar del centro de transformación.....	68
1.8.7. Instalación de puesta a tierra.....	68



1.8.8. Instancias .....	70
1.8.9. Aparatos de media tensión .....	70
1.8.10. Aislamiento .....	70
1.8.11. Instalaciones auxiliares del centro de transformación .....	70
1.9. RESUMEN DEL PRESUPUESTO.....	71



## **1.1. INTRODUCCIÓN**

### **1.1.1. Objeto**

El objeto del siguiente proyecto consiste en el estudio de la instalación eléctrica en baja tensión de una nave industrial dedicada a la elaboración de cajas de cartón.

Dicha instalación eléctrica estará formada por:

- Centro de transformación de media a baja tensión.
- Instalación de alumbrado interior, exterior, de emergencia y señalización.
- Instalación de fuerza y tomas de corriente.
- Protección eléctrica de las diferentes líneas que alimentan a las instalaciones.
- Puestas a tierra, tanto del centro de transformación como de la instalación eléctrica de la nave.
- Corrección del factor de potencia, por medio de baterías de condensadores automáticas, de la instalación eléctrica de la nave.

### **1.1.2. Situación**

La nave se situará en el municipio de Aoiz (Navarra), en las parcelas 884, 885 y 886 de su polígono industrial, tal y como se muestra en el plano de situación.

### **1.1.3. Descripción de la parcela y la nave**

La parcela donde se construirá la nave tiene una superficie útil de 6770 m<sup>2</sup>, de los cuales, 3138 m<sup>2</sup> estarán destinados a la superficie que ocupa la nave industrial, y esta quedará distribuida de la siguiente manera:

#### **Planta baja:**

- Zona de producción: 2725,85 m<sup>2</sup>
- Taller: 57,06 m<sup>2</sup>
- Sala de compresores: 28,24 m<sup>2</sup>
- Sala del C.G.D.: 27,36 m<sup>2</sup>
- Recepción: 37,80 m<sup>2</sup>
- Sala descanso 1: 44,74 m<sup>2</sup>
- Pasillo vestuarios: 27,72 m<sup>2</sup>
- Vestuario hombres: 53,92 m<sup>2</sup>
- Vestuario mujeres: 53,92 m<sup>2</sup>
- Escaleras: 6,13 m<sup>2</sup>



#### Primera planta (oficinas):

- Secretaría: 57,89 m<sup>2</sup>
- Dirección: 25,15 m<sup>2</sup>
- Sala de reuniones: 29,23 m<sup>2</sup>
- Almacén de archivos: 26,08 m<sup>2</sup>
- Sala descanso 2: 16,61 m<sup>2</sup>
- Baño hombres: 13,32 m<sup>2</sup>
- Baño mujeres: 13,31 m<sup>2</sup>
- Pasillo oficinas: 32,35 m<sup>2</sup>

En la zona exterior se ubicará el centro de transformación prefabricado PFU-4 de Ormazabal, que tiene una superficie de 10,6 m<sup>2</sup>, y el aparcamiento destinado a los empleados que contará con 18 plazas.

#### Distribución de alturas

- La altura de la nave es de 9 m en cumbrera y 7 m hasta las vigas delta. Estas vigas delta se colocarán sobre unos pilares de 7 m de altura cada 6 m.
- La altura desde el suelo hasta el falso techo en la zona de oficinas es de 3 m.
- La altura desde el suelo hasta el falso techo en el taller, sala de compresores y sala del C.G.D. es de 3 m.

#### **1.1.4. Descripción de la actividad**

La actividad de la empresa consiste en la elaboración de cajas de cartón de diferentes tamaños e impresiones. Para ello se siguen los siguientes procesos:

- Las bobinas de papel pasan por diferentes procesos dentro de la onduladora, y a su salida, las bobinas de papel se transforman en planchas de cartón.
- Después, estas planchas son recogidas por un carro de rodillos que las va introduciendo en cada una de las dos impresoras que habrá en la nave. Dependiendo de si las planchas necesitan un plegado y encolado, el carro de rodillos las introducirá en una impresora u otra.
- Finalmente, a la salida de las impresoras, los caminos de rodillos mandan los palets con las cajas de cartón hacia la paletizadora, y más tarde, el producto terminado se dirige al almacén para su posterior distribución.



### 1.1.5. Previsión de cargas

Máquina	Cantidad	Potencia (W)
Portabobinas	5	20000
Pre calentador	4	8200
Corrugadora simple	2	62000
Caldera	1	25000
Pre calentador triple	1	6150
Mesa caliente	1	4000
Encoladora triple	1	10000
Cortadora	1	7500
Puente transportador	1	15000
Apilador automático	1	12000
Compresor	2	22000
Paletizadora	1	3800
Plataforma giratoria	2	3000
Camino rodillos	11	16500
Puerta automática	3	1650
Impresora	2	37000
Prensa	1	11000
Cinta recortes	2	8000
Plegadora-encoladora	1	10000
Carro rodillos	1	7500
<b>TOTAL</b>		<b>290300</b>

Alumbrado	Potencia (W)
Alumbrado interior	22662
Alumbrado exterior	3150
Alumbrado de emergencia	673
<b>TOTAL</b>	<b>26485</b>

<b>POTENCIA TOTAL PREVISTA</b>	<b>316785 W</b>
--------------------------------	-----------------

Esta es la potencia prevista de la instalación eléctrica de la nave industrial sin tener en cuenta las tomas de corriente, tanto trifásicas como monofásicas, que se colocarán en ella.



### 1.1.6. Suministro de energía

La empresa encargada del suministro de energía eléctrica será IBERDROLA a una tensión de 13,2 KV y a una frecuencia de 50 Hz.

### 1.1.7. Distribución de los cuadros

La instalación eléctrica de la nave se compone de un cuadro general y de 8 cuadros secundarios:

- El cuadro general de distribución se sitúa en la sala del C.G.D., del cual salen las líneas a los 8 cuadros secundarios.
- Cuadro secundario 1: Situado en la zona de producción. Contiene los elementos de protección de las líneas que alimentan a 4 portabobinas, 4 precalentadores, 2 corrugadoras de simple cara y la caldera.
- Cuadro secundario 2: Situado en la zona de producción. Contiene los elementos de protección de las líneas que alimentan al portabobinas, el precalentador triple, la encoladora triple, el puente transportador, la mesa caliente, la cortadora, el apilador automático, 6 tomas monofásicas y 2 tomas trifásicas.
- Cuadro secundario 3: Situado en el taller. Contiene los elementos de protección de las líneas que alimentan al alumbrado (taller, sala de compresores y sala del C.G.D.), 6 tomas monofásicas (taller, sala de compresores y sala del C.G.D.), 4 tomas trifásicas y 2 compresores.
- Cuadro secundario 4: Situado en la zona de producción. Contiene los elementos de protección de las líneas que alimentan a 9 caminos de rodillos, 2 plataformas giratorias, la paletizadora, 3 puertas automáticas, 6 tomas monofásicas, 2 tomas trifásicas y una toma trifásica para cargar las baterías de las carretillas.
- Cuadro secundario 5: Situado en la zona de producción. Contiene los elementos de protección de las líneas que alimentan a la impresora, un camino de rodillos, 2 cintas de recortes y la prensa.
- Cuadro secundario 6: Este se sitúa en la zona de producción. Alimenta a la otra impresora, la plegadora-encoladora, un camino de rodillos, el carro de rodillos, 6 tomas monofásicas y 2 tomas trifásicas.
- Cuadro secundario 7: Situado en la recepción de las oficinas. Alimenta el alumbrado de las oficinas y las tomas de corriente de estas.
- Cuadro secundario 8: Situado en la zona de producción. Desde este cuadro se encienden las 8 zonas de alumbrado que hay en la nave.



### 1.1.8. Normativa

La realización de este proyecto, así como su redacción y ejecución del mismo, se efectuarán de acuerdo con las normas y reglamentos vigentes:

- Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión. Real Decreto 842/2002 de 2 de agosto de 2002.
- Normas UNE y recomendaciones de UNESA que sean de aplicación.
- Normas particulares de la empresa suministradora de energía eléctrica, que en este caso es IBERDROLA.
- Código Técnico de la Edificación. Ley 38/1999 de 5 de Noviembre.
- Ley de Prevención de Riesgos Laborales. Ley 31/1995 de 8 de Noviembre.
- Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación. Real Decreto 3275/82, de 12 de Noviembre de 1982.
- Reglamento de Seguridad Contra Incendios en Establecimientos Industriales. Real Decreto 2267/2004 de 3 de Diciembre.
- Cualquier otra normativa y reglamentación de obligado cumplimiento para este tipo de instalaciones.



## **1.2. ESQUEMA DE DISTRIBUCIÓN**

Según la ITC-BT-08, para la determinación de las características de las medidas de protección contra choques eléctricos en caso de defecto (contactos indirectos) y contra sobrecargas, así como de las especificaciones de la aparatada encargada de tales funciones, será preciso tener en cuenta el esquema de distribución empleado.

Los esquemas de distribución se establecen en función de las conexiones a tierra de la red de distribución o alimentación, por un lado, y de las masas de la instalación receptora, por otro. La denominación se realiza con un código de letras:

- Primera letra: Se refiere a la situación de la alimentación con respecto a tierra.
  - T: Conexión directa de un punto de la alimentación a tierra.
  - I: Aislamiento de todas las partes activas de la alimentación con respecto a tierra o conexión de un punto a tierra a través de una impedancia.
- Segunda letra: Se refiere a la situación de las masas de la instalación receptora con respecto a tierra.
  - T: Masas conectadas directamente a tierra.
  - N: Masas conectadas directamente al punto de alimentación puesto a tierra (Normalmente el neutro).

Existen 3 tipos de esquemas de distribución:

### 1) Esquema TT:

En este esquema, el punto de alimentación, generalmente el neutro, se conecta directamente a tierra. Las masas de la instalación receptora están conectadas a una toma de tierra separada de la toma de tierra de la alimentación.

En este esquema las intensidades de defecto suelen tener valores inferiores a los de cortocircuito, pero pueden ser suficientes para provocar la aparición de tensiones peligrosas. Por lo tanto en el esquema TT se utiliza el diferencial para detectar las corrientes de defecto y así desconectar el circuito.

### 2) Esquema TN:

Estos esquemas tienen el neutro, punto de alimentación, conectado directamente a tierra. Las masas de la instalación receptora conectadas a dicho punto mediante conductores de protección. Hay 3 esquemas, TN-S, TN-C y TN-C-S.

En los esquemas TN cualquier intensidad de defecto es una intensidad de cortocircuito porque la corriente de defecto solo está limitada por la impedancia de los



cables. En este esquema la intensidad de defecto se comporta como un cortocircuito, y por lo tanto, para proteger se pone un magnetotérmico en vez de un diferencial.

### 3) Esquema IT:

Este esquema no tiene ningún punto de la alimentación conectado directamente a tierra. Las masas de la instalación receptora están puestas directamente a tierra.

En este esquema la intensidad resultante ante un defecto a tierra tiene un valor suficientemente reducido como para no provocar la aparición de tensiones de contacto peligrosas. En este esquema, para poder fijar un potencial cero, se pone el neutro con una resistencia a tierra.

### **ESQUEMA ELEGIDO:**

El esquema utilizado en el presente proyecto es el TT. Se elige este esquema debido a que es el más común y además IBERDROLA, que en este caso es la compañía suministradora, obliga en sus redes de distribución en baja tensión este esquema.

La solución más segura sería la de colocar un esquema IT. Pero debido a los problemas que presenta a la hora de realizar un cambio o aumento de la instalación, se rechaza este esquema.

El esquema TN se omite ya que es muy parecido al TT y este es más utilizado.



## **1.3. ILUMINACIÓN**

### **1.3.1. Introducción**

Para la realización de la actividad en la empresa hace falta una correcta iluminación. En función de cada zona se utilizará un tipo de iluminación u otro para realizar la actividad lo más cómodamente posible. Para la elección de las luminarias de cada zona se procede a describir los siguientes conceptos luminotécnicos.

### **1.3.2. Conceptos luminotécnicos**

- **Flujo luminoso**: Es la energía luminosa emitida por unidad de tiempo. Su unidad es el lumen. Es el flujo que emite una lámpara y se utiliza para la comparación entre lámparas.
- **Intensidad luminosa**: Es el flujo luminoso emitido en una dirección dada por unidad de ángulo sólido. Su unidad es la candela.
- **Iluminancia**: Es el flujo luminoso recibido por unidad de superficie. Su unidad es el lux.
- **Luminancia**: Es la intensidad luminosa en una dirección dada por unidad de superficie aparente iluminada.
- **Flujo radiante**: Es la potencia emitida, transportada o recibida en forma de radiación. Su unidad es el vatio.

#### **Tipos de espectros:**

- Continuo: No existe intermitencia, siempre ilumina.
- En línea: Tienen unas emisiones no continuas. Hay momentos en los que no hay emisiones de luz.
- Mixto: Combina las dos anteriores.

#### **Leyes de la fotometría:**

- Ley inversa del cuadrado de la distancia: Se hace con el luxómetro.
- Ley del coseno del ángulo de incidencia.
- Ley del coseno cubo.



### Tipos de transmisión:

- Dirigida: Cambia el ángulo pero no se difumina el rayo.
- Difusa: Se produce en los vidrios opales.
- Semidirigida: Mas porcentaje de dirigida que de difusa.
- Semidifusa: Mas porcentaje de difusa que de dirigida.

### Tipos de reflexiones:

- Regular: El material refleja toda la luz que le llega.
- Difusa: Se refleja la luz de forma difusa.
- Mixta: No es del todo regular ni difusa.
- Rendimiento de color: Nos dice cómo cambia el color del cuerpo en función de la fuente que lo ilumina. Viene dado por un valor de 0 a 100. El color verdadero es aquel que le incida la luz solar.

## 1.3.3. Tipos de lámparas

### Lámparas de incandescencia:

- Estándar: Se tiene un filamento de wolframio por el que pasa intensidad. Se calienta y produce una emisión de luz al ponerse incandescente. Para que el wolframio no se evapore se introduce en la ampolla gas argón al 90% y nitrógeno al 10%. Tienen baja eficiencia.
- Halógenas: Igual que la anterior pero en la ampolla se le introducen halógenos como yodo o cromo. La  $T^a$  aumenta mucho más y la ampolla es de cuarzo. Se aumenta la vida útil y el rendimiento.
- Especiales: Son lámparas estándar, pero para uso específico.

Lámparas de descarga: Son posteriores a las incandescentes. Se libera energía electromagnética gracias al choque entre electrones de los átomos de gas que hay dentro del tubo de descarga. Tipos:

- Fluorescentes: La radiación es ultravioleta y se hace visible gracias al polvo fluorescente que hay en su interior. La eficacia es de 40-100 lm/W. Duración de 6000-9000 h. Sus partes fundamentales son el tubo de descarga, los electrodos, el casquillo de conexión, el gas de relleno y los polvos fluorescentes.
- Lámparas de descarga de vapor de mercurio: La radiación la dan los átomos de mercurio. Tiene las mismas partes que la anterior. Al tener mercurio la luz es blanca. La eficacia es de 30-95 lm/W y su vida es de 6000-9000 h.



- Lámparas de descarga de vapor de sodio: Lleva átomos de sodio y el color es más amarillento. Los tipos de casquillo son de bayoneta y de rosca uno a baja presión y otro a alta.
- Especiales: Son para utilizaciones puntuales como lámparas de solárium, ozono, luz negra, etc...

#### 1.3.4. Proceso de cálculo

- a) Iluminancias puntuales: Para cada punto del local se ven los lux que se tienen. Para esto solo existen los programas informáticos. En el presente proyecto de utiliza el programa DIALUX.
- b) Método de los lúmenes: Se utiliza para el cálculo a mano. Se utiliza para hacer un precálculo antes de meter al programa. Los pasos son:
  - Determinación de nivel de iluminación.
  - Selección del tipo de alumbrado y conjunto lámpara-luminaria.
  - Cálculo de los coeficientes de utilización y conservación.
  - Cálculo del flujo luminoso total necesario.
  - Determinación del número total de lámparas.
  - Nº de luminarias.
  - Emplazamiento de las luminarias.



### 1.3.5. Alumbrado interior

Las luminarias utilizadas en cada zona son:

Local	Luminaria	Nº	P. total (W)
Secretaría	Philips TBS165 G 3xTL5-14W HFS C6	16	672
Dirección	Philips TBS165 G 3xTL5-14W HFS C6	8	336
Sala reuniones	Philips TBS165 G 3xTL5-14W HFS C6	9	378
Almacén archivos	Philips TBS165 G 3xTL5-14W HFS C6	3	126
Sala descanso 2	Philips TBS165 G 3xTL5-14W HFS C6	3	126
Baño hombres	Philips TBS165 G 3xTL5-14W HFS C6	2	84
Baño mujeres	Philips TBS165 G 3xTL5-14W HFS C6	2	84
Pasillo oficinas	Philips TBS165 G 3xTL5-14W HFS C6	5	210
Escaleras	Philips TCS260 1xTL5-28W HFP C6	1	28
Recepción	Philips TBS165 G 3xTL5-14W HFS M2	13	546
Sala descanso 1	Philips TBS165 G 2xTL5-28W HFS C6	4	224
Pasillo vestuarios	Philips TBS165 G 3xTL5-14W HFS C6	4	168
Vestuario hombres	Philips TBS165 G 2xTL5-28W HFS C6	6	336
Vestuario mujeres	Philips TBS165 G 2xTL5-28W HFS C6	6	336
Taller	Philips TCW216 2xTL5-28W HFP	8	448
Sala compresores	Philips TCW216 2xTL5-28W HFP	4	224
Sala CGD	Philips TCW216 2xTL5-28W HFP	4	224
Zona de producción	Philips HPK380 1xHPI-P250W-BU P-WB +GPK380 R D465+GC	72	18000
Centro transformación	Philips TCW216 2xTL5-28W HFP	2	112
<b>TOTAL</b>			<b>22662</b>

Para la elaboración de la tabla anterior se ha utilizado el programa DIALUX. Los resultados de los cálculos se adjuntan en un anexo en el apartado de cálculos del presente proyecto. Para realizar los cálculos se introducen en el programa los siguientes datos:

- Nivel de luxes recomendados según la norma UNE 12464.1 para la actividad a desarrollar.
- Dimensiones de la zona a iluminar.
- Elección del tipo de luminaria y lámpara con sus características. Se utiliza el catálogo de PHILIPS.

Con estos datos el programa realiza los cálculos y propone una solución, en la cual expone el número de luxes que hay en toda la superficie de la zona a estudio a la altura del plano útil, el número de luminarias a colocar, el lugar de colocación de éstas en el plano... El programa permite hacer ajustes sobre estas cuestiones. En este caso se



han elegido las luminarias y el número de éstas que aparecen en la tabla anterior y su colocación aparece detallada en los planos de iluminación.

### 1.3.6. Alumbrado exterior

Para la realización del alumbrado exterior de la nave no se ha utilizado ningún programa. Se han colocado 21 luminarias por el perímetro de la nave, a 4 metros de altura, para garantizar una visibilidad suficiente a la noche.

Se han elegido las luminarias Philips SRP222 SON-TPP150W SP. Su colocación se precisa en el plano de alumbrado exterior y emergencia.

Alumbrado	Nº luminarias	Potencia unidad	Potencia total
exterior	21	150	3150

### 1.3.7. Alumbrados de emergencia y señalización

Según la ITC-BT-28, el objeto de la luz de emergencia es el de asegurar, en caso de fallo de la alimentación normal, la iluminación en los locales y accesos hasta las salidas, para una eventual evacuación del público o iluminar otros puntos que se señalen. Hay varios tipos de alumbrado de emergencia:

- Alumbrado de reemplazamiento: Permite la continuidad de la actividad que se esté realizando.
- Alumbrado de seguridad: Para garantizar la evacuación de los locales. Funciona cuando la tensión nominal de la luminaria baja del 70%. Tendrá que dar en el suelo 1 lux durante una hora.
- Alumbrado de ambiente o antipánico: Tiene que haber 0,5 lux en el suelo y a 1 m de altura.
- Alumbrado de zonas de alto riesgo: Garantizará 15 luxes o el 10% de los lux del alumbrado normal.

Según la ITC-BT-28, los lugares donde se instalará alumbrado de emergencia son:

- Todos los recintos cuya ocupación sea mayor que 100 personas.
- 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 la evacuación de más de 100 personas.
- En pasillos, escaleras y escaleras de incendios.



- Los aparcamientos de más de 5 vehículos, incluidos los pasillos y escaleras que conduzcan desde aquellos hasta el exterior o hasta las zonas generales del edificio.
- Los locales de riesgo especial y los aseos generales de planta en edificios de acceso público.
- Los cuadros de distribución de la instalación de alumbrado de las zonas antes citadas.

Como regla para el cálculo y ubicación de las lámparas de emergencia se determina que:

- La iluminancia mínima será de 5 lux.
- El flujo mínimo será de 30 lúmenes.
- La separación mínima será de  $h$ , siendo  $h$  la altura de ubicación comprendida entre 2 y 2.5 metros.

Criterio de ubicación de las lámparas de emergencia:

- En todas las puertas de las salidas de emergencia.
- Cerca de las escaleras para que todos los escalones queden iluminados.
- En los cambios de nivel.
- En cambios de dirección.
- En intersecciones del pasillo con las rutas de evacuación.
- En los aseos y servicios.
- Para iluminar todas las salidas obligatorias y señales de seguridad.
- En el exterior de los edificios junto a las salidas.
- Etc...

El alumbrado de emergencia se puede clasificar en función de la fuente de alimentación de las luminarias:

- Luminarias autónomas: Se caracterizan porque el suministro de energía eléctrica se efectúa en la propia luminaria o a un metro de distancia de la misma como máximo.
- Luminarias centralizadas: Se caracterizan porque la fuente de suministro de energía eléctrica se emplaza a más de un metro de distancia de las luminarias.

También se pueden clasificar en función del tipo de luminaria utilizada, como:

- Luminarias permanentes: Son luminarias alimentadas con energía eléctrica permanentemente. De manera que se efectúa al unísono un doble alumbramiento, normal y de emergencia.
- Luminarias no permanentes: Son luminarias que solo se activan cuando falla la alimentación del alumbrado normal, es decir, cuando se interrumpe o disminuye por debajo del 70% de su valor nominal.



- Luminarias combinadas: Son luminarias que disponen de dos o más lámparas que permiten alimentar parte de ellas con energía eléctrica para el alumbrado de emergencia y la otra parte conectadas al suministro del alumbrado normal, de manera que parte de las lámparas permanecen encendidas en todo momento mientras hay suministro de energía eléctrica al alumbrado normal, y la otra parte solo se encienden cuando falla dicho suministro eléctrico del alumbrado normal.

### **SOLUCIÓN ADOPTADA**

Las luminarias elegidas son luminarias autónomas no permanentes de la marca Schneider y de su gama Primalum. Se han escogido diferentes aparatos, según los lúmenes que proporcionan, y tienen potencias de 6 W y 11 W.

La colocación de estas en la zona de oficinas será a una altura de 2,3 m y se colocarán encima de los marcos de las puertas. En los pasillos se colocarán 2 luminarias, una encima del marco de la puerta y otra en la pared.

En la zona de producción se colocarán en las columnas de la nave a una altura de 3,5 m ya que se tiene que iluminar una zona mayor. A continuación se detalla el tipo y número de luminarias.



La potencia total del alumbrado de emergencia es de 673 W y los resultados son los siguientes:

Zona	Superficie (m <sup>2</sup> )	Iluminación (lm/m <sup>2</sup> )	Flujo necesario	Luminarias seleccionadas	Nº	Potencia total (W)
Secretaría	57,89	5	289,45	Primalum OVA37078E de 320 lm y 11W	1	11
Dirección	25,15	5	125,75	Primalum OVA37039E de 160 lm y 11W	1	11
Sala reuniones	29,23	5	146,15	Primalum OVA37039E de 160 lm y 11W	1	11
Almacén archivos	26,08	5	130,4	Primalum OVA37039E de 160 lm y 11W	1	11
Sala descanso 2	16,61	5	83,05	Primalum OVA37074E de 90 lm y 6W	1	6
Baño hombres	13,32	5	66,60	Primalum OVA37074E de 90 lm y 6W	1	6
Baño mujeres	13,31	5	66,55	Primalum OVA37074E de 90 lm y 6W	1	6
Pasillo oficinas	32,35	5	161,75	Primalum OVA37074E de 90 lm y 6W	2	12
Escaleras	6,13	5	30,65	Primalum OVA37037E de 65 lm y 6W	1	6
Recepción	37,80	5	189	Primalum OVA37077E de 220 lm y 11W	1	11
Sala descanso 1	44,74	5	223,7	Primalum OVA37078E de 320 lm y 11W	1	11
Pasillo vestuarios	27,72	5	138,6	Primalum OVA37074E de 90 lm y 6W	2	12
Vestuario hombres	53,92	5	269,6	Primalum OVA37078E de 320 lm y 11W	1	11
Vestuario mujeres	53,92	5	269,6	Primalum OVA37078E de 320 lm y 11W	1	11
Taller	57,06	5	285,3	Primalum OVA37078E de 320 lm y 11W	1	11
Sala compresores	28,24	5	141,2	Primalum OVA37039E de 160 lm y 11W	1	11
Sala C.G.D.	27,36	5	136,8	Primalum OVA37039E de 160 lm y 11W	1	11
Zona producción	2725,85	5	13629,25	Primalum OVA37078E de 320 lm y 11W	42	462
				Primalum OVA37037E de 65 lm y 6W	6	36
CT	9,4	5	47	Primalum OVA37037E de 65 lm y 6W	1	6



## **1.4. DISTRIBUCIÓN INTERIOR DE LA INSTALACIÓN**

### **1.4.1. Introducción**

Las instalaciones interiores son las que se realizan en el interior de edificios. En este proyecto será desde el secundario del transformador hasta la llegada a los receptores.

Se calcularán los distintos conductores teniendo en cuenta 3 criterios. El criterio térmico, el de caída de tensión y el de cortocircuito, para que no sufran calentamientos excesivos y no se supere la caída de tensión establecida en el REBT, que en este caso se tomará desde el cuadro de baja tensión del centro de transformación hasta cada uno de los receptores.

### **1.4.2. Prescripciones generales**

Los conductores de la instalación deben ser fácilmente identificables, especialmente el neutro y el cable de protección. Variando los colores de sus aislamientos se hace esta identificación. El neutro se identificará con un color azul claro y al conductor de protección se le identificará por el color amarillo y rayas verdes. Todos los conductores de fase, o en su caso, aquellos para los que no se prevea su pase posterior a neutro, se identificarán con los colores marrón o negro. Si es necesario tener 3 fases se añadirá también el color gris.

#### **1.4.2.1. Conductores activos**

Los conductores y cables que se empleen en las instalaciones serán de cobre o aluminio y serán siempre aislados. Debido a que el presente proyecto es una instalación industrial que se alimenta directamente en alta tensión con un transformador propio, la caída de tensión será de 4,5% para receptores de alumbrado y de 6,5% para los demás usos.

En la tabla 19.2 de la ITC-BT-19 se indican las diferentes intensidades admisibles para distintos tipos de instalación de los conductores, agrupamientos y tipos de cables a una temperatura ambiente de 40 °C.

#### **1.4.2.2. Conductores de protección**

Los conductores de protección que estén constituidos por el mismo metal que los de fase, tendrán una sección mínima igual a la que se expone 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.

Si los conductores activos van en el interior de una envolvente común, se recomienda incluir dentro de ella también el conductor de protección, y presentará el mismo aislamiento que los conductores de fase. Estos estarán convenientemente protegidos contra el deterioro mecánico y químico. Las conexiones de los conductores se realizarán por medio de uniones soldadas o por piezas de conexión de apriete por rosca.

#### 1.4.2.3. Subdivisión de las instalaciones

Las instalaciones se subdividirán de forma que las perturbaciones originadas por averías que se produzcan en un punto solo afecten a ciertas partes de la instalación y no a ella entera.

#### 1.4.2.4. Equilibrado de cargas

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

### 1.4.3. Sistemas de canalización

#### 1.4.3.1. Canalizaciones

Las canalizaciones sirven para proteger a los conductores y proporcionan un camino adecuado para la instalación eléctrica. Hoy en día los métodos más utilizados son las bandejas o pasar los conductores a través de tubos.



Cuando las canalizaciones pasen a través de elementos de la construcción como muros, paredes y techos, se realizarán siguiendo prescripciones como:

- Las canalizaciones estarán protegidas contra deterioros mecánicos.
- No habrá empalmes o derivaciones en la longitud del tubo.
- Las superficies de los tubos no deberán tener aristas, etc...

#### 1.4.3.2. Tubos protectores

Los tubos protectores se designan en la ITC-BT-21. Hay varias clases de tubos:

- Sistemas de tubos rígidos.
- Sistemas de tubos curvables.
- Sistemas de tubos flexibles.
- Sistemas de tubos enterrados.

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

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

El diámetro del tubo protector donde se alojarán los cables se calculará en función del número de conductores que aloja y la sección de estos. Estos se calculan en las tablas de la ITC-BT-21 en función del tipo de instalación.

Para realizar las canalizaciones mediante tubos protectores se tendrán en cuenta las prescripciones 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 con accesorios adecuados a su clase que aseguren la continuidad de la protección.
- Los tubos aislantes rígidos curvables en caliente podrán ser ensamblados entre sí en caliente recubriendo el empalme con una cola especial cuando la unión que se necesite sea estanca.
- Las curvas practicadas en los tubos serán continuas y no originarán reducciones de sección inadmisibles.
- Será posible la fácil introducción y retirada de los conductores de los tubos después de colocarlos y fijarlos disponiendo para ello registros, que en tramos rectos no estarán separados más de 15 m. El número de curvas en ángulo situados entre dos registros consecutivos no será superior a 3.
- Los registros se destinarán solo a facilitar la introducción y retirada de los conductores en los tubos y al mismo tiempo servir como cajas de empalme o derivación.



- Nunca se permitirá la unión de conductores como empalmes o derivaciones por simple retorcimiento o arrollamiento entre sí de los conductores, sino que se utilizarán bornes de conexión montados individualmente o constituyendo bloques o regletas de conexión.
- La conexión entre conductores se hará en el interior de cajas apropiadas de material aislante y no propagador de la llama.
- En los tubos metálicos sin aislamiento interior, se tendrá en cuenta las posibilidades de que se produzcan condensaciones por agua en su interior por lo que se elegirá convenientemente su trazado y estableciendo una ventilación apropiada en el interior de los tubos mediante el sistema adecuado.
- Los tubos metálicos que sean accesibles se conectarán a tierra.
- Los tubos metálicos no se utilizarán como conductores de protección o de neutro.
- Para la colocación de los conductores se seguirá la ITC-BT-20.

Cuando los tubos protectores se coloquen en montaje superficial se tendrán en cuenta las siguientes prescripciones generales:

- Los tubos se fijarán en las paredes o techos con bridas o abrazaderas protegidas contra la corrosión y sólidamente fijadas. La distancia máxima entre estas será como máximo de 50 cm.
- Los tubos se colocarán adaptándose a la superficie sobre la que se instalan.
- Es conveniente disponer los tubos a una altura mínima de 2,5 m sobre el suelo con el fin de evitar daños mecánicos.
- En los cruces de los tubos rígidos con las juntas de dilatación de un edificio, deberán interrumpirse los tubos, quedando separados entre sí los extremos 5 cm aproximadamente y empalmándose posteriormente.

Cuando los tubos se coloquen en montaje fijo empotrado se seguirán las siguientes prescripciones:

- Al instalar 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 las que se practican.
- 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 previstos de codos o "T" apropiados, pero en este último caso solo se permitirán provistos de tapa de registros.
- Las tapas de registros y las cajas de conexión quedarán accesibles y desmontables una vez finalizada la obra.

Cuando los conductores estén montados al aire, solamente está permitido su uso para máquinas de movilidad restringida desde canalizaciones prefabricadas y cajas de derivación fijadas al techo. La longitud de la conducción en el aire no será superior a 4 metros y no comenzará a una altura inferior a 2 metros.

Para el cálculo del diámetro, y distribución de los tubos protectores utilizados en el presente proyecto para distribuir las líneas a lo largo de la nave, se tendrá en cuenta lo expuesto anteriormente así como como lo expuesto en la ITC-BT-21.



## 1.4.4. Receptores

### 1.4.4.1. Introducción

Los receptores se instalarán de acuerdo con su destino (local, utilización etc...), teniendo en cuenta los esfuerzos mecánicos previsibles y las condiciones de ventilación necesarias para que en el funcionamiento no pueda producirse ninguna temperatura peligrosa, tanto para la propia instalación como para objetos próximos.

Los circuitos que formen parte de los receptores deberán estar protegidos contra sobrecargas, siendo de aplicación lo dispuesto en la ITC-BT-22.

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

Los receptores podrán conectarse a las canalizaciones directamente o por medio de un cable apto para usos móviles, que podrá incorporar una clavija de toma de corriente. Cuando la conexión se efectúe directamente a una canalización fija, los receptores se situarán de manera que se pueda verificar su funcionamiento, proceder a su mantenimiento y controlar esta conexión.

### 1.4.4.2. Motores

Según la ITC-BT-47 las secciones mínimas que tendrán los conductores de conexión, con objeto de que no se produzca en ellos un calentamiento excesivo, serán las siguientes:

- Un solo motor: Los conductores que alimenten a un solo motor deben estar dimensionados para una intensidad del 125% de la intensidad a plena carga del motor.
- Varios motores: Los conductores de conexión que alimentan a varios motores deberán estar dimensionados para una intensidad no inferior a la suma del 125% de intensidad a plena carga del motor de mayor potencia más la intensidad a plena carga del resto de motores.

En los motores de aparatos de elevación en general se computará como intensidad nominal a plena carga como la necesaria para elevar las cargas fijadas como normales a la velocidad del régimen una vez pasado el periodo de arranque multiplicada por 1,3.

Los motores deberán 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.



### 1.4.4.3. Receptores para alumbrado

Según se explica en la ITC-BT-44, las lámparas de descarga utilizadas en el presente proyecto tendrán que cumplir las siguientes condiciones.

- 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 los receptores de lámparas de descarga, la carga mínima prevista en voltiamperios será de 1,8 veces la potencia en vatios de las lámparas.
- El factor de potencia de cada receptor será mayor o igual a 0,9.

### 1.4.4.4. Receptores para aparatos de caldeo

Según la ITC-BT-45 los aparatos de caldeo para uso industrial tendrán que cumplir las siguientes especificaciones.

- Se alimentarán en corriente alterna y como mínimo a 50 Hz.
- La alimentación estará controlada por un interruptor magnetotérmico de corte omnipolar y que pueda ser accionado fácilmente.
- La cuba metálica de la caldera se pondrá a tierra.

## 1.4.5. Tomas de corriente

### 1.4.5.1. Introducción

Las tomas de corriente utilizadas en las instalaciones interiores o receptoras serán conforme a la norma UNE 20315 y las tomas para uso industrial conforme a la norma UNA 60309.

El cálculo de la potencia prevista para cada toma está resuelto en el documento de cálculos del presente proyecto teniendo en cuenta los factores de simultaneidad y utilización pertinentes.

### 1.4.5.2. Tipos de tomas de corriente

Las tomas de corriente utilizadas en el presente proyecto son monofásicas y trifásicas y los diferentes tipos son:

- Tomas de corriente monofásica de 16 A a 230 voltios (2P+T).
- Tomas de corriente trifásica de 16 A a 400 voltios (3P+T).



### 1.4.5.3. Situación y número de tomas de corriente

Las tomas de corriente en la zona de oficinas irán empotradas en la pared a una altura de 20 cm. En el taller, sala de compresores y sala del cuadro general de distribución también irán empotradas.

En la zona de producción, las tomas trifásicas y monofásicas irán colocadas a una altura de 1,5 metros en cofrets para tomas industriales de la marca Schneider y del modelo Kaedra.

#### OFICINAS:

- Secretaría:  
10 tomas de corriente monofásica de 16 A a 230 V. (2P+T).
- Dirección:  
4 tomas de corriente monofásica de 16 A a 230 V. (2P+T).
- Sala reuniones:  
2 tomas de corriente monofásica de 16 A a 230 V. (2P+T).
- Almacén archivos:  
2 tomas de corriente monofásica de 16 A a 230 V. (2P+T).
- Sala descanso 2:  
2 tomas de corriente monofásica de 16 A a 230 V. (2P+T).
- Baño hombres:  
1 toma de corriente monofásica de 16 A a 230 V. (2P+T).
- Baño mujeres:  
1 toma de corriente monofásica de 16 A a 230 V. (2P+T).
- Pasillo oficinas:  
2 tomas de corriente monofásica de 16 A a 230 V. (2P+T).
- Recepción:  
5 tomas de corriente monofásica de 16 A a 230 V. (2P+T).



- Sala descanso 1:
  - 4 tomas de corriente monofásica de 16 A a 230 V. (2P+T).
- Pasillo vestuarios:
  - 2 tomas de corriente monofásica de 16 A a 230 V. (2P+T).
- Vestuario hombres:
  - 2 tomas de corriente monofásica de 16 A a 230 V. (2P+T).
- Vestuario mujeres:
  - 2 tomas de corriente monofásica de 16 A a 230 V. (2P+T).

#### **ZONA DE PRODUCCIÓN:**

- Zona de producción:
  - 18 tomas de corriente monofásica de 16 A a 230 V. (2P+T).
  - 7 tomas de corriente trifásica de 16 A a 400 V. (3P+T).
- Taller:
  - 2 tomas de corriente monofásica de 16 A a 230 V. (2P+T).
  - 4 tomas de corriente trifásica de 16 A a 400 V. (3P+T).
- Sala de compresores:
  - 2 tomas de corriente monofásica de 16 A a 230 V. (2P+T).
- Sala C.G.D.:
  - 2 tomas de corriente monofásica de 16 A a 230 V. (2P+T).



#### 1.4.6. Interruptores y contactores

Los interruptores, conmutadores y conmutadores de cruzamiento utilizados en el presente proyecto son de la marca Simon. Su situación viene detallada en el plano de alumbrado de oficinas y en el plano de alumbrado de la nave.

Tipo	Número
Interruptor	12
Conmutador	10
Conmutador de cruzamiento	2

El encendido y apagado del alumbrado de la zona de producción se realiza desde el cuadro secundario 8 (Cuadro de alumbrado), mediante 8 contactores, uno para cada zona de alumbrado, todos ellos manejados mediante sus respectivos pulsadores de marcha y paro.

#### 1.4.7. Cálculos de las intensidades de línea

Los cálculos son básicamente iguales para todas las líneas, excepto por la tensión a la cual se alimenta cada receptor, por lo tanto se indica el proceso y posteriormente se especifica los cables seleccionados. Los pasos a seguir son los siguientes:

- 1) Se necesitan los siguientes datos de partida:
  - Previsión de potencia de los receptores.
  - Tipo de receptor (monofásico o trifásico).
  - Factor de potencia de los receptores.
  - Longitud de cada una de las líneas.
- 2) Se calcula posteriormente la intensidad de cada receptor según sea su tensión de alimentación:

- Receptor monofásico:

$$I = \frac{P}{V \times \cos \varphi}$$

- Receptor trifásico:

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



Siendo:

- I: intensidad del receptor en A.
- P: potencia del receptor en W.
- V: tensión de la línea que le suministra en V. (230/400V).
- $\cos \varphi$ : factor de potencia del receptor.

En el caso de que los receptores sean motores su potencia quedará multiplicada por 1,25. Y en el caso de que una misma línea alimente a varios motores, la línea se dimensionará 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.

Para lámparas de descarga la carga mínima prevista en voltiamperios será de 1,8 veces la potencia en vatios de las lámparas y el factor de potencia de cada receptor será mayor o igual a 0,9. Por lo tanto las lámparas quedarán multiplicadas por un factor de corrección de 1,8.

Otro elemento a tener en cuenta será el factor de corrección según la temperatura ambiente, el tipo de canalización y el número de conductores activos que se encuentran en la misma. Para la acometida se tendrán en cuenta las tablas de la ITC-BT-07, y para la instalación interior se tendrá en cuenta la norma UNE 20460-5 que es para instalaciones interiores.

Así, para hallar la intensidad calculada se multiplicará la intensidad nominal de cada receptor por su correspondiente factor de corrección. Siendo este de 1,25 para motores y de 1,8 para lámparas de descarga. Esta intensidad calculada se dividirá más tarde por el factor de corrección de la norma UNE 20460-5 de agrupamiento de circuitos para hallar el criterio térmico.

#### **1.4.8. Cálculo de los conductores de baja tensión**

- 1) Una vez conocida la intensidad de cada receptor:

Hay que seleccionar la línea que va a alimentar a cada receptor, de modo que la potencia suministrada por cada uno quede más o menos repartida por igual en todas las líneas. Los receptores alimentados por la misma línea, que en este caso serán los de alumbrado, deben estar cercanos entre sí. Además no es conveniente alimentar por ejemplo la iluminación de la zona de oficinas con la misma línea que alimenta algún tipo de maquinaria, ya que esto provocaría picos de corriente que harían altibajos en la intensidad de dicha iluminación.



2) Después se elige el tipo de conductor a utilizar y por donde se va a llevar:

- Material del conductor (Aluminio o cobre).
- Tipo de instalación (bajo tubo, al aire, canaleta, bandeja, empotrados...).
- Aislamiento (PVC, XLPE).
- Tipo de cable (unipolar, manguera).

3) Ya se puede calcular los conductores en función del criterio térmico y el de caída de tensión:

- Criterio térmico:

Cuando por un conductor, que tiene una determinada resistencia, pasa una intensidad, se eleva su temperatura. Esta elevación de temperatura es proporcional al cuadrado de la intensidad que pasa por él. Por lo tanto, si la temperatura es elevada, se corre el peligro de que el aislante no la aguante, se deteriore hasta quemarse, y al final se provocará un cortocircuito. Para cada una de las secciones del conductor existe una intensidad admisible que no se debe sobrepasar para no dañar el aislamiento.

El objetivo del criterio térmico es el de limitar la densidad de corriente que va a circular por un conductor para que este no adquiera una temperatura elevada y pueda dañarse su aislamiento. Es decir, lo que limita es la corriente máxima que circula por el conductor.

Dependiendo de lo que se haya escogido en el punto 2, se hallará la sección necesaria a partir de las tablas que da el RBT mirando la ITC-BT-07 si es subterránea o la ITC-BT-19 si es una instalación interior, ya que en el presente proyecto solo se presentan estas dos opciones. La sección escogida en estas tablas será una cuya intensidad admisible sea mayor a la intensidad calculada para cada uno de los receptores.

En el presente proyecto todos los conductores seleccionados tienen aislante de polietileno reticulado (XLPE), y hay tanto conductores unipolares como mangueras.

- Criterio de caída de tensión:

Se basa en la caída de tensión en un conductor al circular corriente por él, ya que este tiene valor resistivo. Para ello se halla la caída de tensión que se produce desde el cuadro de baja tensión del centro de transformación hasta el último receptor de cada línea.

Debido a que la nave industrial se alimenta directamente en alta tensión, según la ITC-BT-19, las caídas máximas de tensión admisibles serán de 4,5% para alumbrado y de 6,5% para los demás usos (maquinaria y tomas).



Por tanto habrá que ver que sección es la adecuada para que la caída de tensión en el conjunto de las líneas no supere esos valores. Según sea la línea trifásica o monofásica, hay distintas expresiones para calcular las secciones en función de las caídas de tensión:

- Monofásica:

$$S = \frac{2 \times L \times I \times \cos \varphi}{u \times C}$$

- Trifásica:

$$S = \frac{\sqrt{3} \times L \times I \times \cos \varphi}{u \times C}$$

Siendo:

S: sección del conductor en mm<sup>2</sup>.

L: longitud del conductor en m.

I: intensidad de la línea en A.

cos  $\varphi$ : factor de potencia.

u: caída de tensión en V.

C: conductividad del conductor (56 para el cobre).

- 4) En los cálculos, debido a que no se tiene una caída de tensión fija en cada tramo, sino que se tiene la caída de tensión desde el cuadro de baja tensión del centro de transformación hasta el receptor según sea el tipo, solo se ha realizado el criterio térmico. Después de elegir el conductor correctamente, lo que se ha hecho es hallar la caída de tensión en ese tramo y sumarle todas las caídas de tensión que hay en los tramos anteriores de los que cuelga este. Así para alumbrado, la caída de tensión total será inferior al 4,5%, y para los demás usos menor al 6,5%.
- 5) Para terminar obtenemos la sección del neutro y del conductor de protección siguiendo las tablas de la ITC-BT-07 y la ITC-BT-19. El tipo de instalación y los conductores se detallan, así como la tabla completa de cómo quedan los cables, en el documento cálculos.



## 1.4.9. Soluciones adoptadas

### 1.4.9.1. Conductores

Los conductores utilizados, tanto para la acometida como para la instalación interior de la nave, son conductores RV-K 0,6/1 KV de la marca General Cable. Sus características son:

- Denominación técnica: RV-K.
- Normativa constructiva: UNE 21.123-2.
- Conductor: Cobre clase 5.
- Aislamiento: XLPE.
- Cubierta: PVC.

Descripción	Cantidad (metros)
Cable RV-K 0,6/1 KV flexible 2x1,5+1,5TT mm <sup>2</sup> Cobre	699,5
Cable RV-K 0,6/1 KV flexible 2x2,5+2,5TT mm <sup>2</sup> Cobre	108,5
Cable RV-K 0,6/1 KV flexible 3x1,5/1,5+1,5TT mm <sup>2</sup> Cobre	758
Cable RV-K 0,6/1 KV flexible 3x2,5/2,5+2,5TT mm <sup>2</sup> Cobre	529,5
Cable RV-K 0,6/1 KV flexible 3x2,5+2,5TT mm <sup>2</sup> Cobre	742,5
Cable RV-K 0,6/1 KV flexible 3x4+4TT mm <sup>2</sup> Cobre	61
Cable RV-K 0,6/1 KV flexible 1x6 mm <sup>2</sup> Cobre	352
Cable RV-K 0,6/1 KV flexible 1x10 mm <sup>2</sup> Cobre	321
Cable RV-K 0,6/1 KV flexible 1x16 mm <sup>2</sup> Cobre	619
Cable RV-K 0,6/1 KV flexible 1x25 mm <sup>2</sup> Cobre	177
Cable RV-K 0,6/1 KV flexible 1x35 mm <sup>2</sup> Cobre	174,5
Cable RV-K 0,6/1 KV flexible 1x70 mm <sup>2</sup> Cobre	143
Cable RV-K 0,6/1 KV flexible 1x95 mm <sup>2</sup> Cobre	213
Cable RV-K 0,6/1 KV flexible 1x120 mm <sup>2</sup> Cobre	6
Cable RV-K 0,6/1 KV flexible 1x185 mm <sup>2</sup> Cobre	9



### 1.4.9.2. Canalizaciones

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

- Acometida

La acometida es la línea que une el cuadro de baja tensión del centro de transformación con el cuadro general de distribución. Esta línea tiene una longitud de 16 m, y discurre por una zanja de 0,7 m de profundidad y 0,4 m de anchura con arena lavada debajo del tubo y relleno de hormigón H-12,5. Se llevarán tres fases y neutro, constituida cada una de las fases por tres conductores unipolares de 150 mm<sup>2</sup> y el neutro por tres cables unipolares de 70 mm<sup>2</sup>. Se instalará un tubo de 200 mm de diámetro para la acometida y en su interior se colocarán los conductores de cada fase dispuestos en trébol. El tubo será liso por el interior, corrugado por el exterior, y de color rojo.

- Canalización general interior

La canalización general de la nave se realizará a través de bandeja perforada de acero galvanizado de 200 mm de ancho y 35 mm de alto. Esta llevará los conductores desde el CGD a los diferentes cuadros secundarios de la empresa. Cuando las líneas lleguen a donde están situados los cuadros secundarios, se bajarán mediante tubos metálicos. Esta bandeja perforada se instalará a una altura de 5 metros en la pared izquierda y delantera de la nave mirando desde las oficinas y a una altura de 6,75 metros, colgada de las vigas del techo mediante varillas roscadas, en la zona de los pilares.

- Derivaciones

En la zona de producción, las derivaciones a cada máquina desde los cuadros secundarios se realizará a través de tubo de acero flexible galvanizado en canalización empotrada en suelo a 20 cm de profundidad.

Para el alumbrado de la zona de producción, se llevarán las diferentes líneas trifásicas por las bandejas perforadas, para después hacer las diferentes derivaciones monofásicas mediante tubo grapado. El alumbrado exterior irá en tubo grapado a la pared por dentro de la nave.

Para las tomas monofásicas y trifásicas de la zona de producción, se llevarán las líneas por tubos grapados algunas, y las que se ubican en las columnas, la línea trifásica se llevará por la bandeja perforada para después bajar por la columna hasta las tomas mediante tubo grapado.

La canalización de las dos plantas de la zona de oficinas se realizará a través de tubos de PVC que irán a través de falso techo, por catas y/o empotrados en la pared. La instalación de todo el alumbrado de emergencia y señalización de la zona de producción se realizará por medio de tubo grapado.



La línea del carro de rodillos se llevará por la bandeja hasta la mitad del recorrido de este, para después alimentarlo mediante cadena portacables ya que va a estar en movimiento continuo.

<b>Tipo de tubo</b>	<b>Longitud (metros)</b>
Tubo corrugado de doble capa de PVC $\Phi$ 16 mm.	1258
Tubo corrugado de doble capa de PVC $\Phi$ 20 mm.	581
Tubo corrugado de doble capa de PVC $\Phi$ 32 mm.	12,5
Tubo de acero flexible galvanizado de $\Phi$ 20 mm.	492,5
Tubo de acero flexible galvanizado de $\Phi$ 25 mm.	88
Tubo de acero flexible galvanizado de $\Phi$ 32 mm.	46,5
Tubo de acero flexible galvanizado de $\Phi$ 40 mm.	36
Tubo de acero flexible galvanizado de $\Phi$ 63 mm.	9



## **1.5. PROTECCIONES EN BAJA TENSIÓN**

Toda instalación eléctrica tiene que estar dotada de una serie de protecciones para que la hagan segura, tanto desde el punto de vista de los conductores y los aparatos a ellos conectados, como de las personas que han de trabajar con ella.

### **1.5.1. Clasificación de las protecciones**

Existen varios tipos de protecciones que pueden hacer a una instalación eléctrica completamente segura ante cualquier contingencia. Para las instalaciones de baja tensión hay que fijarse en las ITC-BT-22, ITC-BT-23 e ITC-BT-24, considerando las siguientes protecciones:

- Protección de la instalación:
  - Contra sobrecargas.
  - Contra cortocircuitos.
  
- Protección de las personas:
  - Contra contactos directos.
  - Contra contactos indirectos.

### **1.5.2. Conceptos básicos**

Para la realización de las protecciones de la nave se han de tener unos conceptos básicos como los siguientes:

- Interruptor diferencial: Dispositivo electromecánico que se coloca en las instalaciones eléctricas para proteger a las personas de las derivaciones causadas por la falta de aislamiento entre los conductores y tierra o masa de los aparatos. Consta de dos bobinas, colocadas en serie con los conductores de alimentación de corriente y que producen campos magnéticos opuestos y un núcleo o armadura que mediante un dispositivo mecánico adecuado puede accionar unos contactos. Dicho interruptor provocará la apertura automática de la instalación cuando la suma vectorial de las intensidades que atraviesan los polos del aparato alcancen un valor determinado que vendrá determinado por la sensibilidad de este.
  
- Conductor eléctrico: Un cuerpo es conductor eléctrico cuando al ponerlo en contacto con un cuerpo cargado de electricidad transmite ésta a todos los puntos de su superficie. Generalmente suelen ser hilos de cobre.



- Interruptor automático: Aparato mecánico que permite cortar y volver a conectar en condiciones normales. Corta en el caso de que se produce una sobrecorriente o un cortocircuito. Un interruptor automático consta de:
  - a) Cámara de extinción: Esta puede ser de aire o de SF<sub>6</sub> y absorbe el arco que se produce al abrir y cerrar los contactos.
  - b) Mecanismo de apertura y cierre: Lo que hace es abrir y cerrar el contacto.
  - c) Disparadores: Son los que mandan abrir este mecanismo de apertura y existen de dos tipos:
    - Primarios: Mandan al de disparo:
      - Térmicos: Son dos chapas bimetálicas. Si aumenta la intensidad, las chapas flexionan por la T<sup>a</sup>. El térmico detecta sobrecargas.
      - Magnéticos: Detecta los cortocircuitos. Es una bobina que al pasar un valor determinado de corriente activa el disparador. A partir de 125 A son regulables.
    - Secundarios: Siempre está conectado a un contacto auxiliar que está alimentando a una fuente de alimentación. Este disparador también se puede utilizar para el rearme del automático, además de una determinada condición que nosotros hayamos impuesto.
- Interruptor magnetotérmico: Es un pequeño interruptor automático con las mismas partes que un interruptor automático a excepción de los disparadores secundarios. Además tampoco son regulables. Es un dispositivo electromecánico que se coloca en las instalaciones eléctricas con el fin de proteger frente a las intensidades excesivas, como los cortocircuitos o por el consumo excesivo de los receptores conectados a la línea que protege el interruptor automático. Para su funcionamiento, los interruptores magnetotérmicos aprovechan dos de los efectos producidos por la circulación de corriente eléctrica por un circuito, el magnético y el térmico. El dispositivo consta, por tanto, de dos partes, un electroimán y una lámina bimetálica, conectadas en serie y por las que circula la corriente que va hacia la carga.
- Fusibles: Estos protegen contra sobrecargas y cortocircuitos. Es un aparato de conexión que provoca la apertura del circuito por fusión debido al calentamiento de uno o varios elementos destinados a ese fin. Este consta de tres partes:
  - Conductor: Va dentro del cartucho. Puede ser de cobre o aleación de plata. Los de pequeño amperaje tienen aire en su interior y los de gran amperaje tienen arena de sílice.
  - Cartucho: El conductor va dentro de este y puede ser de plástico, de vidrio o cerámico.
  - Portafusibles: Es la parte fija donde se coloca el fusible.



La característica del fusible es que tiene un alto poder de corte (hasta 100 KA) y tiene el inconveniente de que no se puede rearmar ya que cuando se produce un cortocircuito o una sobreintensidad este se funde y hay que reemplazarlo.

### 1.5.3. Protección de la instalación

La finalidad de los dispositivos de protección es la de registrar de forma selectiva las averías y separar las partes de la instalación defectuosas para evitar que hubiera un apagón general de la instalación, así como limitar las sobreintensidades y los defectos de los arcos.

En las instalaciones en la que hay interruptores en varios escalonamientos, generalmente se requiere que estos sean selectivos. La selectividad es la coordinación de dispositivos de corte automático para que un defecto en la línea a la cual protege, sea eliminado por el interruptor colocado inmediatamente aguas arriba del defecto, y solo se quede sin alimentación esa rama y no las demás. La selectividad de las protecciones es un elemento esencial que debe ser tomado desde el momento de la concepción de una instalación en baja tensión, con el fin de garantizar a los usuarios la mejor disponibilidad de la energía. La selectividad es importante en todas las instalaciones para el confort de los usuarios, pero fundamentalmente solo se encuentra en las instalaciones industriales de fabricación. Un dispositivo de protección se considera selectivo cuando solamente dispara el interruptor inmediatamente superior a donde se ha originado el defecto y ningún otro de la correspondiente instalación. En caso de fallar el interruptor, tiene que actuar otro de orden superior.

Una instalación no selectiva está expuesta a riesgos de diversa gravedad:

- Imperativos de producción no respetados.
- Volver a realizar los procesos de arranque de cada máquina como consecuencia de una pérdida de la alimentación general.
- Paros de motores de seguridad tales como bombas de lubricación, extractores de humos, etc...
- Roturas de fabricación con pérdida de los productos y riesgo de avería en los procesos continuos.

Se entiende por tiempo de escalonamiento al intervalo de tiempo necesario para que dispare con seguridad sólo el elemento de protección anterior al punto de defecto. Las características de disparo de los diversos elementos de protección no deben entrecruzarse para evitar que salte otra protección diferente a la requerida.



### 1.5.3.1. Protección contra sobrecargas

La protección contra sobrecargas se recoge dentro de la ITC-BT-22. El límite de corriente admisible de un conductor ha de quedar en todo caso garantizado por el dispositivo de protección utilizado. El dispositivo de protección podrá estar constituido por un interruptor automático de corte omnipolar, o por cortacircuitos fusibles calibrados de características de funcionamiento adecuadas.

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

Los dispositivos de protección, estarán previstos para interrumpir toda corriente de sobrecarga en los conductores del circuito antes de que se pueda provocar un calentamiento excesivo que afecte al aislamiento, las conexiones, los terminales, o el medio ambiente. Las protecciones que se utilizan para sobrecargas, se tratan esencialmente de una protección térmica, es decir, basada en la medición directa o indirecta de la temperatura del objeto que se va a proteger, permitiendo además la utilización racional de la capacidad de sobrecarga de este mismo objeto.

Este dispositivo se ubicará en los lugares donde pueda haber una reducción del valor de la corriente admisible de los conductores, por ejemplo, un cambio de sección, de naturaleza o de modo de instalación.

### 1.5.3.2. Protección contra cortocircuitos

En el origen de todo circuito se establecerá un dispositivo de protección contra cortocircuitos cuya capacidad de corte estará de acuerdo con la intensidad de cortocircuito que pueda presentarse en el punto de su conexión. Se admite, no obstante, que cuando se trate de circuitos derivados de uno principal, cada uno de estos circuitos derivados disponga de protección contra sobrecargas, mientras que un solo dispositivo general pueda asegurar la protección contra cortocircuitos para todos los circuitos derivados.

Un cortocircuito se produce en un sistema de potencia al entrar en contacto entre sí o con tierra conductores correspondientes a distintas fases. Normalmente las corrientes de cortocircuito son muy elevadas, entre 5 y 20 veces el valor máximo de la corriente de carga en el punto de falta.

Hay diferentes tipos de cortocircuito como en tripolar (el más raro de darse y el que más valor da), asimétrico entre fase y tierra, entre dos fases y cortocircuito entre fase y neutro.

Estos dispositivos de protección deben estar previstos para interrumpir toda la corriente del cortocircuito en los conductores a los que protege, antes que ésta pueda causar daños como consecuencia de los efectos térmicos y mecánicos producidos en los



conductores y en las conexiones. Todo dispositivo que asegure la protección contra cortocircuito debe responder a las dos siguientes condiciones:

- El poder de corte del dispositivo debe ser mayor o igual a la corriente de cortocircuito que se pueda presentar en el circuito al que protege. Por filiación, se permite que una protección con un Pdc determinado, pueda tener un valor menor en función del que está aguas arriba, con lo que se abarata la instalación.
- El tiempo que tarde en abrir la protección debe ser menor al tiempo que se requiera para llevar la temperatura de los conductores al límite admisible. En los cálculos se utiliza el valor de 0,1 s., que es el tiempo que tarda en abrir la protección.

Se admiten como dispositivos de protección contra cortocircuitos los fusibles calibrados de características de funcionamiento adecuadas y los interruptores automáticos con sistemas de corte omnipolar.

#### 1.5.4. Cálculo de las impedancias

- Impedancia total ( $Z_t$ ):

Una red de baja tensión se caracteriza por una impedancia  $Z$  compuesta de un elemento resistivo puro ( $R$ ) y un elemento inductivo puro ( $X$ ). El método de las impedancias consiste en descomponer la red en trozos y en calcular para cada uno de ellos los valores de  $R$  y de  $X$ . Después se suman aritméticamente por separado con la siguiente expresión:

$$Z_t = Z_A + Z_T + Z_L + Z_{AUT}$$

- Impedancia de la red de media tensión ( $Z_A$ ):

Para hallar la impedancia de la red de media tensión se necesita saber la potencia de cortocircuito de la red, que es un dato que proporciona la compañía distribuidora de energía (500 MVA). Despreciando la resistencia frente a la reactancia se puede calcular la impedancia de la red de media tensión que está aguas arriba del transformador:

$$Z_A \approx X_A = \frac{V^2}{S_{CC}}$$

Siendo:

$Z_A$ : impedancia de la red de media tensión en  $\Omega$ .

$X_A$ : reactancia de la red de media tensión en  $\Omega$ .

$S_{CC}$ : potencia de cortocircuito en MVA.

$V$ : tensión compuesta primaria en V.



- Impedancia del transformador ( $Z_T$ ):

La impedancia del transformador, despreciando las pérdidas en el cobre, se halla con la siguiente fórmula:

$$Z_T \approx X_T = V_{CC} \times \frac{V^2}{S}$$

Siendo:

$Z_T$ : impedancia del transformador en  $\Omega$ .

$X_T$ : reactancia del transformador en  $\Omega$ .

$V_{CC}$ : tensión de cortocircuito en % (4%).

$S$ : potencia aparente del transformador en KVA (630 KVA).

La resistencia y la reactancia, tanto del transformador como del aparellaje de alta tensión lo podemos considerar despreciable, con el motivo de ahorrar cálculos prácticamente innecesarios.

- Impedancia de los conductores ( $Z_L$ ):

Esta impedancia se considera prácticamente resistiva y se calcula según la ecuación siguiente:

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

Siendo:

$R_L$ : resistencia de la línea por fase en  $\Omega$ .

$\rho$ : resistividad del conductor de cobre a 20°C.

$L$ : longitud de la línea en metros.

$S$ : sección de la fase en  $\text{mm}^2$ .

Si la sección es igual o inferior a 150  $\text{mm}^2$ , se despreciará la reactancia de la línea y se considerará ésta totalmente resistiva.

- Impedancia de los automatismos ( $Z_{AUT}$ ):

Para todos los automatismos (protecciones, relés, etc...), diremos que son inductivos y como media tienen un valor de 0,15  $\text{m}\Omega\text{j}$  por automatismo. La impedancia total de los automatismos se halla:

$$Z_{AUT} \approx X_{AUT} = n^{\circ} \text{ automatismos} \times 0,15 \text{ m}\Omega\text{j}$$



En el nº de automatismos se incluye el que se está calculando, así como otros de otra índole como diferenciales, relés, fusibles...

- Impedancia total nueva (Zt'):

Esta impedancia es la utilizada para el cálculo de la  $I_{cc_{min}}$ , para posteriormente hallar la curva de cada interruptor magnetotérmico. Para ello se tiene en cuenta todo lo que hay aguas arriba del interruptor magnetotérmico además del circuito al que este protege. Para el cálculo de esta Zt', se calcula la resistencia de los conductores a la temperatura de cortocircuito (250°C). Para ello se hace la siguiente transposición:

$$Z_L \simeq R_L = R_{L20^\circ C} \times (1 + \alpha \times \Delta T)$$

Siendo:

$$\alpha: 4 \times 10^{-3}$$

$\Delta T$ : incremento de temperatura (250-20).

Por lo tanto la impedancia total nueva queda:

$$Zt' = Z_A + Z_T + Z_{L250^\circ C} + Z_{AUT}$$

### 1.5.5. Cálculo de las intensidades de cortocircuito

Se calcularán dos intensidades de cortocircuito. La intensidad de cortocircuito máxima ( $I_{cc_{max}}$ ) en el origen del circuito o línea, y la intensidad de cortocircuito mínima ( $I_{cc_{min}}$ ) en el final de la línea.

1) Intensidad de cortocircuito máxima:

Estas se calculan en los bornes de salida del dispositivo de protección, considerando la configuración de la red y el tipo de cortocircuito de mayor aporte. En general, se suele utilizar la expresión del cortocircuito trifásico en las instalaciones de baja tensión. Después de calcular la intensidad de cortocircuito máxima, se determinará el poder de corte de la protección, que deberá ser mayor a esta intensidad de cortocircuito.

Para el cálculo de esta intensidad de cortocircuito se tendrá en cuenta toda la instalación que hay aguas arriba de la protección a calcular. Dicha corriente se calculará mediante la siguiente expresión:

$$I_{cc_{max}} = \frac{C_T \times V_L}{\sqrt{3} \times Zt}$$



Siendo:

- $I_{cc_{max}}$ : intensidad de cortocircuito eficaz en KA.
- $C_T$ : coeficiente de tensión.
- $V_L$ : tensión de línea (400 V).
- $Z_t$ : impedancia por fase aguas arriba del defecto en  $\Omega$ .

Una vez calculada esta intensidad de cortocircuito, se determinará el poder de corte de la protección seleccionando un valor normalizado de Pdc superior al valor de intensidad de cortocircuito máxima calculada.

## 2) Intensidad de cortocircuito mínima:

Estas se calculan al final de la línea a la que protege la protección a calcular. Estas corrientes se utilizan para:

- Elegir el tipo de curva del interruptor magnetotérmico.
- Ajustar los dispositivos de protección para la protección de los conductores contra cortocircuitos.

Para el cálculo de la intensidad de cortocircuito mínima se utiliza la siguiente expresión:

$$I_{cc_{min}} = \frac{C_T \times V_F}{2 \times Z_t'}$$

Siendo:

- $I_{cc_{min}}$ : intensidad de cortocircuito mínima en A.
- $C_T$ : coeficiente de tensión.
- $V$ : tensión de fase (230 V).
- $Z_t'$ : impedancia por fase total de la instalación incluido el circuito a proteger en  $\Omega$ .

Una vez calculada la corriente de cortocircuito mínima, antes de elegir el tipo de curva del interruptor magnetotérmico, será necesario calcular su calibre con la siguiente expresión:

$$I_{cal} < \text{Calibre} < I_{adm}$$

Siendo:

$I_{cal}$ : Es la intensidad calculada para cada línea dentro del apartado de cálculos después de ser multiplicada por los consiguientes factores de corrección.

$I_{adm}$ : Es la intensidad admisible del conductor que se obtiene después de aplicar el criterio térmico y el de caída de tensión. Se mira en las tablas de la ITC-BT-19 e ITC-BT-07 en el presente proyecto.



Dentro del intervalo que nos ofrecen estos dos valores se escoge el que más convenga teniendo en cuenta los valores normalizados.

Finalmente ya se puede conocer el tipo de curva del interruptor magnetotérmico, de forma que la  $I_{cc_{min}}$  sea mayor o igual que la corriente de magnetización que se determina según la curva escogida y el calibre de la protección. La corriente de magnetización para cada curva queda:

- Curva B:  $I_{mag}=5 \times I_n$
- Curva C:  $I_{mag}=10 \times I_n$
- Curva D:  $I_{mag}=20 \times I_n$

### 1.5.6. Cálculo del tiempo máximo que el conductor aguanta la intensidad de cortocircuito final

Como la intensidad de cortocircuito es mucho mayor que la intensidad admisible del cable, hay un aumento de la temperatura, y si la temperatura aumenta demasiado, no se puede disipar más calor y el conductor se quema.

Se estudiará un proceso adiabático:

La energía liberada en el cortocircuito tiene que ser igual a la energía absorbida por el conductor.

- Energía liberada en el ccto=  $R \times I^2 \times t$
- Energía absorbida por el conductor=  $C_e \times S \times L \times (T_{cc} - T_{rp})$

Siendo:

$C_e$ : calor específico por unidad de volumen del cable eléctrico.

$T_{rp}$ :  $T^a$  en régimen permanente.

$T_{cc}$ :  $T^a$  de cortocircuito.

$R$ : resistencia del conductor.

La fórmula queda:

$$\frac{L}{K \times S} \times I^2 \times t = C_e \times S \times L \times (T_{cc} - T_{rp})$$

Despejando, la fórmula final queda:

$$t_{mcccf} = \frac{C_e \times S^2 \times \Delta T}{I_{cc_{min}}^2}$$



Siempre se tiene que cumplir que el  $t_{desconexión} < 0,1 \text{ s}$ . Si ocurre que el  $t_{desconexión}$ , se utilizará el tercer criterio, se utilizará el criterio de cortocircuito.

De la fórmula anterior el  $C_c$  es fijo por el tipo de conductor, el  $\Delta T$  es fijo por el tipo de aislamiento, la  $I_{cc_{min}}$  es fija. Solo se puede variar la sección del conductor.

El tercer criterio de sección se calculará después del cálculo de la instalación y de las protecciones.

### 1.5.7. Protección de las personas

Cuando entre dos puntos haya una diferencia de potencial y un elemento conductor que los une entre sí, habrá una corriente eléctrica entre ellos. La circulación de la corriente por las personas se puede producir:

- Cuando las personas se pongan en contacto directo con una parte eléctrica que normalmente estará en tensión (contacto directo) debido a que un conductor descubierto se ha hecho accesible por ruptura, defecto en el aislamiento...
- Cuando la persona se pone en contacto con una parte metálica que por accidente se encuentra bajo tensión (contacto indirecto), como por ejemplo la carcasa de un motor, que puedan quedar bajo tensión por un defecto en el aislamiento, por confusión en la conexión del conductor de protección con el de fase activa.

Según diversos estudios, para determinar con exactitud los valores peligrosos de intensidad y tiempo, se trazan las curvas límites de tiempo-corriente para diferentes grados 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 ITC-BT-24 limita estos valores según el local:

- 24 V para locales húmedos.
- 50 V para los demás casos.

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



### 1.5.7.1. Protección contra contactos directos

Según la ITC-BT-24, para asegurar una protección eficaz ante los contactos directos que se puedan producir es conveniente tomar las siguientes medidas:

- Protección por aislamiento de las partes activas.
- Protección por medio de barreras o envolventes.
- Protección por medio de obstáculos. Con ellos se impide cualquier contacto accidental con las partes activas de la instalación.
- Protección por puesta fuera de alcance por alejamiento.
- Protección complementaria por dispositivos de corriente diferencial residual.

### 1.5.7.2. Protección contra contactos indirectos

Para la protección de las personas contra estos contactos se tienen en cuenta estos tres principios:

- Impedir la aparición de defectos mediante aislamientos complementarios.
- Uso de tensiones no peligrosas para que el contacto eléctrico no sea peligroso.
- Limitar la duración del contacto eléctrico mediante dispositivos de corte.

Debido a que el esquema de distribución elegido para el presente proyecto es el esquema TT, por ser el más común y además obligado por IBERDROLA, estas son sus características principales:

- Todas las masas de los equipos se conectarán a tierra mediante un conductor de protección.
- El neutro de cada transformador o generador debe ponerse a tierra.

Se cumplirá siempre la siguiente relación:

$$R_A \times I_A < U$$

Siendo:

$R_A$ : es la suma de las resistencias de la toma de tierra y de los conductores de protección.

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

$U$ : tensión de contacto límite.

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

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



El valor mínimo de la corriente de defecto, a partir de la cual el interruptor diferencial debe abrir automáticamente, determina la sensibilidad de funcionamiento del aparato. La elección de la sensibilidad del diferencial que debe utilizarse en cada caso viene determinada por la resistencia de tierra de las masas, medida en cada punto de conexión de las mismas. Debe cumplir la relación:

- $R < \frac{24}{I_s}$  , en locales húmedos.
- $R < \frac{50}{I_s}$  , en locales secos.

Donde  $I_s$  es la sensibilidad del diferencial en mA.

### 1.5.8. Solución adoptada

En el cuadro general de distribución se colocará un interruptor automático de cabecera. Debajo de este se colocarán dos toroides y un interruptor diferencial. Un toroide agrupará a las líneas 1, 2 y 5, y el otro toroide agrupará a las líneas 3, 4 y 6. El interruptor diferencial agrupará a las líneas 7 y 8. Se colocarán de esta manera, ya que si hubiera algún fallo imprevisto (contacto indirecto), la totalidad de la nave no se quede sin suministro. A parte de esto, al principio de cada una de las líneas, se colocará un interruptor automático magnetotérmico para la protección de estas.

En los cuadros secundarios se colocará un interruptor automático de cabecera y otro para cada una de las máquinas. Se colocarán interruptores diferenciales agrupando conjuntos de máquinas como se observa en los esquemas unifilares. Las tomas de corriente monofásicas y trifásicas también estarán protegidas por un interruptor automático y un interruptor diferencial.

Cada una de las 8 zonas de alumbrado irá protegida con un interruptor automático y un diferencial agrupando de tres en tres las zonas, contando con el alumbrado exterior. Las tomas de corriente de las oficinas irán protegidas con un interruptor automático y un diferencial.

La distribución de las distintas protecciones estará representada en los planos de los ocho cuadros secundarios. Los elementos utilizados son de la marca Schneider. Para su elección se tiene en cuenta, aparte del calibre y el poder de corte, la selectividad y las curvas de limitación de los mismos que aparecen en los catálogos comerciales.



### 1.5.8.1. Cuadro general de distribución

Línea	Descripción
Acometida	Interruptor automático Schneider NS1000N, Pdc: 50 KA, curva B, III+N, Calibre: 1000 A
L.1,L.2,L.5	Relé diferencial RHU+Toroide MA 120 asociado a interruptor automático Schneider NSX630N, Pdc: 50 KA, III+N, Calibre: 630 A
L.1	Interruptor automático Schneider NSX250F, Pdc: 36 KA, curva C, III, Calibre: 250 A
L.2	Interruptor automático Schneider NSX160F, Pdc: 36 KA, curva C, III+N, Calibre: 160 A
L.5	Interruptor automático Schneider, Pdc: 25 KA, curva D, III, Calibre: 100 A
L.3,L.4,L.6	Relé diferencial RHU+Toroide MA 120 asociado a interruptor automático Schneider NSX400N, Pdc: 50 KA, III+N, Calibre: 400 A
L.3	Interruptor automático Schneider, Pdc: 25 KA, curva D, III+N, Calibre: 80 A
L.4	Interruptor automático Schneider, Pdc: 25 KA, curva C, III+N, Calibre: 100 A
L.6	Interruptor automático Schneider, Pdc: 25 KA, curva D, III+N, Calibre: 125 A
L.7, L.8	Interruptor diferencial Schneider 4P, Calibre: 100 A, Sensibilidad: 300 mA
L.7	Interruptor automático Schneider, Pdc: 50 KA, curva D, III+N, Calibre: 32 A
L.8	Interruptor automático Schneider, Pdc: 25 KA, curva C, III+N, Calibre: 80 A
Batería	Interruptor automático Schneider NSX250F, Pdc: 36 KA, curva C, III, Calibre: 250 A
Batería	Relé diferencial RHU+Toroide MA 120 de Schneider



### 1.5.8.2. Cuadro secundario 1

Línea	Descripción
L.1	Interruptor automático Schneider NSX250F, Pdc: 36 KA, curva B, III, Calibre: 250 A
L.1.1	Interruptor diferencial Schneider 4P, Calibre: 40 A, Sensibilidad: 300 mA
L.1.1.A	Interruptor automático Schneider, Pdc: 15 KA, curva D, III, Calibre: 10 A
L.1.1.B	Interruptor automático Schneider, Pdc: 15 KA, curva D, III, Calibre: 10 A
L.1.1.C	Interruptor automático Schneider, Pdc: 15 KA, curva D, III, Calibre: 6 A
L.1.1.D	Interruptor automático Schneider, Pdc: 15 KA, curva D, III, Calibre: 6 A
L.1.2	Interruptor automático Schneider, Pdc: 15 KA, curva C, III, Calibre: 63 A
L.1.2	Interruptor diferencial Schneider 4P, Calibre: 63 A, Sensibilidad: 300 mA
L.1.3	Interruptor diferencial Schneider 4P, Calibre: 40 A, Sensibilidad: 300 mA
L.1.3.A	Interruptor automático Schneider, Pdc: 15 KA, curva D, III, Calibre: 10 A
L.1.3.B	Interruptor automático Schneider, Pdc: 15 KA, curva D, III, Calibre: 10 A
L.1.3.C	Interruptor automático Schneider, Pdc: 15 KA, curva D, III, Calibre: 6 A
L.1.3.D	Interruptor automático Schneider, Pdc: 15 KA, curva D, III, Calibre: 6 A
L.1.4	Interruptor automático Schneider, Pdc: 15 KA, curva C, III, Calibre: 63 A
L.1.4	Interruptor diferencial Schneider 4P, Calibre: 63 A, Sensibilidad: 300 mA
L.1.5	Interruptor automático Schneider, Pdc: 15 KA, curva C, III, Calibre: 50 A
L.1.5	Interruptor diferencial Schneider 4P, Calibre: 63 A, Sensibilidad: 300 mA



### 1.5.8.3. Cuadro secundario 2

Línea	Descripción
L.2	Interruptor automático Schneider NSX160F, Pdc: 36 KA, curva B, III+N, Calibre: 160 A
L.2.1	Interruptor diferencial Schneider 4P, Calibre: 40 A, Sensibilidad: 300 mA
L.2.1.A	Interruptor automático Schneider, Pdc: 15 KA, curva D, III, Calibre: 10 A
L.2.1.B	Interruptor automático Schneider, Pdc: 15 KA, curva D, III, Calibre: 16 A
L.2.1.C	Interruptor automático Schneider, Pdc: 15 KA, curva D, III, Calibre: 10 A
L.2.2	Interruptor diferencial Schneider 4P, Calibre: 40 A, Sensibilidad: 300 mA
L.2.2.A	Interruptor automático Schneider, Pdc: 15 KA, curva D, III, Calibre: 25 A
L.2.2.B	Interruptor automático Schneider, Pdc: 15 KA, curva D, III, Calibre: 20 A
L.2.3	Interruptor diferencial Schneider 4P, Calibre: 63 A, Sensibilidad: 300 mA
L.2.3.A	Interruptor automático Schneider, Pdc: 15 KA, curva D, III, Calibre: 32 A
L.2.3.B	Interruptor automático Schneider, Pdc: 15 KA, curva D, III, Calibre: 32 A
L.2.4	Interruptor diferencial Schneider 4P, Calibre: 40 A, Sensibilidad: 300 mA
L.2.4.A	Interruptor automático Schneider, Pdc: 15 KA, curva C, III+N, Calibre: 16 A
L.2.4.B	Interruptor automático Schneider, Pdc: 15 KA, curva C, III, Calibre: 16 A

### 1.5.8.4. Cuadro secundario 3

Línea	Descripción
L.3	Interruptor automático Schneider, Pdc: 10 KA, curva C, III+N, Calibre: 80 A
L.3.1	Interruptor automático Schneider, Pdc: 10 KA, curva C, III+N, Calibre: 6 A
L.3.1	Interruptor diferencial Schneider 4P, Calibre: 25 A, Sensibilidad: 30 mA
L.3.2	Interruptor diferencial Schneider 4P, Calibre: 40 A, Sensibilidad: 300 mA
L.3.2.1	Interruptor automático Schneider, Pdc: 10 KA, curva C, III+N, Calibre: 16 A
L.3.2.2	Interruptor automático Schneider, Pdc: 10 KA, curva C, III, Calibre: 16 A
L.3.3	Interruptor diferencial Schneider 4P, Calibre: 63 A, Sensibilidad: 300 mA
L.3.3.A	Interruptor automático Schneider, Pdc: 10 KA, curva D, III, Calibre: 25 A
L.3.3.B	Interruptor automático Schneider, Pdc: 10 KA, curva D, III, Calibre: 25 A



#### 1.5.8.5. Cuadro secundario 4

Línea	Descripción
L.4	Interruptor automático Schneider, Pdc: 10 KA, curva B, III+N, Calibre: 100 A
L.4.1	Interruptor diferencial Schneider 4P, Calibre: 25 A, Sensibilidad: 300 mA
L.4.1.A	Interruptor automático Schneider, Pdc: 10 KA, curva D, III, Calibre: 10 A
L.4.1.B	Interruptor automático Schneider, Pdc: 10 KA, curva D, III, Calibre: 4 A
L.4.1.C	Interruptor automático Schneider, Pdc: 10 KA, curva D, III, Calibre: 4 A
L.4.1.D	Interruptor automático Schneider, Pdc: 10 KA, curva D, III, Calibre: 4 A
L.4.2	Interruptor diferencial Schneider 4P, Calibre: 25 A, Sensibilidad: 300 mA
L.4.2.A	Interruptor automático Schneider, Pdc: 10 KA, curva D, III, Calibre: 4 A
L.4.2.B	Interruptor automático Schneider, Pdc: 10 KA, curva D, III, Calibre: 4 A
L.4.2.C	Interruptor automático Schneider, Pdc: 10 KA, curva D, III, Calibre: 4 A
L.4.3	Interruptor diferencial Schneider 4P, Calibre: 25 A, Sensibilidad: 300 mA
L.4.3.A	Interruptor automático Schneider, Pdc: 10 KA, curva D, III, Calibre: 4 A
L.4.3.B	Interruptor automático Schneider, Pdc: 10 KA, curva D, III, Calibre: 4 A
L.4.3.C	Interruptor automático Schneider, Pdc: 10 KA, curva D, III, Calibre: 4 A
L.4.3.D	Interruptor automático Schneider, Pdc: 10 KA, curva D, III, Calibre: 4 A
L.4.3.E	Interruptor automático Schneider, Pdc: 10 KA, curva D, III, Calibre: 4 A
L.4.4	Interruptor diferencial Schneider 4P, Calibre: 25 A, Sensibilidad: 300 mA
L.4.4.A	Interruptor automático Schneider, Pdc: 10 KA, curva D, III, Calibre: 2 A
L.4.4.B	Interruptor automático Schneider, Pdc: 10 KA, curva D, III, Calibre: 2 A
L.4.4.C	Interruptor automático Schneider, Pdc: 10 KA, curva D, III, Calibre: 2 A
L.4.5	Interruptor diferencial Schneider 4P, Calibre: 63 A, Sensibilidad: 300 mA
L.4.5.A	Interruptor automático Schneider, Pdc: 10 KA, curva C, III+N, Calibre: 16 A
L.4.5.B	Interruptor automático Schneider, Pdc: 10 KA, curva C, III, Calibre: 16 A
L.4.5.C	Interruptor automático Schneider, Pdc: 10 KA, curva C, III, Calibre: 16 A



#### 1.5.8.6. Cuadro secundario 5

Línea	Descripción
L.5	Interruptor automático Schneider, Pdc: 15 KA, curva C, III, Calibre: 100 A
L.5.1	Interruptor automático Schneider, Pdc: 15 KA, curva D, III, Calibre: 40 A
L.5.1	Interruptor diferencial Schneider 4P, Calibre: 40 A, Sensibilidad: 300 mA
L.5.2	Interruptor automático Schneider, Pdc: 15 KA, curva D, III, Calibre: 4 A
L.5.2	Interruptor diferencial Schneider 4P, Calibre: 25 A, Sensibilidad: 300 mA
L.5.3	Interruptor diferencial Schneider 4P, Calibre: 63 A, Sensibilidad: 300 mA
L.5.3.A	Interruptor automático Schneider, Pdc: 15 KA, curva D, III, Calibre: 25 A
L.5.3.B	Interruptor automático Schneider, Pdc: 15 KA, curva D, III, Calibre: 10 A
L.5.3.C	Interruptor automático Schneider, Pdc: 15 KA, curva D, III, Calibre: 10 A

#### 1.5.8.7. Cuadro secundario 6

Línea	Descripción
L.6	Interruptor automático Schneider, Pdc: 10 KA, curva C, III+N, Calibre: 125 A
L.6.1	Interruptor diferencial Schneider 4P, Calibre: 63 A, Sensibilidad: 300 mA
L.6.1.A	Interruptor automático Schneider, Pdc: 10 KA, curva D, III, Calibre: 40 A
L.6.1.B	Interruptor automático Schneider, Pdc: 10 KA, curva D, III, Calibre: 25 A
L.6.2	Interruptor diferencial Schneider 4P, Calibre: 25 A, Sensibilidad: 300 mA
L.6.2.A	Interruptor automático Schneider, Pdc: 10 KA, curva D, III, Calibre: 4 A
L.6.2.B	Interruptor automático Schneider, Pdc: 10 KA, curva D, III, Calibre: 16 A
L.6.3	Interruptor diferencial Schneider 4P, Calibre: 40 A, Sensibilidad: 300 mA
L.6.3.A	Interruptor automático Schneider, Pdc: 10 KA, curva C, III+N, Calibre: 16 A
L.6.3.B	Interruptor automático Schneider, Pdc: 10 KA, curva C, III, Calibre: 16 A



#### 1.5.8.8. Cuadro secundario 7

Línea	Descripción
L.7	Interruptor automático Schneider, Pdc: 6 KA, curva C, III+N, Calibre: 32 A
L.7.1	Interruptor diferencial Schneider 4P, Calibre: 25 A, Sensibilidad: 30 mA
L.7.1.1	Interruptor automático Schneider, Pdc: 6 KA, curva C, III+N, Calibre: 6 A
L.7.1.2	Interruptor automático Schneider, Pdc: 6 KA, curva C, III+N, Calibre: 10 A
L.7.2	Interruptor diferencial Schneider 4P, Calibre: 25 A, Sensibilidad: 30 mA
L.7.2	Interruptor automático Schneider, Pdc: 6 KA, curva C, III+N, Calibre: 16 A

#### 1.5.8.9. Cuadro secundario 8

Línea	Descripción
L.8	Interruptor automático Schneider, Pdc: 10 KA, curva B, III+N, Calibre: 80 A
L.8.1	Interruptor diferencial Schneider 4P, Calibre: 25 A, Sensibilidad: 30 mA
L.8.1.1	Interruptor automático Schneider, Pdc: 6 KA, curva B, III+N, Calibre: 10 A
L.8.1.2	Interruptor automático Schneider, Pdc: 6 KA, curva B, III+N, Calibre: 10 A
L.8.1.3	Interruptor automático Schneider, Pdc: 6 KA, curva B, III+N, Calibre: 10 A
L.8.2	Interruptor diferencial Schneider 4P, Calibre: 25 A, Sensibilidad: 30 mA
L.8.2.1	Interruptor automático Schneider, Pdc: 6 KA, curva B, III+N, Calibre: 10 A
L.8.2.2	Interruptor automático Schneider, Pdc: 6 KA, curva B, III+N, Calibre: 10 A
L.8.2.3	Interruptor automático Schneider, Pdc: 6 KA, curva B, III+N, Calibre: 10 A
L.8.3	Interruptor diferencial Schneider 4P, Calibre: 25 A, Sensibilidad: 30 mA
L.8.3.1	Interruptor automático Schneider, Pdc: 6 KA, curva B, III+N, Calibre: 10 A
L.8.3.2	Interruptor automático Schneider, Pdc: 6 KA, curva B, III+N, Calibre: 10 A
L.8.3.3	Interruptor automático Schneider, Pdc: 6 KA, curva B, III+N, Calibre: 10 A



## **1.6. PUESTAS A TIERRA**

### **1.6.1. Objeto**

Las puestas a tierra se establecen principalmente con el objeto de limitar la tensión que, con respecto a tierra, puedan presentar en un momento dado las masas metálicas, asegurar la actuación de las protecciones y eliminar o disminuir el riesgo que supone una avería en los materiales eléctricos utilizados.

Cuando otras instrucciones técnicas prescriban como obligatoria la puesta a tierra de algún elemento o parte de la instalación, dichas puestas a tierra se regirán por el contenido de la ITC-BT-18.

### **1.6.2. Definición**

La puesta o conexión a tierra es la unión eléctrica, 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 descargas 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, teniendo en cuenta los requisitos generales indicados en la ITC-BT-24.
- Las corrientes de defecto a tierra y las corrientes de fuga puedan circular sin peligro, particularmente desde el punto de vista de solicitaciones térmicas, mecánicas y eléctricas.
- La solidez o la protección mecánica quede asegurada con independencia de las condiciones estimadas de influencias externas.
- Contemplan posibles riesgos debidos a electrólisis que pudieran afectar a otras partes metálicas.



### 1.6.3. Partes de la puesta a tierra

Según la ITC-BT-18, hay varias partes dentro de una instalación de puesta a tierra. Estas partes son las siguientes:

#### 1.6.3.1. Electrodo

Es una masa metálica, que está en buen contacto con el terreno, para que cuando se presente una corriente de defecto, estos electrodos la puedan derivar al terreno.

Para la elaboración de electrodos se suelen utilizar materiales como el cobre, el acero galvanizado y el hierro zincado, porque se utilizan materiales inalterables a la humedad y a la acción química del terreno.

Los electrodos pueden ser de diferentes tipos:

- Picas: Tubos de acero zincado de 25 mm de diámetro o de acero recubierto de cobre de 14 mm de diámetro, con longitudes nunca inferiores a 2 metros. Se suele utilizar el cobre al ser más barato y en el caso de ser necesarias varias picas, la distancia entre ellas será como mínimo igual a la longitud.
- Placas: Serán de cobre o hierro zincado. Suelen ser de superficie  $1 \text{ m}^2$ . El número de placas va en función de la resistencia a tierra y se ponen en paralelo.
- Conductores enterrados: Suelen ser de cobre desnudo y de  $50 \text{ mm}^2$  de sección. Se ubica en la zona perimetral del edificio y se van conectando en distintos puntos.
- Mallas metálicas: Formadas por electrodos simples del mismo tipo unidos entre sí y situados bajo tierra.

La sección del electrodo, en cualquiera de los casos debe ser tal que ofrezca menor resistencia que la del conductor de las líneas principales de tierra. La resistencia del electrodo depende de su forma, de sus dimensiones y de la resistividad del terreno. Por ello en la tabla 5 de la ITC-BT-18 se recogen las fórmulas para calcular las resistencias en función del electrodo.

#### 1.6.3.2. Línea de enlace con tierra

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

Durante la ejecución de las uniones entre conductores de tierra y los 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.

### 1.6.3.3. Punto de puesta a tierra

Es el punto de la línea de enlace en el cual se puede hacer la medida de la resistencia a tierra. Debe preverse sobre los conductores de tierra, y en un 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.

### 1.6.3.4. Conductores de protección

Los conductores de protección sirven para unir eléctricamente las masas de una instalación a ciertos elementos con el fin de asegurar la protección contra contactos indirectos.

En el circuito de conexión a tierra, los conductores de protección unirán las masas al conductor de tierra.

Serán de cobre o de otro metal de elevado punto de fusión. La sección de los conductores de protección será la indicada en la tabla 18.2 o se obtendrá por cálculo conforme a lo indicado en la norma UNE 20460-5-54:

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> )
$S \leq 16$	$S_p = S$
$16 < S \leq 35$	$S_p = 16$
$S > 35$	$S_p = S/2$

### 1.6.4. El terreno

El terreno es el encargado de disipar corrientes de defecto o descargas de origen atmosférico. Este comportamiento viene determinado por la resistividad, que depende de cada terreno, y 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, en este caso por una corriente de defecto.

La resistividad del terreno se mide en ohmios por metro ( $\Omega m$ ). Los cuerpos con una resistividad muy baja, dejan pasar fácilmente la corriente eléctrica, al contrario de los que tienen resistividad alta.



Según la MIE-RAT-13, la investigación de las características del terreno donde se va a ubicar la puesta a tierra es un requerimiento. Como los terrenos no suelen ser uniformes en su composición, un determinado terreno tendrá una resistividad promedia de los efectos de las diferentes capas que componen el terreno. La resistividad del terreno depende de los siguientes conceptos:

- Humedad.
- Porosidad.
- Salinidad.
- Resistividad de los minerales de la fracción sólida y resistividad de los líquidos y gases que rellenan la fracción sólida.
- Temperatura.
- Textura.
- Superficie de separación entre fase sólida y líquida.

#### **1.6.5. Resistencia de las tomas de tierra**

El electrodo se dimensionará de forma que su resistencia de tierra, en cualquier circunstancia previsible, no sea superior al valor especificado para ella en cada caso.

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

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

#### **1.6.6. Elementos a conectar a la toma de tierra**

Después de hacer la toma de tierra de la nave, se deberá conectar en los puntos de puesta a tierra todos los elementos metálicos o elementos susceptibles de ponerse en tensión, con el fin de conseguir una gran red equipotencial dentro del edificio y en contacto íntimo con tierra. Según la norma tecnológica de la edificación, deberá conectarse a tierra:

- Las instalaciones de fontanería, gas y calefacción, depósitos, calderas, etc.
- Guías metálicas de los aparatos elevadores.
- Instalación de pararrayos.
- Toda masa o elemento metálico significativo.
- Instalación de antenas colectivas de TV y FM.
- Redes equipotenciales de cuarto de baño, que unan enchufes eléctricos y masas metálicas.
- Estructuras metálicas y armaduras de muros de hormigón.



### 1.6.7. Revisión de las tomas de tierra

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

Personal técnicamente competente efectuará la comprobación de la instalación de puesta a tierra, al menos anualmente, en la época en la que el terreno está más seco.

### 1.6.8. Solución adoptada

La puesta a tierra de la nave del presente proyecto está formada por un conductor de cobre desnudo de 50 mm<sup>2</sup> enterrado a una profundidad de 0,8 m. El conductor abarca todo el perímetro de la nave, y en cada uno de los seis vértices de la misma, se conecta al conductor de cobre desnudo una pica de acero recubierto de cobre de 14 mm de diámetro y 2 m de longitud.

El número total de picas de la puesta a tierra será 6, y toda la red estará unida al mallazo metálico de cimentación y al mallazo metálico de los pilares. 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 bornero principal de tierra del cuadro general a través de una caja de seccionamiento y medida de puesta a tierra situada junto al cuadro general. Los 8 cuadros secundarios que hay en la nave se conectarán también al anillo mediante cable de cobre desnudo de 50 mm<sup>2</sup>. Desde cada cuadro secundario partirán los conductores de protección a los distintos receptores (alumbrado de la nave, tomas de corriente y maquinaria).

Los conductores de tierra se distinguen fácilmente de los conductores activos por el color amarillo-verde de su cubierta.



## **1.7. POTENCIA A COMPENSAR**

En el apartado de cálculos se ha calculado la potencia reactiva consumida inicialmente por la nave industrial y esta tiene un valor de:

$$Q_{\text{inicial}} = 232269,64 \text{ VAr}$$

$$\text{Cos } \varphi_{\text{inicial}} = 0,877$$

Debido a que se quiere obtener un  $\text{cos } \varphi$  de 0,98, colocando una batería de condensadores, la potencia reactiva final consumida tendrá un valor de:

$$Q_{\text{final}} = 86108,46 \text{ VAr}$$

Por lo tanto, la batería de condensadores tendrá que compensar el siguiente valor de energía reactiva:

$$Q_{\text{compensar}} = Q_{\text{inicial}} - Q_{\text{final}} = 146161,18 \text{ VAr}$$

Con el factor de potencia que presenta la instalación antes de ser compensada la energía reactiva consumida, la compañía eléctrica, en este caso IBERDROLA, aplicará un recargo en la factura de energía eléctrica. Después de realizar la compensación de energía reactiva, se aplicará una bonificación en la factura, y además, habrá mejoras en las prestaciones y funcionamiento de la instalación, ya que se disminuirán las caídas de tensión y las pérdidas por efecto Joule.

La batería de condensadores se colocará al lado del cuadro general de distribución. El equipo seleccionado para la corrección automática del factor de potencia es una batería de condensadores de 150 KVAR (con escalones 10x15) serie Varset STD de la marca Schneider.

La batería de condensadores elegida tiene las siguientes características:

- Tensión asignada: 400 V AC 50 Hz.
- Grado de protección: IP31.
- Auto transformador 400/230 V, integrado.
- Protección contra contactos directos (puerta abierta).
- Normas: EN 60439-1, IEC 61921.



## **1.8. CENTRO DE TRANSFORMACIÓN**

### **1.8.1. Introducción**

En el presente proyecto, la alimentación de todos los circuitos de la instalación eléctrica de la nave se hará a partir del centro de transformación prefabricado de la marca Ormazabal que será propiedad de la empresa. En él se encuentran los elementos de unión entre la red de distribución y el transformador de potencia, así como el cuadro de baja tensión del centro.

La acometida de alta tensión llegará al centro de transformación de forma subterránea y con una tensión de 13,2 KV, y en él se dispondrán los elementos necesarios y exigidos por la reglamentación vigente. Las necesidades de la instalación eléctrica de la nave serán cubiertas mediante un transformador de 630 KVA que se alojará dentro del edificio prefabricado.

### **1.8.2. Reglamentación y disposiciones oficiales**

Para la elaboración del centro de transformación se han tenido en cuenta las siguientes normativas:

- Normas UNE y Recomendaciones UNESA que sean de aplicación.
- Normas particulares de Iberdrola.
- Condiciones impuestas por las entidades públicas afectadas.
- Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión.
- Reglamento sobre las Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación.
- Reglamento de Verificaciones Eléctricas y Regularidad en el Suministro de Energía Eléctrica.

### **1.8.3. Tipos de centros de transformación**

- De distribución:

El centro de transformación es propiedad de una compañía suministradora. Su función es la de reducir la tensión y a este se conectan muchos consumidores de energía eléctrica. La compañía suministradora realiza su explotación y mantenimiento, y esta se responsabiliza de su funcionamiento. Este CT forma parte de la red de distribución también denominada red pública.

- De abonado:

El centro de transformación es propiedad del cliente. Se utiliza a partir de una potencia de consumo y la energía se compra en M.T. El cliente debe instalar su propio CT y realizar su explotación y mantenimiento. El precio de la energía en media tensión



es más bajo que el de baja tensión, y a partir de ciertas potencias, resulta más favorable comprar en media tensión aun teniendo en cuenta el coste del CT y su mantenimiento, a cargo del cliente. Esta opción de CT propio presenta otras ventajas adicionales:

- Independencia respecto de otros abonados de baja tensión.
- Poder elegir el régimen del neutro de baja tensión más conveniente, aspecto importante para ciertas industrias, en las que la continuidad de los servicios puede ser prioritaria.
- Poder construir el CT, ya previsto para futuras ampliaciones.

#### **1.8.4. Emplazamiento del centro de transformación**

El centro de transformación es un edificio prefabricado que se sitúa en la parte trasera de la nave industrial, destinado exclusivamente a su uso. El acceso al CT se hará mediante dos puertas frontales, una para entrar al hueco del transformador y otra para entrar a la aparamenta del centro de transformación, que se han construido en dicho edificio prefabricado.

#### **1.8.5. Características del centro de transformación**

##### **1.8.5.1. Local**

El centro de transformación que se va a instalar en el presente proyecto es de tipo exterior, y debido a las características de ubicación de la parcela y de la potencia contratada, la empresa suministradora clasifica el centro de transformación objeto de estudio como centro de transformación de abonado. Por ello será necesario una caseta o edificio prefabricado de obra civil.

El centro de transformación elegido es un prefabricado PFU-4 de la marca ORMAZABAL, empleando para su aparellaje celdas prefabricadas bajo envolvente metálica según la norma UNE-20.099-90 de la marca ORMAZABAL. El acceso al centro estará restringido al personal de la Compañía Eléctrica suministradora y al personal de mantenimiento especialmente autorizado. Hay dos puertas, una para la entrada a las celdas de media tensión y otra para el transformador. Dichas puertas permanecerán cerradas con un sistema de cierre que permitirá el acceso a ambos tipos de personal, teniendo en cuenta que el primero lo hará con la llave normalizada por la Compañía Eléctrica.



Los compartimentos diferenciados serán los siguientes:

- Compartimento de aparellaje.
- Compartimento de juego de barras.
- Compartimento de conexión de cables.
- Compartimento de mando.
- Compartimento de control.

### **1.8.5.2. Características constructivas**

- Compacidad:

Estos prefabricados se montarán enteramente en fábrica, lo que supondrá obtener calidad en origen, reducción del tiempo a la hora de realizar la instalación y posibilidad de posibles traslados.

- Facilidad de instalación:

La innecesaria cimentación, debido a que es prefabricado, y el montaje en fábrica permitirán asegurar una cómoda y fácil instalación.

- Material:

El material empleado en la fabricación de las diferentes 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 que existe en el prefabricado, de mallazo electro-soldado, garantizará la perfecta equipotencialidad de todo el prefabricado. Según UNESA las puertas y rejillas de ventilación no estarán conectadas al sistema equipotencial. Entre la armadura equipotencial, embebida de hormigón, y las puertas y rejillas existirá una resistencia eléctrica superior a 10000 ohmios. Ningún elemento metálico unido al sistema de equipotencialidad será accesible desde el exterior.

- Impermeabilidad:

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



- Pinturas:

Las superficies exteriores se pintarán con pintura acrílica, de color blanco o crema y textura rugosa en las paredes, y marrón en el perímetro de las cubiertas o techo, puertas y rejillas de ventilación.

- 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.

Las componentes principales que formarán el edificio prefabricado son las que se indican a continuación:

- Envolvente:

La envolvente (base, paredes y techos) de hormigón armado se fabricará de tal manera que se cargará de una pieza sobre camión. La envolvente estará diseñada de tal forma que se garantizará una total permeabilidad y equipotencialidad del conjunto, así como una elevada resistencia mecánica. Los orificios para la entrada de cables de Alta y Baja tensión irán en la parte inferior del prefabricado en unos orificios. Estos orificios son partes debilitadas del hormigón que se deberán romper (desde el interior del prefabricado) para realizar la entrada o salida de los cables.

- Suelos:

Estarán constituidos por elementos planos prefabricados de hormigón armado apoyados en un extremo 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 taparán con unas placas prefabricadas 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.

- Cuba de recogida de aceite:

La cuba de recogida de aceite se utiliza para vaciar el transformador y se integra en el propio diseño del hormigón. Tendrá una capacidad suficiente para transformadores de hasta 800 KVA (en el presente proyecto es de 630 KVA) estando así diseñada para recoger en su interior el aceite del transformador sin que este se derrame por la base.

- 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 en el siguiente cuadro:

	Dimensiones exteriores	Dimensiones interiores	Dimensiones excavación
Longitud (mm)	4460	4280	5260
Anchura (mm)	2380	2200	3180
Altura (mm)	3045	2355	560(profundo)

Peso=12000 Kg  
Superficie= 10,7 m<sup>2</sup>

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

## 1.8.6. Instalación eléctrica

### 1.8.6.1. Introducción

El centro de transformación se compone de una serie de celdas unidas eléctricamente entre sí, de un transformador, de un cuadro de baja tensión y de un cuadro auxiliar.

En primer lugar habrá una celda de línea, que se utiliza para la maniobra de entrada de los cables de MT que forman el circuito de alimentación del centro de transformación. Después se conectará una celda de protección, que se utiliza para la ejecución de maniobras para la conexión y desconexión del transformador o para su protección, realizándose esta última mediante fusibles. Seguidamente se conectará la celda de medida, justo antes del transformador de MT/BT. Para finalizar se conectará el transformador a un cuadro de baja tensión. De este cuadro de baja tensión saldrá una línea hasta el cuadro auxiliar del CT en el que se ubicará el alumbrado, el alumbrado de emergencia y la toma de corriente del centro de transformación.



### 1.8.6.2. Características de la red de alimentación

La red de alimentación al centro de transformación se hará de forma subterránea a una tensión de 13,2 KV y 50 Hz de frecuencia. La potencia de cortocircuito máxima de la red de alimentación, dato proporcionado por la compañía suministradora de energía eléctrica (Iberdrola), será de 500 MVA.

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

Características generales de los tipos de aparamenta empleados en la instalación:

#### Celdas CGMCOSMOS:

El sistema CGMCOSMOS está formado por un conjunto de celdas modulares de media tensión, con aislamiento y corte de hexafloruro 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 de estas celdas de media tensión son:

#### - 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 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.

#### - Cuba:

La cuba fabricada de acero inoxidable de 2 mm de espesor, contiene el embarrado, los elementos de maniobra y los elementos de corte. 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 fases 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.



- Interruptor seccionador- seccionador de puesta a tierra:

El interruptor disponible en el sistema CGMCOSMOS tiene las tres posiciones: conectado, seccionado y puesto a tierra.

La actuación de este interruptor se realiza mediante palanca de accionamiento sobre dos ejes distintos: uno para el interruptor (conmutaciones 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 puesta a tierra).

- Mando:

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

- Fusibles (Celda CGMCOSMOS-P):

En las celdas CGMCOSMOS-P 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. Se montan de forma horizontal y en compartimentos independientes por fases. 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.

- Conexión de cables:

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

- Enclavamientos:

Los enclavamientos incluidos en todas las celdas CGMCOSMOS pretenden que:

- No se pueda cerrar simultáneamente el interruptor-seccionador y el seccionador de puesta a tierra.
- Se pueda abrir la tapa de acceso a los cables de media tensión únicamente con el seccionador de puesta a tierra conectado.
- Condicionar el acceso a la zona de cables/portafusibles.



- Características eléctricas:

Las características generales de las celdas CGMCOSMOS son las siguientes:

Tensión nominal (KV)	24
Onda de choque (KV)	
Entre fases y tierra	125
Distancia de seccionamiento	145
Frecuencia industrial 1 min (KV)	
Entre fases y tierra	50
Distancia de seccionamiento	60

En la descripción de cada celda se incluyen los valores propios correspondientes a las intensidades nominales, térmicas y dinámicas.

#### 1.8.6.4. Características descriptivas de las celdas de media tensión

##### CGMCOSMOS-L. Celda de línea:

Celda con envolvente metálica de la marca ORMAZABAL, formada por un módulo de  $V_n=24$  KV e  $I_n=400$  A y 365 mm de ancho por 735 mm de fondo por 1740 mm de alto y 100 kg de peso.

La celda CGMCOSMOS-L 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 bornas enchufables. Presenta también captadores capacitivos para la detección 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:

- Capacidad de ruptura:
  - Corriente principalmente activa: 400 A.
  - Falta a tierra: 63 A.
- Intensidad de cortocircuito: 16/20 KA.
- Capacidad de cierre: 40 KA.



### **CGMCOSMOS-P. Celda de protección con fusibles:**

Celda con envolvente metálica de la marca ORMAZABAL, formada por un módulo  $V_n=24$  KV e  $I_n=400$  A y 470 mm de ancho por 735 mm de fondo por 1740 mm de alto y 150 Kg de peso.

La celda CGMCOSMOS-P 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 interruptor-seccionador rotativo, con capacidad de corte y aislamiento, y posición de puesta a tierra de los cables de acometida inferior-frontal mediante bornas enchufables, y en serie con él, un conjunto de fusibles fríos, combinados o asociados a ese interruptor.

Otras características constructivas:

- Capacidad de ruptura:
  - Corriente principalmente activa: 400 A.
  - Falta a tierra: 63 A.
- Intensidad de cortocircuito: 16/20 KA.
- Capacidad de cierre: 40 KA.
- Fusibles: 3x40 A.

### **CGMCOSMOS-M. Celda de medida:**

Celda con envolvente metálica de la marca ORMAZABAL, formada por un módulo de  $V_n=24$  KV y 800 mm de ancho por 1025 mm de fondo por 1740 mm de alto y 165 kg de peso.

La celda CGMCOSMOS-M de medida es un módulo metálico, construido en chapa galvanizada, que permite la incorporación en su interior de los transformadores de tensión e intensidad que se utilizan para dar los valores correspondientes a los 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 indirectos y permiten el sellado de la misma para garantizar la no manipulación de las conexiones.

La celda de medida CGMCOSMOS-M tiene:

- 2 juegos de barras tripolar  $I_n=400$  A.
- 3 transformadores de tensión de relación 13200-22000/110, clase 0,5 de aislamiento 24 KV.
- 3 transformadores de intensidad de relación 15-30/5 A clase 0,5 de aislamiento 24 KV.
- Embarrado de puesta a tierra.



### 1.8.6.5. Características del transformador

El transformador a instalar en el centro de transformación será de la marca Ormazabal conectado con acoplamiento Dyn11. 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.

La tecnología empleada será la de llenado integral para conseguir una mínima degradación del aceite por oxidación y absorción de humedad evitando entrar en contacto con el aire lo menos posible, 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: 13,2/20 KV.
- Refrigeración: ventilación natural.
- Aislamiento: aceite mineral.
- Cuba de aletas: llenado integral.

Equipo base:

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

Características del transformador:

Potencia (KVA)	630
Tensión primaria (KV)	13,2/20
Tensión del secundario en vacío (V)	420
Grupo de conexión	Dyn11
Pérdidas en vacío (W)	1030
Pérdidas en carga (W)	6500
Impedancia de cortocircuito (%)	4
Caída de tensión a plena carga (%)	1,11
Rendimiento (%)	98,82



Dimensiones del transformador:

Potencia (KVA)	630
Largo (mm)	1622
Ancho (mm)	962
Alto (mm)	1092
Volumen líquido aislante	410

Para las medidas de seguridad a tomar en el centro de transformación, se colocarán rótulos indicadores, equipos de primeros auxilios, extintores, etc..., conforme a las normas del reglamento vigente de centros de transformación.

#### **1.8.6.6. Cuadro auxiliar del centro de transformación**

El cuadro auxiliar del centro de transformación se utiliza para alimentar el alumbrado, el alumbrado de emergencia y la toma de corriente monofásica que hay en el centro de transformación. Dentro de este hay un interruptor automático y un diferencial con las siguientes características:

- Interruptor automático de la marca Schneider:
  - Calibre: 10 A
  - Poder de corte: 25 KA
  - N° de polos: III+N
  - Curva C
  
- Interruptor diferencial de la marca Schneider:
  - Calibre: 25 A
  - Sensibilidad: 30 mA
  - N° de polos: 4P

#### **1.8.7. Instalación de puesta a tierra**

##### **Tierra de protección:**

Para la elaboración de la tierra de protección se utiliza el “Método de cálculo y proyecto de instalaciones de puesta a tierra para centros de transformación conectados a redes de tercera categoría” de UNESA.

Los cálculos realizados para la elección de la tierra de protección quedan indicados en el documento cálculos. Al final se opta por un sistema de picas en rectángulo de 5x3 m, cuyo código de identificación es 50-30/8/82 de UNESA.



Se conectarán a la tierra de protección las partes metálicas de la instalación que no estén en tensión normalmente pero puedan estarlo a consecuencia de averías, accidentes, descargas atmosféricas o sobretensiones, tales como los chasis y los bastidores de los aparatos de maniobra, envolventes de las celdas prefabricadas, cubas de los transformadores, envolventes metálicas de los cuadros de baja tensión...

### **Tierra de servicio:**

Para la elaboración de la tierra de servicio se utiliza el “Método de cálculo y proyecto de instalaciones de puesta a tierra para centros de transformación conectados a redes de tercera categoría” de UNESA.

Los cálculos realizados para la elección de la tierra de servicio quedan indicados en el documento cálculos. Al final se opta por un sistema de 4 picas en hilera separadas 3 metros unas de otras cuyo código de identificación es 8/42 de UNESA.

Se conectarán a este sistema el neutro del transformador, así como la tierra de los secundarios de los transformadores de tensión e intensidad de la celda de medida.

### **Tierras interiores:**

Su misión es poner en continuidad eléctrica todos los elementos que deban estar conectados a tierra con sus correspondientes tierras exteriores. La tierra interior de protección se realizará con cable de cobre desnudo de 50 mm<sup>2</sup>, formando un anillo y al final de este una caja de seccionamiento. La tierra interior de servicio se realizará con cable de cobre aislado de 50 mm<sup>2</sup> de sección, formando una anillo y al final de este una caja de seccionamiento.

Las cajas de seccionamiento de la tierra de protección y de servicio estarán separadas 1 m como mínimo.

### **Tierra del pararrayos:**

Se opta por instalar un pararrayos de Punta Franklin. Su función es captar los rayos que puedan caer por la zona de la nave y llevar la energía del mismo a tierra de forma segura y confiable sin afectar la nave.

Mirando en tablas de estudio de rayos mediante el método de la esfera rodante, se observa que la distancia de cebado es de 46 metros para un rayo de 10 KA. Por lo tanto se opta por poner un pararrayos a una distancia de 46 metros del centro de transformación.



### **1.8.8. Instancias**

Las celdas de media tensión de este proyecto, se construyen en serie, y cumplen con lo indicado por el Ministerio de Industria, de acuerdo con la orden 11-1971.

### **1.8.9. Aparatos de media tensión**

Todos los aparatos que se pretendan colocar en el centro de transformación están previstos para una tensión nominal de 20 KV, con lo que cumplen las prescripciones del reglamento.

### **1.8.10. Aislamiento**

Todos los elementos que se utilizan 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  $\mu$ s.
- 50 KV (valor eficaz) tensión soportada durante un minuto a 50 Hz.

### **1.8.11. Instalaciones auxiliares del centro de transformación**

- Alumbrado:

Para el alumbrado del centro de transformación se ha optado por poner dos luminarias Philips TCW216 2xTL5-28W HFP. Estas se accionarán mediante un interruptor colocado al lado de la puerta de entrada.

Las luminarias se ubicarán de tal forma que se mantenga una buena uniformidad en la iluminación. Además se deberá poder efectuar la sustitución de las lámparas sin peligro de contacto con otros elementos en tensión.

Para el alumbrado de emergencia se ha optado por una luminaria Primalum OVA37037E de 65 lm y 6 W de la marca Schneider, no permanente con señalización, la cual señalará la salida.

- Toma de corriente:

Se colocará una toma de corriente monofásica.

- Ventilación:

La ventilación del centro de transformación se realizará de modo natural mediante las rejillas de entrada y salida colocadas en el centro de transformación. El



edificio dispondrá de una rejilla de entrada de aire en la parte inferior de la puerta de dimensiones 1228x642 mm (0,79 m<sup>2</sup>) y de dos rejillas más de entrada de aire en la parte inferior de la pared derecha de dimensiones 766x642 mm (0,49 m<sup>2</sup>) cada una. Por lo tanto, la suma de las tres rejillas de entrada da una superficie de 1,77 m<sup>2</sup>. Para las rejillas de salida de aire, el edificio trae una rejilla en la parte trasera, enfrentada a la de la puerta y de las mismas dimensiones. Además se decide colocar dos rejillas en la parte superior de la pared izquierda de dimensiones 766x642 mm (0,49 m<sup>2</sup>) cada una. Por lo tanto, la suma de las tres rejillas de salida da una superficie de 1,77 m<sup>2</sup>.

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 accidentados con partes en tensión si se introdujeran elementos metálicos por las mismas.

- Elementos de seguridad:

Como elementos de seguridad en el centro de transformación, se tendrá un equipo auxiliar que estará formado por un par de guantes aislantes, una banqueta aislante, un cuadro de primeros auxilios y un cartel de primeros auxilios para el caso de que ocurriese un accidente eléctrico.

## **1.9. RESUMEN DEL PRESUPUESTO**

El presupuesto total asciende a la cantidad de **trescientos treinta y seis mil doscientos cuarenta y un euros con dos céntimos**.

**Pamplona, Julio de 2013**

**Igor Rípodas Mariñelarena**



# ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación:

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL ELÉCTRICO

Título del proyecto:

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

## CÁLCULOS

Igor Rípodas Mariñelarena

Rafael Gonzaga Jarquín

Pamplona, 18/07/2013



2.1. CÁLCULOS LUMINOTÉCNICOS.....	3
2.1.1. Cálculo de la iluminación interior de la nave .....	3
2.1.2. Cálculo de la iluminación exterior .....	4
2.1.3. Cálculo de la iluminación de emergencia .....	5
2.2. CÁLCULO DE LAS INTENSIDADES DE LÍNEA .....	7
2.2.1. Método de cálculo.....	7
2.2.2. Tablas resumen de las intensidades de los cuadros .....	7
2.2.2.1. Cuadro secundario 1.....	7
2.2.2.2. Cuadro secundario 2.....	8
2.2.2.3. Cuadro secundario 3.....	8
2.2.2.4. Cuadro secundario 4.....	9
2.2.2.5. Cuadro secundario 5.....	9
2.2.2.6. Cuadro secundario 6.....	10
2.2.2.7. Cuadro secundario 7.....	10
2.2.2.8. Cuadro secundario 8.....	11
2.2.2.9. Cuadro general de distribución .....	12
2.2.3. Cálculo de la potencia del transformador .....	13
2.3. CÁLCULO DE LOS CONDUCTORES DE BAJA TENSIÓN .....	14
2.3.1. Introducción .....	14
2.3.2. Acometida. Transformador – C.G.D. ....	15
2.3.3. Cuadro general de distribución y cuadros secundarios.....	16
2.3.3.1. Cuadro secundario 1.....	17
2.3.3.2. Cuadro secundario 2.....	18
2.3.3.3. Cuadro secundario 3.....	19
2.3.3.4. Cuadro secundario 4.....	20
2.3.3.5. Cuadro secundario 5.....	21
2.3.3.6. Cuadro secundario 6.....	21
2.3.3.7. Cuadro secundario 7.....	22
2.3.3.8. Cuadro secundario 8.....	23
2.3.3.9. Cuadro general de distribución .....	25
2.3.4. Interpretación de las tablas anteriores.....	26
2.4. CÁLCULO DE LAS INTENSIDADES DE CORTOCIRCUITO.....	27
2.4.1. Introducción .....	27
2.4.2. Procedimiento de cálculo.....	27
2.4.3. Cálculo de la intensidad de cortocircuito en el secundario del transformador .	27
2.4.4. Cálculo de la intensidad de cortocircuito en el cuadro general de distribución	29
2.4.5. Cálculo de la intensidad de cortocircuito en los cuadros secundarios.....	30
2.4.5.1. Interpretación de las tablas.....	30
2.4.5.2. Cuadro secundario 1.....	31
2.4.5.3. Cuadro secundario 2.....	32
2.4.5.4. Cuadro secundario 3.....	32
2.4.5.5. Cuadro secundario 4.....	33
2.4.5.6. Cuadro secundario 5.....	34
2.4.5.7. Cuadro secundario 6.....	34
2.4.5.8. Cuadro secundario 7.....	35
2.4.5.9. Cuadro secundario 8.....	35
2.4.5.10. Cuadro general de distribución .....	36



2.5. CÁLCULO DE LOS CONDENSADORES PARA LA CORRECCIÓN DEL FACTOR DE POTENCIA .....	37
2.5.1. Cálculo de la batería de condensadores .....	37
2.5.2. Cálculo del conductor de unión de la batería.....	38
2.5.3. Cálculo de la protección de la batería de condensadores.....	38
2.6. INSTALACIÓN DE PUESTA A TIERRA .....	39
2.6.1. Investigación del terreno.....	39
2.6.2. Cálculo de la resistencia de tierra .....	39
2.6.3. Sección del cable de tierra y conductor de protección.....	41
2.6.4. Punto de puesta a tierra .....	41
2.7. CÁLCULO DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN .....	42
2.7.1. Intensidad en alta tensión.....	42
2.7.2. Intensidad en baja tensión.....	42
2.7.3. Intensidades de cortocircuito .....	42
2.7.3.1. Intensidad de cortocircuito en el lado de alta tensión .....	43
2.7.3.2. Intensidad de cortocircuito en el lado de baja tensión .....	43
2.7.4. Conexión celdas-transformador .....	44
2.7.5. Conexión del secundario del transformador al cuadro de baja tensión .....	44
2.7.6. Cálculo de la ventilación del centro de transformación.....	44
2.7.7. Dimensionamiento del pozo apagafuegos .....	46
2.7.8. Instalaciones del centro de transformación.....	46
2.7.8.1. Iluminación .....	46
2.7.8.2. Iluminación de emergencia .....	46
2.7.8.3. Cuadro auxiliar de baja tensión del centro de transformación .....	46
2.7.8.4. Dimensionamiento de los cables del cuadro auxiliar de baja tensión del centro de transformación.....	47
2.7.9. Cálculo de la instalación de puesta a tierra .....	48
2.7.9.1. Introducción .....	48
2.7.9.2. Tierra de protección .....	48
2.7.9.3. Tierra de servicio.....	49
2.7.9.4. Resistencia de la tierra de protección.....	50
2.7.9.5. Resistencia de la tierra de servicio .....	51
2.7.9.6. Tensiones en el exterior de la instalación.....	52
2.7.9.7. Tensiones en el interior de la instalación .....	52
2.7.9.8. Tensiones aplicadas.....	53
2.7.9.9. Tensiones transferidas al exterior.....	54
2.7.9.10. Corrección y ajuste si procede .....	54
2.8. ANEXO CÁLCULOS DIALUX.....	55



## 2.1. CÁLCULOS LUMINOTÉCNICOS

### 2.1.1. Cálculo de la iluminación interior de la nave

Para calcular las luminarias de cada departamento del interior de la nave se ha utilizado el programa DIALUX. En este se introducen las dimensiones de cada departamento de la nave, el nivel de iluminancia requerido (en luxes) y el tipo de luminaria para cada departamento. Como resultado, el programa da el número de luminarias a instalar, su distribución y consumo total.

Para ello se ha tenido en cuenta la norma UNE 12464.1, que es la norma europea de iluminación para interiores, y el DB HE3 de eficiencia energética de las instalaciones de iluminación del código técnico de la edificación.

Según la norma UNE 12464.1, tiene que haber un nivel mínimo de iluminancia mantenida ( $E_m$ ) y un nivel máximo de índice de deslumbramiento (UGR). Los datos a cumplir para el presente proyecto se recogen en la siguiente tabla:

Zona	$E_m$ (lux)	UGR
Salas de reuniones	500	19
Salas de escritura y lectura	500	19
Mostrador de recepción	300	22
Archivos	200	25
Escaleras	150	25
Pasillos	100	28
Vestuarios	200	22
Baños	200	22
Salas de descanso	100	22
Almacén	100	25
Fabricación de papel, ondulación, fabricación de cartón	300	25

Según el código técnico de la edificación, parte DB HE3, se tienen que cumplir unos valores máximos de eficiencia energética (VEEI) en todos los departamentos de la nave industrial. Los datos de VEEI utilizados en el presente proyecto se detallan en la siguiente tabla:

	Zonas de no representación
Administrativo en general	3,5
Zonas comunes	4,5
Almacenes, archivos, salas técnicas y cocinas	5



A continuación se detalla el tipo y número de luminarias que se han utilizado en cada departamento del interior de la nave después de realizar los cálculos con el programa DIALUX:

Local	Luminaria	Nº luminarias
Secretaría	Philips TBS165 G 3xTL5-14W HFS C6	16
Dirección	Philips TBS165 G 3xTL5-14W HFS C6	8
Sala reuniones	Philips TBS165 G 3xTL5-14W HFS C6	9
Almacén archivos	Philips TBS165 G 3xTL5-14W HFS C6	3
Sala descanso 2	Philips TBS165 G 3xTL5-14W HFS C6	3
Baño hombres	Philips TBS165 G 3xTL5-14W HFS C6	2
Baño mujeres	Philips TBS165 G 3xTL5-14W HFS C6	2
Pasillo oficinas	Philips TBS165 G 3xTL5-14W HFS C6	5
Escaleras	Philips TCS260 1xTL5-28W HFP C6	1
Recepción	Philips TBS165 G 3xTL5-14W HFS M2	13
Sala descanso 1	Philips TBS165 G 2xTL5-28W HFS C6	4
Pasillo vestuarios	Philips TBS165 G 3xTL5-14W HFS C6	4
Vestuario hombres	Philips TBS165 G 2xTL5-28W HFS C6	6
Vestuario mujeres	Philips TBS165 G 2xTL5-28W HFS C6	6
Taller	Philips TCW216 2xTL5-28W HFP	8
Sala compresores	Philips TCW216 2xTL5-28W HFP	4
Sala CGD	Philips TCW216 2xTL5-28W HFP	4
Zona de producción	Philips HPK380 1xHPI-P250W-BU P-WB +GPK380 R D465+GC	72

Como se observa en la tabla, todas las luminarias proceden del catálogo de Philips. Los resultados obtenidos con el programa DIALUX se adjuntarán al apartado de cálculos en un anexo.

### 2.1.2. Cálculo de la iluminación exterior

Para la realización de la iluminación exterior de la nave no se ha utilizado ningún programa. Se han colocado 21 luminarias por el perímetro de la nave para garantizar una visibilidad suficiente a la noche.

Se ha elegido la luminaria Philips SRP222 SON-TPP150W SP. Su colocación se precisa en el plano de alumbrado exterior y emergencia.

Alumbrado	Nº luminarias	Potencia unidad	Potencia total
exterior	21	150	3150



### 2.1.3. Cálculo de la iluminación de emergencia

El alumbrado de emergencia estará previsto para entrar en funcionamiento automáticamente cuando se produzca un fallo en el alumbrado general o cuando la tensión de este baje al 70% de su valor nominal. Así, para realizar una evacuación por las rutas marcadas, el cálculo del alumbrado de emergencia se realiza para obtener una iluminación media de  $5 \text{ lm/m}^2$  en toda la nave, tanto en la zona de producción como en la de oficinas.

Las luminarias elegidas son luminarias autónomas no permanentes de la marca Schneider y de su gama Primalum. Se han escogido diferentes aparatos, según los lúmenes que proporcionan, y tienen potencias de 6 W y 11 W.

En la zona de oficinas, las luminarias se colocarán justo encima de los marcos de las puertas a una altura de 2,3 metros respecto del suelo. En los pasillos de estas, se pondrán en la pared y en la puerta de salida para marcar la ruta de evacuación.

En la zona de producción, que tiene bastante altura, se colocarán en las columnas a una altura de 3,5 metros respecto del suelo.

Para la realización del cálculo de cada habitáculo de la nave, se expone el siguiente ejemplo del cálculo de la secretaría:

La secretaría tiene una superficie de  $57,89 \text{ m}^2$ , y como hacen falta  $5 \text{ lm/m}^2$ , el flujo necesario es de 289,45 lm. Por ello se elige una luminaria de emergencia de 320 lm.



Tabla del alumbrado de emergencia de la nave:

Zona	Superficie (m <sup>2</sup> )	Iluminación (lm/m <sup>2</sup> )	Flujo necesario	Luminarias seleccionadas	Nº	Potencia total (W)
Secretaría	57,89	5	289,45	Primalum OVA37078E de 320 lm y 11W	1	11
Dirección	25,15	5	125,75	Primalum OVA37039E de 160 lm y 11W	1	11
Sala reuniones	29,23	5	146,15	Primalum OVA37039E de 160 lm y 11W	1	11
Almacén archivos	26,08	5	130,4	Primalum OVA37039E de 160 lm y 11W	1	11
Sala descanso 2	16,61	5	83,05	Primalum OVA37074E de 90 lm y 6W	1	6
Baño hombres	13,32	5	66,6	Primalum OVA37074E de 90 lm y 6W	1	6
Baño mujeres	13,31	5	66,55	Primalum OVA37074E de 90 lm y 6W	1	6
Pasillo oficinas	32,35	5	161,75	Primalum OVA37074E de 90 lm y 6W	2	12
Escaleras	6,13	5	30,65	Primalum OVA37037E de 65 lm y 6W	1	6
Recepción	37,80	5	189	Primalum OVA37077E de 220 lm y 11W	1	11
Sala descanso 1	44,74	5	223,7	Primalum OVA37078E de 320 lm y 11W	1	11
Pasillo vestuarios	27,72	5	138,6	Primalum OVA37074E de 90 lm y 6W	2	12
Vestuario hombres	53,92	5	269,6	Primalum OVA37078E de 320 lm y 11W	1	11
Vestuario mujeres	53,92	5	269,6	Primalum OVA37078E de 320 lm y 11W	1	11
Taller	57,06	5	285,3	Primalum OVA37078E de 320 lm y 11W	1	11
Sala compresores	28,24	5	141,2	Primalum OVA37039E de 160 lm y 11W	1	11
Sala CGD	27,36	5	136,8	Primalum OVA37039E de 160 lm y 11W	1	11
Zona producción	2725,85	5	13629,25	Primalum OVA37078E de 320 lm y 11W	42	462
				Primalum OVA37037E de 65 lm y 6W	6	36



## 2.2. CÁLCULO DE LAS INTENSIDADES DE LÍNEA

### 2.2.1. Método de cálculo

Para el cálculo de las intensidades de cada una de las líneas se ha utilizado el método explicado en la memoria del presente proyecto.

### 2.2.2. Tablas resumen de las intensidades de los cuadros

#### 2.2.2.1. Cuadro secundario 1

Línea	Descripción	P(W)	S(VA)	V(V)	Cos $\phi$	In(A)	Fcor	Ical(A)	Fase
L.1.1.A	Portabobinas	4000	5063,29	400	0,79	7,31	1,25	9,14	Trifásica
L.1.1.B	Portabobinas	4000	5063,29	400	0,79	7,31	1,25	9,14	Trifásica
L.1.1.C	Pre calentador	2050	2594,94	400	0,79	3,75	1,25	4,68	Trifásica
L.1.1.D	Pre calentador	2050	2594,94	400	0,79	3,75	1,25	4,68	Trifásica
L.1.2	Corrugadora simple								
	Motor 1	21000	23595,51	400	0,89	34,06	1,25	42,57	Trifásica
	Motor 2	10000	12345,68	400	0,81	17,82	1	17,82	Trifásica
L.1.3.A	Portabobinas	4000	5063,29	400	0,79	7,31	1,25	9,14	Trifásica
L.1.3.B	Portabobinas	4000	5063,29	400	0,79	7,31	1,25	9,14	Trifásica
L.1.3.C	Pre calentador	2050	2594,94	400	0,79	3,75	1,25	4,68	Trifásica
L.1.3.D	Pre calentador	2050	2594,94	400	0,79	3,75	1,25	4,68	Trifásica
L.1.4	Corrugadora simple								
	Motor 1	21000	23595,51	400	0,89	34,06	1,25	42,57	Trifásica
	Motor 2	10000	12345,68	400	0,81	17,82	1	17,82	Trifásica
L.1.5	Caldera	25000	28409,09	400	0,88	41	1	41	Trifásica
	Total	111200	130924,37	400	0,849	188,97	1,15	217,06	Trifásica
	Factor de simultaneidad=1	111200	130924,37	400	0,849	188,97	1,15	217,06	Trifásica



### 2.2.2.2. Cuadro secundario 2

Línea	Descripción	P(W)	S(VA)	V(V)	Cos $\phi$	In(A)	Fcor	Ical(A)	Fase
L.2.1.A	Portabobinas	4000	5063,29	400	0,79	7,31	1,25	9,14	Trifásica
L.2.1.B	Pre calentador triple	6150	7321,43	400	0,84	10,57	1,25	13,21	Trifásica
L.2.1.C	Mesa caliente	4000	5063,29	400	0,79	7,31	1,25	9,14	Trifásica
L.2.2.A	Encoladora triple	10000	12345,68	400	0,81	17,82	1,25	22,27	Trifásica
L.2.2.B	Cortadora	7500	8928,57	400	0,84	12,89	1,25	16,11	Trifásica
L.2.3.A	Puente transportador								
	Motor 1	7500	8522,73	400	0,88	12,30	1,25	15,38	Trifásica
	Motor 2	7500	8522,73	400	0,88	12,30	1	12,30	Trifásica
L.2.3.B	Apilador automático	12000	13953,49	400	0,86	20,14	1,25	25,18	Trifásica
L.2.4.A	T.C. monofásicas	11085	11085	400	1	16	1	16	Trifásica
L.2.4.B	T.C. trifásicas	11085	11085	400	1	16	1	16	Trifásica
	Total	80820	91891,20	400	0,880	132,63	1,17	154,72	Trifásica
	Factor de simultaneidad=1	80820	91891,20	400	0,880	132,63	1,17	154,72	Trifásica

### 2.2.2.3. Cuadro secundario 3

Línea	Descripción	P(W)	S(VA)	V(V)	Cos $\phi$	In(A)	Fcor	Ical(A)	Fase
L.3.1	Línea trifásica al.	929	1032,22	400	0,9	1,49	1,8	2,68	Trifásica
L.3.1.A	Al. taller	448	497,78	230	0,9	2,16	1,8	3,90	R-N
	Em. taller	11	12,22	230	0,9	0,05	1,8	0,10	R-N
L.3.1.B	Al. compresores	224	248,89	230	0,9	1,08	1,8	1,95	S-N
	Em. compresores	11	12,22	230	0,9	0,05	1,8	0,10	S-N
L.3.1.C	Al. C.G.D.	224	248,89	230	0,9	1,08	1,8	1,95	T-N
	Em. C.G.D.	11	12,22	230	0,9	0,05	1,8	0,10	T-N
L.3.2.1	Línea trifásica T.C.	11085	11085	400	1	16	1	16	Trifásica
L.3.2.1.A	T.C. taller	3680	3680	230	1	16	1	16	S-N
L.3.2.1.B	T.C. compresores	3680	3680	230	1	16	1	16	R-N
L.3.2.1.C	T.C. C.G.D.	3680	3680	230	1	16	1	16	T-N
L.3.2.2	T.C. trifásicas taller	11085	11085	400	1	16	1	16	Trifásica
L.3.3.A	Compresor 1								
	Motor 1	5500	6547,62	400	0,84	9,45	1,25	11,81	Trifásica
	Motor 2	5500	6547,62	400	0,84	9,45	1	9,45	Trifásica
L.3.3.B	Compresor 2								
	Motor 1	5500	6547,62	400	0,84	9,45	1,25	11,81	Trifásica
	Motor 2	5500	6547,62	400	0,84	9,45	1	9,45	Trifásica
	Total	45099	49392,70	400	0,913	71,29	1,08	77,21	Trifásica
	Factor de simultaneidad=1	45099	49392,70	400	0,913	71,29	1,08	77,21	Trifásica



#### 2.2.2.4. Cuadro secundario 4

Línea	Descripción	P(W)	S(VA)	V(V)	Cos $\varphi$	In(A)	Fcor	Ical(A)	Fase
L.4.1.A	Paletizadora	3800	4810,13	400	0,79	6,94	1,25	8,68	Trifásica
L.4.1.B	Plataforma giratoria	1500	2027,03	400	0,74	2,93	1,25	3,66	Trifásica
L.4.1.C	Camino rodillos	1500	2027,03	400	0,74	2,93	1,25	3,66	Trifásica
L.4.1.D	Camino rodillos	1500	2027,03	400	0,74	2,93	1,25	3,66	Trifásica
L.4.2.A	Camino rodillos	1500	2027,03	400	0,74	2,93	1,25	3,66	Trifásica
L.4.2.B	Camino rodillos	1500	2027,03	400	0,74	2,93	1,25	3,66	Trifásica
L.4.2.C	Camino rodillos	1500	2027,03	400	0,74	2,93	1,25	3,66	Trifásica
L.4.3.A	Camino rodillos	1500	2027,03	400	0,74	2,93	1,25	3,66	Trifásica
L.4.3.B	Camino rodillos	1500	2027,03	400	0,74	2,93	1,25	3,66	Trifásica
L.4.3.C	Camino rodillos	1500	2027,03	400	0,74	2,93	1,25	3,66	Trifásica
L.4.3.D	Plataforma giratoria	1500	2027,03	400	0,74	2,93	1,25	3,66	Trifásica
L.4.3.E	Camino rodillos	1500	2027,03	400	0,74	2,93	1,25	3,66	Trifásica
L.4.4.A	Puerta automática	550	763,89	400	0,72	1,10	1,25	1,38	Trifásica
L.4.4.B	Puerta automática	550	763,89	400	0,72	1,10	1,25	1,38	Trifásica
L.4.4.C	Puerta automática	550	763,89	400	0,72	1,10	1,25	1,38	Trifásica
L.4.5.A	T.C. monofásicas	11085	11085	400	1	16	1	16	Trifásica
L.4.5.B	T.C. trifásicas	11085	11085	400	1	16	1	16	Trifásica
L.4.5.C	T.C. carga carretillas	11085	11085	400	1	16	1	16	Trifásica
Total		55205	62654,09	400	0,881	90,43	1,12	101,04	Trifásica
Factor de simultaneidad=0,9		49685	56388,68	400	0,881	81,39	1,12	90,94	Trifásica

#### 2.2.2.5. Cuadro secundario 5

Línea	Descripción	P(W)	S(VA)	V(V)	Cos $\varphi$	In(A)	Fcor	Ical(A)	Fase
L.5.1	Impresora	18500	21764,71	400	0,85	31,41	1,25	39,27	Trifásica
L.5.2	Camino rodillos	1500	2027,03	400	0,74	2,93	1,25	3,66	Trifásica
L.5.3.A	Prensa	11000	13253,01	400	0,83	19,13	1,25	23,91	Trifásica
L.5.3.B	Cinta recortes 1	4000	4651,16	400	0,86	6,71	1,25	8,39	Trifásica
L.5.3.C	Cinta recortes 2	4000	4651,16	400	0,86	6,71	1,30	8,73	Trifásica
Total		39000	46347,07	400	0,841	66,90	1,26	83,96	Trifásica
Factor de simultaneidad=1		39000	46347,07	400	0,841	66,90	1,26	83,96	Trifásica



### 2.2.2.6. Cuadro secundario 6

Línea	Descripción	P(W)	S(VA)	V(V)	Cos $\varphi$	In(A)	Fcor	Ical(A)	Fase
L.6.1.A	Impresora	18500	21764,71	400	0,85	31,41	1,25	39,27	Trifásica
L.6.1.B	Plegadora-encoladora	10000	12345,68	400	0,81	17,82	1,25	22,27	Trifásica
L.6.2.A	Camino rodillos	1500	2027,03	400	0,74	2,93	1,25	3,66	Trifásica
L.6.2.B	Carro rodillos	7500	8720,93	400	0,86	12,59	1,25	15,73	Trifásica
L.6.3.A	T.C. monofásicas	11085	11085	400	1	16	1	16	Trifásica
L.6.3.B	T.C. trifásicas	11085	11085	400	1	16	1	16	Trifásica
Total		59670	67028,34	400	0,890	96,75	1,17	112,93	Trifásica
Factor de simultaneidad=1		59670	67028,34	400	0,890	96,75	1,17	112,93	Trifásica

### 2.2.2.7. Cuadro secundario 7

Línea	Descripción	P(W)	S(VA)	V(V)	Cos $\varphi$	In(A)	Fcor	Ical(A)	Fase
L.7.1.1	Línea trifásica al.								Trifásica
L.7.1.1.A	Al. vestuario hombres	336	373,33	230	0,9	1,62	1,8	2,92	T-N
	Em. vestuario hombres	11	12,22	230	0,9	0,05	1,8	0,10	T-N
L.7.1.1.B	Al. vestuario mujeres	336	373,33	230	0,9	1,62	1,8	2,92	S-N
	Em. vestuario mujeres	11	12,22	230	0,9	0,05	1,8	0,10	S-N
L.7.1.1.C	Al. pasillo vestuarios	168	186,67	230	0,9	0,81	1,8	1,46	T-N
	Em. pasillo vestuarios	12	13,33	230	0,9	0,06	1,8	0,10	T-N
L.7.1.1.D	Al. recepción	546	606,67	230	0,9	2,64	1,8	4,75	R-N
	Em. recepción	11	12,22	230	0,9	0,05	1,8	0,10	R-N
L.7.1.1.E	Al. sala descanso 1	224	248,89	230	0,9	1,08	1,8	1,95	S-N
	Em. sala descanso 1	11	12,22	230	0,9	0,05	1,8	0,10	S-N
L.7.1.1.F	Al. escaleras	28	31,11	230	0,9	0,14	1,8	0,24	T-N
	Em. escaleras	6	6,67	230	0,9	0,03	1,8	0,05	T-N
L.7.1.2	Línea trifásica al.								Trifásica
L.7.1.2.A	Al. secretaría	672	746,67	230	0,9	3,25	1,8	5,84	R-N
	Em. secretaría	11	12,22	230	0,9	0,05	1,8	0,10	R-N
L.7.1.2.B	Al. dirección	336	373,33	230	0,9	1,62	1,8	2,92	T-N
	Em. dirección	11	12,22	230	0,9	0,05	1,8	0,10	T-N
L.7.1.2.C	Al. sala reuniones	378	420	230	0,9	1,83	1,8	3,29	S-N
	Em. sala reuniones	11	12,22	230	0,9	0,05	1,8	0,10	S-N
L.7.1.2.D	Al. almacén archivos	126	140	230	0,9	0,61	1,8	1,10	T-N
	Em. almacén archivos	11	12,22	230	0,9	0,05	1,8	0,10	T-N
L.7.1.2.E	Al. sala descanso 2	126	140	230	0,9	0,61	1,8	1,10	T-N



	Em. sala descanso 2	6	6,67	230	0,9	0,03	1,8	0,05	T-N
L.7.1.2.F	Al. baño hombres	84	93,33	230	0,9	0,41	1,8	0,73	T-N
	Em. baño hombres	6	6,67	230	0,9	0,03	1,8	0,05	T-N
L.7.1.2.G	Al. baño mujeres	84	93,33	230	0,9	0,41	1,8	0,73	S-N
	Em. baño mujeres	6	6,67	230	0,9	0,03	1,8	0,05	S-N
L.7.1.2.H	Al. pasillo oficinas	210	233,33	230	0,9	1,01	1,8	1,83	S-N
	Em. pasillo oficinas	12	13,33	230	0,9	0,06	1,8	0,10	S-N
L.7.2.A	T.C. monofásicas	3680	3680	230	1	16	1	16	Trifásica
L.7.2.B	T.C. monofásicas	3680	3680	230	1	16	1	16	Trifásica
L.7.2.C	T.C. monofásicas	3680	3680	230	1	16	1	16	Trifásica
Total		14830	15251,11	230	0,972	66,31	1,22	80,96	Mono.
Como el cuadro de oficinas se alimenta en trifásica, se procede al cálculo de intensidad por fase.									
Total		14830	15251,11	400	0,972	22,01	1,22	26,98	Trifásica
Factor de simultaneidad=1		14830	15251,11	400	0,972	22,01	1,22	26,98	Trifásica

#### 2.2.2.8. Cuadro secundario 8

Línea	Descripción	P(W)	S(VA)	V(V)	Cos $\phi$	In(A)	Fcor	Ical(A)	Fase	
L.8.1.1	Alumbrado zona 1									Trifásica
L.8.1.1.A	Fila 1	750	833,33	230	0,9	3,62	1,8	6,52	R-N	
L.8.1.1.B	Fila 2	750	833,33	230	0,9	3,62	1,8	6,52	S-N	
L.8.1.1.C	Fila 3	750	833,33	230	0,9	3,62	1,8	6,52	T-N	
L.8.1.1.D	Emergencia zona 1	72	80	230	0,9	0,35	1,8	0,63	Trifásica	
L.8.1.2	Alumbrado zona 2									Trifásica
L.8.1.2.A	Fila 1	750	833,33	230	0,9	3,62	1,8	6,52	R-N	
L.8.1.2.B	Fila 2	750	833,33	230	0,9	3,62	1,8	6,52	S-N	
L.8.1.2.C	Fila 3	750	833,33	230	0,9	3,62	1,8	6,52	T-N	
L.8.1.2.D	Emergencia zona 2	66	73,33	230	0,9	0,32	1,8	0,57	Trifásica	
L.8.1.3	Alumbrado zona 3									Trifásica
L.8.1.3.A	Fila 1	750	833,33	230	0,9	3,62	1,8	6,52	R-N	
L.8.1.3.B	Fila 2	750	833,33	230	0,9	3,62	1,8	6,52	S-N	
L.8.1.3.C	Fila 3	750	833,33	230	0,9	3,62	1,8	6,52	T-N	
L.8.1.3.D	Emergencia zona 3	72	80	230	0,9	0,35	1,8	0,63	Trifásica	
L.8.2.1	Alumbrado zona 4									Trifásica
L.8.2.1.A	Fila 1	750	833,33	230	0,9	3,62	1,8	6,52	R-N	
L.8.2.1.B	Fila 2	750	833,33	230	0,9	3,62	1,8	6,52	S-N	
L.8.2.1.C	Fila 3	750	833,33	230	0,9	3,62	1,8	6,52	T-N	
L.8.2.1.D	Emergencia zona 4	72	80	230	0,9	0,35	1,8	0,63	Trifásica	
L.8.2.2	Alumbrado zona 5									Trifásica



L.8.2.2.A	Fila 1	750	833,33	230	0,9	3,62	1,8	6,52	R-N
L.8.2.2.B	Fila 2	750	833,33	230	0,9	3,62	1,8	6,52	S-N
L.8.2.2.C	Fila 3	750	833,33	230	0,9	3,62	1,8	6,52	T-N
L.8.2.2.D	Emergencia zona 5	50	55,56	230	0,9	0,24	1,8	0,43	Trifásica
L.8.3.1	Alumbrado zona 6								Trifásica
L.8.3.1.A	Fila 1	750	833,33	230	0,9	3,62	1,8	6,52	R-N
L.8.3.1.B	Fila 2	750	833,33	230	0,9	3,62	1,8	6,52	S-N
L.8.3.1.C	Fila 3	750	833,33	230	0,9	3,62	1,8	6,52	T-N
L.8.3.1.D	Emergencia zona 6	72	80	230	0,9	0,35	1,8	0,63	Trifásica
L.8.3.2	Alumbrado zona 7								Trifásica
L.8.3.2.A	Fila 1	750	833,33	230	0,9	3,62	1,8	6,52	R-N
L.8.3.2.B	Fila 2	750	833,33	230	0,9	3,62	1,8	6,52	S-N
L.8.3.2.C	Fila 3	750	833,33	230	0,9	3,62	1,8	6,52	T-N
L.8.3.2.D	Emergencia zona 7	72	80	230	0,9	0,35	1,8	0,63	Trifásica
L.8.3.3	Alumbrado zona 8								Trifásica
L.8.3.3.A	Fila 1	750	833,33	230	0,9	3,62	1,8	6,52	R-N
L.8.3.3.B	Fila 2	750	833,33	230	0,9	3,62	1,8	6,52	S-N
L.8.3.3.C	Fila 3	750	833,33	230	0,9	3,62	1,8	6,52	T-N
L.8.3.3.D	Emergencia zona 8	22	24,44	230	0,9	0,11	1,8	0,19	T-N
L.8.2.3.A	Alumbrado exterior	1800	2000	230	0,9	8,70	1,8	15,65	Trifásica
L.8.2.3.B	Alumbrado exterior	1350	1500	230	0,9	6,52	1,8	11,74	Trifásica
Total		21648	24053,33	230	0,9	104,58	1,8	188,24	Mono.
Como el cuadro de alumbrado se alimenta en trifásica, se procede al cálculo de intensidad por fase.									
Total		21648	24053,33	400	0,9	34,72	1,8	62,49	Trifásica
Factor de simultaneidad=1		21648	24053,33	400	0,9	34,72	1,8	62,49	Trifásica

### 2.2.2.9. Cuadro general de distribución

Línea	Descripción	P(W)	S(VA)	V(V)	Cos $\phi$	In(A)	Ical(A)	Fase
L.1	Cuadro secundario 1	111200	130924,37	400	0,849	188,97	217,06	Trifásica
L.2	Cuadro secundario 2	80820	91891,20	400	0,880	132,63	154,72	Trifásica
L.3	Cuadro secundario 3	45099	49392,70	400	0,913	71,29	77,21	Trifásica
L.4	Cuadro secundario 4	49685	56388,68	400	0,881	81,39	90,94	Trifásica
L.5	Cuadro secundario 5	39000	46347,07	400	0,841	66,90	83,96	Trifásica
L.6	Cuadro secundario 6	59670	67028,34	400	0,890	96,75	112,93	Trifásica
L.7	Cuadro secundario 7	14830	15251,11	400	0,972	22,01	26,98	Trifásica
L.8	Cuadro secundario 8	21648	24053,33	400	0,900	34,72	62,49	Trifásica
Total		421952	481276,81	400	0,877	694,66	826,28	Trifásica



## **NOTA: POTENCIA PREVISTA PARA LAS TOMAS DE CORRIENTE.**

Para las tomas de corriente monofásica de las oficinas, se considera una potencia prevista por toma de 3680 W, con un factor de simultaneidad de 0,2 y un factor de utilización de 0,25.

Para las tomas de corriente monofásica de la zona de producción, que solo se utilizarán para mantenimiento, se considera una potencia prevista por toma de 3680 W, con un factor de simultaneidad de 0,5 y un factor de utilización de 1.

Para las tomas de corriente trifásica de la zona de producción, que solo se utilizarán para mantenimiento, se considera una potencia prevista por toma de 11085 W, con un factor de simultaneidad de 0,5 y un factor de utilización de 1.

Para las tomas de corriente monofásica del taller, sala de compresores y sala del C.G.D., se considera una potencia prevista por toma de 3680 W, con un factor de simultaneidad de 0,5 y un factor de utilización de 1.

Para las tomas de corriente trifásica del taller, se considera una potencia prevista por toma de 11085 W, con un factor de simultaneidad de 0,5 y un factor de utilización de 0,5.

### **2.2.3. Cálculo de la potencia del transformador**

Una vez conocida la potencia y la corriente total que demanda la nave industrial, en este apartado se procede a la elección del transformador. Se ha observado que para estas necesidades de consumo, el transformador adecuado es uno de 630 KVA, que proporciona una intensidad de:

$$I = \frac{S}{\sqrt{3} \times V} = \frac{630 \times 10^3}{\sqrt{3} \times 400} = 909,33 \text{ A}$$

De esta forma la nave quedará abastecida aunque su utilización sea del 100%, ya que la demanda es de 826,28 A y no se llegará a la corriente nominal del transformador. Además, como no está prevista ninguna ampliación de potencia de la nave, con este transformador de 630 KVA es suficiente.



## 2.3. CÁLCULO DE LOS CONDUCTORES DE BAJA TENSIÓN

### 2.3.1. Introducción

Una vez conocidas las intensidades que demanda cada receptor y la que pasa por cada línea, se procede a calcular los distintos conductores mediante el criterio térmico y el criterio de caída de tensión.

Para el criterio térmico se tiene en cuenta:

Fc: factor de corrección que depende del tipo de canalización y el número de conductores que se alojan en ella.

Ical': es la intensidad que resulta del cociente de Ical entre Fc.

Después de esto, se determinará la sección del cable en la correspondiente tabla del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión eligiendo una sección cuya intensidad admisible sea superior a Ical'.

Para el criterio de caída de tensión se tiene en cuenta:

Se tendrá en cuenta la ITC-BT-19, que dice que para instalaciones industriales que se alimenten directamente en alta tensión, las caídas de tensión máximas admisibles serán del 4,5% para los receptores de alumbrado y del 6,5% para los demás usos.

La sección por el método de caída de tensión se calculará del siguiente modo, dependiendo del tipo de red:

- Monofásica:

$$S = \frac{2 \times L \times I \times \cos \varphi}{C \times u}$$

- Trifásica:

$$S = \frac{\sqrt{3} \times L \times I \times \cos \varphi}{C \times u}$$

Siendo:

S: sección del conductor en mm<sup>2</sup>.

L: longitud de la línea en m.

I: intensidad calculada de la línea en A.

cos φ: factor de potencia.

C: conductividad del material del conductor (56 para el cobre).

u: caída de tensión en V.



### 2.3.2. Acometida. Transformador – C.G.D.

Esta línea es la que une el cuadro de baja tensión del centro de transformación con el cuadro general de distribución de la fábrica. Quedará diseñada para aprovechar el transformador al 100%, que en este caso proporciona una intensidad de:

$$I = \frac{S}{\sqrt{3} \times V} = \frac{630 \times 10^3}{\sqrt{3} \times 400} = 909,33 \text{ A}$$

Siendo:

- I: intensidad en el secundario del transformador.
- S: potencia del transformador (630 KVA).
- V: tensión de línea (400 V).

Esta línea tiene una longitud de 16 metros, y discurre por una zanja de 0,7 metros de profundidad y 0,4 metros de anchura. Se designan 3 conductores por fase, por lo que cada conductor llevará un tercio de la corriente total. Como se instalarán tres ternas de conductores unipolares dispuestos en trébol, se aplica un factor de corrección de 0,8.

$$I' = \frac{I}{F_c} = \frac{909,33}{0,8} = 1136,66 \text{ A}$$

Según la tabla 5 de la ITC-BT-07, se designan por fase 3 conductores unipolares de 150 mm<sup>2</sup>, de cobre y con aislamiento de polietileno reticulado (XLPE). Estos tienen una intensidad admisible individual de 425 A, siendo la intensidad admisible por fase 1275 A. La distribución de la corriente desde el centro de transformación hasta el cuadro general de distribución se hará mediante nueve conductores unipolares de cobre de 150 mm<sup>2</sup> de sección. Según la tabla 1 de la ITC-BT-07, para el neutro se utilizarán 3 conductores unipolares de 70 mm<sup>2</sup>, de cobre y con aislamiento de polietileno reticulado (XLPE). El diámetro del tubo de la acometida será de 180 mm como mínimo según la ITC-BT-21, liso por el interior, corrugado por el exterior y de color rojo. Se elige un tubo de 200 mm de diámetro.

La caída de tensión en la acometida es de:

$$u = \frac{\sqrt{3} \times L \times I \times \cos \varphi}{S \times C} = \frac{\sqrt{3} \times 16 \times 909,33 \times 0,877}{150 \times 3 \times 56} = 0,877 \text{ V}$$

$$u(\%) = \frac{u \times 100}{400} = 0,219\%$$



### 2.3.3. Cuadro general de distribución y cuadros secundarios

La distribución de los conductores entre el cuadro general de distribución y los cuadros secundarios se realizará por bandeja metálica perforada de 200 mm de ancho y 35 mm de alto. Al llegar a cada cuadro secundario, los conductores se bajarán a este por medio de tubos metálicos. Esta bandeja se colocará a una altura de 5 metros en la pared izquierda y en la pared de enfrente mirando desde las oficinas, y en la zona de columnas se llevará a una altura de 6,75 metros colgada sobre las vigas del techo mediante agarres especiales.



### 2.3.3.1. Cuadro secundario 1

Línea	In(A)	Ical(A)	Cos $\varphi$	Fc	Ical'(A)	S(mm <sup>2</sup> )	Iad(A)	L(m)	u(V)	u(%)	uT(%)	Canalización	S(mm <sup>2</sup> )	$\Phi$ tubo(mm)
L.1.1.A	7,31	9,14	0,79	0,7	13,06	2,5	22	18,5	1,653	0,413	1,675	Empotrado suelo	3x2,5+2,5TT	20
L.1.1.B	7,31	9,14	0,79	0,7	13,06	2,5	22	9,5	0,849	0,212	1,474	Empotrado suelo	3x2,5+2,5TT	20
L.1.1.C	3,75	4,68	0,79	0,7	6,69	2,5	22	16	0,732	0,183	1,444	Empotrado suelo	3x2,5+2,5TT	20
L.1.1.D	3,75	4,68	0,79	0,7	6,69	2,5	22	12	0,549	0,137	1,399	Empotrado suelo	3x2,5+2,5TT	20
L.1.2	51,88	60,39	0,86	0,7	86,27	25	106	13,5	0,867	0,217	1,478	Empotrado suelo	3x25+16TT	40
L.1.3.A	7,31	9,14	0,79	0,7	13,06	2,5	22	18,5	1,653	0,413	1,675	Empotrado suelo	3x2,5+2,5TT	20
L.1.3.B	7,31	9,14	0,79	0,7	13,06	2,5	22	9,5	0,849	0,212	1,474	Empotrado suelo	3x2,5+2,5TT	20
L.1.3.C	3,75	4,68	0,79	0,7	6,69	2,5	22	16	0,732	0,183	1,444	Empotrado suelo	3x2,5+2,5TT	20
L.1.3.D	3,75	4,68	0,79	0,7	6,69	2,5	22	12	0,549	0,137	1,399	Empotrado suelo	3x2,5+2,5TT	20
L.1.4	51,88	60,39	0,86	0,7	86,27	25	106	13,5	0,867	0,217	1,478	Empotrado suelo	3x25+16TT	40
L.1.5	41	41	0,88	1	41	10	60	12,5	1,395	0,349	1,610	Tubo grapado	3x10+10TT	32



### 2.3.3.2. Cuadro secundario 2

Línea	In(A)	Ical(A)	Cos $\varphi$	Fc	Ical'(A)	S(mm <sup>2</sup> )	Iad(A)	L(m)	u(V)	u(%)	uT(%)	Canalización	S(mm <sup>2</sup> )	$\Phi$ tubo(mm)
L.2.1.A	7,31	9,14	0,79	0,7	13,06	2,5	22	17	1,519	0,380	1,306	Empotrado suelo	3x2,5+2,5TT	20
L.2.1.B	10,57	13,21	0,84	0,7	18,87	2,5	22	15,5	2,128	0,532	1,458	Empotrado suelo	3x2,5+2,5TT	20
L.2.1.C	7,31	9,14	0,79	0,7	13,06	2,5	22	12	1,072	0,268	1,194	Empotrado suelo	3x2,5+2,5TT	20
L.2.2.A	17,82	22,27	0,81	0,7	31,81	6	44	12,5	1,162	0,291	1,216	Empotrado suelo	3x6+6TT	25
L.2.2.B	12,89	16,11	0,84	0,7	23,01	4	30	14	1,465	0,366	1,292	Empotrado suelo	3x4+4TT	20
L.2.3.A	24,60	27,68	0,88	0,7	39,54	6	44	16,5	2,072	0,518	1,444	Empotrado suelo	3x6+6TT	25
L.2.3.B	20,14	25,18	0,86	0,7	35,97	6	44	20	2,233	0,558	1,484	Empotrado suelo	3x6+6TT	25
L.2.4.A	16	16	1	1	16	2,5	22	20	3,959	0,990	1,916	Tubo grapado	3x2,5/2,5+2,5TT	20
L.2.4.B	16	16	1	1	16	2,5	22	20	3,959	0,990	1,916	Tubo grapado	3x2,5+2,5TT	16



### 2.3.3.3. Cuadro secundario 3

Línea	In(A)	Ical(A)	Cos φ	Fc	Ical'(A)	S(mm <sup>2</sup> )	Iad(A)	L(m)	u(V)	u(%)	uT(%)	Canalización	S(mm <sup>2</sup> )	Φ tubo(mm)
L.3.1	1,49	2,68	0,9	1	2,68	1,5	16	22,5	1,119	0,280	1,282	Empotrado	3x1,5/1,5+1,5TT	20
L.3.1.A	2,21	4	0,9	1	4	1,5	18	12	1,029	0,447	1,730	Empotrado	2x1,5+1,5TT	16
L.3.1.B	1,13	2,05	0,9	1	2,05	1,5	18	7,5	0,329	0,143	1,426	Empotrado	2x1,5+1,5TT	16
L.3.1.C	1,13	2,05	0,9	1	2,05	1,5	18	7,5	0,329	0,143	1,426	Empotrado	2x1,5+1,5TT	16
L.3.2.1	16	16	1	1	16	2,5	22	22,5	4,454	1,113	2,116	Empotrado	3x2,5/2,5+2,5TT	20
L.3.2.1.A	16	16	1	1	16	2,5	25	2,5	0,571	0,248	2,364	Empotrado	2x2,5+2,5TT	20
L.3.2.1.B	16	16	1	1	16	2,5	25	2,5	0,571	0,248	2,364	Empotrado	2x2,5+2,5TT	20
L.3.2.1.C	16	16	1	1	16	2,5	25	2,5	0,571	0,248	2,364	Empotrado	2x2,5+2,5TT	20
L.3.2.2	16	16	1	1	16	2,5	22	12	2,375	0,594	1,596	Empotrado	3x2,5+2,5TT	20
L.3.3.A	18,90	21,26	0,84	1	21,26	4	30	12	1,657	0,414	1,417	Empotrado	3x4+4TT	20
L.3.3.B	18,90	21,26	0,84	1	21,26	4	30	13,5	1,864	0,466	1,469	Empotrado	3x4+4TT	20



### 2.3.3.4. Cuadro secundario 4

Línea	In(A)	Ical(A)	Cos φ	Fc	Ical'(A)	S(mm <sup>2</sup> )	Iad(A)	L(m)	u(V)	u(%)	uT(%)	Canalización	S(mm <sup>2</sup> )	Φ tubo(mm)
L.4.1.A	6,94	8,68	0,79	0,7	12,40	2,5	22	23	1,951	0,488	1,500	Empotrado suelo	3x2,5+2,5TT	20
L.4.1.B	2,93	3,66	0,74	0,7	5,23	2,5	22	16	0,536	0,134	1,146	Empotrado suelo	3x2,5+2,5TT	20
L.4.1.C	2,93	3,66	0,74	0,7	5,23	2,5	22	18	0,603	0,151	1,163	Empotrado suelo	3x2,5+2,5TT	20
L.4.1.D	2,93	3,66	0,74	0,7	5,23	2,5	22	24,5	0,821	0,205	1,217	Empotrado suelo	3x2,5+2,5TT	20
L.4.2.A	2,93	3,66	0,74	0,7	5,23	2,5	22	20	0,670	0,168	1,180	Empotrado suelo	3x2,5+2,5TT	20
L.4.2.B	2,93	3,66	0,74	0,7	5,23	2,5	22	16	0,536	0,134	1,146	Empotrado suelo	3x2,5+2,5TT	20
L.4.2.C	2,93	3,66	0,74	0,7	5,23	2,5	22	13	0,436	0,109	1,121	Empotrado suelo	3x2,5+2,5TT	20
L.4.3.A	2,93	3,66	0,74	0,7	5,23	2,5	22	20	0,670	0,168	1,180	Empotrado suelo	3x2,5+2,5TT	20
L.4.3.B	2,93	3,66	0,74	0,7	5,23	2,5	22	24,5	0,821	0,205	1,217	Empotrado suelo	3x2,5+2,5TT	20
L.4.3.C	2,93	3,66	0,74	0,7	5,23	2,5	22	29	0,972	0,243	1,255	Empotrado suelo	3x2,5+2,5TT	20
L.4.3.D	2,93	3,66	0,74	0,7	5,23	2,5	22	30	1,005	0,251	1,263	Empotrado suelo	3x2,5+2,5TT	20
L.4.3.E	2,93	3,66	0,74	0,7	5,23	2,5	22	31,5	1,055	0,264	1,276	Empotrado suelo	3x2,5+2,5TT	20
L.4.4.A	1,10	1,38	0,72	0,8	1,73	2,5	29	6,5	0,080	0,020	1,032	Bandeja perforada	3x2,5+2,5TT	16
L.4.4.B	1,10	1,38	0,72	0,8	1,73	2,5	29	58	0,713	0,178	1,190	Bandeja perforada	3x2,5+2,5TT	16
L.4.4.C	1,10	1,38	0,72	0,8	1,73	2,5	29	63	0,774	0,194	1,206	Bandeja perforada	3x2,5+2,5TT	16
L.4.5.A	16	16	1	0,8	20	2,5	29	35	6,928	1,732	2,744	Bandeja perforada	3x2,5/2,5+2,5TT	20
L.4.5.B	16	16	1	0,8	20	2,5	29	35	6,928	1,732	2,744	Bandeja perforada	3x2,5+2,5TT	16
L.4.5.C	16	16	1	1	16	2,5	22	17	3,365	0,841	1,853	Tubo grapado	3x2,5+2,5TT	16



### 2.3.3.5. Cuadro secundario 5

Línea	In(A)	Ical(A)	Cos $\varphi$	Fc	Ical'(A)	S(mm <sup>2</sup> )	Iad(A)	L(m)	u(V)	u(%)	uT(%)	Canalización	S(mm <sup>2</sup> )	$\Phi$ tubo(mm)
L.5.1	31,41	39,27	0,85	0,7	56,10	10	60	12	1,239	0,310	1,058	Empotrado suelo	3x10+10TT	32
L.5.2	2,93	3,66	0,74	0,7	5,23	2,5	22	18,5	0,620	0,155	0,903	Empotrado suelo	3x2,5+2,5TT	20
L.5.3.A	19,13	23,91	0,83	0,7	34,20	6	44	18	1,841	0,460	1,208	Empotrado suelo	3x6+6TT	25
L.5.3.B	6,71	8,39	0,86	0,7	11,99	2,5	22	11,5	1,027	0,257	1,005	Empotrado suelo	3x2,5+2,5TT	20
L.5.3.C	6,71	8,73	0,86	0,7	12,47	2,5	22	13	1,208	0,302	1,050	Empotrado suelo	3x2,5+2,5TT	20

### 2.3.3.6. Cuadro secundario 6

Línea	In(A)	Ical(A)	Cos $\varphi$	Fc	Ical'(A)	S(mm <sup>2</sup> )	Iad(A)	L(m)	u(V)	u(%)	uT(%)	Canalización	S(mm <sup>2</sup> )	$\Phi$ tubo(mm)
L.6.1.A	31,41	39,27	0,85	0,7	56,10	10	60	16,5	1,703	0,426	1,589	Empotrado suelo	3x10+10TT	32
L.6.1.B	17,82	22,27	0,81	0,7	31,81	6	44	21	1,953	0,488	1,651	Empotrado suelo	3x6+6TT	25
L.6.2.A	2,93	3,66	0,74	0,7	5,23	2,5	22	13,5	0,452	0,113	1,276	Empotrado suelo	3x2,5+2,5TT	20
L.6.2.B	12,59	15,73	0,86	0,8	19,66	4	38	21,5	2,249	0,562	1,725	Bandeja perforada	3x4+4TT	20
L.6.3.A	16	16	1	0,8	20	2,5	29	35	6,928	1,732	2,895	Bandeja perforada	3x2,5/2,5+2,5TT	20
L.6.3.B	16	16	1	0,8	20	2,5	29	35	6,928	1,732	2,895	Bandeja perforada	3x2,5+2,5TT	16



### 2.3.3.7. Cuadro secundario 7

Línea	In(A)	Ical(A)	Cos φ	Fc	Ical'(A)	S(mm <sup>2</sup> )	Iad(A)	L(m)	u(V)	u(%)	uT(%)	Canalización	S(mm <sup>2</sup> )	Φ tubo(mm)
L.7.1.1	2,73	4,91	0,9	1	4,91	1,5	16	28,5	2,597	0,649	1,876	Empotrado	3x1,5/1,5+1,5TT	20
L.7.1.1.A	1,67	3,02	0,9	1	3,02	1,5	18	13,5	0,874	0,380	2,256	Empotrado	2x1,5+1,5TT	16
L.7.1.1.B	1,67	3,02	0,9	1	3,02	1,5	18	13,5	0,874	0,380	2,256	Empotrado	2x1,5+1,5TT	16
L.7.1.1.C	0,87	1,56	0,9	1	1,56	1,5	18	10,5	0,351	0,153	2,028	Empotrado	2x1,5+1,5TT	16
L.7.1.1.D	2,69	4,85	0,9	1	4,85	1,5	18	9	0,935	0,407	2,282	Empotrado	2x1,5+1,5TT	16
L.7.1.1.E	1,13	2,05	0,9	1	2,05	1,5	18	9,8	0,431	0,187	2,063	Empotrado	2x1,5+1,5TT	16
L.7.1.1.F	0,17	0,29	0,9	1	0,29	1,5	18	8	0,050	0,022	1,897	Empotrado	2x1,5+1,5TT	16
L.7.1.2	3,37	6,06	0,9	1	6,06	1,5	16	29,5	3,318	0,829	2,056	Empotrado	3x1,5/1,5+1,5TT	20
L.7.1.2.A	3,30	5,94	0,9	1	5,94	1,5	18	12	1,527	0,664	2,720	Empotrado	2x1,5+1,5TT	16
L.7.1.2.B	1,67	3,02	0,9	1	3,02	1,5	18	8,5	0,550	0,239	2,295	Empotrado	2x1,5+1,5TT	16
L.7.1.2.C	1,88	3,39	0,9	1	3,39	1,5	18	9,4	0,683	0,297	2,353	Empotrado	2x1,5+1,5TT	16
L.7.1.2.D	0,66	1,20	0,9	1	1,20	1,5	18	10,1	0,260	0,113	2,169	Empotrado	2x1,5+1,5TT	16
L.7.1.2.E	0,64	1,15	0,9	1	1,15	1,5	18	9,5	0,234	0,102	2,158	Empotrado	2x1,5+1,5TT	16
L.7.1.2.F	0,44	0,78	0,9	1	0,78	1,5	18	7	0,117	0,051	2,107	Empotrado	2x1,5+1,5TT	16
L.7.1.2.G	0,44	0,78	0,9	1	0,78	1,5	18	7	0,117	0,051	2,107	Empotrado	2x1,5+1,5TT	16
L.7.1.2.H	1,07	1,93	0,9	1	1,93	1,5	18	14,5	0,600	0,261	2,317	Empotrado	2x1,5+1,5TT	16
L.7.2.A	16	16	1	1	16	2,5	22	17	3,365	0,841	2,068	Empotrado	3x2,5/2,5+2,5TT	20
L.7.2.B	16	16	1	1	16	2,5	22	17,5	3,464	0,866	2,093	Empotrado	3x2,5/2,5+2,5TT	20
L.7.2.C	16	16	1	1	16	2,5	22	39	7,720	1,930	3,157	Empotrado	3x2,5/2,5+2,5TT	20



### 2.3.3.8. Cuadro secundario 8

Línea	In(A)	Ical(A)	Cos φ	Fc	Ical'(A)	S(mm <sup>2</sup> )	Iad(A)	L(m)	u(V)	u(%)	uT(%)	Canalización	S(mm <sup>2</sup> )	Φ tubo(mm)
L.8.1.1	3,62	6,52	0,9	0,8	8,15	1,5	21	34,5	4,174	1,044	2,744	Bandeja perforada	3x1,5/1,5+1,5TT	
L.8.1.1.A	3,62	6,52	0,9	1	6,52	1,5	18	16	2,235	0,972	3,716	Tubo grapado	2x1,5+1,5TT	16
L.8.1.1.B	3,62	6,52	0,9	1	6,52	1,5	18	16	2,235	0,972	3,716	Tubo grapado	2x1,5+1,5TT	16
L.8.1.1.C	3,62	6,52	0,9	1	6,52	1,5	18	16	2,235	0,972	3,716	Tubo grapado	2x1,5+1,5TT	16
L.8.1.1.D	0,12	0,21	0,9	0,8	0,26	1,5	16	64	0,249	0,062	1,763	Tubo grapado	3x1,5/1,5+1,5TT	16
L.8.1.2	3,62	6,52	0,9	0,8	8,15	1,5	21	23	2,783	0,696	2,396	Bandeja perforada	3x1,5/1,5+1,5TT	
L.8.1.2.A	3,62	6,52	0,9	1	6,52	1,5	18	19,5	2,724	1,185	3,581	Tubo grapado	2x1,5+1,5TT	16
L.8.1.2.B	3,62	6,52	0,9	1	6,52	1,5	18	16	2,235	0,972	3,368	Tubo grapado	2x1,5+1,5TT	16
L.8.1.2.C	3,62	6,52	0,9	1	6,52	1,5	18	16	2,235	0,972	3,368	Tubo grapado	2x1,5+1,5TT	16
L.8.1.2.D	0,11	0,19	0,9	0,8	0,24	1,5	16	57	0,201	0,050	1,751	Tubo grapado	3x1,5/1,5+1,5TT	16
L.8.1.3	3,62	6,52	0,9	0,8	8,15	1,5	21	40	4,84	1,210	2,910	Bandeja perforada	3x1,5/1,5+1,5TT	
L.8.1.3.A	3,62	6,52	0,9	1	6,52	1,5	18	16	2,235	0,972	3,882	Tubo grapado	2x1,5+1,5TT	16
L.8.1.3.B	3,62	6,52	0,9	1	6,52	1,5	18	16	2,235	0,972	3,882	Tubo grapado	2x1,5+1,5TT	16
L.8.1.3.C	3,62	6,52	0,9	1	6,52	1,5	18	16	2,235	0,972	3,882	Tubo grapado	2x1,5+1,5TT	16
L.8.1.3.D	0,12	0,21	0,9	0,8	0,26	1,5	16	71	0,277	0,069	1,769	Tubo grapado	3x1,5/1,5+1,5TT	16
L.8.2.1	3,62	6,52	0,9	0,8	8,15	1,5	21	28	3,388	0,847	2,547	Bandeja perforada	3x1,5/1,5+1,5TT	
L.8.2.1.A	3,62	6,52	0,9	1	6,52	1,5	18	17	2,375	1,033	3,580	Tubo grapado	2x1,5+1,5TT	16
L.8.2.1.B	3,62	6,52	0,9	1	6,52	1,5	18	17	2,375	1,033	3,580	Tubo grapado	2x1,5+1,5TT	16
L.8.2.1.C	3,62	6,52	0,9	1	6,52	1,5	18	17	2,375	1,033	3,580	Tubo grapado	2x1,5+1,5TT	16
L.8.2.1.D	0,12	0,21	0,9	0,8	0,26	1,5	16	63	0,246	0,061	1,762	Tubo grapado	3x1,5/1,5+1,5TT	16
L.8.2.2	3,62	6,52	0,9	0,8	8,15	1,5	21	46	5,566	1,391	3,092	Bandeja perforada	3x1,5/1,5+1,5TT	



L.8.2.2.A	3,62	6,52	0,9	1	6,52	1,5	18	17	2,375	1,033	4,124	Tubo grapado	2x1,5+1,5TT	16
L.8.2.2.B	3,62	6,52	0,9	1	6,52	1,5	18	17	2,375	1,033	4,124	Tubo grapado	2x1,5+1,5TT	16
L.8.2.2.C	3,62	6,52	0,9	1	6,52	1,5	18	17	2,375	1,033	4,124	Tubo grapado	2x1,5+1,5TT	16
L.8.2.2.D	0,08	0,14	0,9	0,8	0,18	1,5	16	69	0,179	0,045	1,745	Tubo grapado	3x1,5/1,5+1,5TT	16
L.8.3.1	3,62	6,52	0,9	0,8	8,15	1,5	21	25	3,025	0,756	2,457	Bandeja perforada	3x1,5/1,5+1,5TT	
L.8.3.1.A	3,62	6,52	0,9	1	6,52	1,5	18	16	2,235	0,972	3,428	Tubo grapado	2x1,5+1,5TT	16
L.8.3.1.B	3,62	6,52	0,9	1	6,52	1,5	18	16	2,235	0,972	3,428	Tubo grapado	2x1,5+1,5TT	16
L.8.3.1.C	3,62	6,52	0,9	1	6,52	1,5	18	19	2,655	1,154	3,611	Tubo grapado	2x1,5+1,5TT	16
L.8.3.1.D	0,12	0,21	0,9	0,8	0,26	1,5	16	53	0,207	0,052	1,752	Tubo grapado	3x1,5/1,5+1,5TT	16
L.8.3.2	3,62	6,52	0,9	0,8	8,15	1,5	21	36	4,356	1,089	2,789	Bandeja perforada	3x1,5/1,5+1,5TT	
L.8.3.2.A	3,62	6,52	0,9	1	6,52	1,5	18	16	2,235	0,972	3,761	Tubo grapado	2x1,5+1,5TT	16
L.8.3.2.B	3,62	6,52	0,9	1	6,52	1,5	18	16	2,235	0,972	3,761	Tubo grapado	2x1,5+1,5TT	16
L.8.3.2.C	3,62	6,52	0,9	1	6,52	1,5	18	16	2,235	0,972	3,761	Tubo grapado	2x1,5+1,5TT	16
L.8.3.2.D	0,12	0,21	0,9	0,8	0,26	1,5	16	68	0,265	0,066	1,767	Tubo grapado	3x1,5/1,5+1,5TT	16
L.8.3.3	3,62	6,52	0,9	0,8	8,15	2,5	29	68	4,937	1,234	2,934	Bandeja perforada	3x2,5/2,5+2,5TT	
L.8.3.3.A	3,62	6,52	0,9	1	6,52	2,5	25	16	1,341	0,583	3,518	Tubo grapado	2x2,5+2,5TT	16
L.8.3.3.B	3,62	6,52	0,9	1	6,52	2,5	25	16	1,341	0,583	3,518	Tubo grapado	2x2,5+2,5TT	16
L.8.3.3.C	3,62	6,52	0,9	1	6,52	2,5	25	16	1,341	0,583	3,518	Tubo grapado	2x2,5+2,5TT	16
L.8.3.3.D	0,11	0,19	0,9	0,8	0,24	1,5	18	64	0,261	0,113	1,814	Tubo grapado	2x1,5+1,5TT	16
L.8.2.3.A	2,89	5,20	0,9	1	5,20	2,5	22	135	7,816	1,954	3,654	Tubo grapado	3x2,5/2,5+2,5TT	20
L.8.2.3.B	2,17	3,90	0,9	1	3,90	2,5	22	123	5,341	1,335	3,036	Tubo grapado	3x2,5/2,5+2,5TT	20



### 2.3.3.9. Cuadro general de distribución

Línea	In(A)	Ical(A)	Cos $\varphi$	Fc	Ical'(A)	S(mm <sup>2</sup> )	Iad(A)	L(m)	u(V)	u(%)	uT(%)	Canalización	S(mm <sup>2</sup> )	$\Phi$ tubo(mm)
L.1	188,97	217,06	0,849	0,8	271,33	95	296	69,5	4,170	1,042	1,261	Bandeja perforada	3x95	63
L.2	132,63	154,72	0,880	0,8	193,40	70	244	47	2,827	0,707	0,926	Bandeja perforada	3x70/35	63
L.3	71,29	77,21	0,913	0,8	96,51	16	105	23	3,134	0,784	1,003	Bandeja perforada	3x16/10	32
L.4	81,39	90,94	0,881	0,8	113,68	25	123	32	3,172	0,793	1,012	Bandeja perforada	3x25/16	40
L.5	66,90	83,96	0,841	0,8	104,95	16	105	15,5	2,116	0,529	0,748	Bandeja perforada	3x16	32
L.6	96,75	112,93	0,890	0,8	141,16	35	154	42,5	3,775	0,944	1,163	Bandeja perforada	3x35/16	40
L.7	22,01	26,98	0,972	0,8	33,73	16	105	79,5	4,030	1,008	1,227	Bandeja perforada	3x16/10	32
L.8	34,72	62,49	0,900	0,8	78,11	16	105	54,5	5,925	1,481	1,700	Bandeja perforada	3x16/10	32



### 2.3.4. Interpretación de las tablas anteriores

A continuación se explican las abreviaturas de las tablas anteriores:

Línea: línea eléctrica a la que hace referencia.

In: intensidad nominal de la línea en A.

Ical: intensidad resultante al multiplicar la In por un factor de corrección en A.

Cos  $\varphi$ : factor de potencia.

Fc: depende del agrupamiento de circuitos en una misma canalización.

Ical': intensidad resultante al dividir Ical entre Fc en A.

S: sección de la línea en mm<sup>2</sup>.

Iad: intensidad admisible del conductor en A.

L: longitud de la línea en m.

u: caída de tensión en la línea en V.

u%: caída de tensión en la línea en %.

uT: caída de tensión total en %.

Canalización: canalización por donde discurre la línea.

$\Phi$  tubo: diámetro exterior mínimo del tubo que aloja a los cables y se calcula en función del número de cables y su sección.



## **2.4. CÁLCULO DE LAS INTENSIDADES DE CORTOCIRCUITO**

### **2.4.1. Introducción**

El cálculo de las intensidades de cortocircuito tiene como objeto hallar el poder de corte de los distintos magnetotérmicos de la instalación en los puntos considerados. Estos puntos serán las entradas a cada cuadro de distribución y los diferentes magnetotérmicos existentes dentro de cada cuadro.

El poder de corte deberá ser igual o superior a la corriente de cortocircuito máxima ( $I_{cc_{max}}$ ).

### **2.4.2. Procedimiento de cálculo**

El método de cálculo empleado para hallar las intensidades de cortocircuito es el método de las impedancias descrito en la memoria del presente proyecto.

### **2.4.3. Cálculo de la intensidad de cortocircuito en el secundario del transformador**

Para poder hallar la intensidad de cortocircuito en el secundario del transformador, se debe conocer la impedancia aguas arriba de este. Para ello en primer lugar, hace falta saber la potencia de cortocircuito de la red de media tensión que la determina la compañía suministradora, que en este caso es Iberdrola, y esta tiene un valor de 500 MVA.

Para calcular la impedancia de la red de media tensión, se desprecia su resistencia ( $R$ ) y se considera solo la reactancia ( $X$ ):

$$Z_{AAT} \approx X_{AAT} = \frac{V^2}{S_{CC}} = \frac{13200^2}{500 \times 10^6} = 0,3485 \Omega j$$

Siendo:

$Z_{AAT}$ : impedancia de la red de media tensión en  $\Omega$  (referida a media tensión).

$X_{AAT}$ : reactancia de la red de media tensión en  $\Omega$  (referida a media tensión).

$S_{CC}$ : potencia de cortocircuito en MVA (500 MVA).

$V$ : tensión compuesta primaria en V (13200 V).



Debido a que este valor está referido al lado de media tensión, se pasa este al lado de baja tensión:

$$Z_{ABT} \approx X_{ABT} = X_{AAT} \times \left( \frac{V_{BT}}{V_{AT}} \right)^2 = 0,3485 \times \left( \frac{400}{13200} \right)^2 = 321 \times 10^{-6} \Omega j$$

Siendo:

$Z_{ABT}$ : impedancia de la red de media tensión en  $\Omega$  (referida a baja tensión).

$X_{ABT}$ : reactancia de la red de media tensión en  $\Omega$  (referida a baja tensión).

$V_{BT}$ : tensión en vacío del secundario en V (400 V).

$V_{AT}$ : tensión compuesta primaria en V (13200 V).

En segundo lugar, se calcula la impedancia del transformador. Esta se considera prácticamente inductiva y se desprecia su resistencia. La aparataje de media tensión también se considera despreciable:

$$Z_T \approx X_T = V_{CC} \times \frac{V^2}{S} = 0,04 \times \frac{400^2}{630 \times 10^3} = 10,16 \times 10^{-3} \Omega j$$

Siendo:

$Z_T$ : impedancia del transformador en  $\Omega$ .

$X_T$ : reactancia del transformador en  $\Omega$ .

$V_{CC}$ : tensión de cortocircuito en % (4%).

$S$ : potencia aparente del transformador en KVA (630 KVA).

Así la intensidad de cortocircuito en el secundario del transformador queda:

$$Z_t = X_{ABT} + X_T = 321 \times 10^{-6} + 10,16 \times 10^{-3} = 10,48 \times 10^{-3} \Omega j$$

$$I_{cc_{max}} = \frac{C_T \times V_L}{\sqrt{3} \times Z_t} = \frac{1 \times 400}{\sqrt{3} \times 10,48 \times 10^{-3}} = 22,04 \text{ KA}$$

Siendo:

$I_{cc_{max}}$ : intensidad de cortocircuito eficaz en KA.

$C_T$ : coeficiente de tensión.

$V_L$ : tensión de línea (400 V).

$Z_t$ : impedancia por fase aguas arriba del defecto en  $\Omega$ .



#### 2.4.4. Cálculo de la intensidad de cortocircuito en el cuadro general de distribución

Para realizar este cálculo, se parte de los datos obtenidos en el apartado anterior en el cual había una impedancia de  $10,48 \times 10^{-3} \Omega_j$ . A este valor hay que añadirle la impedancia de la acometida y la impedancia de los distintos automatismos. La acometida tiene una longitud de 16 metros y cada fase está formada por 3 conductores unipolares de  $150 \text{ mm}^2$  de sección. La impedancia de la acometida se considera prácticamente resistiva y su valor queda:

$$R_{AC} = \rho \times \frac{L}{S} = 0,01724 \times \frac{16}{450} = 6,13 \times 10^{-4} \Omega$$

Siendo:

- $R_{AC}$ : resistencia de la acometida por fase en  $\Omega$ .
- $\rho$ : resistividad del conductor de cobre a  $20^\circ\text{C}$ .
- L: longitud de la línea en m.
- S: sección de la fase en  $\text{mm}^2$ .

La impedancia de los automatismos se considera inductiva y queda:

$$X_{AUT} = 0,15 \times 10^{-3} \times n = 0,15 \times 10^{-3} \times 3 = 0,45 \times 10^{-3} \Omega_j$$

La intensidad de cortocircuito en el cuadro general de distribución da un valor de:

$$Z_t = R_{AC} + (X_{ABT} + X_T + X_{AUT}) j = 0,011 \Omega$$

$$I_{cc_{max}} = \frac{C_T \times V_L}{\sqrt{3} \times Z_t} = \frac{1 \times 400}{\sqrt{3} \times 0,011} = 20,99 \text{ KA}$$

Por lo tanto, las protecciones de cuadro general de distribución tendrán un poder de corte mayor a 20,99 KA. El poder de corte de las protecciones del cuadro general de distribución será de 25 KA.



## 2.4.5. Cálculo de la intensidad de cortocircuito en los cuadros secundarios

### 2.4.5.1. Interpretación de las tablas

Línea: designación de la línea eléctrica a la que hace referencia.

$X_A$ : reactancia de la red de media tensión en  $m\Omega$ .

$X_T$ : reactancia del transformador en  $m\Omega$ .

$X_{AUT}$ : reactancia de los automatismos en  $m\Omega$ .

$R_{AC}$ : resistencia de la acometida a temperatura ambiente en  $m\Omega$ .

$R_{L1}$ : resistencia de la línea que une el C.G.D. con el cuadro secundario en  $\Omega$ .

$Z_t$ : impedancia de toda la instalación aguas arriba en  $\Omega$ .

$I_{CCmax}$ : intensidad de cortocircuito máxima en A.

Pdc: poder de corte en KA.

L: longitud de la línea en m.

S: sección de la línea en  $mm^2$ .

$R_{AC}'$ : resistencia de la acometida a temperatura máxima en  $m\Omega$ .

$R_{L1}'$ : resistencia de la línea que une el C.G.D. con el cuadro secundario a temperatura máxima en  $\Omega$ .

$R_{L2}'$ : resistencia de la línea que une el cuadro secundario con el receptor a temperatura máxima en  $\Omega$ .

$Z_t'$ : impedancia total de la instalación incluido el circuito que se está protegiendo en  $\Omega$ .

$I_{CCmin}$ : intensidad de cortocircuito mínima en A.

Calibre: calibre de la protección en A.

Curva: curva elegida.

$T_{I_{CCmin}}$ : tiempo de desconexión para cada  $I_{CCmin}$  en segundos.



### 2.4.5.2. Cuadro secundario 1

Línea	$X_A$	$X_T$	$X_{AUT}$	$R_{AC}$	$R_{L1}$	$Z_t$	$I_{CCmax}$	Pdc	L	S	$R_{AC}'$	$R_{L1}'$	$R_{L2}'$	$Z_t'$	$I_{CCmin}$	Calibre	Curva	$T_{ICCmin}$
L.1.1.A	0,321	10,16	1,2	0,613	0,013	0,018	13088	15	18,5	2,5	1,177	0,024	0,245	0,271	403,75	10	D	0,828
L.1.1.B	0,321	10,16	1,2	0,613	0,013	0,018	13088	15	9,5	2,5	1,177	0,024	0,126	0,152	720,52	10	D	0,260
L.1.1.C	0,321	10,16	1,2	0,613	0,013	0,018	13088	15	16	2,5	1,177	0,024	0,212	0,238	459,95	6	D	0,638
L.1.1.D	0,321	10,16	1,2	0,613	0,013	0,018	13088	15	12	2,5	1,177	0,024	0,159	0,185	591,67	6	D	0,386
L.1.2	0,321	10,16	1,05	0,613	0,013	0,018	13162	15	13,5	25	1,177	0,024	0,018	0,045	2439,85	63	C	2,268
L.1.3.A	0,321	10,16	1,2	0,613	0,013	0,018	13088	15	18,5	2,5	1,177	0,024	0,245	0,271	403,75	10	D	0,828
L.1.3.B	0,321	10,16	1,2	0,613	0,013	0,018	13088	15	9,5	2,5	1,177	0,024	0,126	0,152	720,52	10	D	0,260
L.1.3.C	0,321	10,16	1,2	0,613	0,013	0,018	13088	15	16	2,5	1,177	0,024	0,212	0,238	459,95	6	D	0,638
L.1.3.D	0,321	10,16	1,2	0,613	0,013	0,018	13088	15	12	2,5	1,177	0,024	0,159	0,185	591,67	6	D	0,386
L.1.4	0,321	10,16	1,05	0,613	0,013	0,018	13162	15	13,5	25	1,177	0,024	0,018	0,045	2439,85	63	C	2,268
L.1.5	0,321	10,16	1,05	0,613	0,013	0,018	13162	15	12,5	10	1,177	0,024	0,041	0,068	1612,37	50	C	0,831



### 2.4.5.3. Cuadro secundario 2

Línea	$X_A$	$X_T$	$X_{AUT}$	$R_{AC}$	$R_{L1}$	$Z_t$	$I_{CCmax}$	$Pdc$	$L$	$S$	$R_{AC}'$	$R_{L1}'$	$R_{L2}'$	$Z_t'$	$I_{CCmin}$	Calibre	Curva	$T_{ICCmin}$
L.2.1.A	0,321	10,16	1,2	0,613	0,012	0,017	13680	15	17	2,5	1,177	0,022	0,225	0,249	439,18	10	D	0,700
L.2.1.B	0,321	10,16	1,2	0,613	0,012	0,017	13680	15	15,5	2,5	1,177	0,022	0,205	0,229	477,23	16	D	0,593
L.2.1.C	0,321	10,16	1,2	0,613	0,012	0,017	13680	15	12	2,5	1,177	0,022	0,159	0,183	598,11	10	D	0,377
L.2.2.A	0,321	10,16	1,2	0,613	0,012	0,017	13680	15	12,5	6	1,177	0,022	0,069	0,093	1173,50	25	D	0,565
L.2.2.B	0,321	10,16	1,2	0,613	0,012	0,017	13680	15	14	4	1,177	0,022	0,116	0,140	781,79	20	D	0,565
L.2.3.A	0,321	10,16	1,2	0,613	0,012	0,017	13680	15	16,5	6	1,177	0,022	0,091	0,115	949,80	32	D	0,862
L.2.3.B	0,321	10,16	1,2	0,613	0,012	0,017	13680	15	20	6	1,177	0,022	0,110	0,134	813,80	32	D	1,174
L.2.4.A	0,321	10,16	1,2	0,613	0,012	0,017	13680	15	20	2,5	1,177	0,022	0,265	0,288	378,76	16	C	0,941
L.2.4.B	0,321	10,16	1,2	0,613	0,012	0,017	13680	15	20	2,5	1,177	0,022	0,265	0,288	378,76	16	C	0,941

### 2.4.5.4. Cuadro secundario 3

Línea	$X_A$	$X_T$	$X_{AUT}$	$R_{AC}$	$R_{L1}$	$Z_t$	$I_{CCmax}$	$Pdc$	$L$	$S$	$R_{AC}'$	$R_{L1}'$	$R_{L2}'$	$Z_t'$	$I_{CCmin}$	Calibre	Curva	$T_{ICCmin}$
L.3.1	0,321	10,16	1,05	0,613	0,025	0,028	8280,2	10	30	1,5	1,177	0,048	0,662	0,711	153,69	6	C	2,058
L.3.2.1	0,321	10,16	1,2	0,613	0,025	0,028	8261,7	10	25	2,5	1,177	0,048	0,331	0,380	287,54	16	C	1,633
L.3.2.2	0,321	10,16	1,2	0,613	0,025	0,028	8261,7	10	12	2,5	1,177	0,048	0,159	0,208	525,31	16	C	0,489
L.3.3.A	0,321	10,16	1,2	0,613	0,025	0,028	8261,7	10	12	4	1,177	0,048	0,099	0,149	735,58	25	D	0,639
L.3.3.B	0,321	10,16	1,2	0,613	0,025	0,028	8261,7	10	13,5	4	1,177	0,048	0,112	0,161	679,00	25	D	0,750



#### 2.4.5.5. Cuadro secundario 4

Línea	$X_A$	$X_T$	$X_{AUT}$	$R_{AC}$	$R_{L1}$	$Z_t$	$I_{CCmax}$	$Pdc$	$L$	$S$	$R_{AC}'$	$R_{L1}'$	$R_{L2}'$	$Z_t'$	$I_{CCmin}$	Calibre	Curva	$T_{ICCmin}$
L.4.1.A	0,321	10,16	1,2	0,613	0,022	0,026	9052,4	10	23	2,5	1,177	0,042	0,305	0,348	313,69	10	D	1,372
L.4.1.B	0,321	10,16	1,2	0,613	0,022	0,026	9052,4	10	16	2,5	1,177	0,042	0,212	0,256	427,33	4	D	0,739
L.4.1.C	0,321	10,16	1,2	0,613	0,022	0,026	9052,4	10	18	2,5	1,177	0,042	0,238	0,282	387,26	4	D	0,900
L.4.1.D	0,321	10,16	1,2	0,613	0,022	0,026	9052,4	10	24,5	2,5	1,177	0,042	0,324	0,368	296,78	4	D	1,533
L.4.2.A	0,321	10,16	1,2	0,613	0,022	0,026	9052,4	10	20	2,5	1,177	0,042	0,265	0,309	354,05	4	D	1,077
L.4.2.B	0,321	10,16	1,2	0,613	0,022	0,026	9052,4	10	16	2,5	1,177	0,042	0,212	0,256	427,33	4	D	0,739
L.4.2.C	0,321	10,16	1,2	0,613	0,022	0,026	9052,4	10	13	2,5	1,177	0,042	0,172	0,216	505,82	4	D	0,528
L.4.3.A	0,321	10,16	1,2	0,613	0,022	0,026	9052,4	10	20	2,5	1,177	0,042	0,265	0,309	354,05	4	D	1,077
L.4.3.B	0,321	10,16	1,2	0,613	0,022	0,026	9052,4	10	24,5	2,5	1,177	0,042	0,324	0,368	296,78	4	D	1,533
L.4.3.C	0,321	10,16	1,2	0,613	0,022	0,026	9052,4	10	29	2,5	1,177	0,042	0,384	0,428	255,45	4	D	2,069
L.4.3.D	0,321	10,16	1,2	0,613	0,022	0,026	9052,4	10	30	2,5	1,177	0,042	0,397	0,441	247,78	4	D	2,199
L.4.3.E	0,321	10,16	1,2	0,613	0,022	0,026	9052,4	10	31,5	2,5	1,177	0,042	0,417	0,461	237,11	4	D	2,401
L.4.4.A	0,321	10,16	1,2	0,613	0,022	0,026	9052,4	10	6,5	2,5	1,177	0,042	0,086	0,130	839,52	2	D	0,192
L.4.4.B	0,321	10,16	1,2	0,613	0,022	0,026	9052,4	10	58	2,5	1,177	0,042	0,768	0,812	134,62	2	D	7,450
L.4.4.C	0,321	10,16	1,2	0,613	0,022	0,026	9052,4	10	63	2,5	1,177	0,042	0,834	0,878	124,46	2	D	8,715
L.4.5.A	0,321	10,16	1,2	0,613	0,022	0,026	9052,4	10	35	2,5	1,177	0,042	0,463	0,507	215,44	16	C	2,908
L.4.5.B	0,321	10,16	1,2	0,613	0,022	0,026	9052,4	10	35	2,5	1,177	0,042	0,463	0,507	215,44	16	C	2,908
L.4.5.C	0,321	10,16	1,2	0,613	0,022	0,026	9052,4	10	17	2,5	1,177	0,042	0,225	0,269	406,31	16	C	0,818



### 2.4.5.6. Cuadro secundario 5

Línea	$X_A$	$X_T$	$X_{AUT}$	$R_{AC}$	$R_{L1}$	$Z_t$	$I_{CCmax}$	Pdc	L	S	$R_{AC}'$	$R_{L1}'$	$R_{L2}'$	$Z_t'$	$I_{CCmin}$	Calibre	Curva	$T_{I_{CCmin}}$
L.5.1	0,321	10,16	1,05	0,613	0,017	0,021	11102	15	12	10	1,177	0,032	0,040	0,074	1478,95	40	D	0,988
L.5.2	0,321	10,16	1,05	0,613	0,017	0,021	11102	15	18,5	2,5	1,177	0,032	0,245	0,278	392,38	4	D	0,877
L.5.3.A	0,321	10,16	1,2	0,613	0,017	0,021	11057	15	18	6	1,177	0,032	0,099	0,133	821,06	25	D	1,153
L.5.3.B	0,321	10,16	1,2	0,613	0,017	0,021	11057	15	11,5	2,5	1,177	0,032	0,152	0,186	587,76	10	D	0,391
L.5.3.C	0,321	10,16	1,2	0,613	0,017	0,021	11057	15	13	2,5	1,177	0,032	0,172	0,206	531,11	10	D	0,479

### 2.4.5.7. Cuadro secundario 6

Línea	$X_A$	$X_T$	$X_{AUT}$	$R_{AC}$	$R_{L1}$	$Z_t$	$I_{CCmax}$	Pdc	L	S	$R_{AC}'$	$R_{L1}'$	$R_{L2}'$	$Z_t'$	$I_{CCmin}$	Calibre	Curva	$T_{I_{CCmin}}$
L.6.1.A	0,321	10,16	1,2	0,613	0,021	0,025	9422,4	10	16,5	10	1,177	0,040	0,055	0,097	1129,84	40	D	1,692
L.6.1.B	0,321	10,16	1,2	0,613	0,021	0,025	9422,4	10	21	6	1,177	0,040	0,116	0,158	692,96	25	D	1,619
L.6.2.A	0,321	10,16	1,2	0,613	0,021	0,025	9422,4	10	13,5	2,5	1,177	0,040	0,179	0,220	495,63	4	D	0,550
L.6.2.B	0,321	10,16	1,2	0,613	0,021	0,025	9422,4	10	21,5	4	1,177	0,040	0,178	0,220	497,50	16	D	1,396
L.6.3.A	0,321	10,16	1,2	0,613	0,021	0,025	9422,4	10	35	2,5	1,177	0,040	0,463	0,505	216,37	16	C	2,884
L.6.3.B	0,321	10,16	1,2	0,613	0,021	0,025	9422,4	10	35	2,5	1,177	0,040	0,463	0,505	216,37	16	C	2,884



### 2.4.5.8. Cuadro secundario 7

Línea	$X_A$	$X_T$	$X_{AUT}$	$R_{AC}$	$R_{L1}$	$Z_t$	$I_{CCmax}$	Pdc	L	S	$R_{AC}'$	$R_{L1}'$	$R_{L2}'$	$Z_t'$	$I_{CCmin}$	Calibre	Curva	$T_{ICCmin}$
L.7.1.1	0,321	10,16	1,2	0,613	0,086	0,087	2652,6	6	38,5	1,5	1,177	0,164	0,850	1,015	107,60	6	C	4,197
L.7.1.2	0,321	10,16	1,2	0,613	0,086	0,087	2652,6	6	39	1,5	1,177	0,164	0,861	1,026	106,45	10	C	4,289
L.7.2.A	0,321	10,16	1,05	0,613	0,086	0,087	2653,2	6	17	2,5	1,177	0,164	0,225	0,391	279,48	16	C	1,728
L.7.2.B	0,321	10,16	1,05	0,613	0,086	0,087	2653,2	6	17,5	2,5	1,177	0,164	0,232	0,398	274,83	16	C	1,787
L.7.2.C	0,321	10,16	1,05	0,613	0,086	0,087	2653,2	6	39	2,5	1,177	0,164	0,516	0,682	160,16	16	C	5,263

### 2.4.5.9. Cuadro secundario 8

Línea	$X_A$	$X_T$	$X_{AUT}$	$R_{AC}$	$R_{L1}$	$Z_t$	$I_{CCmax}$	Pdc	L	S	$R_{AC}'$	$R_{L1}'$	$R_{L2}'$	$Z_t'$	$I_{CCmin}$	Calibre	Curva	$T_{ICCmin}$
L.8.1.1.A	0,321	10,16	1,2	0,613	0,059	0,060	3818,7	6	50,5	1,5	1,177	0,113	1,114	1,228	88,94	10	B	6,144
L.8.1.1.D	0,321	10,16	1,2	0,613	0,059	0,060	3818,7	6	64	1,5	1,177	0,113	1,412	1,526	71,58	10	B	9,485
L.8.1.2.C	0,321	10,16	1,2	0,613	0,059	0,060	3818,7	6	42,5	1,5	1,177	0,113	0,938	1,052	103,86	10	B	4,505
L.8.1.2.D	0,321	10,16	1,2	0,613	0,059	0,060	3818,7	6	57	1,5	1,177	0,113	1,258	1,372	79,64	10	B	7,663
L.8.1.3.C	0,321	10,16	1,2	0,613	0,059	0,060	3818,7	6	56	1,5	1,177	0,113	1,236	1,350	80,94	10	B	7,418
L.8.1.3.D	0,321	10,16	1,2	0,613	0,059	0,060	3818,7	6	71	1,5	1,177	0,113	1,567	1,681	64,99	10	B	11,503
L.8.2.1.C	0,321	10,16	1,2	0,613	0,059	0,060	3818,7	6	45	1,5	1,177	0,113	0,993	1,107	98,69	10	B	4,990
L.8.2.1.D	0,321	10,16	1,2	0,613	0,059	0,060	3818,7	6	63	1,5	1,177	0,113	1,390	1,504	72,63	10	B	9,213
L.8.2.2.C	0,321	10,16	1,2	0,613	0,059	0,060	3818,7	6	63	1,5	1,177	0,113	1,390	1,504	72,63	10	B	9,213
L.8.2.2.D	0,321	10,16	1,2	0,613	0,059	0,060	3818,7	6	69	1,5	1,177	0,113	1,523	1,637	66,75	10	B	10,906



L.8.3.1.A	0,321	10,16	1,2	0,613	0,059	0,060	3818,7	6	44	1,5	1,177	0,113	0,971	1,085	100,70	10	B	4,793
L.8.3.1.D	0,321	10,16	1,2	0,613	0,059	0,060	3818,7	6	53	1,5	1,177	0,113	1,170	1,284	85,12	10	B	6,708
L.8.3.2.C	0,321	10,16	1,2	0,613	0,059	0,060	3818,7	6	52	1,5	1,177	0,113	1,147	1,261	86,60	10	B	6,480
L.8.3.2.D	0,321	10,16	1,2	0,613	0,059	0,060	3818,7	6	68	1,5	1,177	0,113	1,501	1,615	67,67	10	B	10,614
L.8.3.3.C	0,321	10,16	1,2	0,613	0,059	0,060	3818,7	6	84	2,5	1,177	0,113	1,112	1,226	89,10	10	B	17,006
L.8.3.3.D	0,321	10,16	1,2	0,613	0,059	0,060	3818,7	6	64	1,5	1,177	0,113	1,412	1,526	71,58	10	B	9,485
L.8.2.3.A	0,321	10,16	1,2	0,613	0,059	0,060	3818,7	6	135	2,5	1,177	0,113	1,787	1,901	57,46	10	B	40,892
L.8.2.3.B	0,321	10,16	1,2	0,613	0,059	0,060	3818,7	6	123	2,5	1,177	0,113	1,629	1,743	62,70	10	B	34,344

#### 2.4.5.10. Cuadro general de distribución

Línea	X <sub>A</sub>	X <sub>T</sub>	X <sub>AUT</sub>	R <sub>AC</sub>	Z <sub>t</sub>	I <sub>CCmax</sub>	Pdc	L	S	R <sub>AC'</sub>	R <sub>L1'</sub>	Z <sub>t'</sub>	I <sub>CCmin</sub>	Calibre	Curva	T <sub>ICCmin</sub>
L.1	0,321	10,16	0,75	0,613	0,011	20532	25	69,5	95	1,177	0,024	0,028	3934,72	250	C	12,591
L.2	0,321	10,16	0,75	0,613	0,011	20532	25	47	70	1,177	0,022	0,026	4208,84	160	C	5,974
L.3	0,321	10,16	0,75	0,613	0,011	20532	25	23	16	1,177	0,048	0,050	2183,42	80	D	1,159
L.4	0,321	10,16	0,75	0,613	0,011	20532	25	32	25	1,177	0,042	0,045	2429,35	100	C	2,287
L.5	0,321	10,16	0,75	0,613	0,011	20532	25	15,5	16	1,177	0,032	0,035	3113,49	100	D	0,570
L.6	0,321	10,16	0,75	0,613	0,011	20532	25	42,5	35	1,177	0,040	0,043	2548,51	125	D	4,074
L.7	0,321	10,16	0,75	0,613	0,011	20532	25	79,5	16	1,177	0,164	0,166	658,03	32	D	12,770
L.8	0,321	10,16	0,75	0,613	0,011	20532	25	54,5	16	1,177	0,113	0,114	954,33	80	C	6,072



## 2.5. CÁLCULO DE LOS CONDENSADORES PARA LA CORRECCIÓN DEL FACTOR DE POTENCIA

### 2.5.1. Cálculo de la batería de condensadores

Para calcular la batería de condensadores, hace falta saber el  $\cos \varphi$  medio de toda la instalación. A los valores totales de potencia que han sido calculados en el apartado 2.2 del presente documento, se le suma la potencia del cuadro auxiliar del centro de transformación. Los datos totales de potencia quedan:

Potencia total activa:

$$P = 424070 \text{ W}$$

Potencia total aparente:

$$S = 483407,92 \text{ VA}$$

Cos  $\varphi$  medio de la instalación:

$$\cos \varphi_{\text{inicial}} = 0,877$$

La potencia total reactiva consumida será:

$$\varphi_{\text{inicial}} = 28,717$$

$$Q_{\text{inicial}} = S \times \sin \varphi = 483407,92 \times \sin(28,717) = 232269,64 \text{ VAr}$$

Como se quiere conseguir un  $\cos \varphi$  con un valor de 0,98, será necesario colocar una batería de condensadores que tendrá un valor mínimo de:

$$\cos \varphi_{\text{final}} = 0,98$$

$$\varphi_{\text{final}} = 11,478$$

$$Q_{\text{final}} = P \times \tan \varphi_{\text{final}} = 424070 \times \tan(11,478) = 86108,46 \text{ VAr}$$

$$Q_{\text{compensar}} = Q_{\text{inicial}} - Q_{\text{final}} = 232269,64 - 86108,46 = 146161,18 \text{ VAr}$$

Esta potencia de 146161,18 VAr será la que tenga que suministrar la batería de condensadores, puesto que se ha elegido una compensación automática. La batería elegida tendrá que suministrar una energía reactiva mayor a 146161,18 VAr. El equipo seleccionado para la corrección automática del factor de potencia es una batería de condensadores de 150 KVAR (con escalones 10x15), serie Varset STD de la marca Schneider, que se colocará al lado del cuadro general de distribución.



La batería de condensadores elegida tiene las siguientes características:

- Tensión asignada: 400 V AC 50 Hz.
- Grado de protección: IP31.
- Auto transformador 400/230 V, integrado.
- Protección contra contactos directos (puerta abierta).
- Normas: EN 60439-1, IEC 61921.

### 2.5.2. Cálculo del conductor de unión de la batería

Para hallar la sección del conductor de unión de la batería, hace falta saber la intensidad que circula por él, y esta se deduce de la fórmula de potencia:

$$I = \frac{Q}{\sqrt{3} \times V \times \sin \varphi} = \frac{150000}{\sqrt{3} \times 400 \times 1} = 216,51 \text{ A}$$

Siendo:

Q: potencia de la batería de condensadores (150 KVA).

V: tensión en V.

sen  $\varphi$ : 1 (el de la batería de condensadores).

El cable de conexión de la batería de condensadores con el CGD tendrá una sección de 120 mm<sup>2</sup>, RV-K 0,6/1 KV de la marca General Cable.

### 2.5.3. Cálculo de la protección de la batería de condensadores

Para hallar el calibre del interruptor automático se mira la intensidad consumida por la batería de condensadores.

$$I=216,51 \text{ A}$$

La intensidad de cortocircuito de la protección de la batería de condensadores será la que hay a la entrada al CGD.

$$I_{cc_{max}}= 20,99 \text{ KA}$$

Por lo tanto, el interruptor automático elegido tiene un poder de corte de 25 KA y el calibre es 250 A.



## **2.6. INSTALACIÓN DE PUESTA A TIERRA**

### **2.6.1. Investigación del terreno**

Para realizar la puesta a tierra de la nave se ha tenido en cuenta la resistividad del terreno. Este valor se consulta en la tabla 3 de la ITC-BT-18. En este caso, la naturaleza del terreno es margas y arcillas compactas cuyo valor orientativo de la resistividad del terreno está entre 100 y 200  $\Omega\text{m}$ . Por ello se ha tomado como valor de resistividad medio 150  $\Omega\text{m}$ .

### **2.6.2. Cálculo de la resistencia de tierra**

Según se explica en la memoria, la diferencia de tensión entre masa y tierra no debe ser nunca superior a:

- 24 voltios en lugares húmedos.
- 50 voltios en lugares secos.

Debido a que se trata de una nave industrial con ambiente seco, de los dos valores se coge el de 50 voltios.

#### Resistencia de las picas

Para hallar la resistencia de cada pica vertical se utiliza la fórmula de la tabla 5 de la ITC-BT-18:

$$R_{\text{pica}} = \frac{\rho}{L} = \frac{150}{2} = 75 \Omega$$

Siendo:

- $R_{\text{pica}}$ : resistencia de la pica en  $\Omega$ .
- $\rho$ : resistividad del terreno (150  $\Omega\text{m}$ ).
- L: longitud de la pica (2 m).

Como se colocarán 6 picas de forma vertical en los vértices del perímetro formado por el conductor enterrado en los cimientos de la nave, como se puede observar en los planos, se halla la resistencia equivalente de las 6 picas. Se sabe que la resistencia equivalente a un grupo de picas es inversamente proporcional al número de estas, aunque en la práctica esto no sea rigurosamente cierto, se considerará así.

$$R_{\text{equivalente}} = \frac{R_{\text{pica}}}{N} = \frac{75}{6} = 12,5 \Omega$$



Siendo:

$R_{\text{equivalente}}$ : resistencia equivalente de las picas en  $\Omega$ .

$R_{\text{pica}}$ : resistencia de la pica en  $\Omega$ .

N: número de picas.

### Resistencia de tierra del conductor de cobre enterrado

Según la ITC-BT-18, el conductor de cobre irá enterrado a una profundidad mínima de 0,5 metros. En este caso se decide enterrarlo a una profundidad de 0,8 metros. La longitud del conductor enterrado horizontalmente en el perímetro de la nave será de 240 metros. Para hallar su resistencia se utiliza la fórmula indicada en la tabla 5 de la ITC-BT-18:

$$R_{\text{conductor}} = \frac{2 \times \rho}{L} = \frac{2 \times 150}{240} = 1,25 \Omega$$

Siendo:

$R_{\text{conductor}}$ : resistencia del conductor en  $\Omega$ .

$\rho$ : resistividad del terreno (150  $\Omega\text{m}$ ).

L: longitud del conductor de cobre enterrado en m.

### Resistencia a tierra total de la instalación

Para ello lo que se hace es la resistencia equivalente entre las 6 picas y el conductor de cobre enterrado. Esto queda:

$$R_{\text{total}} = \frac{R_{\text{equivalente}} \times R_{\text{conductor}}}{R_{\text{equivalente}} + R_{\text{conductor}}} = \frac{12,5 \times 1,25}{12,5 + 1,25} = 1,136 \Omega$$

Seguido a esto, se comprueba que tensión aparecerá sabiendo que se han instalado diferenciales con sensibilidad de 300 mA. Esta tensión debe ser menor a los 50 voltios exigidos.

$$V = I_{\text{sensibilidad}} \times R_{\text{total}} = 0,3 \times 1,136 = 0,341 \text{ V}$$

Siendo:

V: tensión en V.

$I_{\text{sensibilidad}}$ : sensibilidad del diferencial (300 mA).

$R_{\text{total}}$ : resistencia a tierra total de la instalación en  $\Omega$ .



Debido a que la tensión que aparecerá cuando surja una derivación a tierra tiene un valor de 0,341 voltios, y este es menor a los 50 voltios exigidos, se toma la instalación de puesta a tierra por buena.

### **2.6.3. Sección del cable de tierra y conductor de protección**

El conductor de tierra a instalar será de cobre con una sección de 50 mm<sup>2</sup>. El conductor de protección tendrá una sección como máximo de 50 mm<sup>2</sup>.

### **2.6.4. Punto de puesta a tierra**

Según la ITC-BT-18, el dispositivo que mide la puesta a tierra se colocará sobre el conductor de puesta a tierra y en un lugar accesible. Para ello se ha elegido la sala del cuadro general de distribución, al lado del cuadro general de distribución.



## **2.7. CÁLCULO DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN**

### **2.7.1. Intensidad en alta tensión**

Para hallar la intensidad en el lado de alta tensión se usa la siguiente expresión:

$$I = \frac{S}{\sqrt{3} \times V} = \frac{630 \times 10^3}{\sqrt{3} \times 13200} = 27,56 \text{ A}$$

Siendo:

- I: intensidad en el primario del transformador en A.
- S: potencia del transformador en KVA (630 KVA).
- V: tensión compuesta primaria en V (13200 V).

En el lado de alta tensión hay una corriente de 27,56 amperios.

### **2.7.2. Intensidad en baja tensión**

Para el cálculo de la intensidad en el secundario del transformador se usa la misma expresión que en el apartado anterior:

$$I = \frac{S}{\sqrt{3} \times V} = \frac{630 \times 10^3}{\sqrt{3} \times 400} = 909,33 \text{ A}$$

Siendo:

- I: intensidad en el secundario del transformador en A.
- S: potencia del transformador en KVA (630 KVA).
- V: tensión en vacío del secundario en V (400 V).

En el lado de baja tensión hay una corriente de 909,33 amperios.

### **2.7.3. Intensidades de cortocircuito**

Para calcular las intensidades de cortocircuito se necesita saber la potencia de cortocircuito de la red de media tensión. Este dato lo determina la empresa suministradora de energía eléctrica (Iberdrola) y tiene un valor de 500 MVA.



### 2.7.3.1. Intensidad de cortocircuito en el lado de alta tensión

La intensidad de cortocircuito en el primario del transformador viene dada por la siguiente expresión:

$$I_{ccp} = \frac{S_{cc}}{\sqrt{3} \times V} = \frac{500 \times 10^6}{\sqrt{3} \times 13200} = 21,87 \text{ KA}$$

Siendo:

- Iccp: intensidad de cortocircuito en el primario del transformador en KA.
- Scc: potencia de cortocircuito de la red (500 MVA).
- V: tensión compuesta primaria en V (13200 V).

### 2.7.3.2. Intensidad de cortocircuito en el lado de baja tensión

Para hallar la intensidad de cortocircuito en el secundario del transformador se utiliza el método de las impedancias del apartado 2.4. Para ello hace falta saber la impedancia de la red de media tensión y la impedancia del transformador.

Impedancia de la red de media tensión:

$$Z_{AAT} = \frac{V^2}{S_{CC}} = \frac{13200^2}{500 \times 10^6} = 0,3485 \Omega j, \text{ en el lado de media tensión.}$$

$$Z_{ABT} = Z_{AAT} \times \left( \frac{V_{BT}}{V_{AT}} \right)^2 = 0,348 \times \left( \frac{400}{13200} \right)^2 = 321 \times 10^{-6} \Omega j, \text{ pasado a baja tensión.}$$

Impedancia del transformador:

$$Z_T = V_{CC} \times \frac{V^2}{S} = 0,04 \times \frac{400^2}{630 \times 10^3} = 10,16 \times 10^{-3} \Omega j$$

La impedancia total hasta ese punto queda:

$$Z_t = Z_{ABT} + Z_T = 321 \times 10^{-6} + 10,16 \times 10^{-3} = 10,48 \times 10^{-3} \Omega j$$

La intensidad de cortocircuito se halla con la siguiente expresión:

$$I_{CCS} = \frac{C_T \times V_L}{\sqrt{3} \times Z_t} = \frac{1 \times 400}{\sqrt{3} \times 10,48 \times 10^{-3}} = 22,04 \text{ KA}$$



Siendo:

$C_T$ : factor de tensión.

$V_L$ : tensión de línea (400 V).

$I_{cc}$ : intensidad de cortocircuito en el secundario del transformador en KA.

$Z_t$ : impedancia por fase aguas arriba del defecto en  $\Omega$ .

#### 2.7.4. Conexión celdas-transformador

La intensidad que ha de soportar el cable es:

$$I = \frac{S}{\sqrt{3} \times V} = \frac{630 \times 10^3}{\sqrt{3} \times 13200} = 27,56 \text{ A}$$

Se ha decidido colocar conductores unipolares de cobre de 35 mm<sup>2</sup> con aislamiento de polietileno reticulado (XLPE), cuya intensidad admisible es 154 A. Además con esta sección, la caída de tensión será despreciable, cumpliendo con el criterio térmico y el de caída de tensión.

#### 2.7.5. Conexión del secundario del transformador al cuadro de baja tensión

La intensidad que han de soportar los cables que unen el secundario del transformador con el cuadro de baja tensión del centro de transformación es:

$$I = \frac{S}{\sqrt{3} \times V} = \frac{630 \times 10^3}{\sqrt{3} \times 400} = 909,33 \text{ A}$$

Se ha optado por poner 2 cables de cobre de 185 mm<sup>2</sup> por fase, con aislamiento de polietileno reticulado (XLPE) y cuya intensidad admisible individual es 464 A. Por lo tanto la intensidad total admisible por fase es 928 A, que es mayor a 909,33 A. Se provoca una caída de tensión despreciable, cumpliendo con el criterio térmico y el de caída de tensión.

#### 2.7.6. Cálculo de la ventilación del centro de transformación

El objetivo de las rejillas de ventilación del centro de transformación es evacuar el calor producido en el transformador debido a las pérdidas en vacío y a plena carga. Estas pérdidas se obtienen de la tabla de valores del transformador y valen:

Pérdidas en vacío=1030 W

Pérdidas a plena carga=6500 W



El caudal de aire depende de las pérdidas totales del transformador y de la diferencia de temperatura que hay entre el aire de entrada y el de salida (15°C como máximo). El caudal de aire necesario en el centro de transformación será:

$$Q = \frac{P_p}{1,16 \times \Delta\sigma} = \frac{1,03 + 6,5}{1,16 \times 15} = 0,433 \text{ m}^3/\text{s}$$

Siendo:

Q: caudal de aire en m<sup>3</sup>/s.

P<sub>p</sub>: potencia de pérdidas en vacío más las de plena carga en KW.

Δσ: incremento de la temperatura del aire máxima (15°C).

Para garantizar la circulación del aire, se ponen las rejillas de entrada y de salida de aire enfrentadas. Para una ventilación natural, la rejilla de entrada se pone en la parte inferior, y como el aire caliente asciende, la rejilla de salida de aire se pone en la parte superior de la caseta. La separación en altura entre los centros de las rejillas (entrada y salida) será como mínimo de 1,3 metros. En este caso se elige una separación en altura de 1,4 metros. Con estos datos la velocidad de salida del aire queda:

$$V_s = 4,6 \times \frac{\sqrt{H}}{\Delta\sigma} = 4,6 \times \frac{\sqrt{1,4}}{15} = 0,362 \text{ m/s}$$

Siendo:

V<sub>s</sub>: velocidad de salida del aire en m/s.

H: separación en altura entre los centros de las rejillas en m.

Δσ: incremento de la temperatura del aire máxima (15°C).

La superficie de la rejilla viene dada por la siguiente expresión:

$$S_r = \frac{Q}{V_s} = \frac{0,433}{0,362} = 1,19 \text{ m}^2$$

Debido a que esta superficie calculada es una superficie útil, como la rejilla tiene lamas para evitar el paso del agua y otros objetos pequeños, la superficie de la rejilla se dimensiona un 40% mas como mínimo. La superficie total de la rejilla queda:

$$S_{\text{Total}} = 1,4 \times S_r = 1,4 \times 1,19 = 1,67 \text{ m}^2$$

El edificio dispondrá de una rejilla de entrada de aire en la parte inferior de la puerta de dimensiones 1228x642 mm (0,79 m<sup>2</sup>), y de dos rejillas más de entrada de aire en la parte inferior de la pared derecha de dimensiones 766x642 mm (0,49 m<sup>2</sup>) cada una. Por lo tanto, la suma de las tres rejillas de entrada da una superficie de 1,77 m<sup>2</sup>, que es ligeramente superior a los 1,67 m<sup>2</sup> requeridos. Para las rejillas de salida de aire, el edificio trae una rejilla en la parte trasera, enfrentada a la de la puerta y de las mismas



dimensiones. Además se decide colocar dos rejillas en la parte superior de la pared izquierda de dimensiones 766x642 mm (0,49 m<sup>2</sup>) cada una. Por lo tanto, la suma de las tres rejillas de salida da una superficie de 1,77 m<sup>2</sup>.

El precio de dichas rejillas, así como su colocación y suministro, viene incluido en el precio del prefabricado PFU-4 de Ormazabal.

### 2.7.7. Dimensionamiento del pozo apagafuegos

El foso de recogida tendrá que alojar la totalidad del volumen de aceite refrigerante del transformador en caso de que este se vacíe. Dado que es una caseta prefabricada, se sabe su volumen de antemano, y este es 760 litros. El transformador contiene un volumen de aceite de 410 litros, por lo tanto no habrá ningún problema para vaciarlo totalmente.

### 2.7.8. Instalaciones del centro de transformación

#### 2.7.8.1. Iluminación

Para la iluminación del dentro de transformación se ha optado por poner dos lámparas fluorescentes de la marca Philips cuya denominación es TCW216 2xTL5-28W HFP. Para el cálculo de la iluminación se ha utilizado el programa DIALUX.

Los datos obtenidos se adjuntan en el anexo del programa DIALUX, y la potencia consumida por la iluminación es 112 W.

#### 2.7.8.2. Iluminación de emergencia

Para realizar la iluminación de emergencia se utiliza el mismo proceso que en el apartado 2.1.3 del presente documento. Como la superficie del centro de transformación es 9,4 m<sup>2</sup>, y hace falta 5 lm/m<sup>2</sup>, el flujo necesario será de 47 lm. Por lo tanto, la solución adoptada es colocar una lámpara de emergencia no permanente con señalización de la marca Schneider, de 65 lm y cuya potencia es 6 W.

#### 2.7.8.3. Cuadro auxiliar de baja tensión del centro de transformación

Línea	Descripción	P(W)	S(VA)	V(V)	Cos φ	In(A)	Fcor	Ical(A)	Fase
CT1	Alumbrado	112	124,44	230	0,9	0,54	1,8	0,97	R-N
CT2	Alumbrado emergencia	6	6,67	230	0,9	0,03	1,8	0,05	S-N
CT3	Toma monofásica	2000	2000	230	1	8,70	1	8,70	T-N
Total		2118	2131,11		0,994			9,72	



#### 2.7.8.4. Dimensionamiento de los cables del cuadro auxiliar de baja tensión del centro de transformación

Línea	In(A)	Ical(A)	Cos $\varphi$	Fc	Ical'(A)	S(mm <sup>2</sup> )	Iad(A)	L(m)	u(V)	u(%)	uT(%)	Canalización	S(mm <sup>2</sup> )	$\Phi$ tubo(mm)
CT1	0,54	0,97	0,9	1	0,97	1,5	18	4	0,083	0,036	0,036	Tubo grapado	2x1,5+1,5TT	16
CT2	0,03	0,05	0,9	1	0,05	1,5	18	1,5	0,002	0,001	0,001	Tubo grapado	2x1,5+1,5TT	16
CT3	8,70	8,70	1	1	8,70	2,5	25	2	0,249	0,108	0,108	Tubo grapado	2x2,5+2,5TT	16



## 2.7.9. Cálculo de la instalación de puesta a tierra

Para el cálculo de la instalación de puesta a tierra se utiliza el “Método de cálculo y proyecto de instalaciones de puesta a tierra para centros de transformación conectados a redes de tercera categoría” de UNESA.

### 2.7.9.1. Introducción

Hay que distinguir entre la tierra de protección y la de servicio. Estas deben estar separadas para evitar que se transfieran tensiones peligrosas de una a otra, tal y como se calcula posteriormente.

#### Datos de partida:

- Una investigación previa del terreno donde se ubicará el centro de transformación, da como resultado un terreno de margas y arcillas compactas. Se toma como valor de resistividad superficial  $150 \Omega\text{m}$ .
- Tensión de red=13,2 KV.
- Nivel de aislamiento en las instalaciones de baja tensión del centro de transformación=24 KV.
- Intensidad de defecto máxima permitida de acuerdo con las normas dadas por la empresa suministradora de energía:  $I_d=400 \text{ A}$ .

#### Características del centro de transformación:

- La caseta es un prefabricado PFU-4 de Ormazabal de 4460 mm de largo, 2380 mm de ancho y 3045 mm de alto.
- Resistividad del terreno:  $\rho=150 \Omega\text{m}$ .
- Resistividad del hormigón:  $\rho_H=3000 \Omega\text{m}$ .

El neutro de la red de distribución en media tensión está conectado rígidamente a tierra. Por ello, la intensidad máxima de defecto dependerá de la resistencia de puesta a tierra de protección del centro, así como de las características de la red de media tensión.

La intensidad máxima de defecto a tierra es un dato que proporciona la compañía suministradora (Iberdrola) y tiene un valor de 400 A. El tiempo de eliminación del defecto es inferior a 0,45 segundos.

### 2.7.9.2. Tierra de protección

Para el diseño de la tierra de protección se utiliza el “Método de cálculo y proyecto de instalaciones de puesta a tierra para centros de transformación conectados a redes de tercera categoría” de UNESA.



A la tierra de protección se conectarán todas las partes metálicas de la instalación que no se encuentren normalmente en tensión, pero que en caso de un fallo, se puedan poner a un determinado potencial. Se conectarán a esta tierra las envolventes metálicas de las cabinas prefabricadas, la carcasa del transformador y los chasis y bastidores de los diferentes aparatos de maniobra.

La tierra de protección tiene forma cuadrada o rectangular y el anillo se hace por fuera de la superficie de la caseta del centro de transformación para no interferir en el hueco del transformador.

La configuración elegida para la tierra de protección es la 50-30/8/82. Los datos para esta configuración son:

$$K_r=0,079 \Omega/\Omega m$$

$$K_p=0,0130 V/\Omega mA$$

$$K_c=0,0359 V/\Omega mA$$

Siendo:

K<sub>r</sub>: resistencia.

K<sub>p</sub>: tensión de paso.

K<sub>c</sub>: tensión de contacto exterior.

Descripción:

La tierra de protección estará formada por 8 picas en forma de rectángulo de dimensiones 5x3 metros y estas estarán 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 2 metros. Se enterrarán de forma vertical a una profundidad de 0,8 metros.

La conexión desde el centro de transformación hasta la primera pica se hará con cable de cobre aislado de 0,6/1 KV protegido contra daños mecánicos.

Nota: Se podrán utilizar otras configuraciones para la tierra de protección siempre y cuando tengan un valor de K<sub>r</sub>, K<sub>p</sub> y K<sub>c</sub> inferiores a los escogidos anteriormente.

### 2.7.9.3. Tierra de servicio

Para el diseño de la tierra de servicio se utiliza el “Método de cálculo y proyecto de instalaciones de puesta a tierra para centros de transformación conectados a redes de tercera categoría” de UNESA.

Debido a que el esquema de distribución elegido es el TT, a la tierra de servicio se conectará el neutro del transformador y también la tierra de los secundarios de los transformadores de tensión e intensidad de la celda de medida.



La configuración elegida para la tierra de servicio es la 8/42 cuyos datos son:

$$K_r = 0,100 \Omega/\Omega\text{m}$$
$$K_p = 0,0127 \text{ V}/\Omega\text{mA}$$

Siendo:

K<sub>r</sub>: resistencia.  
K<sub>p</sub>: tensión de paso.

Descripción:

La tierra de servicio estará formada por 4 picas posicionadas en hilera 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 2 metros. Se enterrarán de forma vertical a una profundidad de 0,8 metros. La separación entre picas viene dada por la siguiente expresión:

$$d = 1,5 \times L_p = 1,5 \times 2 = 3 \text{ m}$$

Siendo:

d: distancia entre picas en m.  
L<sub>p</sub>: longitud de la pica en m.

La separación entre picas será de 3 metros, por lo tanto, la longitud del cable de cobre desnudo de 50 mm<sup>2</sup> desde la primera hasta la última pica será de 9 metros, dimensión que tendrá que haber disponible en el terreno.

La conexión desde el centro de transformación hasta la primera pica se hará con cable de cobre aislado de 0,6/1 KV protegido contra daños mecánicos.

Nota: Se podrán utilizar otras configuraciones para la tierra de servicio siempre y cuando tengan un valor de K<sub>r</sub> y K<sub>p</sub> inferiores a los escogidos anteriormente.

#### 2.7.9.4. Resistencia de la tierra de protección

Para el cálculo de la resistencia de la tierra de protección (R<sub>t</sub>) del centro de transformación y la tensión de defecto correspondiente (V<sub>d</sub>), se utilizan las siguientes formulas:

Para hallar la resistencia de la tierra de protección (R<sub>t</sub>):

$$R_t = K_r \times \rho = 0,079 \times 150 = 11,85 \Omega$$



Siendo:

Rt: resistencia de la tierra de protección.

Kr: resistencia.

$\rho$ : resistividad del terreno (150  $\Omega\text{m}$ ).

Para la hallar la tensión de defecto (Vd):

$$Vd = Rt \times Id = 11,85 \times 400 = 4740 \text{ V}$$

Siendo:

Vd: tensión de defecto en V.

Id: intensidad de defecto (400 A).

Como se observa en los resultados, la tensión de defecto (Vd) da un valor de 4740 V, y como este valor es menor a 10000 V, que es el valor de tensión soportada por la instalación de baja tensión recomendado por UNESA, se dice que la tierra de protección cumple con este apartado.

De esta manera, como el electrodo de puesta a tierra debe tener un efecto limitador, 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 de transformación.

Comprobamos además que la intensidad de defecto tiene un valor superior a 100 amperios, lo que permitirá que pueda ser detectada por las protecciones normales.

#### 2.7.9.5. Resistencia de la tierra de servicio

Según UNESA, para un esquema de distribución TT, el valor de la resistencia de la tierra de servicio deberá ser inferior a 37  $\Omega$ . Para hallar la resistencia de la tierra de servicio (Rt) se usa la siguiente expresión:

$$Rt = Kr \times \rho = 0,100 \times 150 = 15 \Omega$$

Siendo:

Rt: resistencia de la tierra de servicio.

Kr: resistencia.

$\rho$ : resistividad del terreno (150  $\Omega\text{m}$ ).

Como se observa, el resultado de la resistencia de la tierra de servicio es 15  $\Omega$ , y esta es inferior a 37  $\Omega$ , por lo tanto es correcta.



Con este criterio, según UNESA, se consigue que en un defecto a tierra en una instalación interior, protegida contra contactos indirectos con un interruptor diferencial de sensibilidad 650 mA, no ocasione en el electrodo de puesta a tierra de servicio una tensión superior a 24 voltios ( $37 \times 0,650 = 24$ ).

#### 2.7.9.6. Tensiones en el exterior de la instalación

Según UNESA, las puertas y rejillas de ventilación 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. Con estas medidas de seguridad, no es necesario calcular las tensiones de contacto en el exterior, ya que serán prácticamente nulas.

La tensión de paso máxima en el exterior vendrá determinada por las características del electrodo y de la resistividad del terreno. Su expresión es:

$$V_p = K_p \times \rho \times I_d = 0,0130 \times 150 \times 400 = 780 \text{ V}$$

#### 2.7.9.7. Tensiones en el interior de la instalación

En el piso, según UNESA, se instalará un mallazo electrosoldado 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 preferentemente opuestos a la puesta a tierra de protección del centro. Con esta disposición se consigue que la persona que pueda acceder a una parte que pueda quedar con tensión de forma eventual, esté sobre una superficie equipotencial, con lo que desaparece el riesgo inherente a la tensión de contacto y de paso interior. Este mallazo se cubrirá con una capa de hormigón de 10 cm de espesor como mínimo.

Como el valor de las tensiones de contacto y de paso en el interior serán prácticamente nulas, no será necesario la realización de su cálculo.

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:

$$V_p(\text{acc}) = K_c \times \rho \times I_d = 0,0359 \times 150 \times 400 = 2154 \text{ V}$$



### 2.7.9.8. Tensiones aplicadas

Para hallar 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:

$$V_{\text{p adm}} = \frac{10k}{t^n} \times \left( 1 + \frac{6\rho}{1000} \right)$$

$$V_{\text{p(acc) adm}} = \frac{10k}{t^n} \times \left( 1 + \frac{3\rho + 3\rho H}{1000} \right)$$

Siendo:

$V_{\text{p adm}}$ : tensiones de paso admisibles en V.

$K=72$ .

$n=1$ .

$K$  y  $n$  se obtienen en la MIE RAT 13, en función del tiempo de desconexión.

$t$ : tiempo de desconexión (0,45 s).

$\rho$ : resistividad del terreno (150  $\Omega\text{m}$ ).

$\rho H$ : resistividad del hormigón (3000  $\Omega\text{m}$ ).

Se obtienen los siguientes resultados:

$$V_{\text{p adm}}=3040 \text{ V}$$

$$V_{\text{p(acc) adm}}=16720 \text{ V}$$

Con estos resultados se comprobará que las tensiones calculadas anteriormente sean inferiores a las admisibles.

- En el exterior:

$$V_{\text{p}}=780 \text{ V} < V_{\text{p adm}}=3040 \text{ V}$$

- En el acceso al centro de transformación:

$$V_{\text{p(acc)}}=2154 \text{ V} < V_{\text{p(acc) adm}}=16720 \text{ V}$$



### 2.7.9.9. Tensiones transferidas al exterior

Al no existir medios de transferencia de tensiones al exterior no se considera necesario el estudio previo para su reducción o eliminación.

Para garantizar que la tierra de servicio no alcance tensiones elevadas que puedan afectar a las instalaciones al producirse un defecto, existirá una distancia mínima de separación entre las tierras de protección y de servicio. Esta distancia viene expresada por la siguiente fórmula:

$$D_{n-p} = \frac{\rho \times Id}{2\pi \cdot 1000} = \frac{150 \times 400}{2\pi \cdot 1000} = 9,55 \text{ m}$$

La distancia mínima de separación entre la tierra de protección y la de servicio será de 9,55 m. Para mantener los sistemas de puesta a tierra de protección y de servicio independientes, la puesta a tierra de servicio se realizará con cable aislado de 0,6/1 KV hasta la primera pica.

### 2.7.9.10. Corrección y ajuste si procede

No se considera necesario la corrección del sistema proyectado. Pero si el valor que se mide de las tomas de tierra resulta elevado, con la consecuencia de que pudiera dar lugar a tensiones de paso o de contacto excesivas, estas se corregirán colocando una alfombra aislante en el suelo del centro, o cualquier otro medio permitido por el reglamento, con el fin de evitar la peligrosidad de estas tensiones.

**Pamplona, Julio de 2013**

**Igor Rípodas Mariñelarena**



# ANEXO

# DIALUX

## **Iluminación centro de transformación**

Contacto:  
N° de encargo:  
Empresa:  
N° de cliente:

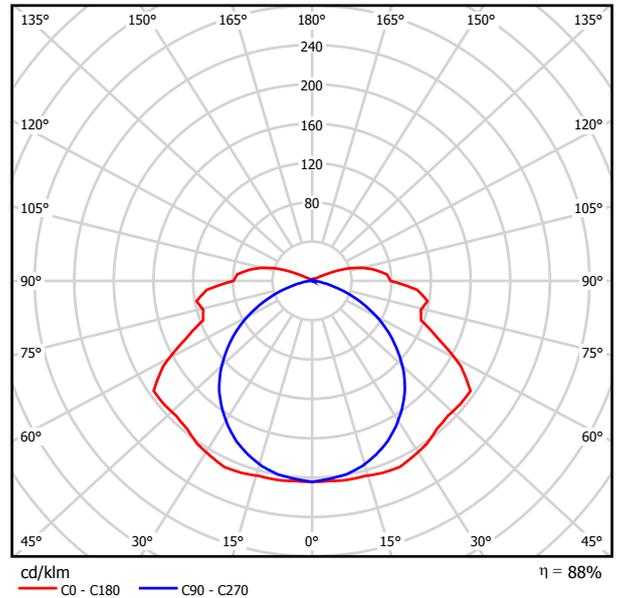
Fecha: 10.07.2013  
Proyecto elaborado por:

Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

Philips TCW216 2xTL5-28W HFP / Hoja de datos de luminarias



Emisión de luz 1:



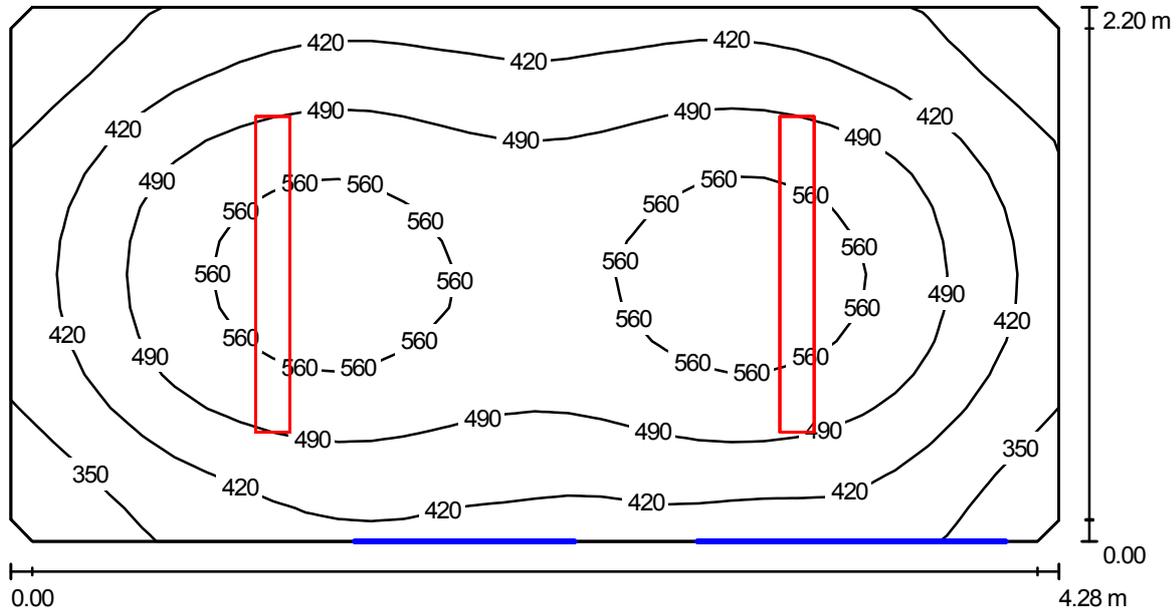
Clasificación luminarias según CIE: 91  
Código CIE Flux: 37 67 87 91 88

Emisión de luz 1:

Valoración de deslumbramiento según UGR											
ρ Techo	70	70	50	50	30	70	70	50	50	30	
ρ Paredes	50	30	50	30	30	50	30	50	30	30	
ρ Suelo	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	
Tamaño del local X Y	Mirado en perpendicular al eje de lámpara					Mirado longitudinalmente al eje de lámpara					
2H	2H	19.3	20.6	19.7	21.0	21.4	16.7	18.1	17.1	18.5	18.9
	3H	21.0	22.2	21.5	22.7	23.1	17.9	19.2	18.4	19.6	20.0
	4H	22.0	23.2	22.5	23.6	24.1	18.3	19.5	18.8	19.9	20.4
	6H	23.3	24.3	23.7	24.8	25.3	18.5	19.6	19.0	20.0	20.6
	8H	23.9	25.0	24.4	25.4	26.0	18.5	19.6	19.0	20.0	20.6
4H	2H	19.8	21.0	20.3	21.4	21.9	18.0	19.2	18.5	19.6	20.1
	3H	21.8	22.8	22.3	23.3	23.8	19.5	20.5	20.0	21.0	21.5
	4H	23.0	23.9	23.5	24.4	24.9	20.0	20.9	20.6	21.4	22.0
	6H	24.5	25.3	25.0	25.8	26.4	20.3	21.1	20.9	21.7	22.3
	8H	25.3	26.0	25.8	26.6	27.2	20.4	21.2	21.0	21.7	22.3
8H	2H	26.0	26.7	26.6	27.3	27.9	20.5	21.2	21.0	21.7	22.3
	4H	23.2	24.0	23.8	24.5	25.2	20.8	21.5	21.3	22.1	22.7
	6H	25.0	25.7	25.6	26.2	26.9	21.4	22.0	22.0	22.6	23.2
	8H	26.0	26.6	26.6	27.2	27.8	21.6	22.2	22.2	22.8	23.4
	12H	27.0	27.5	27.6	28.1	28.8	21.8	22.2	22.4	22.9	23.6
12H	4H	23.2	23.9	23.8	24.5	25.1	21.0	21.7	21.6	22.2	22.9
	6H	25.1	25.7	25.7	26.3	26.9	21.8	22.4	22.4	23.0	23.6
	8H	26.2	26.7	26.8	27.3	28.0	22.2	22.7	22.8	23.3	24.0
Variación de la posición del espectador para separaciones S entre luminarias											
S = 1.0H	+0.1 / -0.1					+0.1 / -0.1					
S = 1.5H	+0.3 / -0.2					+0.2 / -0.4					
S = 2.0H	+0.4 / -0.5					+0.6 / -0.9					
Tabla estándar	BK10					BK14					
Sumando de corrección	9.7					5.0					
Índice de deslumbramiento corregido en relación a 5250lm Flujo luminoso total											

Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

Centro de transformación / Resumen



Altura del local: 2.355 m, Altura de montaje: 2.355 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:31

Superficie	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano útil	/	468	280	606	0.599
Suelo	20	331	253	390	0.764
Techo	70	193	125	344	0.649
Paredes (8)	50	297	164	525	/

Plano útil:

Altura: 0.850 m  
Trama: 16 x 32 Puntos  
Zona marginal: 0.000 m

Lista de piezas - Luminarias

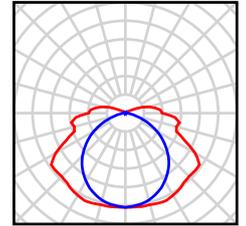
Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	$\Phi$ (Luminaria) [lm]	$\Phi$ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	2	Philips TCW216 2xTL5-28W HFP (1.000)	4620	5250	62.0
			Total: 9240	Total: 10500	124.0

Valor de eficiencia energética:  $13.19 \text{ W/m}^2 = 2.82 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $9.40 \text{ m}^2$ )

Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

## Centro de transformación / Lista de luminarias

2 Pieza Philips TCW216 2xTL5-28W HFP  
N° de artículo:  
Flujo luminoso (Luminaria): 4620 lm  
Flujo luminoso (Lámparas): 5250 lm  
Potencia de las luminarias: 62.0 W  
Clasificación luminarias según CIE: 91  
Código CIE Flux: 37 67 87 91 88  
Lámpara: 2 x TL5-28W/840 (Factor de corrección 1.000).



Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

## Centro de transformación / Resultados luminotécnicos

Flujo luminoso total: 9240 lm  
Potencia total: 124.0 W  
Factor mantenimiento: 0.80  
Zona marginal: 0.000 m

Superficie	Intensidades lumínicas medias [lx]			Grado de reflexión [%]	Densidad lumínica media [cd/m <sup>2</sup> ]
	directo	indirecto	total		
Plano útil	312	156	468	/	/
Suelo	188	143	331	20	21
Techo	55	138	193	70	43
Pared 1	162	117	279	50	44
Pared 2	149	126	275	50	44
Pared 3	161	119	280	50	45
Pared 4	206	128	334	50	53
Pared 5	161	122	282	50	45
Pared 6	153	132	285	50	45
Pared 7	161	121	282	50	45
Pared 8	206	125	331	50	53

Simetrías en el plano útil

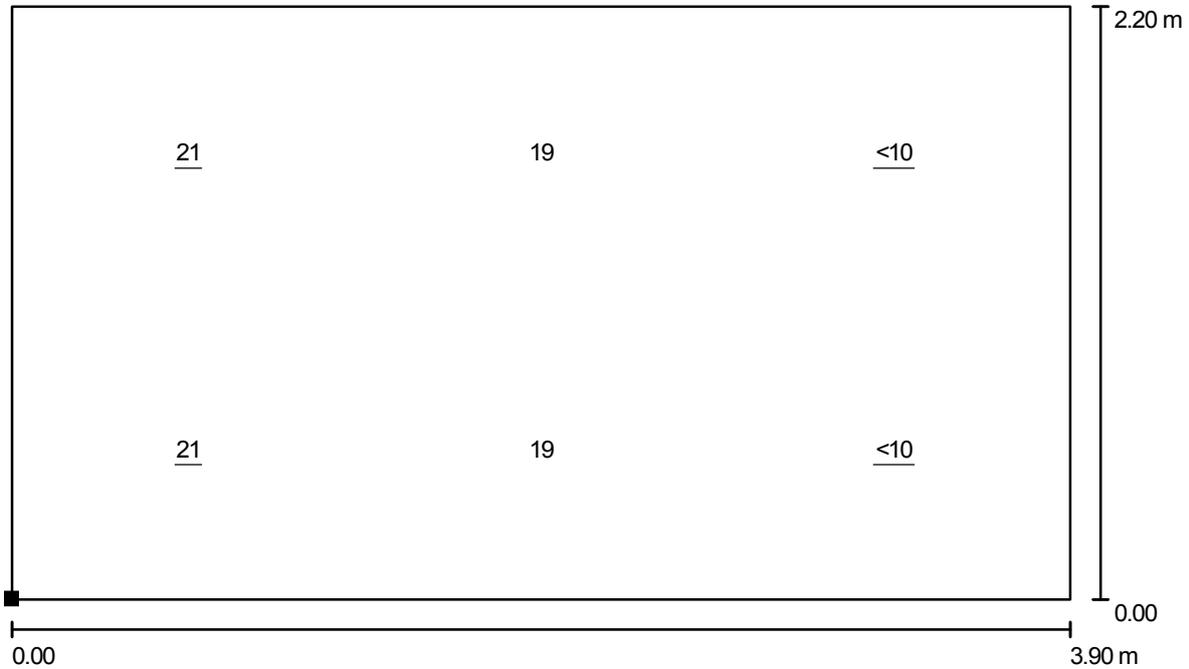
$E_{\min} / E_{\max}$ : 0.599 (1:2)

$E_{\min} / E_{\max}$ : 0.462 (1:2)

Valor de eficiencia energética: 13.19 W/m<sup>2</sup> = 2.82 W/m<sup>2</sup>/100 lx (Base: 9.40 m<sup>2</sup>)

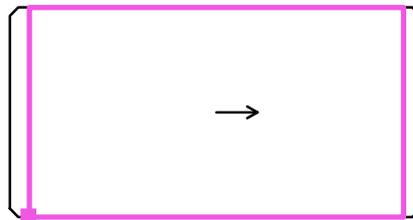
Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

**Centro de transformación / Superficie de cálculo UGR 1 / Gráfico de valores (UGR)**



Escala 1 : 28

Situación de la superficie en el local:  
Punto marcado:  
(83.700 m, 47.223 m, 1.200 m)



Trama: 3 x 2 Puntos

Min  
/

Max  
21

## **Iluminación oficinas**

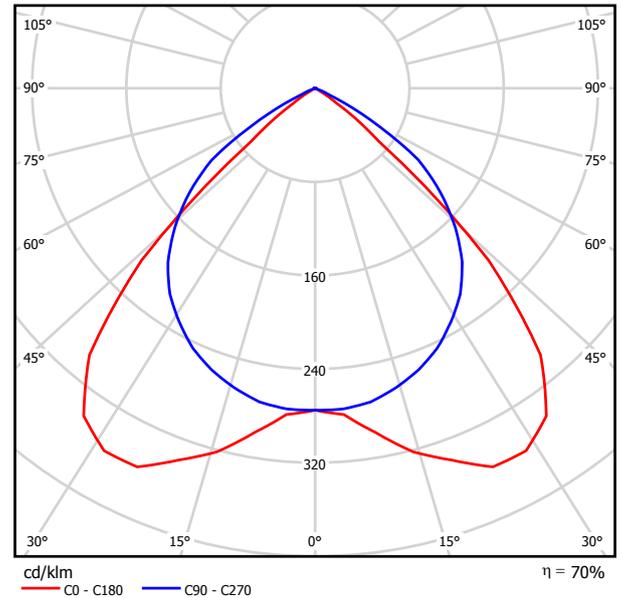
Contacto:  
N° de encargo:  
Empresa:  
N° de cliente:

Fecha: 10.07.2013  
Proyecto elaborado por:

Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

**Philips TBS165 G 2xTL5-28W HFS C6 / Hoja de datos de luminarias**

Emisión de luz 1:



Clasificación luminarias según CIE: 100  
Código CIE Flux: 66 99 100 100 70

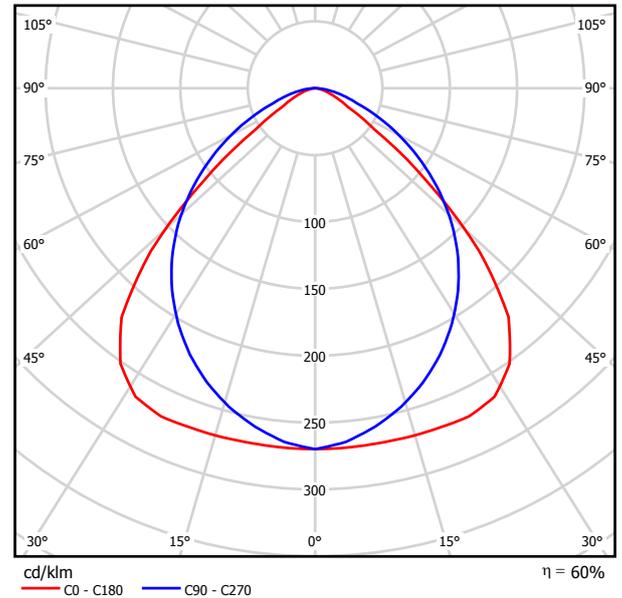
Emisión de luz 1:

Valoración de deslumbramiento según UGR											
ρ Techo	70	70	50	50	30	70	70	50	50	30	
ρ Paredes	50	30	50	30	30	50	30	50	30	30	
ρ Suelo	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	
Tamaño del local X Y	Mirado en perpendicular al eje de lámpara					Mirado longitudinalmente al eje de lámpara					
2H	2H	15.2	16.2	15.5	16.4	16.6	16.9	18.0	17.2	18.2	18.4
	3H	15.0	16.0	15.3	16.2	16.5	16.8	17.7	17.1	18.0	18.2
	4H	15.0	15.8	15.3	16.1	16.4	16.7	17.6	17.1	17.9	18.1
	6H	14.9	15.7	15.2	16.0	16.3	16.7	17.4	17.0	17.7	18.0
	8H	14.9	15.6	15.2	15.9	16.2	16.6	17.4	17.0	17.7	18.0
4H	12H	14.8	15.5	15.2	15.8	16.2	16.6	17.3	17.0	17.6	17.9
	2H	15.2	16.1	15.6	16.3	16.6	16.8	17.6	17.1	17.9	18.2
	3H	15.1	15.8	15.4	16.1	16.4	16.7	17.4	17.0	17.7	18.0
	4H	15.0	15.6	15.4	16.0	16.3	16.6	17.2	17.0	17.6	17.9
	6H	14.9	15.5	15.4	15.8	16.2	16.5	17.1	16.9	17.4	17.8
8H	12H	14.9	15.4	15.3	15.8	16.2	16.5	17.0	16.9	17.4	17.8
	4H	14.9	15.3	15.3	15.7	16.1	16.5	16.9	16.9	17.3	17.7
	6H	14.8	15.2	15.3	15.6	16.1	16.4	16.8	16.9	17.2	17.7
	8H	14.8	15.1	15.3	15.6	16.0	16.4	16.7	16.8	17.2	17.6
	12H	14.7	15.0	15.2	15.5	16.0	16.3	16.6	16.8	17.1	17.6
12H	4H	14.9	15.3	15.3	15.7	16.1	16.5	16.9	16.9	17.3	17.7
	6H	14.8	15.1	15.3	15.6	16.0	16.4	16.7	16.8	17.2	17.6
	8H	14.7	15.0	15.2	15.5	16.0	16.3	16.6	16.8	17.1	17.6
Variación de la posición del espectador para separaciones S entre luminarias											
S = 1.0H	+2.4 / -7.4					+1.1 / -1.6					
S = 1.5H	+3.8 / -19.4					+2.1 / -5.9					
S = 2.0H	+5.6 / -23.0					+3.8 / -15.4					
Tabla estándar	BK00					BK00					
Sumando de corrección	-4.5					-2.8					
Índice de deslumbramiento corregido en relación a 5250lm Flujo luminoso total											

Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

**Philips TBS165 G 3xTL5-14W HFS M2 / Hoja de datos de luminarias**

Emisión de luz 1:



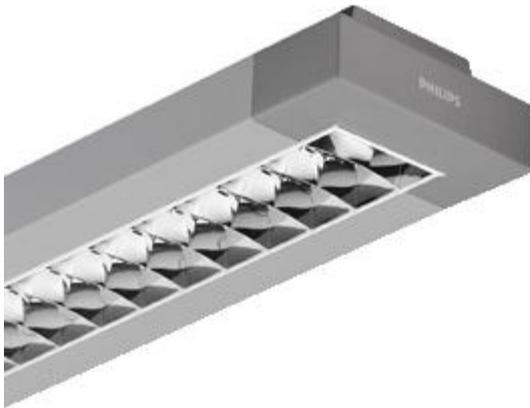
Clasificación luminarias según CIE: 100  
Código CIE Flux: 61 92 99 100 60

Emisión de luz 1:

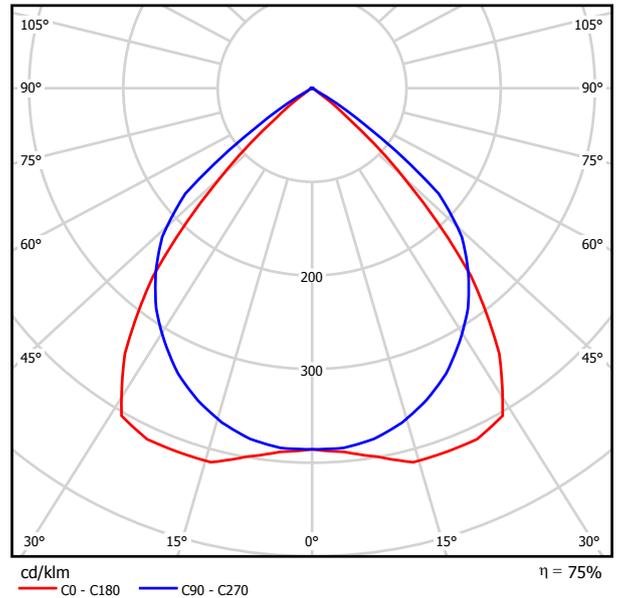
Valoración de deslumbramiento según UGR											
ρ Techo	70	70	50	50	30	70	70	50	50	30	
ρ Paredes	50	30	50	30	30	50	30	50	30	30	
ρ Suelo	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	
Tamaño del local X Y	Mirado en perpendicular al eje de lámpara					Mirado longitudinalmente al eje de lámpara					
2H	2H	13.5	14.6	13.8	14.8	15.1	15.0	16.1	15.3	16.4	16.6
	3H	13.6	14.6	13.9	14.8	15.1	15.7	16.7	16.0	17.0	17.2
	4H	13.6	14.5	13.9	14.8	15.1	16.0	16.9	16.3	17.2	17.4
	6H	13.5	14.4	13.9	14.7	15.0	16.1	17.0	16.5	17.3	17.6
	8H	13.5	14.4	13.9	14.7	15.0	16.2	17.0	16.5	17.3	17.6
4H	12H	13.5	14.3	13.9	14.6	14.9	16.2	17.0	16.6	17.3	17.6
	2H	13.8	14.8	14.1	15.0	15.3	15.1	16.1	15.5	16.4	16.6
	3H	14.0	14.8	14.3	15.1	15.4	15.9	16.7	16.3	17.0	17.4
	4H	14.0	14.7	14.4	15.1	15.4	16.3	16.9	16.6	17.3	17.6
	6H	14.0	14.6	14.5	15.0	15.4	16.5	17.1	16.9	17.5	17.9
8H	12H	14.0	14.6	14.5	15.0	15.4	16.6	17.1	17.0	17.5	17.9
	4H	14.1	14.6	14.5	15.0	15.4	16.2	16.8	16.6	17.2	17.6
	6H	14.1	14.6	14.6	15.0	15.5	16.5	17.0	17.0	17.4	17.8
	8H	14.1	14.5	14.6	15.0	15.5	16.6	17.0	17.1	17.5	18.0
	12H	14.1	14.5	14.6	14.9	15.4	16.7	17.1	17.1	17.5	18.0
12H	4H	14.1	14.6	14.5	15.0	15.4	16.2	16.7	16.6	17.1	17.5
	6H	14.1	14.5	14.6	15.0	15.5	16.5	16.9	17.0	17.3	17.8
	8H	14.2	14.5	14.6	15.0	15.5	16.6	17.0	17.1	17.4	17.9
Variación de la posición del espectador para separaciones S entre luminarias											
S = 1.0H	+1.1 / -1.8					+0.3 / -0.4					
S = 1.5H	+2.2 / -3.9					+0.8 / -1.2					
S = 2.0H	+3.7 / -4.8					+1.2 / -2.0					
Tabla estándar	BK01					BK03					
Sumando de corrección	-5.7					-2.7					
Índice de deslumbramiento corregido en relación a 3750lm Flujo luminoso total											

Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

**Philips TCS260 1xTL5-28W HFP C6 / Hoja de datos de luminarias**



Emisión de luz 1:



Clasificación luminarias según CIE: 100  
Código CIE Flux: 75 100 100 100 75

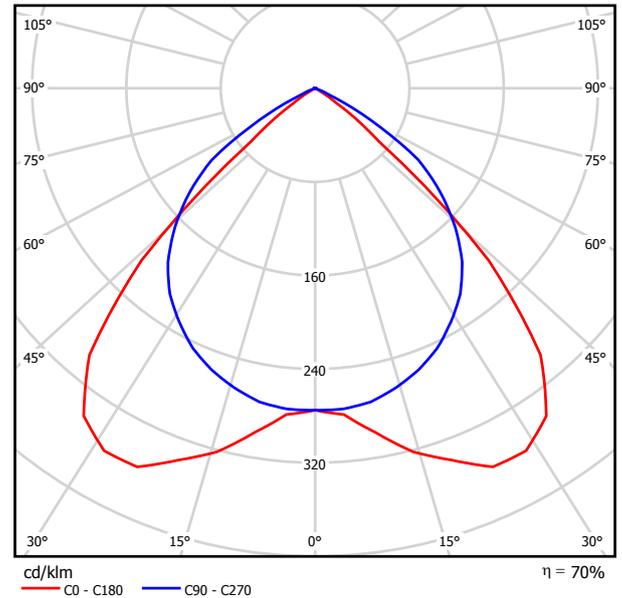
Emisión de luz 1:

Valoración de deslumbramiento según UGR											
ρ Techo	70	70	50	50	30	70	70	50	50	30	
ρ Paredes	50	30	50	30	30	50	30	50	30	30	
ρ Suelo	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	
Tamaño del local X Y	Mirado en perpendicular al eje de lámpara					Mirado longitudinalmente al eje de lámpara					
2H	2H	15.7	16.6	16.0	16.8	17.1	17.6	18.5	17.8	18.7	18.9
	3H	15.6	16.4	15.9	16.6	16.9	17.4	18.2	17.7	18.5	18.7
	4H	15.5	16.3	15.8	16.5	16.8	17.3	18.1	17.7	18.4	18.6
	6H	15.4	16.1	15.8	16.4	16.7	17.3	18.0	17.6	18.3	18.5
	8H	15.4	16.1	15.7	16.4	16.7	17.2	17.9	17.6	18.2	18.5
4H	12H	15.4	16.0	15.7	16.3	16.6	17.2	17.8	17.5	18.1	18.5
	2H	15.6	16.4	15.9	16.6	16.9	17.4	18.1	17.7	18.4	18.7
	3H	15.5	16.1	15.8	16.4	16.7	17.2	17.9	17.6	18.2	18.5
	4H	15.4	16.0	15.8	16.3	16.6	17.2	17.7	17.5	18.0	18.4
	6H	15.3	15.8	15.7	16.2	16.6	17.1	17.5	17.5	17.9	18.3
8H	12H	15.3	15.7	15.7	16.1	16.5	17.0	17.5	17.5	17.8	18.2
	4H	15.3	15.7	15.7	16.1	16.5	17.0	17.5	17.5	17.8	18.2
	6H	15.2	15.6	15.7	16.0	16.4	17.0	17.3	17.4	17.7	18.2
	8H	15.2	15.5	15.6	15.9	16.4	16.9	17.2	17.4	17.6	18.1
	12H	15.1	15.4	15.6	15.8	16.3	16.9	17.1	17.3	17.6	18.1
12H	4H	15.3	15.6	15.7	16.0	16.5	17.0	17.4	17.4	17.8	18.2
	6H	15.2	15.5	15.6	15.9	16.4	16.9	17.2	17.4	17.6	18.1
	8H	15.1	15.4	15.6	15.8	16.3	16.9	17.1	17.3	17.6	18.1
Variación de la posición del espectador para separaciones S entre luminarias											
S = 1.0H	+2.4 / -10.6					+1.7 / -3.4					
S = 1.5H	+3.8 / -19.2					+3.0 / -19.5					
S = 2.0H	+5.7 / -22.6					+4.9 / -23.1					
Tabla estándar	BK00					BK00					
Sumando de corrección	-3.9					-2.1					
Índice de deslumbramiento corregido en relación a 2625lm Flujo luminoso total											

Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

**Philips TBS165 G 3xTL5-14W HFS C6 / Hoja de datos de luminarias**

Emisión de luz 1:



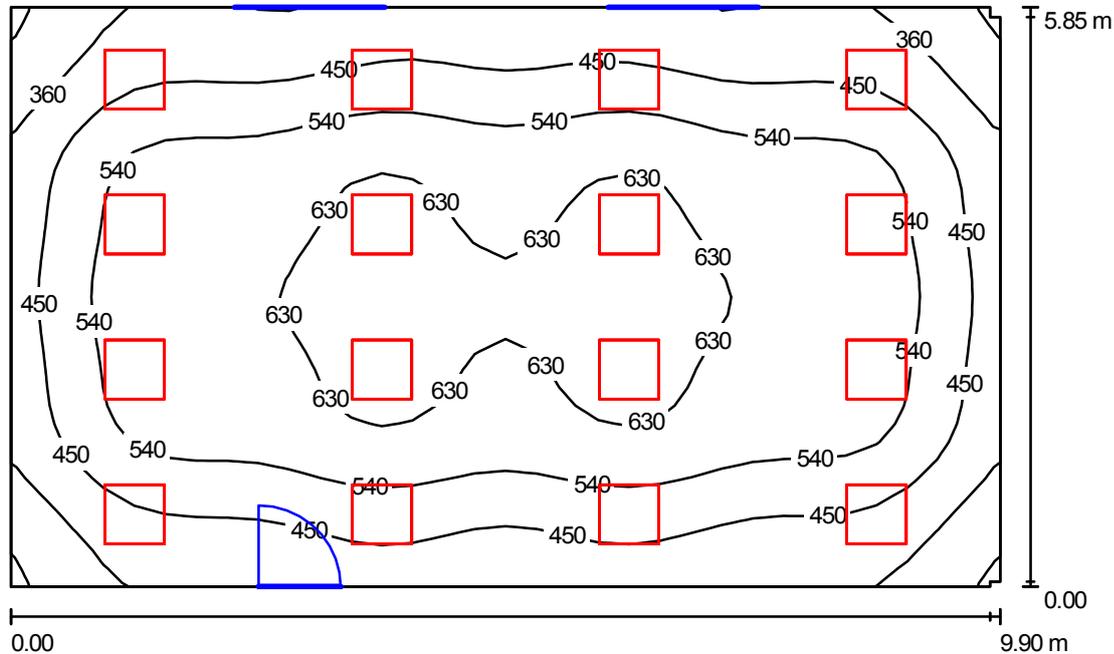
Clasificación luminarias según CIE: 100  
Código CIE Flux: 66 99 100 100 70

Emisión de luz 1:

Valoración de deslumbramiento según UGR											
ρ Techo	70	70	50	50	30	70	70	50	50	30	
ρ Paredes	50	30	50	30	30	50	30	50	30	30	
ρ Suelo	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	
Tamaño del local X Y	Mirado en perpendicular al eje de lámpara					Mirado longitudinalmente al eje de lámpara					
2H	2H	13.9	14.9	14.2	15.1	15.4	15.6	16.7	15.9	16.9	17.1
	3H	13.7	14.7	14.0	14.9	15.2	15.5	16.4	15.8	16.7	16.9
	4H	13.7	14.5	14.0	14.8	15.1	15.4	16.3	15.8	16.6	16.8
	6H	13.6	14.4	13.9	14.7	15.0	15.4	16.2	15.7	16.4	16.7
	8H	13.6	14.3	13.9	14.6	14.9	15.3	16.1	15.7	16.4	16.7
4H	12H	13.5	14.2	13.9	14.5	14.9	15.3	16.0	15.7	16.3	16.6
	2H	13.9	14.8	14.3	15.1	15.3	15.5	16.4	15.8	16.6	16.9
	3H	13.8	14.5	14.2	14.8	15.1	15.4	16.1	15.7	16.4	16.7
	4H	13.7	14.3	14.1	14.7	15.0	15.3	15.9	15.7	16.3	16.6
	6H	13.7	14.2	14.1	14.5	14.9	15.2	15.8	15.7	16.1	16.5
8H	12H	13.6	14.1	14.0	14.5	14.9	15.2	15.7	15.6	16.1	16.5
	12H	13.6	14.0	14.0	14.4	14.8	15.2	15.6	15.6	16.0	16.4
	4H	13.6	14.1	14.0	14.5	14.9	15.2	15.7	15.6	16.1	16.5
	6H	13.5	13.9	14.0	14.3	14.8	15.1	15.5	15.6	15.9	16.4
	8H	13.5	13.8	14.0	14.3	14.7	15.1	15.4	15.6	15.9	16.3
12H	13.4	13.7	13.9	14.2	14.7	15.0	15.3	15.5	15.8	16.3	
	4H	13.6	14.0	14.0	14.4	14.8	15.2	15.6	15.6	16.0	16.4
	6H	13.5	13.8	14.0	14.3	14.7	15.1	15.4	15.6	15.9	16.3
	8H	13.4	13.7	13.9	14.2	14.7	15.0	15.3	15.5	15.8	16.3
Variación de la posición del espectador para separaciones S entre luminarias											
S = 1.0H	+2.4 / -7.4					+1.1 / -1.6					
S = 1.5H	+3.8 / -19.4					+2.1 / -5.9					
S = 2.0H	+5.6 / -23.0					+3.8 / -15.4					
Tabla estándar	BK00					BK00					
Sumando de corrección	-5.8					-4.1					
Índice de deslumbramiento corregido en relación a 3750lm Flujo luminoso total											

Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

## Secretaría / Resumen



Altura del local: 3.000 m, Altura de montaje: 3.080 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:76

Superficie	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano útil	/	519	258	678	0.497
Suelo	20	465	253	622	0.543
Techo	70	95	75	107	0.786
Paredes (8)	50	206	67	468	/

**Plano útil:**

Altura: 0.850 m  
Trama: 32 x 32 Puntos  
Zona marginal: 0.000 m

**Lista de piezas - Luminarias**

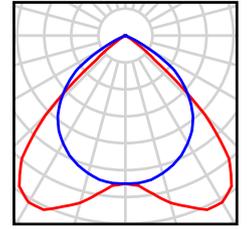
Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	$\Phi$ (Luminaria) [lm]	$\Phi$ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	16	Philips TBS165 G 3xTL5-14W HFS C6 (1.000)	2625	3750	48.0
			Total: 42000	Total: 60000	768.0

Valor de eficiencia energética:  $13.26 \text{ W/m}^2 = 2.56 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $57.90 \text{ m}^2$ )

Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

## Secretaría / Lista de luminarias

16 Pieza Philips TBS165 G 3xTL5-14W HFS C6  
N° de artículo:  
Flujo luminoso (Luminaria): 2625 lm  
Flujo luminoso (Lámparas): 3750 lm  
Potencia de las luminarias: 48.0 W  
Clasificación luminarias según CIE: 100  
Código CIE Flux: 66 99 100 100 70  
Lámpara: 3 x TL5-14W/840 (Factor de corrección 1.000).



Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

## Secretaría / Resultados luminotécnicos

Flujo luminoso total: 42000 lm  
Potencia total: 768.0 W  
Factor mantenimiento: 0.80  
Zona marginal: 0.000 m

Superficie	Intensidades lumínicas medias [lx]			Grado de reflexión [%]	Densidad lumínica media [cd/m <sup>2</sup> ]
	directo	indirecto	total		
Plano útil	438	80	519	/	/
Suelo	380	86	465	20	30
Techo	0.00	95	95	70	21
Pared 1	127	84	211	50	34
Pared 2	76	91	166	50	26
Pared 3	52	81	134	50	21
Pared 4	116	84	200	50	32
Pared 5	52	84	136	50	22
Pared 6	77	85	162	50	26
Pared 7	125	84	210	50	33
Pared 8	115	85	200	50	32

Simetrías en el plano útil

$E_{\min} / E_m$ : 0.497 (1:2)

$E_{\min} / E_{\max}$ : 0.380 (1:3)

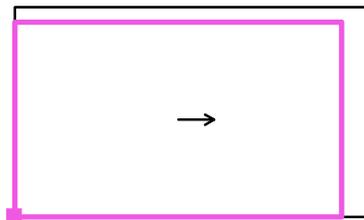
Valor de eficiencia energética:  $13.26 \text{ W/m}^2 = 2.56 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $57.90 \text{ m}^2$ )

Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

**Secretaría / Superficie de cálculo UGR 1 / Gráfico de valores (UGR)**



Situación de la superficie en el local:  
Punto marcado:  
(85.845 m, 18.250 m, 1.200 m)



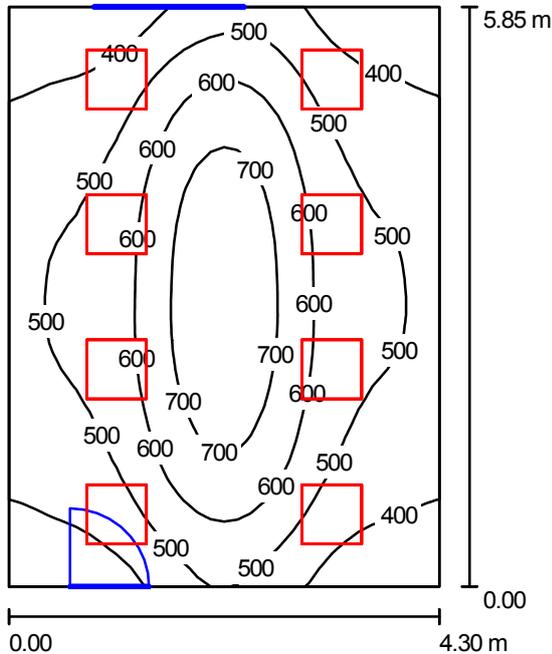
Trama: 9 x 5 Puntos

Min  
/

Max  
17

Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

## Dirección / Resumen



Altura del local: 3.000 m, Altura de montaje: 3.051 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:76

Superficie	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano útil	/	527	313	780	0.594
Suelo	20	445	288	594	0.648
Techo	70	97	77	110	0.789
Paredes (4)	50	223	72	477	/

Plano útil:		UGR	Longi-	Tran	al eje de luminaria
Altura:	0.850 m	Pared izq	14	16	
Trama:	32 x 32 Puntos	Pared inferior	14	16	
Zona marginal:	0.000 m	(CIE, SHR = 0.25.)			

## Lista de piezas - Luminarias

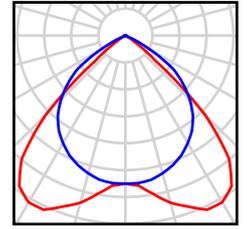
Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	$\Phi$ (Luminaria) [lm]	$\Phi$ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	8	Philips TBS165 G 3xTL5-14W HFS C6 (1.000)	2625	3750	48.0
			Total: 21000	Total: 30000	384.0

Valor de eficiencia energética:  $15.27 \text{ W/m}^2 = 2.90 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $25.16 \text{ m}^2$ )

Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

## Dirección / Lista de luminarias

8 Pieza Philips TBS165 G 3xTL5-14W HFS C6  
N° de artículo:  
Flujo luminoso (Luminaria): 2625 lm  
Flujo luminoso (Lámparas): 3750 lm  
Potencia de las luminarias: 48.0 W  
Clasificación luminarias según CIE: 100  
Código CIE Flux: 66 99 100 100 70  
Lámpara: 3 x TL5-14W/840 (Factor de corrección 1.000).



Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

## Dirección / Resultados luminotécnicos

Flujo luminoso total: 21000 lm  
Potencia total: 384.0 W  
Factor mantenimiento: 0.80  
Zona marginal: 0.000 m

Superficie	Intensidades lumínicas medias [lx]			Grado de reflexión [%]	Densidad lumínica media [cd/m <sup>2</sup> ]
	directo	indirecto	total		
Plano útil	434	93	527	/	/
Suelo	346	98	445	20	28
Techo	0.00	97	97	70	22
Pared 1	139	90	229	50	36
Pared 2	128	92	220	50	35
Pared 3	135	91	227	50	36
Pared 4	128	92	219	50	35

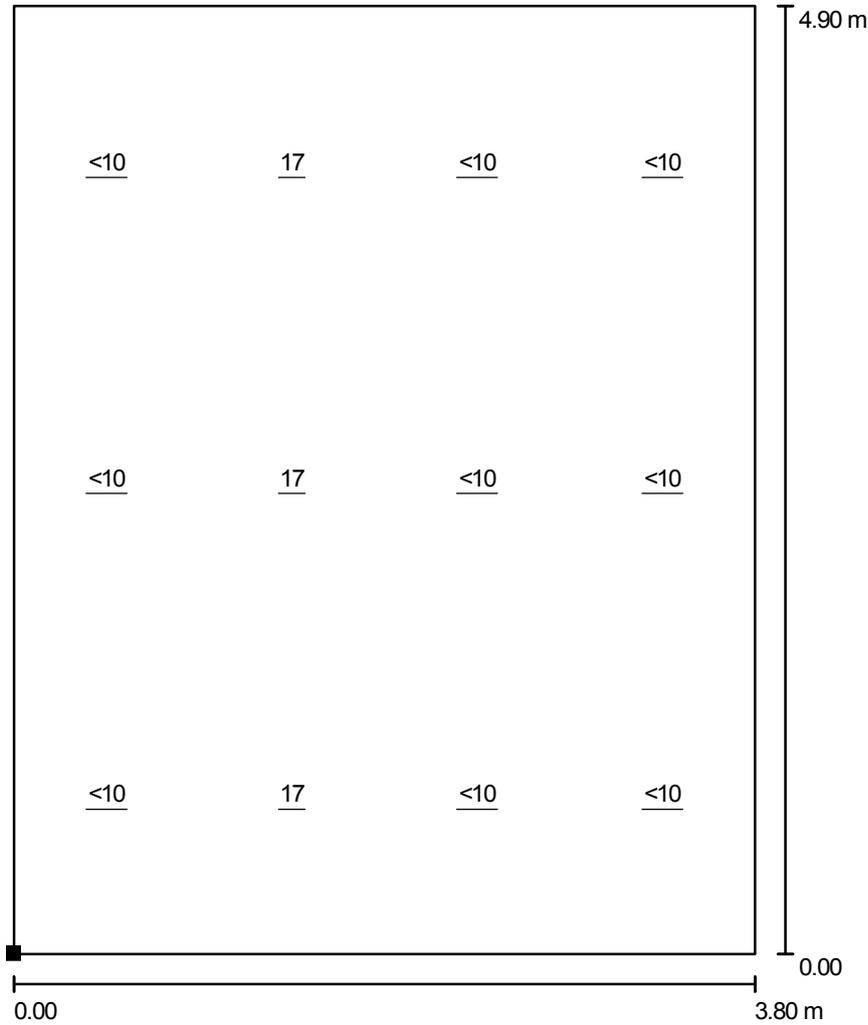
Simetrías en el plano útil

$E_{\min} / E_m$ : 0.594 (1:2)	<b>UGR</b>	Longi-	Tran	al eje de luminaria
$E_{\min} / E_{\max}$ : 0.402 (1:2)	Pared izq	14	16	
	Pared inferior	14	16	
	(CIE, SHR = 0.25.)			

Valor de eficiencia energética: 15.27 W/m<sup>2</sup> = 2.90 W/m<sup>2</sup>/100 lx (Base: 25.16 m<sup>2</sup>)

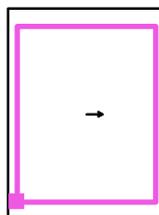
Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

**Dirección / Superficie de cálculo UGR 1 / Gráfico de valores (UGR)**



Escala 1 : 39

Situación de la superficie en el local:  
Punto marcado:  
(81.600 m, 18.700 m, 1.200 m)



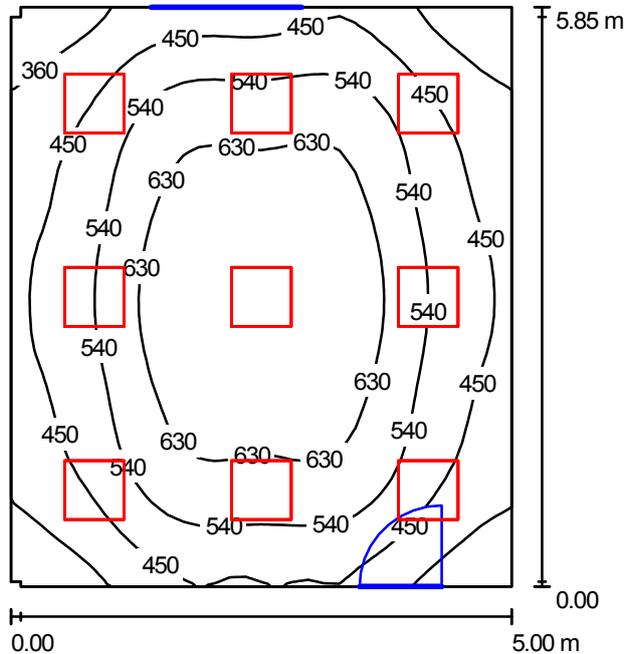
Trama: 3 x 4 Puntos

Min  
/

Max  
17

Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

## Sala de reuniones / Resumen



Altura del local: 3.000 m, Altura de montaje: 3.051 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:76

Superficie	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano útil	/	526	272	703	0.518
Suelo	20	451	273	595	0.606
Techo	70	97	78	112	0.797
Paredes (8)	50	219	60	404	/

**Plano útil:**

Altura: 0.850 m  
Trama: 32 x 32 Puntos  
Zona marginal: 0.000 m

**Lista de piezas - Luminarias**

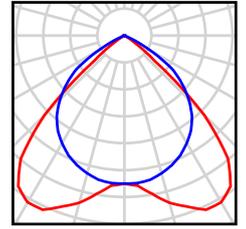
Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	$\Phi$ (Luminaria) [lm]	$\Phi$ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	9	Philips TBS165 G 3xTL5-14W HFS C6 (1.000)	2625	3750	48.0
			Total: 23625	Total: 33750	432.0

Valor de eficiencia energética:  $14.78 \text{ W/m}^2 = 2.81 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $29.23 \text{ m}^2$ )

Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

## Sala de reuniones / Lista de luminarias

9 Pieza Philips TBS165 G 3xTL5-14W HFS C6  
N° de artículo:  
Flujo luminoso (Luminaria): 2625 lm  
Flujo luminoso (Lámparas): 3750 lm  
Potencia de las luminarias: 48.0 W  
Clasificación luminarias según CIE: 100  
Código CIE Flux: 66 99 100 100 70  
Lámpara: 3 x TL5-14W/840 (Factor de corrección 1.000).



Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

## Sala de reuniones / Resultados luminotécnicos

Flujo luminoso total: 23625 lm  
Potencia total: 432.0 W  
Factor mantenimiento: 0.80  
Zona marginal: 0.000 m

Superficie	Intensidades lumínicas medias [lx]			Grado de reflexión [%]	Densidad lumínica media [cd/m <sup>2</sup> ]
	directo	indirecto	total		
Plano útil	436	89	526	/	/
Suelo	356	95	451	20	29
Techo	0.00	97	97	70	22
Pared 1	81	86	168	50	27
Pared 2	67	94	161	50	26
Pared 3	131	90	220	50	35
Pared 4	130	91	221	50	35
Pared 5	127	90	216	50	34
Pared 6	70	94	164	50	26
Pared 7	83	91	174	50	28
Pared 8	132	88	220	50	35

Simetrías en el plano útil

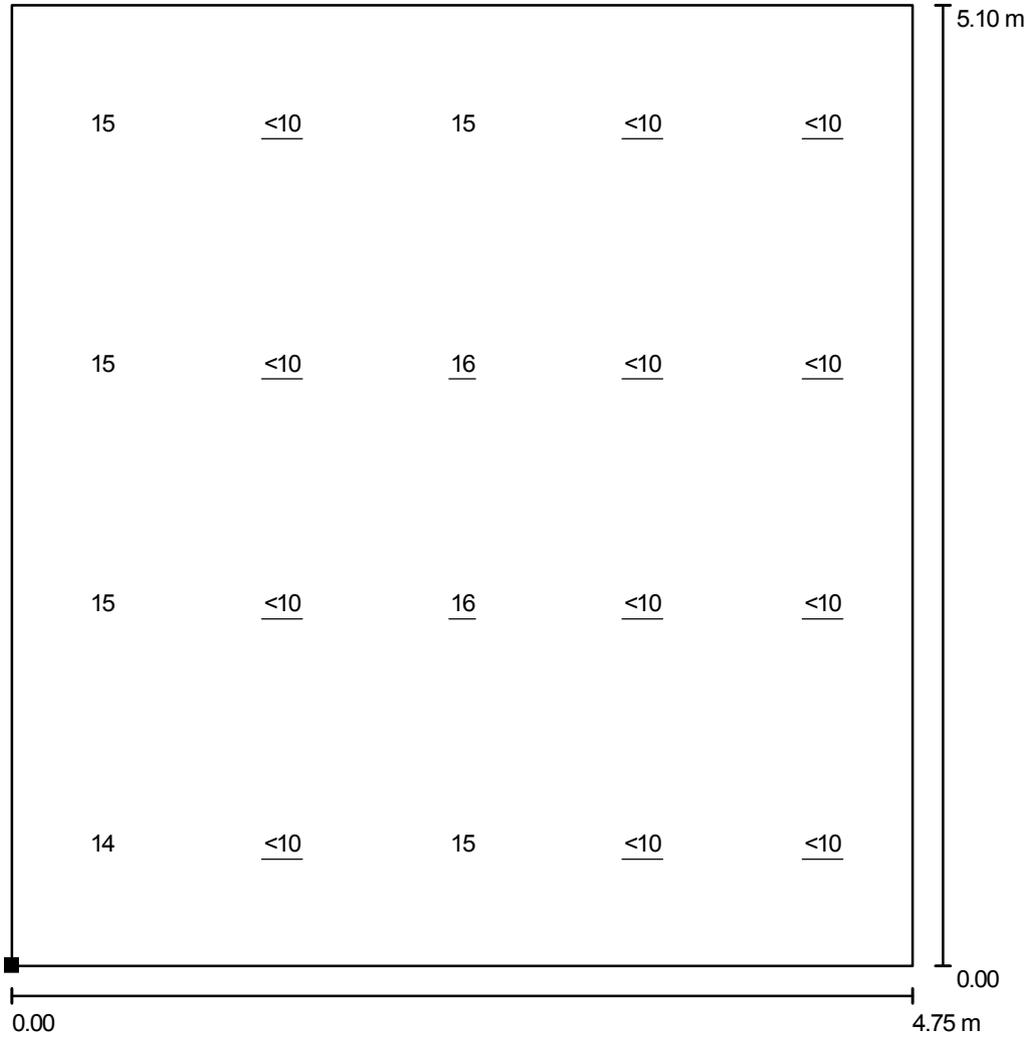
$E_{\min} / E_m$ : 0.518 (1:2)

$E_{\min} / E_{\max}$ : 0.387 (1:3)

Valor de eficiencia energética:  $14.78 \text{ W/m}^2 = 2.81 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $29.23 \text{ m}^2$ )

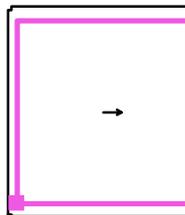
Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

**Sala de reuniones / Superficie de cálculo UGR 1 / Gráfico de valores (UGR)**



Escala 1 : 40

Situación de la superficie en el local:  
Punto marcado:  
(76.400 m, 18.600 m, 1.200 m)



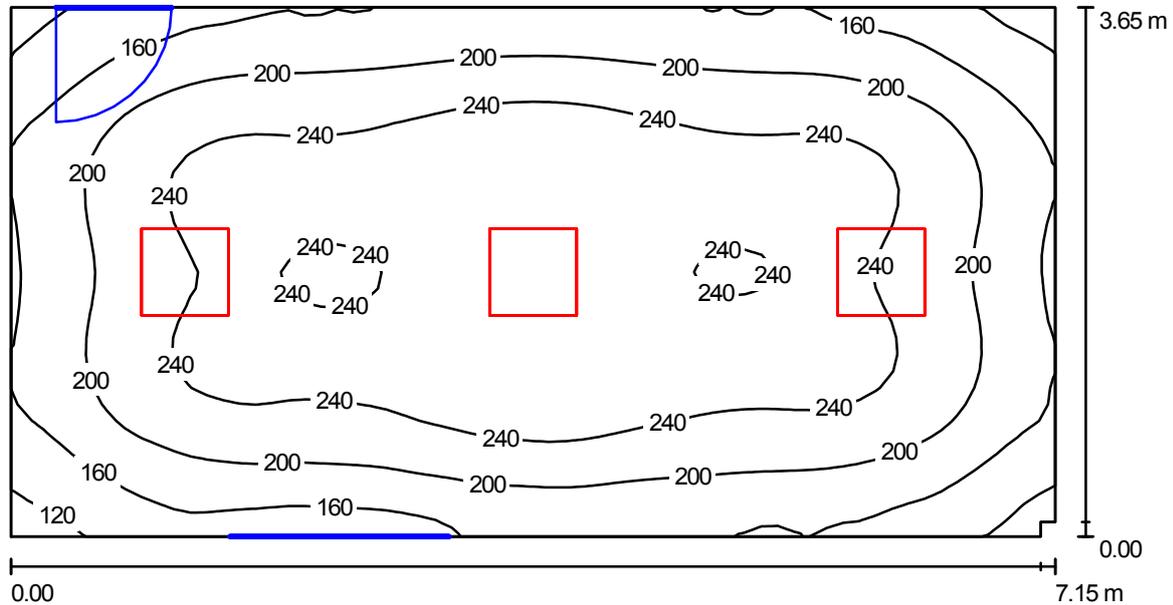
Trama: 4 x 5 Puntos

Min  
/

Max  
16

Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

## Almacén de archivos / Resumen



Altura del local: 3.000 m, Altura de montaje: 3.051 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:52

Superficie	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano útil	/	213	102	276	0.477
Suelo	20	171	113	202	0.662
Techo	70	32	23	37	0.700
Paredes (6)	50	74	22	174	/

### Plano útil:

Altura: 0.850 m  
Trama: 32 x 64 Puntos  
Zona marginal: 0.000 m

### Lista de piezas - Luminarias

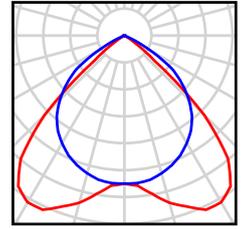
Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	$\Phi$ (Luminaria) [lm]	$\Phi$ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	3	Philips TBS165 G 3xTL5-14W HFS C6 (1.000)	2625	3750	48.0
			Total: 7875	Total: 11250	144.0

Valor de eficiencia energética:  $5.52 \text{ W/m}^2 = 2.60 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $26.09 \text{ m}^2$ )

Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

## Almacén de archivos / Lista de luminarias

3 Pieza Philips TBS165 G 3xTL5-14W HFS C6  
N° de artículo:  
Flujo luminoso (Luminaria): 2625 lm  
Flujo luminoso (Lámparas): 3750 lm  
Potencia de las luminarias: 48.0 W  
Clasificación luminarias según CIE: 100  
Código CIE Flux: 66 99 100 100 70  
Lámpara: 3 x TL5-14W/840 (Factor de corrección 1.000).



Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

## Almacén de archivos / Resultados luminotécnicos

Flujo luminoso total: 7875 lm  
Potencia total: 144.0 W  
Factor mantenimiento: 0.80  
Zona marginal: 0.000 m

Superficie	Intensidades lumínicas medias [lx]			Grado de reflexión [%]	Densidad lumínica media [cd/m <sup>2</sup> ]
	directo	indirecto	total		
Plano útil	184	29	213	/	/
Suelo	135	36	171	20	11
Techo	0.00	32	32	70	7.18
Pared 1	39	33	72	50	11
Pared 2	18	30	49	50	7.75
Pared 3	25	30	56	50	8.84
Pared 4	51	30	81	50	13
Pared 5	39	32	70	50	11
Pared 6	50	31	80	50	13

Simetrías en el plano útil

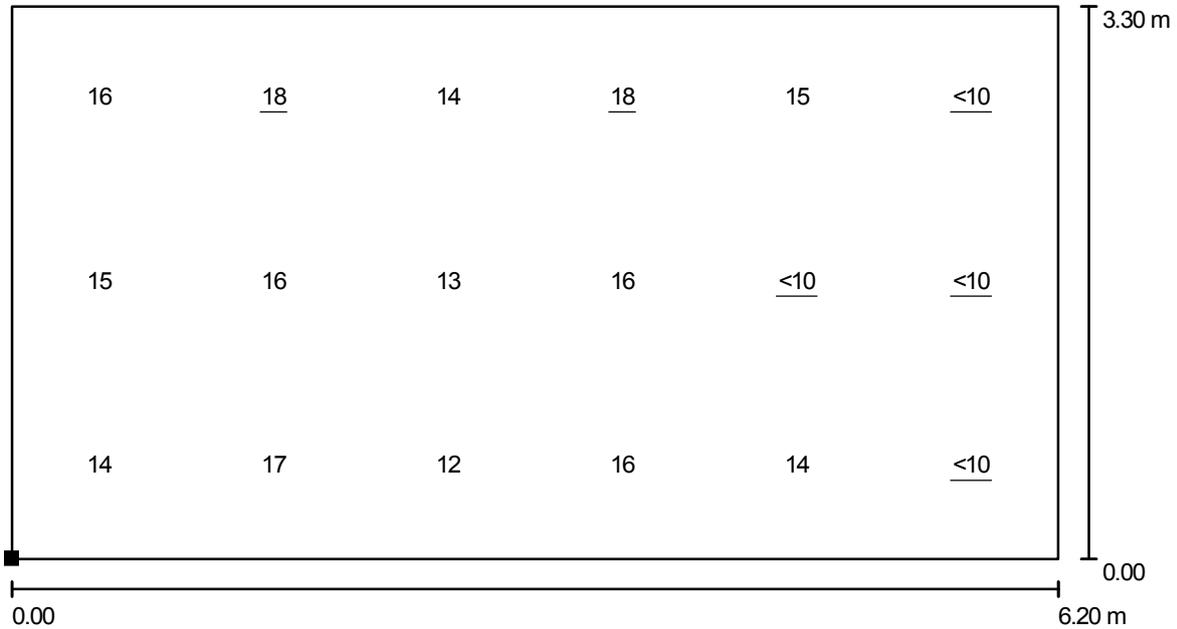
$E_{\min} / E_{\max}$ : 0.477 (1:2)

$E_{\min} / E_{\max}$ : 0.368 (1:3)

Valor de eficiencia energética:  $5.52 \text{ W/m}^2 = 2.60 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $26.09 \text{ m}^2$ )

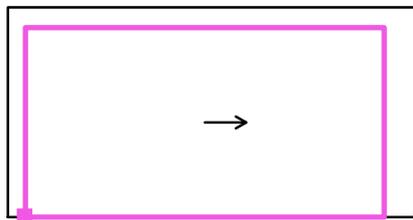
Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

**Almacén de archivos / Superficie de cálculo UGR 1 / Gráfico de valores (UGR)**



Escala 1 : 45

Situación de la superficie en el local:  
Punto marcado:  
(88.900 m, 12.200 m, 1.200 m)



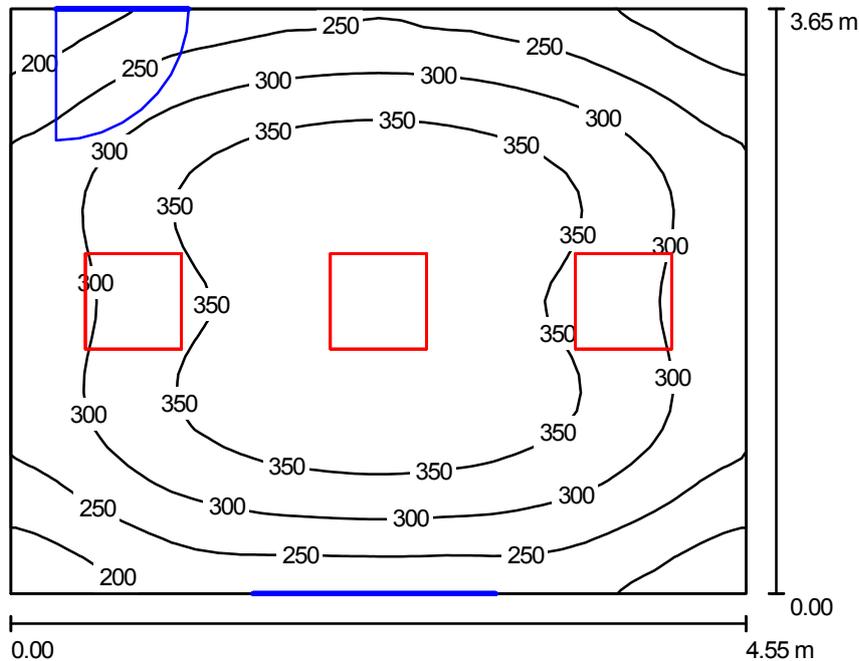
Trama: 6 x 3 Puntos

Min  
/

Max  
18

Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

## Sala descanso 2 / Resumen



Altura del local: 3.000 m, Altura de montaje: 3.051 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:47

Superficie	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano útil	/	304	169	392	0.557
Suelo	20	235	179	271	0.764
Techo	70	49	34	62	0.690
Paredes (4)	50	114	33	414	/

**Plano útil:**

Altura: 0.850 m  
Trama: 32 x 32 Puntos  
Zona marginal: 0.000 m

**UGR**

Pared izq 14  
Pared inferior 14  
(CIE, SHR = 0.25.)

Longi-

14

14

Tran

16

16

al eje de luminaria

**Lista de piezas - Luminarias**

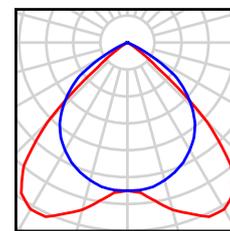
Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	$\Phi$ (Luminaria) [lm]	$\Phi$ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	3	Philips TBS165 G 3xTL5-14W HFS C6 (1.000)	2625	3750	48.0
			Total: 7875	Total: 11250	144.0

Valor de eficiencia energética:  $8.67 \text{ W/m}^2 = 2.85 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $16.61 \text{ m}^2$ )

Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

## Sala descanso 2 / Lista de luminarias

3 Pieza Philips TBS165 G 3xTL5-14W HFS C6  
N° de artículo:  
Flujo luminoso (Luminaria): 2625 lm  
Flujo luminoso (Lámparas): 3750 lm  
Potencia de las luminarias: 48.0 W  
Clasificación luminarias según CIE: 100  
Código CIE Flux: 66 99 100 100 70  
Lámpara: 3 x TL5-14W/840 (Factor de corrección 1.000).



Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

## Sala descanso 2 / Resultados luminotécnicos

Flujo luminoso total: 7875 lm  
Potencia total: 144.0 W  
Factor mantenimiento: 0.80  
Zona marginal: 0.000 m

Superficie	Intensidades lumínicas medias [lx]			Grado de reflexión [%]	Densidad lumínica media [cd/m <sup>2</sup> ]
	directo	indirecto	total		
Plano útil	257	47	304	/	/
Suelo	180	55	235	20	15
Techo	0.00	49	49	70	11
Pared 1	52	50	102	50	16
Pared 2	83	47	130	50	21
Pared 3	53	47	101	50	16
Pared 4	83	47	130	50	21

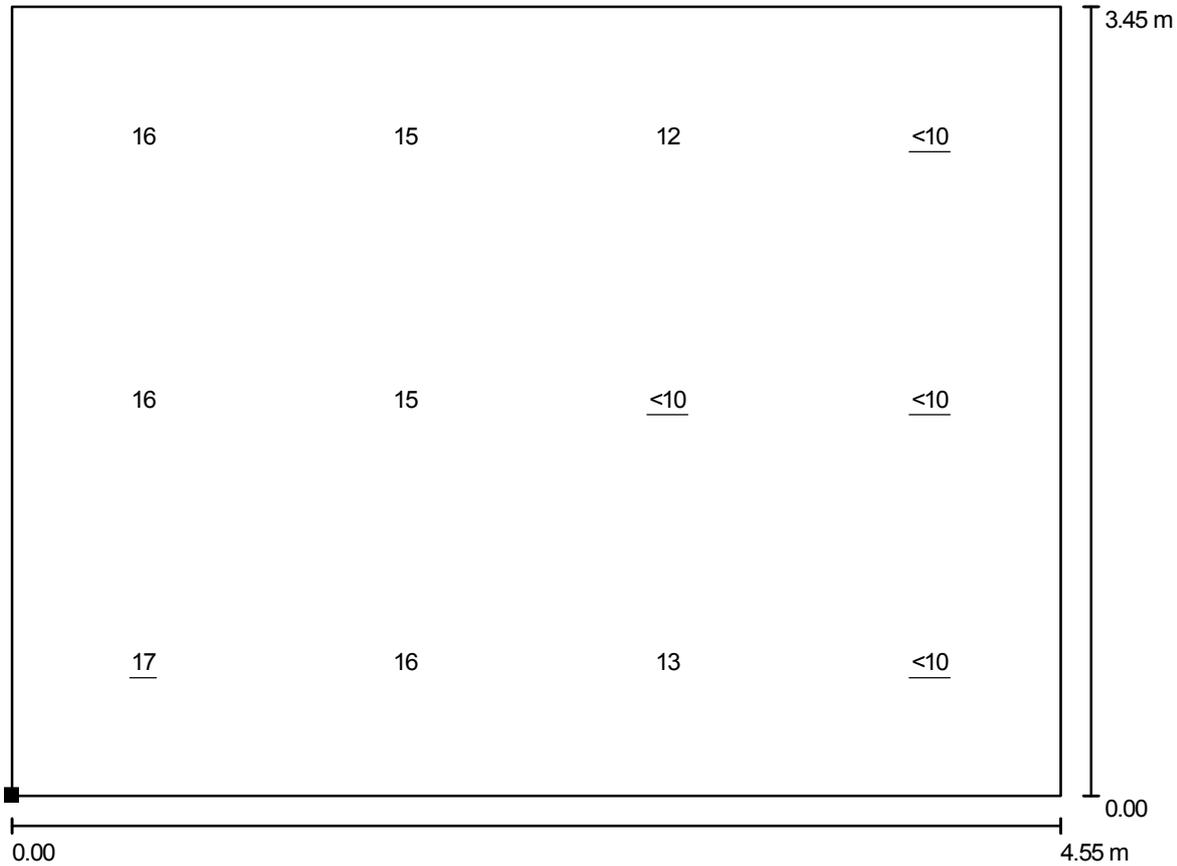
Simetrías en el plano útil

$E_{\min} / E_m$ : 0.557 (1:2)	<b>UGR</b>	Longi-	Tran	al eje de luminaria
$E_{\min} / E_{\max}$ : 0.432 (1:2)	Pared izq	14	16	
	Pared inferior	14	16	
	(CIE, SHR = 0.25.)			

Valor de eficiencia energética:  $8.67 \text{ W/m}^2 = 2.85 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $16.61 \text{ m}^2$ )

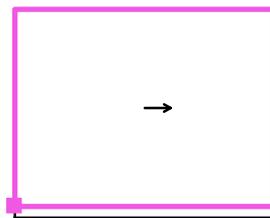
Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

**Sala descanso 2 / Superficie de cálculo UGR 1 / Gráfico de valores (UGR)**



Escala 1 : 33

Situación de la superficie en el local:  
Punto marcado:  
(83.844 m, 12.400 m, 1.200 m)



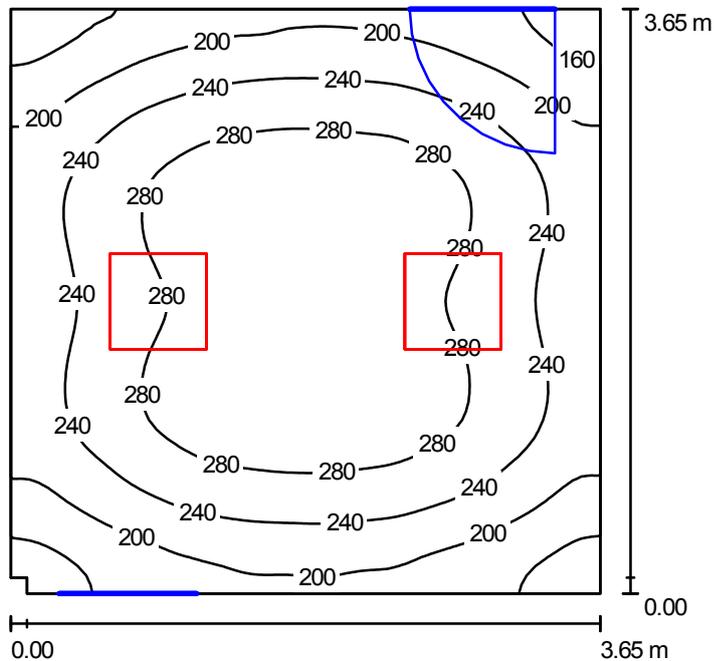
Trama: 4 x 3 Puntos

Min  
/

Max  
17

Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

## Baño mujeres / Resumen



Altura del local: 3.000 m, Altura de montaje: 3.051 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:47

Superficie	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano útil	/	244	130	306	0.532
Suelo	20	183	144	207	0.785
Techo	70	40	27	50	0.668
Paredes (6)	50	94	23	289	/

**Plano útil:**

Altura: 0.850 m  
Trama: 64 x 64 Puntos  
Zona marginal: 0.000 m

**Lista de piezas - Luminarias**

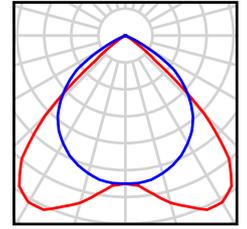
Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	$\Phi$ (Luminaria) [lm]	$\Phi$ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	2	Philips TBS165 G 3xTL5-14W HFS C6 (1.000)	2625	3750	48.0
Total:			5250	7500	96.0

Valor de eficiencia energética:  $7.21 \text{ W/m}^2 = 2.96 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $13.31 \text{ m}^2$ )

Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

## Baño mujeres / Lista de luminarias

2 Pieza      Philips TBS165 G 3xTL5-14W HFS C6  
N° de artículo:  
Flujo luminoso (Luminaria): 2625 lm  
Flujo luminoso (Lámparas): 3750 lm  
Potencia de las luminarias: 48.0 W  
Clasificación luminarias según CIE: 100  
Código CIE Flux: 66 99 100 100 70  
Lámpara: 3 x TL5-14W/840 (Factor de corrección  
1.000).



Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

## Baño mujeres / Resultados luminotécnicos

Flujo luminoso total: 5250 lm  
Potencia total: 96.0 W  
Factor mantenimiento: 0.80  
Zona marginal: 0.000 m

Superficie	Intensidades lumínicas medias [lx]			Grado de reflexión [%]	Densidad lumínica media [cd/m <sup>2</sup> ]
	directo	indirecto	total		
Plano útil	202	42	244	/	/
Suelo	136	47	183	20	12
Techo	0.00	40	40	70	8.99
Pared 1	34	35	69	50	11
Pared 2	21	38	58	50	9.27
Pared 3	44	41	85	50	14
Pared 4	66	40	106	50	17
Pared 5	39	40	79	50	13
Pared 6	68	39	107	50	17

Simetrías en el plano útil

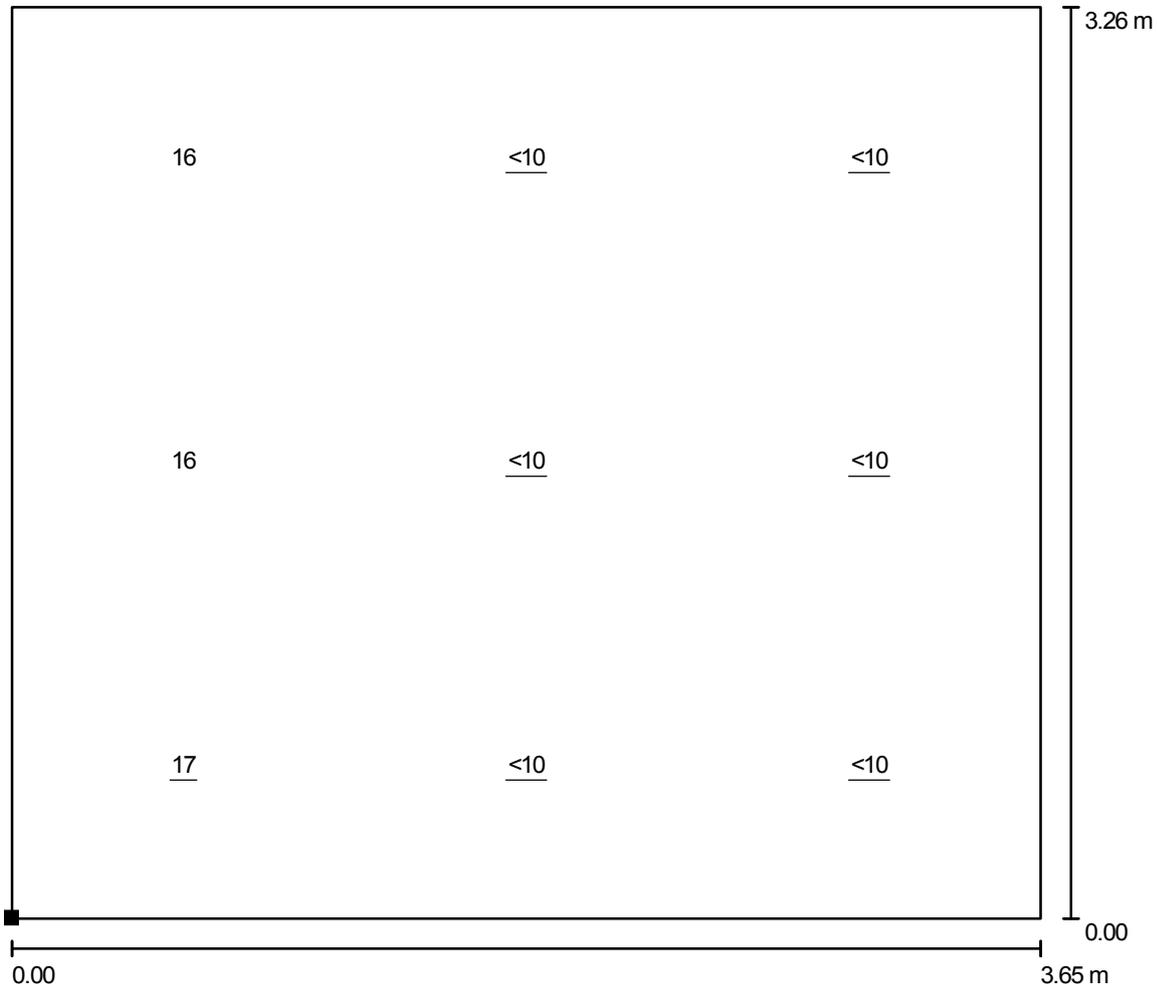
$E_{\min} / E_{\max}$ : 0.532 (1:2)

$E_{\min} / E_{\max}$ : 0.424 (1:2)

Valor de eficiencia energética:  $7.21 \text{ W/m}^2 = 2.96 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $13.31 \text{ m}^2$ )

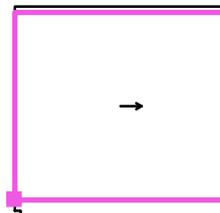
Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

**Baño mujeres / Superficie de cálculo UGR 1 / Gráfico de valores (UGR)**



Escala 1 : 27

Situación de la superficie en el local:  
Punto marcado:  
(76.145 m, 12.486 m, 1.200 m)



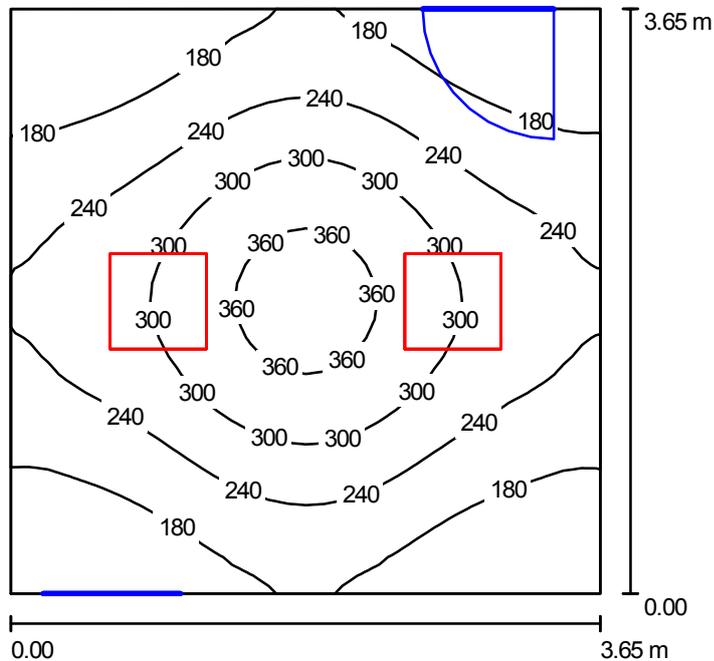
Trama: 3 x 3 Puntos

Min  
/

Max  
17

Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

## Baño hombres / Resumen



Altura del local: 3.000 m, Altura de montaje: 3.051 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:47

Superficie	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano útil	/	236	117	386	0.495
Suelo	20	182	124	234	0.682
Techo	70	41	28	49	0.681
Paredes (4)	50	95	27	297	/

**Plano útil:**

Altura: 0.850 m  
Trama: 32 x 32 Puntos  
Zona marginal: 0.000 m

**UGR**

Pared izq 14  
Pared inferior 14  
(CIE, SHR = 0.25.)

Longi-

14

14

Tran

16

16

al eje de luminaria

**Lista de piezas - Luminarias**

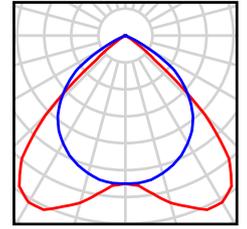
Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	$\Phi$ (Luminaria) [lm]	$\Phi$ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	2	Philips TBS165 G 3xTL5-14W HFS C6 (1.000)	2625	3750	48.0
Total:			5250	7500	96.0

Valor de eficiencia energética:  $7.21 \text{ W/m}^2 = 3.05 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $13.32 \text{ m}^2$ )

Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

## Baño hombres / Lista de luminarias

2 Pieza    Philips TBS165 G 3xTL5-14W HFS C6  
N° de artículo:  
Flujo luminoso (Luminaria): 2625 lm  
Flujo luminoso (Lámparas): 3750 lm  
Potencia de las luminarias: 48.0 W  
Clasificación luminarias según CIE: 100  
Código CIE Flux: 66 99 100 100 70  
Lámpara: 3 x TL5-14W/840 (Factor de corrección  
1.000).



Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

## Baño hombres / Resultados luminotécnicos

Flujo luminoso total: 5250 lm  
Potencia total: 96.0 W  
Factor mantenimiento: 0.80  
Zona marginal: 0.000 m

Superficie	Intensidades lumínicas medias [lx]			Grado de reflexión [%]	Densidad lumínica media [cd/m <sup>2</sup> ]
	directo	indirecto	total		
Plano útil	192	44	236	/	/
Suelo	136	47	182	20	12
Techo	0.00	41	41	70	9.09
Pared 1	47	42	89	50	14
Pared 2	63	41	103	50	16
Pared 3	45	40	85	50	14
Pared 4	63	40	103	50	16

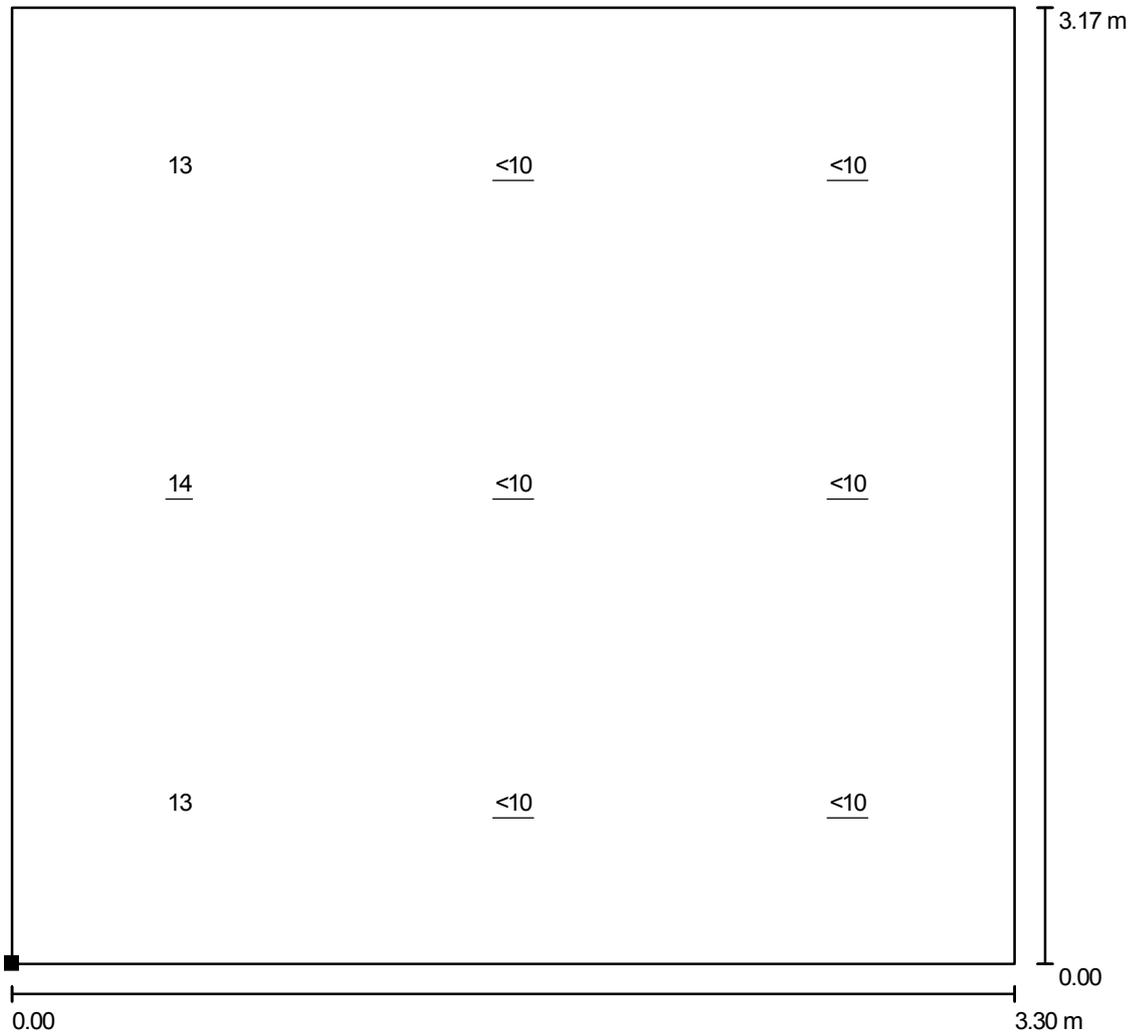
Simetrías en el plano útil

$E_{\min} / E_m$ : 0.495 (1:2)	<b>UGR</b>	Longi-	Tran	al eje de luminaria
$E_{\min} / E_{\max}$ : 0.302 (1:3)	Pared izq	14	16	
	Pared inferior	14	16	
	(CIE, SHR = 0.25.)			

Valor de eficiencia energética:  $7.21 \text{ W/m}^2 = 3.05 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $13.32 \text{ m}^2$ )

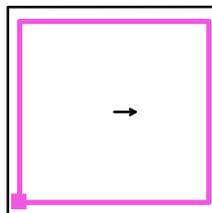
Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

**Baño hombres / Superficie de cálculo UGR 1 / Gráfico de valores (UGR)**



Escala 1 : 25

Situación de la superficie en el local:  
Punto marcado:  
(80.200 m, 12.426 m, 1.200 m)



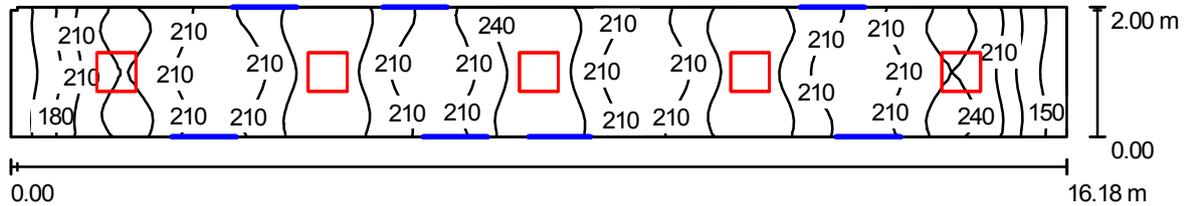
Trama: 3 x 3 Puntos

Min  
/

Max  
14

Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

## Pasillo oficinas / Resumen



Altura del local: 3.000 m, Altura de montaje: 3.051 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:116

Superficie	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano útil	/	219	122	270	0.561
Suelo	20	168	111	210	0.660
Techo	70	44	30	52	0.666
Paredes (6)	50	106	28	271	/

## Plano útil:

Altura: 0.850 m  
Trama: 128 x 16 Puntos  
Zona marginal: 0.000 m

## Lista de piezas - Luminarias

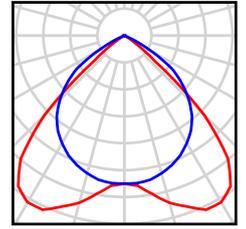
N°	Pieza	Designación (Factor de corrección)	$\Phi$ (Luminaria) [lm]	$\Phi$ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	5	Philips TBS165 G 3xTL5-14W HFS C6 (1.000)	2625	3750	48.0
			Total: 13125	Total: 18750	240.0

Valor de eficiencia energética:  $7.42 \text{ W/m}^2 = 3.39 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $32.35 \text{ m}^2$ )

Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

## Pasillo oficinas / Lista de luminarias

5 Pieza Philips TBS165 G 3xTL5-14W HFS C6  
N° de artículo:  
Flujo luminoso (Luminaria): 2625 lm  
Flujo luminoso (Lámparas): 3750 lm  
Potencia de las luminarias: 48.0 W  
Clasificación luminarias según CIE: 100  
Código CIE Flux: 66 99 100 100 70  
Lámpara: 3 x TL5-14W/840 (Factor de corrección 1.000).



Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

## Pasillo oficinas / Resultados luminotécnicos

Flujo luminoso total: 13125 lm  
Potencia total: 240.0 W  
Factor mantenimiento: 0.80  
Zona marginal: 0.000 m

Superficie	Intensidades lumínicas medias [lx]			Grado de reflexión [%]	Densidad lumínica media [cd/m <sup>2</sup> ]
	directo	indirecto	total		
Plano útil	167	51	219	/	/
Suelo	116	52	168	20	11
Techo	0.00	44	44	70	9.91
Pared 1	63	46	109	50	17
Pared 2	41	42	83	50	13
Pared 3	64	46	110	50	18
Pared 4	37	42	79	50	13
Pared 5	22	41	62	50	9.92
Pared 6	41	41	82	50	13

Simetrías en el plano útil

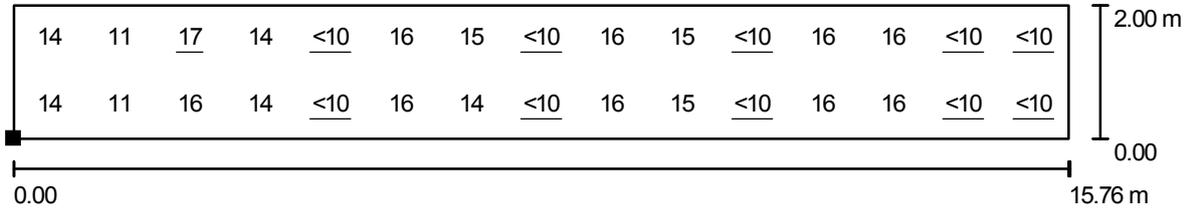
$E_{\min} / E_{\max}$ : 0.561 (1:2)

$E_{\min} / E_{\max}$ : 0.453 (1:2)

Valor de eficiencia energética:  $7.42 \text{ W/m}^2 = 3.39 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $32.35 \text{ m}^2$ )

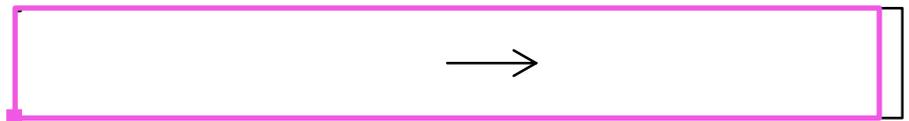
Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

**Pasillo oficinas / Superficie de cálculo UGR 1 / Gráfico de valores (UGR)**



Escala 1 : 113

Situación de la superficie en el local:  
Punto marcado:  
(76.145 m, 16.050 m, 1.200 m)



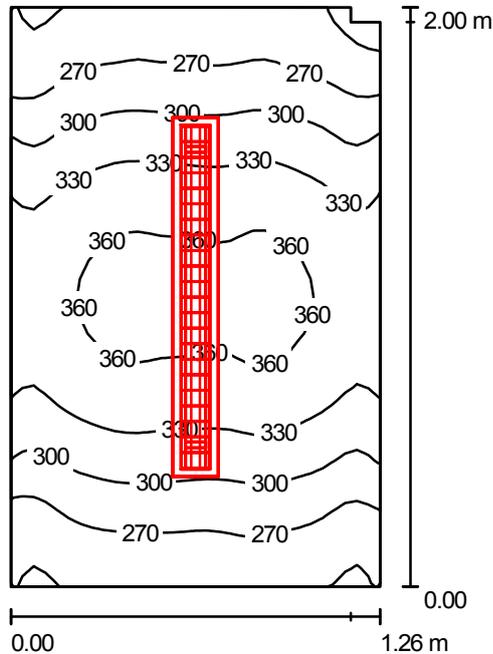
Trama: 15 x 2 Puntos

Min  
/

Max  
17

Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

## Escaleras / Resumen



Altura del local: 3.000 m, Altura de montaje: 2.500 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:26

Superficie	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano útil	/	312	224	372	0.717
Suelo	20	178	154	195	0.868
Techo	70	39	33	44	0.831
Paredes (6)	50	120	27	350	/

**Plano útil:**

Altura: 0.850 m  
Trama: 32 x 32 Puntos  
Zona marginal: 0.000 m

**Lista de piezas - Luminarias**

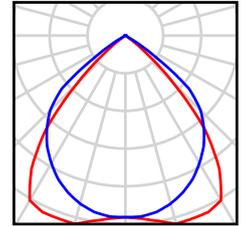
Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	$\Phi$ (Luminaria) [lm]	$\Phi$ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	1	Philips TCS260 1xTL5-28W HFP C6 (1.000)	1969	2625	32.0
Total:			1969	2625	32.0

Valor de eficiencia energética:  $12.72 \text{ W/m}^2 = 4.08 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $2.51 \text{ m}^2$ )

Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

## Escaleras / Lista de luminarias

1 Pieza Philips TCS260 1xTL5-28W HFP C6  
N° de artículo:  
Flujo luminoso (Luminaria): 1969 lm  
Flujo luminoso (Lámparas): 2625 lm  
Potencia de las luminarias: 32.0 W  
Clasificación luminarias según CIE: 100  
Código CIE Flux: 75 100 100 100 75  
Lámpara: 1 x TL5-28W/840 (Factor de corrección  
1.000).



Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

## Escaleras / Resultados luminotécnicos

Flujo luminoso total: 1969 lm  
Potencia total: 32.0 W  
Factor mantenimiento: 0.80  
Zona marginal: 0.000 m

Superficie	Intensidades lumínicas medias [lx]			Grado de reflexión [%]	Densidad lumínica media [cd/m <sup>2</sup> ]
	directo	indirecto	total		
Plano útil	236	76	312	/	/
Suelo	118	60	178	20	11
Techo	0.00	39	39	70	8.75
Pared 1	62	54	117	50	19
Pared 2	68	56	123	50	20
Pared 3	47	50	98	50	16
Pared 4	35	54	89	50	14
Pared 5	64	55	118	50	19
Pared 6	67	56	123	50	20

Simetrías en el plano útil

$E_{\min} / E_{\max}$ : 0.717 (1:1)

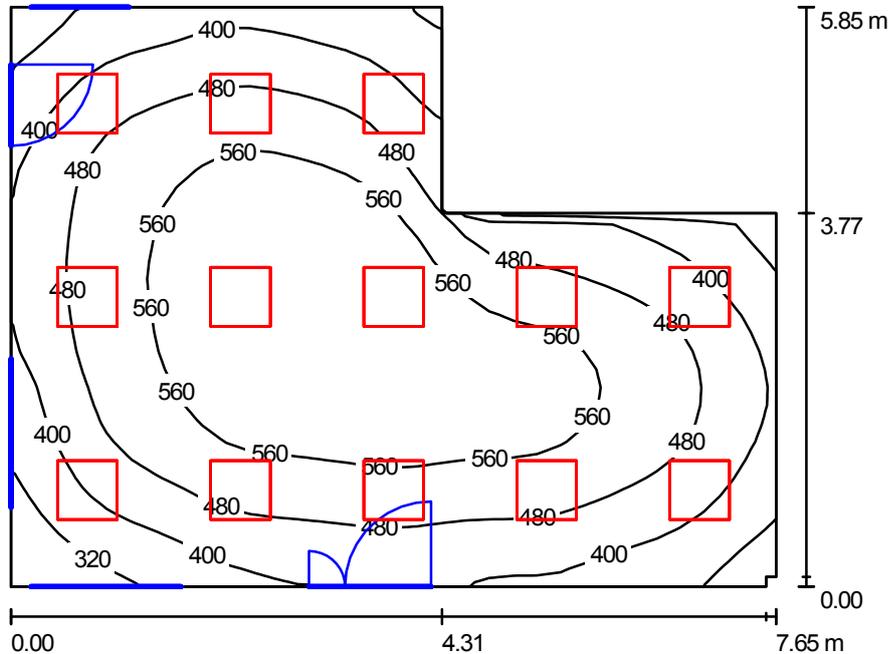
$E_{\min} / E_{\max}$ : 0.602 (1:2)

Valor de eficiencia energética: 12.72 W/m<sup>2</sup> = 4.08 W/m<sup>2</sup>/100 lx (Base: 2.51 m<sup>2</sup>)



Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

## Recepción / Resumen



Altura del local: 3.000 m, Altura de montaje: 3.080 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:76

Superficie	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano útil	/	484	254	622	0.526
Suelo	20	419	253	547	0.606
Techo	70	100	76	182	0.761
Paredes (8)	50	226	85	821	/

**Plano útil:**

Altura: 0.850 m  
Trama: 32 x 32 Puntos  
Zona marginal: 0.000 m

**Lista de piezas - Luminarias**

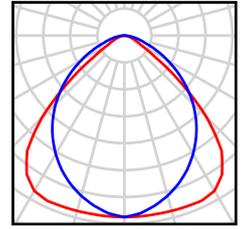
Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	$\Phi$ (Luminaria) [lm]	$\Phi$ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	13	Philips TBS165 G 3xTL5-14W HFS M2 (1.000)	2250	3750	48.0
			Total: 29250	Total: 48750	624.0

Valor de eficiencia energética:  $16.51 \text{ W/m}^2 = 3.41 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $37.80 \text{ m}^2$ )

Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

## Recepción / Lista de luminarias

13 Pieza Philips TBS165 G 3xTL5-14W HFS M2  
N° de artículo:  
Flujo luminoso (Luminaria): 2250 lm  
Flujo luminoso (Lámparas): 3750 lm  
Potencia de las luminarias: 48.0 W  
Clasificación luminarias según CIE: 100  
Código CIE Flux: 61 92 99 100 60  
Lámpara: 3 x TL5-14W/840 (Factor de corrección 1.000).



Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

## Recepción / Resultados luminotécnicos

Flujo luminoso total: 29250 lm  
Potencia total: 624.0 W  
Factor mantenimiento: 0.80  
Zona marginal: 0.000 m

Superficie	Intensidades lumínicas medias [lx]			Grado de reflexión [%]	Densidad lumínica media [cd/m <sup>2</sup> ]
	directo	indirecto	total		
Plano útil	393	91	484	/	/
Suelo	323	96	419	20	27
Techo	0.00	100	100	70	22
Pared 1	128	88	216	50	34
Pared 2	78	91	170	50	27
Pared 3	79	95	174	50	28
Pared 4	140	88	229	50	36
Pared 5	140	94	234	50	37
Pared 6	160	93	253	50	40
Pared 7	124	92	216	50	34
Pared 8	144	87	231	50	37

Simetrías en el plano útil

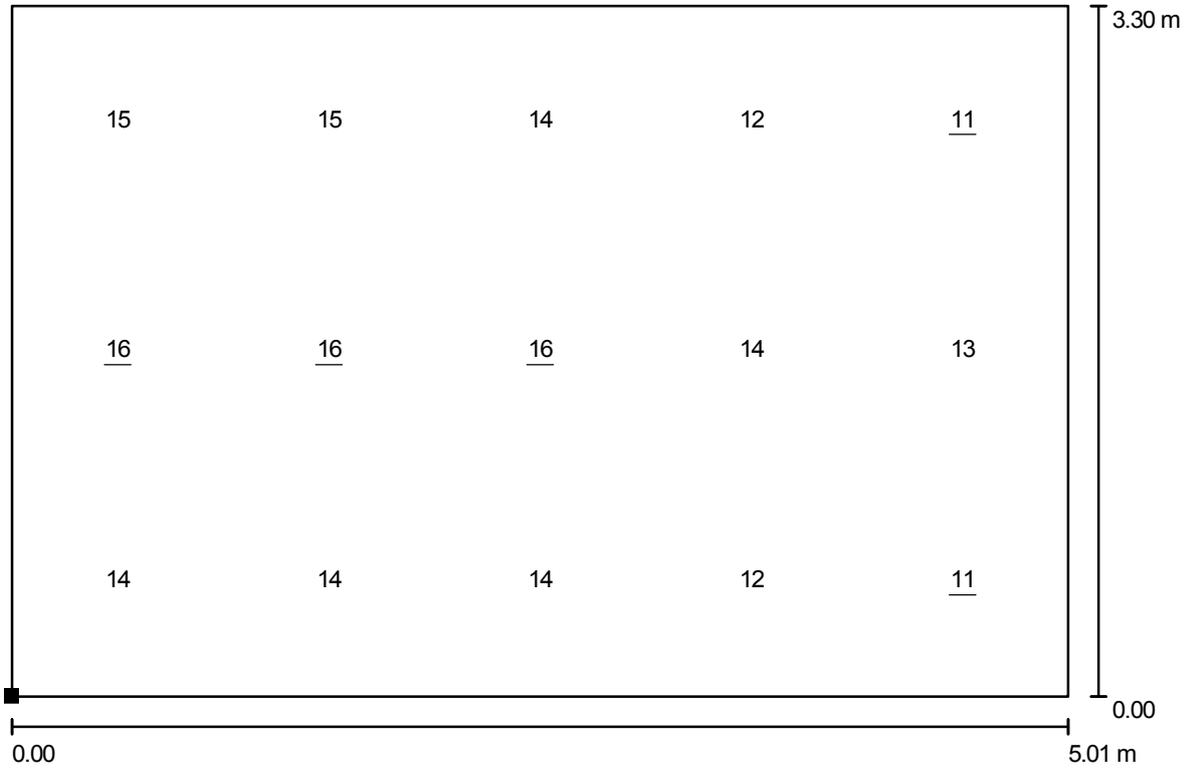
$E_{\min} / E_m$ : 0.526 (1:2)

$E_{\min} / E_{\max}$ : 0.409 (1:2)

Valor de eficiencia energética:  $16.51 \text{ W/m}^2 = 3.41 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $37.80 \text{ m}^2$ )

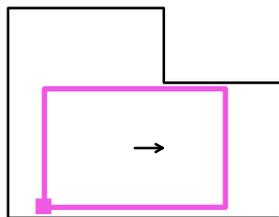
Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

**Recepción / Superficie de cálculo UGR 1 / Gráfico de valores (UGR)**



Escala 1 : 36

Situación de la superficie en el local:  
Punto marcado:  
(33.803 m, 12.500 m, 1.200 m)



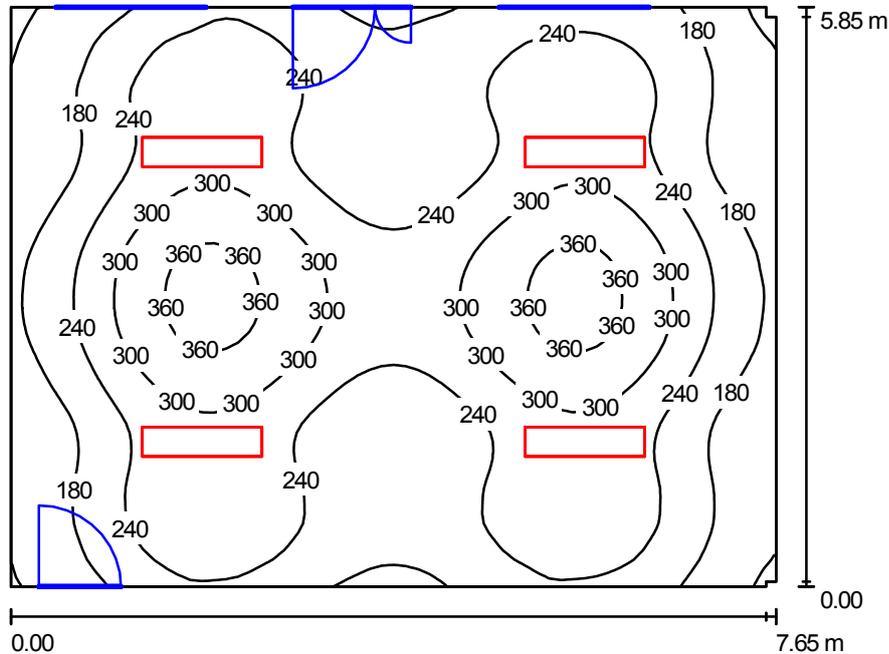
Trama: 5 x 3 Puntos

Min  
11

Max  
16

Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

## Sala descanso 1 / Resumen



Altura del local: 3.000 m, Altura de montaje: 3.051 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:76

Superficie	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano útil	/	244	107	383	0.440
Suelo	20	212	120	308	0.566
Techo	70	40	27	46	0.685
Paredes (8)	50	83	24	187	/

**Plano útil:**

Altura: 0.850 m  
Trama: 64 x 64 Puntos  
Zona marginal: 0.000 m

**Lista de piezas - Luminarias**

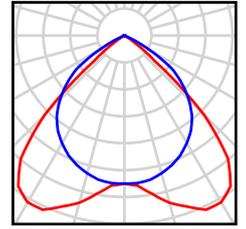
Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	$\Phi$ (Luminaria) [lm]	$\Phi$ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	4	Philips TBS165 G 2xTL5-28W HFS C6 (1.000)	3675	5250	62.0
			Total: 14700	Total: 21000	248.0

Valor de eficiencia energética:  $5.54 \text{ W/m}^2 = 2.28 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $44.74 \text{ m}^2$ )

Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

## Sala descanso 1 / Lista de luminarias

4 Pieza Philips TBS165 G 2xTL5-28W HFS C6  
N° de artículo:  
Flujo luminoso (Luminaria): 3675 lm  
Flujo luminoso (Lámparas): 5250 lm  
Potencia de las luminarias: 62.0 W  
Clasificación luminarias según CIE: 100  
Código CIE Flux: 66 99 100 100 70  
Lámpara: 2 x TL5-28W/840 (Factor de corrección 1.000).



Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

## Sala descanso 1 / Resultados luminotécnicos

Flujo luminoso total: 14700 lm  
Potencia total: 248.0 W  
Factor mantenimiento: 0.80  
Zona marginal: 0.000 m

Superficie	Intensidades lumínicas medias [lx]			Grado de reflexión [%]	Densidad lumínica media [cd/m <sup>2</sup> ]
	directo	indirecto	total		
Plano útil	211	32	244	/	/
Superficie de cálculo 1	246	30	276	/	/
Suelo	173	39	212	20	13
Techo	0.00	40	40	70	8.84
Pared 1	52	37	89	50	14
Pared 2	27	35	62	50	9.84
Pared 3	22	35	57	50	9.10
Pared 4	47	37	84	50	13
Pared 5	22	36	59	50	9.34
Pared 6	28	36	63	50	10
Pared 7	42	36	79	50	12
Pared 8	46	37	83	50	13

Simetrías en el plano útil

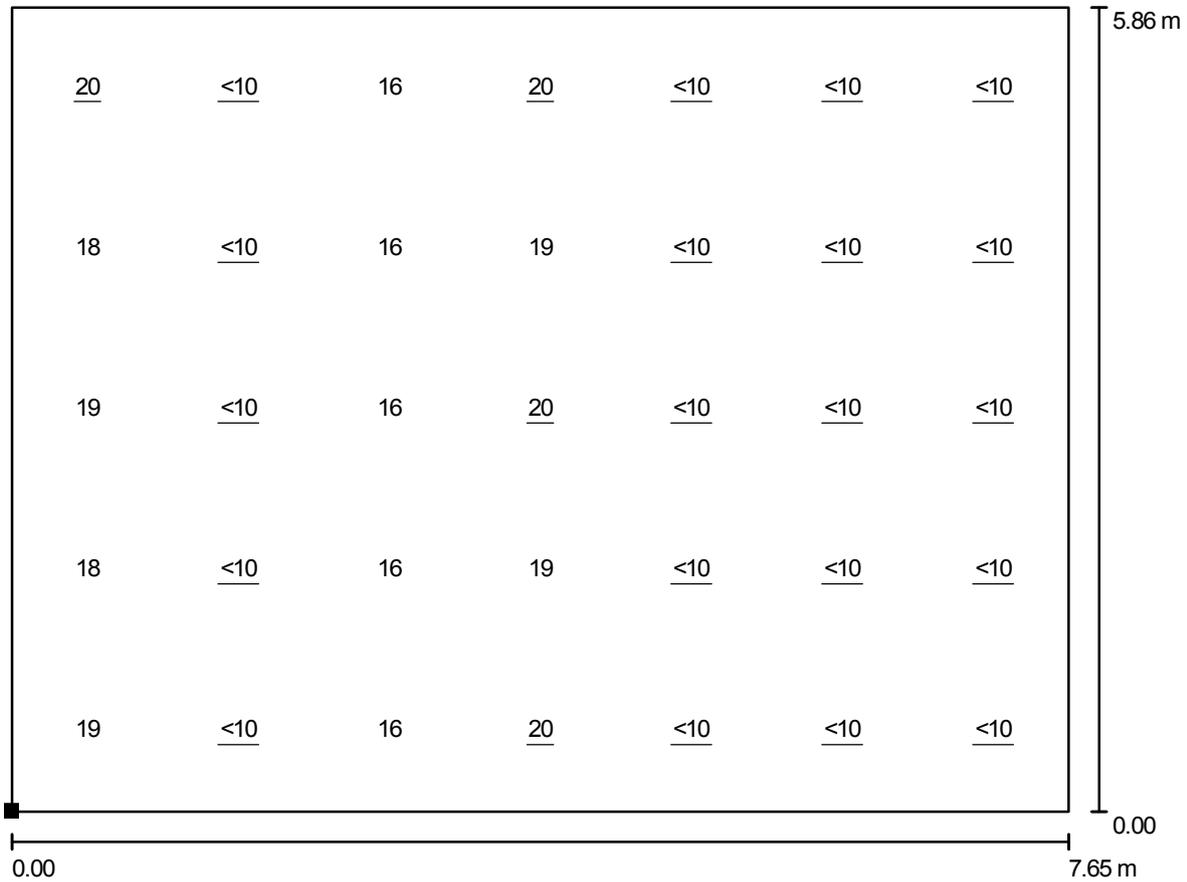
$E_{\min} / E_m$ : 0.440 (1:2)

$E_{\min} / E_{\max}$ : 0.280 (1:4)

Valor de eficiencia energética:  $5.54 \text{ W/m}^2 = 2.28 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $44.74 \text{ m}^2$ )

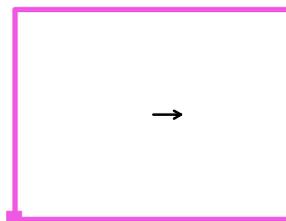
Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

**Sala descanso 1 / Superficie de cálculo UGR 1 / Gráfico de valores (UGR)**



Escala 1 : 55

Situación de la superficie en el local:  
Punto marcado:  
(32.795 m, 18.250 m, 1.200 m)



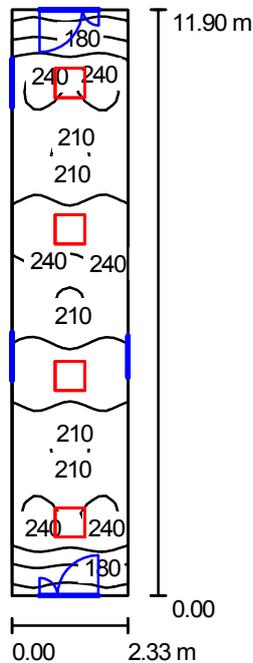
Trama: 7 x 5 Puntos

Min  
/

Max  
20

Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

## Pasillo vestuarios / Resumen



Altura del local: 3.000 m, Altura de montaje: 3.051 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:153

Superficie	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano útil	/	223	134	271	0.600
Suelo	20	172	121	205	0.702
Techo	70	42	30	49	0.716
Paredes (4)	50	98	30	212	/

Plano útil:	UGR	Longi-	Tran	al eje de luminaria
Altura: 0.850 m	Pared izq	14	15	
Trama: 64 x 16 Puntos	Pared inferior	14	15	
Zona marginal: 0.000 m	(CIE, SHR = 0.25.)			

### Lista de piezas - Luminarias

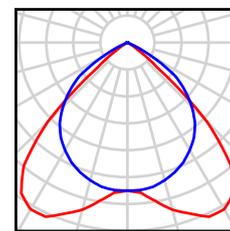
Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	$\Phi$ (Luminaria) [lm]	$\Phi$ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	4	Philips TBS165 G 3xTL5-14W HFS C6 (1.000)	2625	3750	48.0
			Total: 10500	Total: 15000	192.0

Valor de eficiencia energética:  $6.92 \text{ W/m}^2 = 3.11 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $27.73 \text{ m}^2$ )

Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

## Pasillo vestuarios / Lista de luminarias

4 Pieza Philips TBS165 G 3xTL5-14W HFS C6  
N° de artículo:  
Flujo luminoso (Luminaria): 2625 lm  
Flujo luminoso (Lámparas): 3750 lm  
Potencia de las luminarias: 48.0 W  
Clasificación luminarias según CIE: 100  
Código CIE Flux: 66 99 100 100 70  
Lámpara: 3 x TL5-14W/840 (Factor de corrección 1.000).



Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

## Pasillo vestuarios / Resultados luminotécnicos

Flujo luminoso total: 10500 lm  
Potencia total: 192.0 W  
Factor mantenimiento: 0.80  
Zona marginal: 0.000 m

Superficie	Intensidades lumínicas medias [lx]			Grado de reflexión [%]	Densidad lumínica media [cd/m <sup>2</sup> ]
	directo	indirecto	total		
Plano útil	176	46	223	/	/
Suelo	122	50	172	20	11
Techo	0.00	42	42	70	9.30
Pared 1	39	39	78	50	12
Pared 2	59	43	103	50	16
Pared 3	42	39	81	50	13
Pared 4	57	43	100	50	16

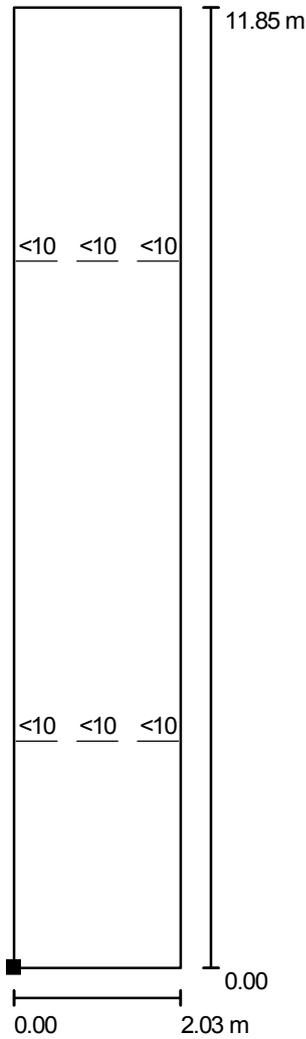
Simetrías en el plano útil  
 $E_{\min} / E_m$ : 0.600 (1:2)  
 $E_{\min} / E_{\max}$ : 0.493 (1:2)

**UGR** Longi- Tran al eje de luminaria  
Pared izq 14 15  
Pared inferior 14 15  
(CIE, SHR = 0.25.)

Valor de eficiencia energética:  $6.92 \text{ W/m}^2 = 3.11 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $27.73 \text{ m}^2$ )

Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

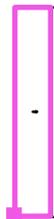
**Pasillo vestuarios / Superficie de cálculo UGR 1 / Gráfico de valores (UGR)**



Escala 1 : 93

No pudieron representarse todos los valores calculados.

Situación de la superficie en el local:  
Punto marcado:  
(30.265 m, 12.255 m, 1.200 m)



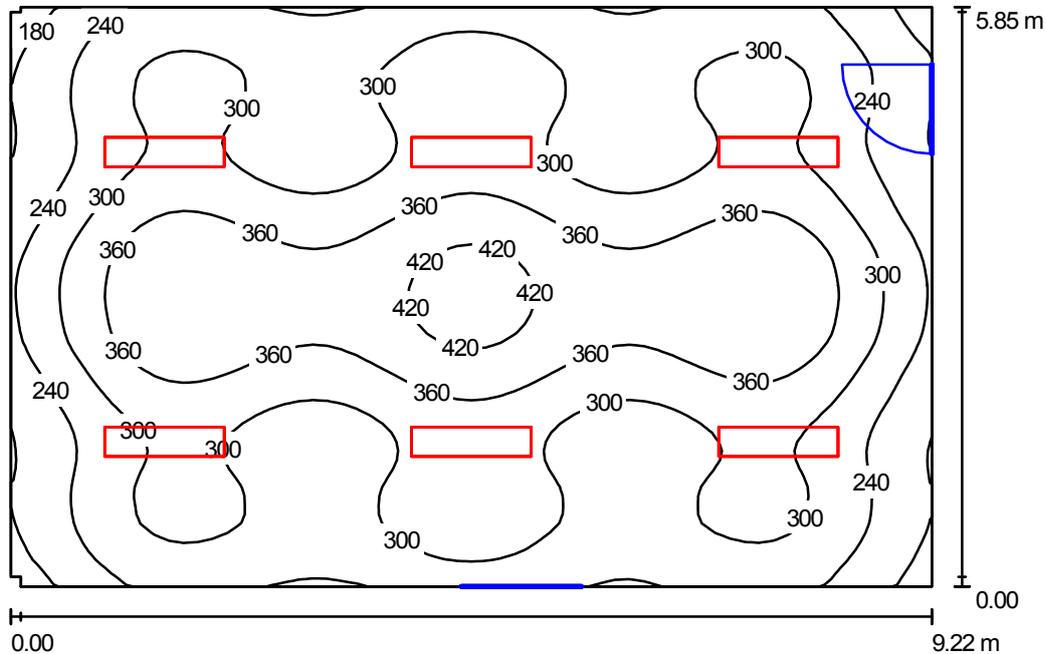
Trama: 2 x 11 Puntos

Min  
/

Max  
15

Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

## Vestuario hombres / Resumen



Altura del local: 3.000 m, Altura de montaje: 3.051 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:76

Superficie	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano útil	/	306	155	445	0.508
Suelo	20	269	154	396	0.571
Techo	70	53	38	60	0.723
Paredes (8)	50	113	30	208	/

### Plano útil:

Altura: 0.850 m  
Trama: 64 x 64 Puntos  
Zona marginal: 0.000 m

### Lista de piezas - Luminarias

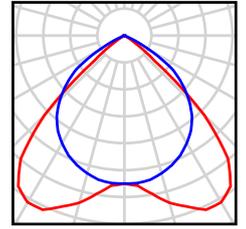
Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	$\Phi$ (Luminaria) [lm]	$\Phi$ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	6	Philips TBS165 G 2xTL5-28W HFS C6 (1.000)	3675	5250	62.0
			Total: 22050	Total: 31500	372.0

Valor de eficiencia energética:  $6.90 \text{ W/m}^2 = 2.25 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $53.92 \text{ m}^2$ )

Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

## Vestuario hombres / Lista de luminarias

6 Pieza Philips TBS165 G 2xTL5-28W HFS C6  
N° de artículo:  
Flujo luminoso (Luminaria): 3675 lm  
Flujo luminoso (Lámparas): 5250 lm  
Potencia de las luminarias: 62.0 W  
Clasificación luminarias según CIE: 100  
Código CIE Flux: 66 99 100 100 70  
Lámpara: 2 x TL5-28W/840 (Factor de corrección 1.000).



Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

## Vestuario hombres / Resultados luminotécnicos

Flujo luminoso total: 22050 lm  
Potencia total: 372.0 W  
Factor mantenimiento: 0.80  
Zona marginal: 0.000 m

Superficie	Intensidades lumínicas medias [lx]			Grado de reflexión [%]	Densidad lumínica media [cd/m <sup>2</sup> ]
	directo	indirecto	total		
Plano útil	262	45	306	/	/
Suelo	219	50	269	20	17
Techo	0.00	53	53	70	12
Pared 1	65	48	113	50	18
Pared 2	62	49	111	50	18
Pared 3	65	49	113	50	18
Pared 4	33	47	80	50	13
Pared 5	33	46	78	50	12
Pared 6	65	48	113	50	18
Pared 7	34	47	81	50	13
Pared 8	34	47	81	50	13

Simetrías en el plano útil

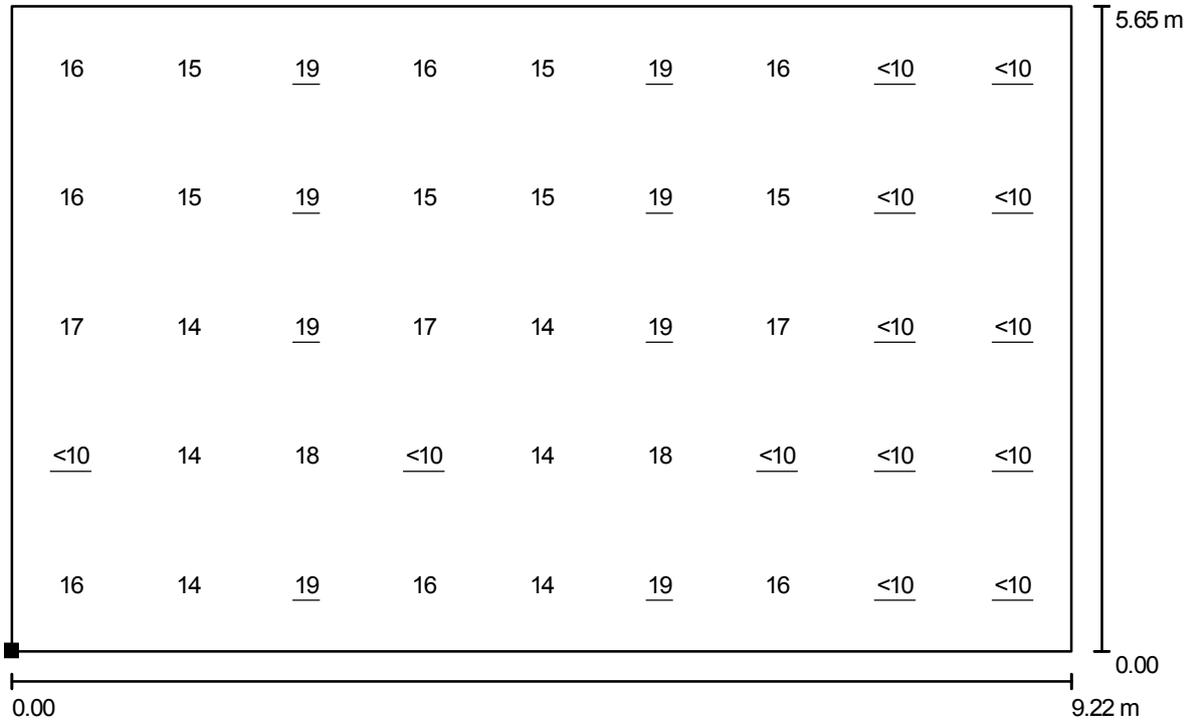
$E_{\min} / E_m$ : 0.508 (1:2)

$E_{\min} / E_{\max}$ : 0.350 (1:3)

Valor de eficiencia energética:  $6.90 \text{ W/m}^2 = 2.25 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $53.92 \text{ m}^2$ )

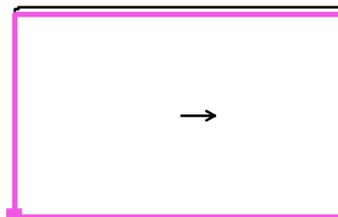
Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

**Vestuario hombres / Superficie de cálculo UGR 1 / Gráfico de valores (UGR)**



Escala 1 : 66

Situación de la superficie en el local:  
Punto marcado:  
(20.845 m, 12.200 m, 1.200 m)



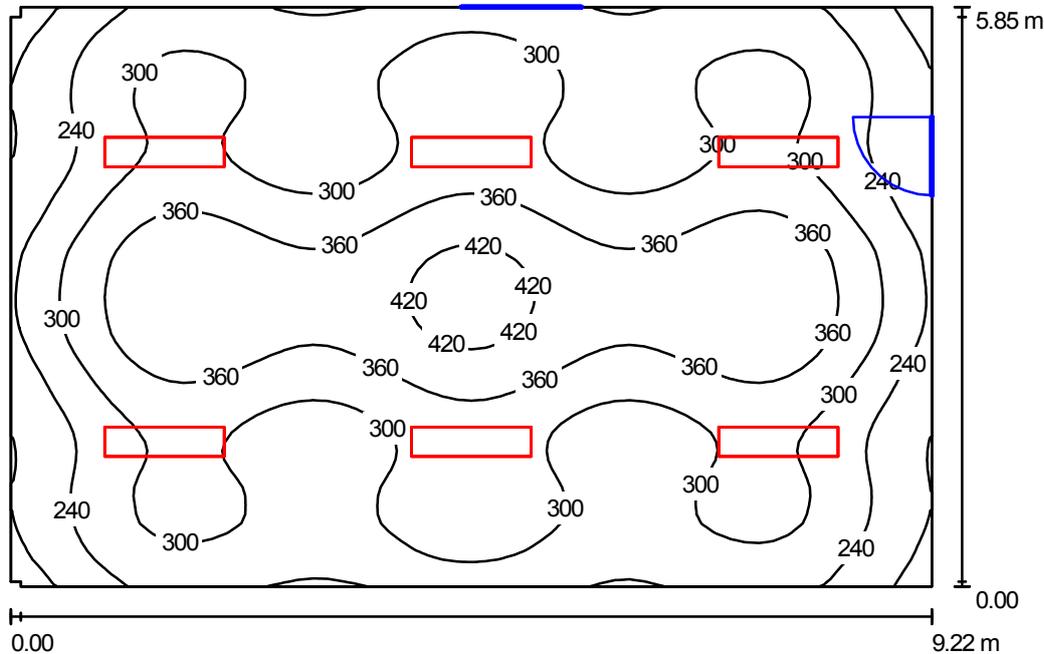
Trama: 9 x 5 Puntos

Min  
/

Max  
19

Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

## Vestuario mujeres / Resumen



Altura del local: 3.000 m, Altura de montaje: 3.051 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:76

Superficie	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano útil	/	306	155	445	0.507
Suelo	20	270	156	397	0.578
Techo	70	53	38	60	0.712
Paredes (8)	50	113	30	208	/

### Plano útil:

Altura: 0.850 m  
Trama: 64 x 64 Puntos  
Zona marginal: 0.000 m

### Lista de piezas - Luminarias

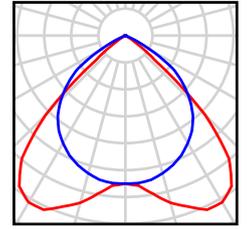
Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	$\Phi$ (Luminaria) [lm]	$\Phi$ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	6	Philips TBS165 G 2xTL5-28W HFS C6 (1.000)	3675	5250	62.0
			Total: 22050	Total: 31500	372.0

Valor de eficiencia energética:  $6.90 \text{ W/m}^2 = 2.25 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $53.92 \text{ m}^2$ )

Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

## Vestuario mujeres / Lista de luminarias

6 Pieza Philips TBS165 G 2xTL5-28W HFS C6  
N° de artículo:  
Flujo luminoso (Luminaria): 3675 lm  
Flujo luminoso (Lámparas): 5250 lm  
Potencia de las luminarias: 62.0 W  
Clasificación luminarias según CIE: 100  
Código CIE Flux: 66 99 100 100 70  
Lámpara: 2 x TL5-28W/840 (Factor de corrección 1.000).



Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

## Vestuario mujeres / Resultados luminotécnicos

Flujo luminoso total: 22050 lm  
Potencia total: 372.0 W  
Factor mantenimiento: 0.80  
Zona marginal: 0.000 m

Superficie	Intensidades lumínicas medias [lx]			Grado de reflexión [%]	Densidad lumínica media [cd/m <sup>2</sup> ]
	directo	indirecto	total		
Plano útil	262	45	306	/	/
Suelo	219	51	270	20	17
Techo	0.00	53	53	70	12
Pared 1	33	47	79	50	13
Pared 2	33	49	82	50	13
Pared 3	65	48	113	50	18
Pared 4	63	48	112	50	18
Pared 5	65	49	114	50	18
Pared 6	34	48	82	50	13
Pared 7	34	47	81	50	13
Pared 8	65	48	114	50	18

Simetrías en el plano útil

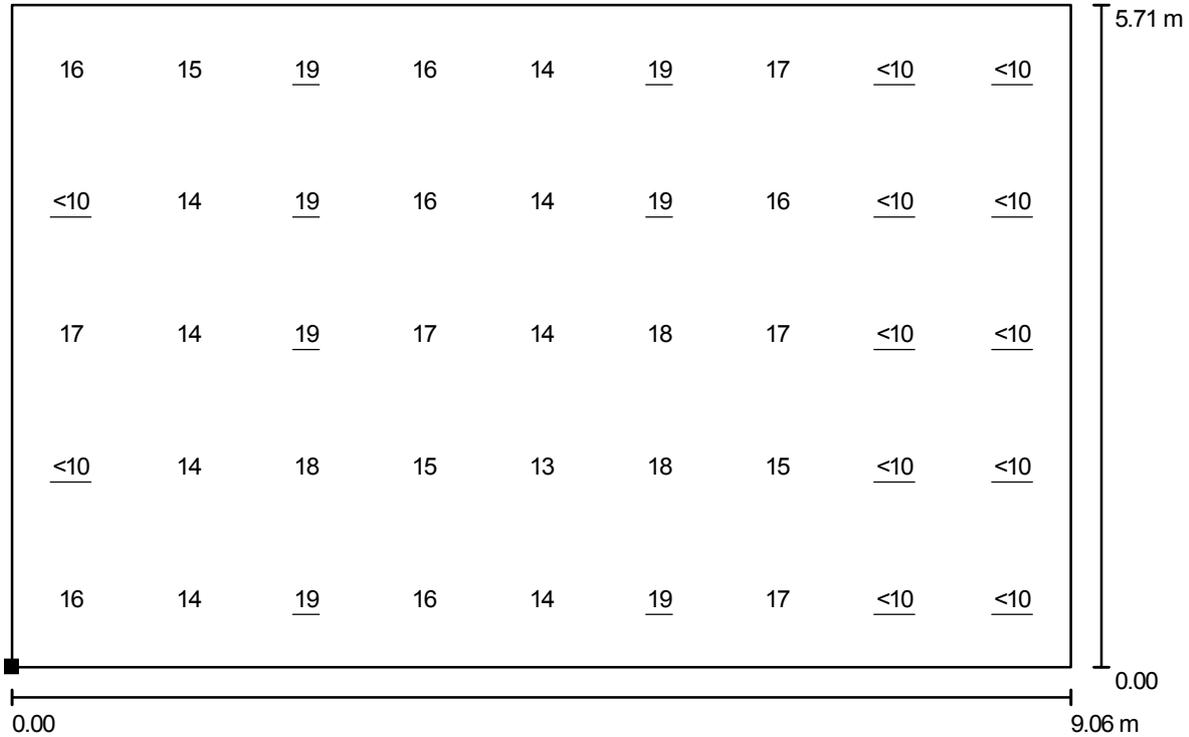
$E_{\min} / E_m$ : 0.507 (1:2)

$E_{\min} / E_{\max}$ : 0.349 (1:3)

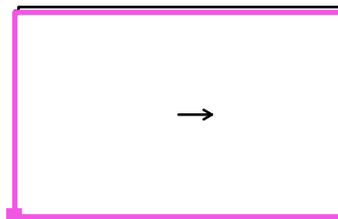
Valor de eficiencia energética:  $6.90 \text{ W/m}^2 = 2.25 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $53.92 \text{ m}^2$ )

Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

**Vestuario mujeres / Superficie de cálculo UGR 1 / Gráfico de valores (UGR)**



Situación de la superficie en el local:  
Punto marcado:  
(20.845 m, 18.248 m, 1.200 m)



Trama: 9 x 5 Puntos

Min  
/

Max  
19

## Iluminación zona de producción

Contacto:  
N° de encargo:  
Empresa:  
N° de cliente:

Fecha: 10.07.2013  
Proyecto elaborado por:

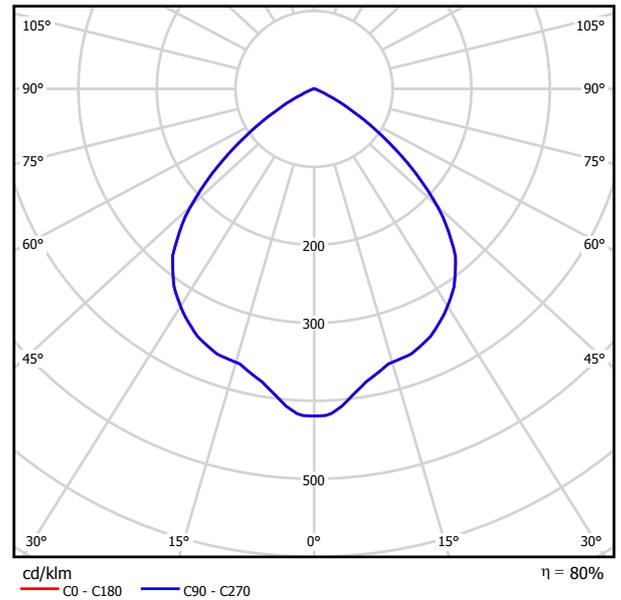
Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

**Philips HPK380 1xHPI-P250W-BU P-WB +GPK380 R D465 +GC / Hoja de datos de luminarias**



Clasificación luminarias según CIE: 100  
Código CIE Flux: 66 98 100 100 79

Emisión de luz 1:



Emisión de luz 1:

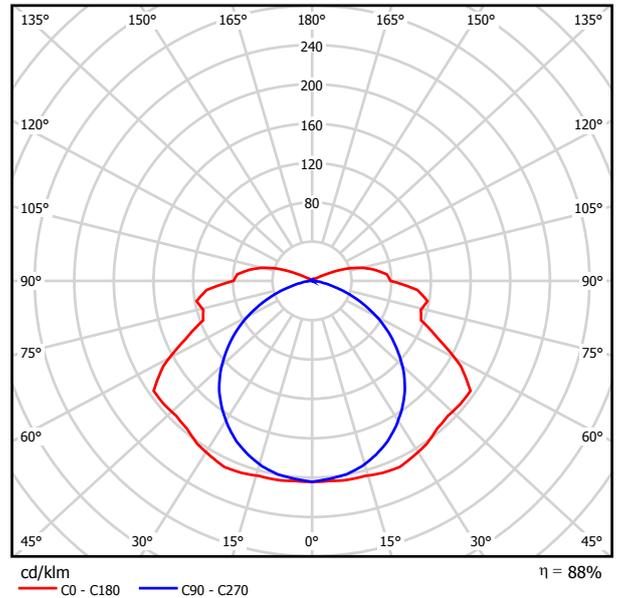
Valoración de deslumbramiento según UGR											
n Techo	70	70	50	50	30	70	70	50	50	30	
n Paredes	50	30	50	30	30	50	30	50	30	30	
n Suelo	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	
Tamaño del local X Y	Mirado en perpendicular al eje de lámpara					Mirado longitudinalmente al eje de lámpara					
2H	2H	22.6	23.6	22.9	23.8	24.1	22.6	23.6	22.9	23.8	24.1
	3H	22.5	23.4	22.8	23.7	23.9	22.5	23.4	22.8	23.7	23.9
	4H	22.4	23.3	22.7	23.6	23.8	22.4	23.3	22.7	23.6	23.8
	6H	22.4	23.1	22.7	23.4	23.7	22.4	23.1	22.7	23.4	23.7
	8H	22.3	23.1	22.7	23.4	23.7	22.3	23.1	22.7	23.4	23.7
4H	12H	22.3	23.0	22.6	23.3	23.6	22.3	23.0	22.6	23.3	23.6
	2H	22.6	23.4	22.9	23.7	24.0	22.6	23.4	22.9	23.7	24.0
	3H	22.5	23.2	22.9	23.5	23.8	22.5	23.2	22.9	23.5	23.8
	4H	22.4	23.1	22.8	23.4	23.8	22.4	23.1	22.8	23.4	23.8
	6H	22.4	22.9	22.8	23.3	23.7	22.4	22.9	22.8	23.3	23.7
8H	8H	22.3	22.8	22.8	23.2	23.6	22.3	22.8	22.8	23.2	23.6
	12H	22.3	22.7	22.7	23.1	23.6	22.3	22.7	22.7	23.1	23.6
	4H	22.3	22.8	22.8	23.2	23.6	22.3	22.8	22.8	23.2	23.6
	6H	22.3	22.7	22.7	23.1	23.5	22.3	22.7	22.7	23.1	23.5
	8H	22.2	22.6	22.7	23.0	23.5	22.2	22.6	22.7	23.0	23.5
12H	12H	22.2	22.5	22.7	22.9	23.4	22.2	22.5	22.7	22.9	23.4
	4H	22.3	22.7	22.7	23.1	23.6	22.3	22.7	22.7	23.1	23.6
	6H	22.2	22.6	22.7	23.0	23.5	22.2	22.6	22.7	23.0	23.5
	8H	22.2	22.5	22.7	22.9	23.4	22.2	22.5	22.7	22.9	23.4
	Variación de la posición del espectador para separaciones S entre luminarias										
S = 1.0H	+1.0 / -1.6					+1.0 / -1.6					
S = 1.5H	+2.0 / -6.1					+2.0 / -6.1					
S = 2.0H	+3.8 / -11.2					+3.8 / -11.2					
Tabla estándar Sumando de corrección	BK00 3.3					BK00 3.3					
Índice de deslumbramiento corregido en relación a 18000lm Flujo luminoso total											

Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

Philips TCW216 2xTL5-28W HFP / Hoja de datos de luminarias



Emisión de luz 1:



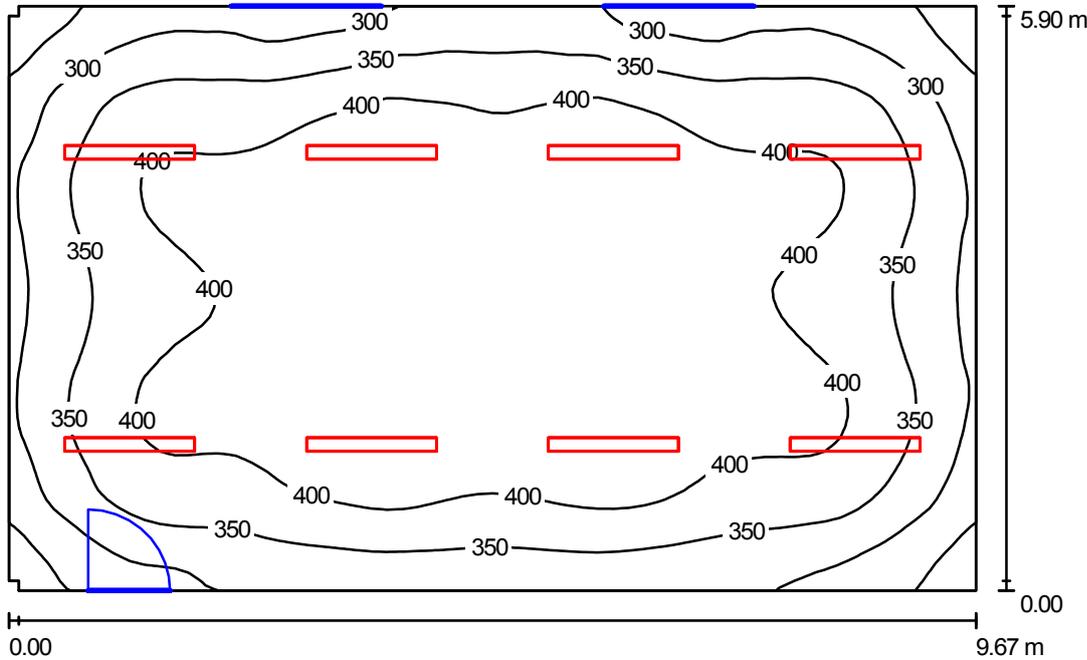
Clasificación luminarias según CIE: 91  
Código CIE Flux: 37 67 87 91 88

Emisión de luz 1:

Valoración de deslumbramiento según UGR											
ρ Techo	70	70	50	50	30	70	70	50	50	30	
ρ Paredes	50	30	50	30	30	50	30	50	30	30	
ρ Suelo	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	
Tamaño del local X Y	Mirado en perpendicular al eje de lámpara					Mirado longitudinalmente al eje de lámpara					
2H	2H	19.3	20.6	19.7	21.0	21.4	16.7	18.1	17.1	18.5	18.9
	3H	21.0	22.2	21.5	22.7	23.1	17.9	19.2	18.4	19.6	20.0
	4H	22.0	23.2	22.5	23.6	24.1	18.3	19.5	18.8	19.9	20.4
	6H	23.3	24.3	23.7	24.8	25.3	18.5	19.6	19.0	20.0	20.6
	8H	23.9	25.0	24.4	25.4	26.0	18.5	19.6	19.0	20.0	20.6
12H	24.6	25.6	25.1	26.1	26.6	18.5	19.5	19.0	20.0	20.6	
4H	2H	19.8	21.0	20.3	21.4	21.9	18.0	19.2	18.5	19.6	20.1
	3H	21.8	22.8	22.3	23.3	23.8	19.5	20.5	20.0	21.0	21.5
	4H	23.0	23.9	23.5	24.4	24.9	20.0	20.9	20.6	21.4	22.0
	6H	24.5	25.3	25.0	25.8	26.4	20.3	21.1	20.9	21.7	22.3
	8H	25.3	26.0	25.8	26.6	27.2	20.4	21.2	21.0	21.7	22.3
12H	26.0	26.7	26.6	27.3	27.9	20.5	21.2	21.0	21.7	22.3	
8H	4H	23.2	24.0	23.8	24.5	25.2	20.8	21.5	21.3	22.1	22.7
	6H	25.0	25.7	25.6	26.2	26.9	21.4	22.0	22.0	22.6	23.2
	8H	26.0	26.6	26.6	27.2	27.8	21.6	22.2	22.2	22.8	23.4
	12H	27.0	27.5	27.6	28.1	28.8	21.8	22.2	22.4	22.9	23.6
	12H	27.0	27.5	27.6	28.1	28.8	21.8	22.2	22.4	22.9	23.6
12H	4H	23.2	23.9	23.8	24.5	25.1	21.0	21.7	21.6	22.2	22.9
	6H	25.1	25.7	25.7	26.3	26.9	21.8	22.4	22.4	23.0	23.6
	8H	26.2	26.7	26.8	27.3	28.0	22.2	22.7	22.8	23.3	24.0
Variación de la posición del espectador para separaciones S entre luminarias											
S = 1.0H	+0.1 / -0.1					+0.1 / -0.1					
S = 1.5H	+0.3 / -0.2					+0.2 / -0.4					
S = 2.0H	+0.4 / -0.5					+0.6 / -0.9					
Tabla estándar	BK10					BK14					
Sumando de corrección	9.7					5.0					
Índice de deslumbramiento corregido en relación a 5250lm Flujo luminoso total											

Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

Taller / Resumen



Altura del local: 3.000 m, Altura de montaje: 3.000 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:76

Superficie	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano útil	/	374	219	453	0.585
Suelo	20	319	213	380	0.668
Techo	70	138	90	298	0.652
Paredes (8)	50	257	152	387	/

Plano útil:

Altura: 0.850 m  
Trama: 64 x 64 Puntos  
Zona marginal: 0.000 m

Lista de piezas - Luminarias

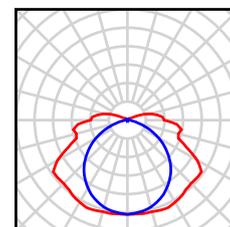
Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	$\Phi$ (Luminaria) [lm]	$\Phi$ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	8	Philips TCW216 2xTL5-28W HFP (1.000)	4620	5250	62.0
			Total: 36960	Total: 42000	496.0

Valor de eficiencia energética:  $8.69 \text{ W/m}^2 = 2.33 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $57.06 \text{ m}^2$ )

Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

## Taller / Lista de luminarias

8 Pieza Philips TCW216 2xTL5-28W HFP  
N° de artículo:  
Flujo luminoso (Luminaria): 4620 lm  
Flujo luminoso (Lámparas): 5250 lm  
Potencia de las luminarias: 62.0 W  
Clasificación luminarias según CIE: 91  
Código CIE Flux: 37 67 87 91 88  
Lámpara: 2 x TL5-28W/840 (Factor de corrección 1.000).



Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

## Taller / Resultados luminotécnicos

Flujo luminoso total: 36960 lm  
Potencia total: 496.0 W  
Factor mantenimiento: 0.80  
Zona marginal: 0.000 m

Superficie	Intensidades lumínicas medias [lx]			Grado de reflexión [%]	Densidad lumínica media [cd/m <sup>2</sup> ]
	directo	indirecto	total		
Plano útil	264	110	374	/	/
Suelo	210	109	319	20	20
Techo	40	98	138	70	31
Pared 1	186	92	278	50	44
Pared 2	129	97	226	50	36
Pared 3	183	94	277	50	44
Pared 4	85	106	191	50	30
Pared 5	106	96	202	50	32
Pared 6	131	95	226	50	36
Pared 7	108	94	202	50	32
Pared 8	85	103	188	50	30

Simetrías en el plano útil

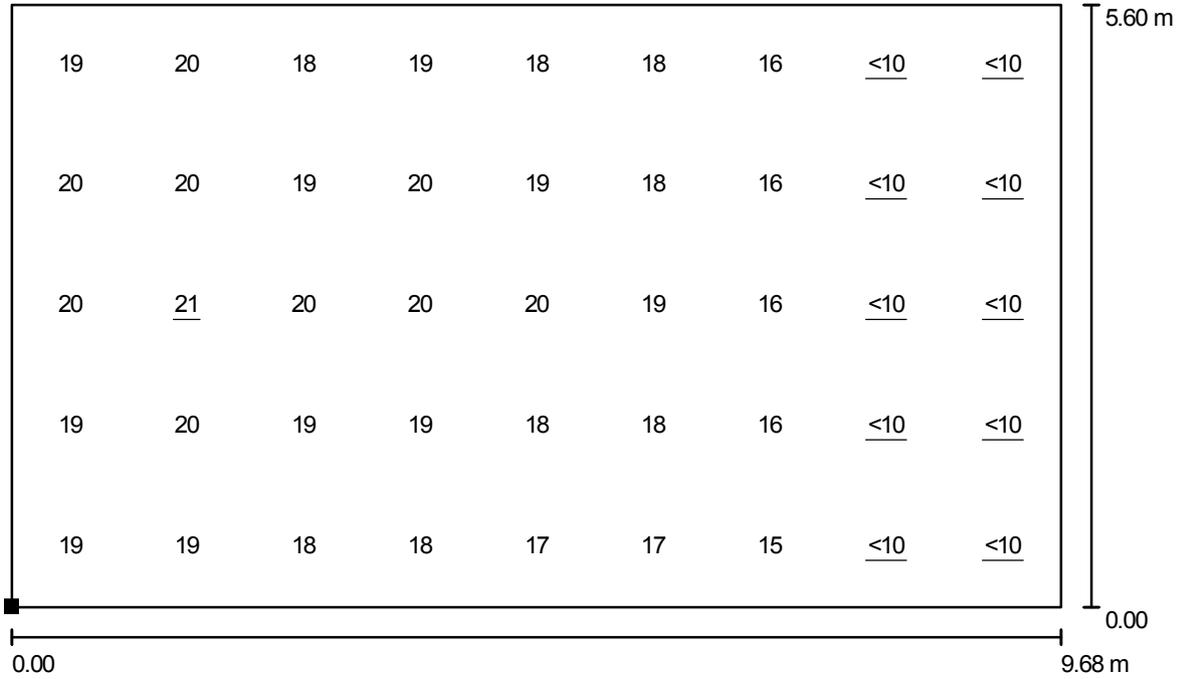
$E_{\min} / E_m$ : 0.585 (1:2)

$E_{\min} / E_{\max}$ : 0.483 (1:2)

Valor de eficiencia energética:  $8.69 \text{ W/m}^2 = 2.33 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $57.06 \text{ m}^2$ )

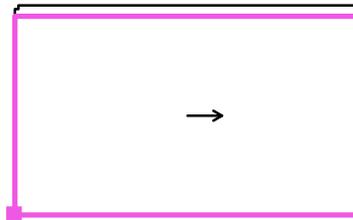
Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

**Taller / Superficie de cálculo UGR 1 / Gráfico de valores (UGR)**



Escala 1 : 70

Situación de la superficie en el local:  
Punto marcado:  
(0.845 m, 54.200 m, 1.200 m)



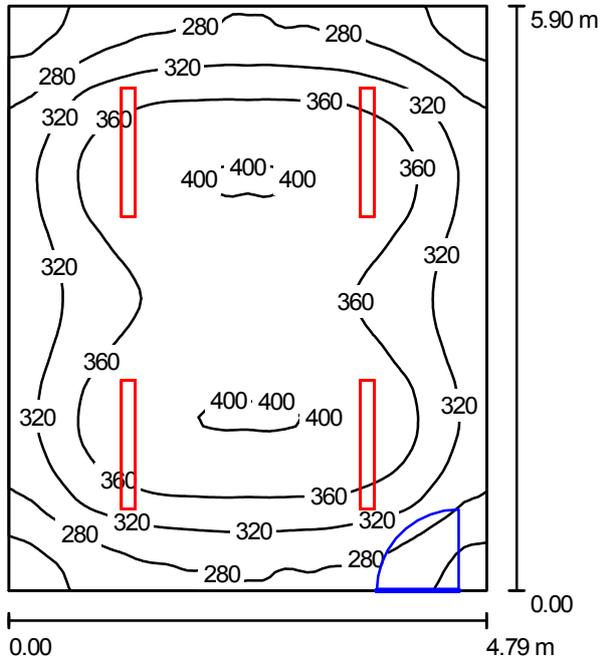
Trama: 9 x 5 Puntos

Min  
/

Max  
21

Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

## Sala de compresores / Resumen



Altura del local: 3.000 m, Altura de montaje: 3.000 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:76

Superficie	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano útil	/	337	218	403	0.647
Suelo	20	272	192	323	0.706
Techo	70	136	90	300	0.663
Paredes (4)	50	233	133	435	/

### Plano útil:

Altura: 0.850 m  
Trama: 64 x 64 Puntos  
Zona marginal: 0.000 m

### Lista de piezas - Luminarias

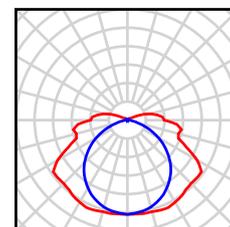
Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	$\Phi$ (Luminaria) [lm]	$\Phi$ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	4	Philips TCW216 2xTL5-28W HFP (1.000)	4620	5250	62.0
Total:			18480	21000	248.0

Valor de eficiencia energética:  $8.78 \text{ W/m}^2 = 2.61 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $28.25 \text{ m}^2$ )

Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

## Sala de compresores / Lista de luminarias

4 Pieza Philips TCW216 2xTL5-28W HFP  
N° de artículo:  
Flujo luminoso (Luminaria): 4620 lm  
Flujo luminoso (Lámparas): 5250 lm  
Potencia de las luminarias: 62.0 W  
Clasificación luminarias según CIE: 91  
Código CIE Flux: 37 67 87 91 88  
Lámpara: 2 x TL5-28W/840 (Factor de corrección 1.000).



Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

## Sala de compresores / Resultados luminotécnicos

Flujo luminoso total: 18480 lm  
Potencia total: 248.0 W  
Factor mantenimiento: 0.80  
Zona marginal: 0.000 m

Superficie	Intensidades lumínicas medias [lx]			Grado de reflexión [%]	Densidad lumínica media [cd/m <sup>2</sup> ]
	directo	indirecto	total		
Plano útil	226	111	337	/	/
Suelo	166	106	272	20	17
Techo	39	97	136	70	30
Pared 1	109	93	203	50	32
Pared 2	166	91	257	50	41
Pared 3	108	94	202	50	32
Pared 4	166	91	257	50	41

Simetrías en el plano útil

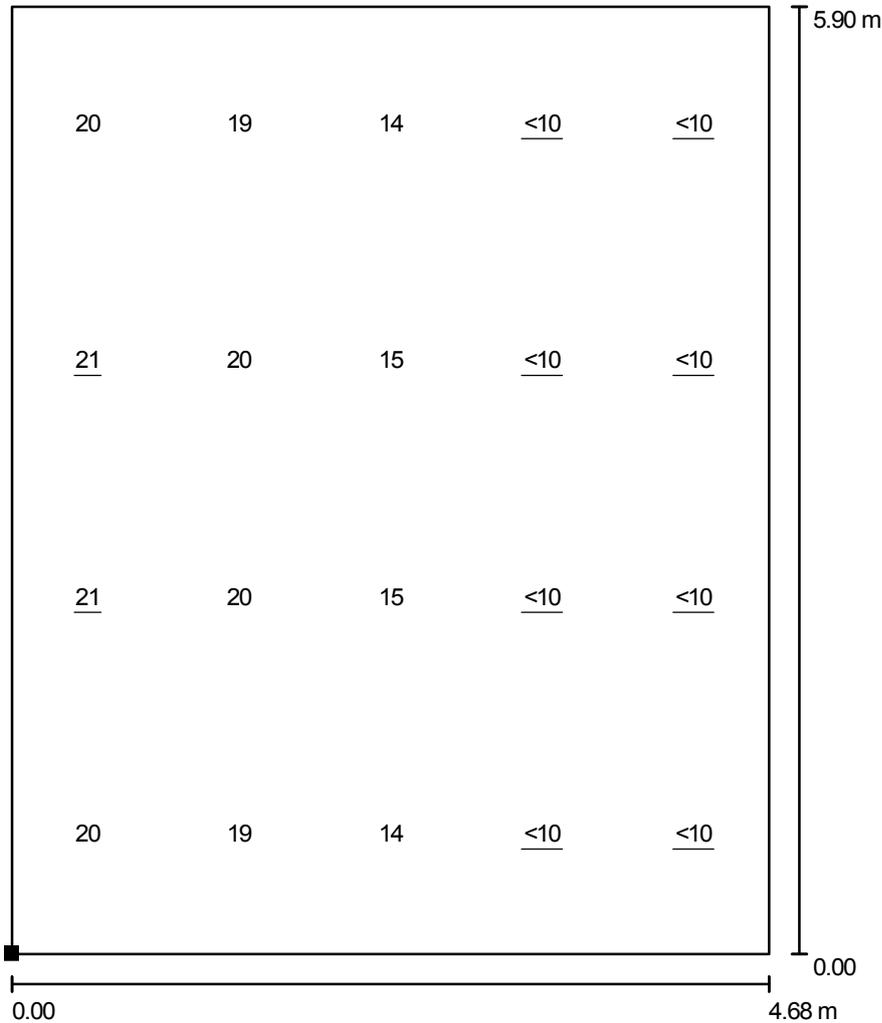
$E_{\min} / E_{\max}$ : 0.647 (1:2)

$E_{\min} / E_{\max}$ : 0.540 (1:2)

Valor de eficiencia energética:  $8.78 \text{ W/m}^2 = 2.61 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $28.25 \text{ m}^2$ )

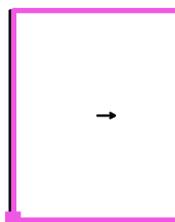
Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

**Sala de compresores / Superficie de cálculo UGR 1 / Gráfico de valores (UGR)**



Escala 1 : 47

Situación de la superficie en el local:  
Punto marcado:  
(10.832 m, 54.200 m, 1.200 m)



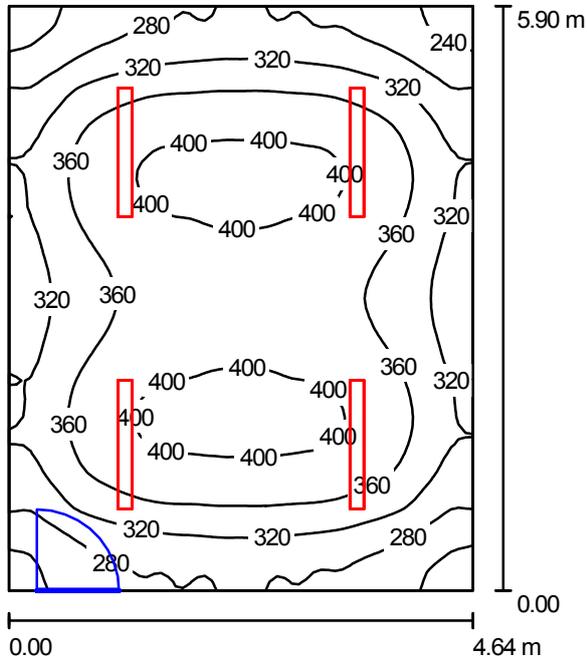
Trama: 4 x 5 Puntos

Min  
/

Max  
21

Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

## Sala del CGD / Resumen



Altura del local: 3.000 m, Altura de montaje: 3.000 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:76

Superficie	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano útil	/	344	223	413	0.647
Suelo	20	277	197	328	0.714
Techo	70	141	93	302	0.665
Paredes (4)	50	239	138	455	/

**Plano útil:**

Altura: 0.850 m  
Trama: 64 x 64 Puntos  
Zona marginal: 0.000 m

**Lista de piezas - Luminarias**

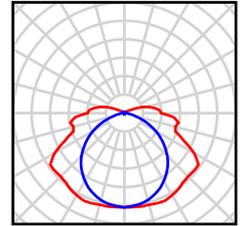
Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	$\Phi$ (Luminaria) [lm]	$\Phi$ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	4	Philips TCW216 2xTL5-28W HFP (1.000)	4620	5250	62.0
Total:			18480	Total: 21000	248.0

Valor de eficiencia energética:  $9.06 \text{ W/m}^2 = 2.63 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $27.36 \text{ m}^2$ )

Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

## Sala del CGD / Lista de luminarias

4 Pieza Philips TCW216 2xTL5-28W HFP  
N° de artículo:  
Flujo luminoso (Luminaria): 4620 lm  
Flujo luminoso (Lámparas): 5250 lm  
Potencia de las luminarias: 62.0 W  
Clasificación luminarias según CIE: 91  
Código CIE Flux: 37 67 87 91 88  
Lámpara: 2 x TL5-28W/840 (Factor de corrección 1.000).



Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

## Sala del CGD / Resultados luminotécnicos

Flujo luminoso total: 18480 lm  
Potencia total: 248.0 W  
Factor mantenimiento: 0.80  
Zona marginal: 0.000 m

Superficie	Intensidades lumínicas medias [lx]			Grado de reflexión [%]	Densidad lumínica media [cd/m <sup>2</sup> ]
	directo	indirecto	total		
Plano útil	230	114	344	/	/
Suelo	168	108	277	20	18
Techo	40	100	141	70	31
Pared 1	111	96	207	50	33
Pared 2	170	94	263	50	42
Pared 3	110	97	207	50	33
Pared 4	170	94	264	50	42

Simetrías en el plano útil

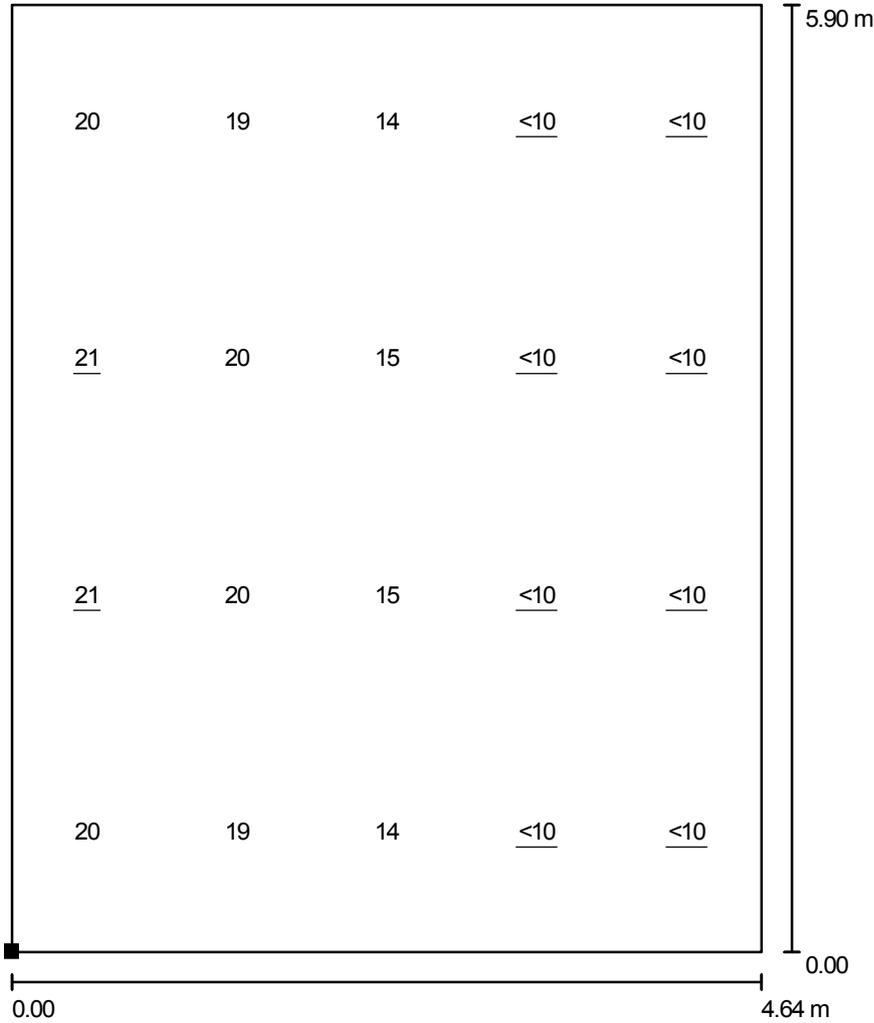
$E_{\min} / E_{\max}$ : 0.647 (1:2)

$E_{\min} / E_{\max}$ : 0.539 (1:2)

Valor de eficiencia energética:  $9.06 \text{ W/m}^2 = 2.63 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $27.36 \text{ m}^2$ )

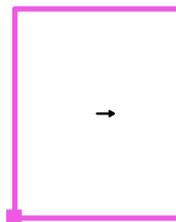
Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

**Sala del CGD / Superficie de cálculo UGR 1 / Gráfico de valores (UGR)**



Escala 1 : 47

Situación de la superficie en el local:  
Punto marcado:  
(15.707 m, 54.200 m, 1.200 m)



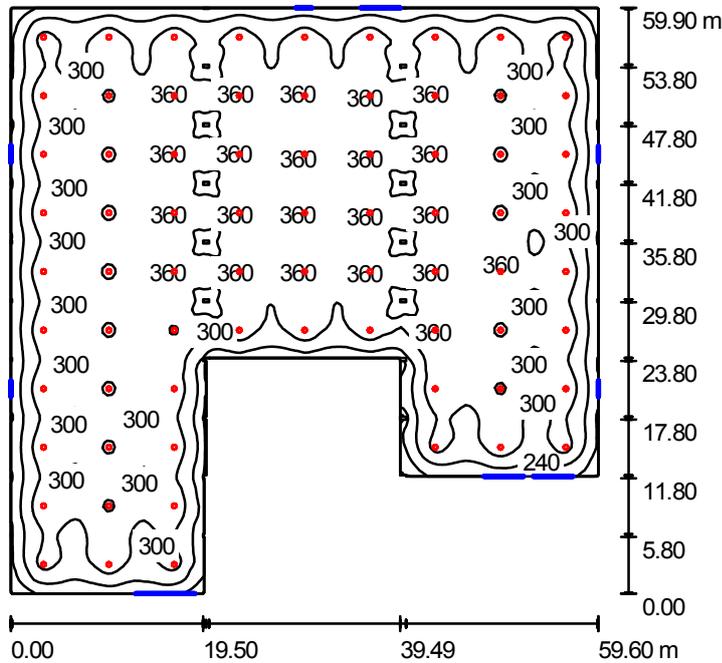
Trama: 4 x 5 Puntos

Min  
/

Max  
21

Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

Zona de producción / Resumen



Altura del local: 7.000 m, Altura de montaje: 6.400 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:770

Superficie	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano útil	/	303	119	384	0.393
Suelo	20	299	114	361	0.380
Techo	70	55	36	74	0.656
Paredes (53)	50	88	29	195	/

Plano útil:

Altura: 0.850 m  
Trama: 128 x 128 Puntos  
Zona marginal: 0.000 m

Lista de piezas - Luminarias

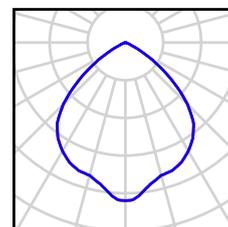
Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	$\Phi$ (Luminaria) [lm]	$\Phi$ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	72	Philips HPK380 1xHPI-P250W-BU P-WB +GPK380 R D465 +GC (1.000)	14400	18000	274.0
			Total: 1036800	Total: 1296000	19728.0

Valor de eficiencia energética:  $6.92 \text{ W/m}^2 = 2.28 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base: 2851.30  $\text{m}^2$ )

Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

## Zona de producción / Lista de luminarias

72 Pieza Philips HPK380 1xHPI-P250W-BU P-WB  
+GPK380 R D465 +GC  
N° de artículo:  
Flujo luminoso (Luminaria): 14400 lm  
Flujo luminoso (Lámparas): 18000 lm  
Potencia de las luminarias: 274.0 W  
Clasificación luminarias según CIE: 100  
Código CIE Flux: 66 98 100 100 79  
Lámpara: 1 x HPI-P250W-BU/743 (Factor de  
corrección 1.000).



Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

## Zona de producción / Resultados luminotécnicos

Flujo luminoso total: 1036800 lm  
Potencia total: 19728.0 W  
Factor mantenimiento: 0.80  
Zona marginal: 0.000 m

Superficie	Intensidades lumínicas medias [lx]			Grado de reflexión [%]	Densidad lumínica media [cd/m <sup>2</sup> ]
	directo	indirecto	total		
Plano útil	263	40	303	/	/
Superficie de cálculo 1	279	40	319	/	/
Superficie de cálculo 2	276	38	314	/	/
Superficie de cálculo 3	271	37	308	/	/
Suelo	256	43	299	20	19
Techo	0.00	55	55	70	12
Pared 1	41	41	82	50	13
Pared 2	22	39	61	50	9.72
Pared 3	22	42	63	50	10
Pared 4	48	40	88	50	14
Pared 5	21	46	67	50	11
Pared 6	43	47	91	50	14
Pared 7	22	43	65	50	10
Pared 8	53	40	94	50	15
Pared 9	22	45	67	50	11
Pared 10	44	44	88	50	14
Pared 11	21	44	65	50	10
Pared 12	48	43	91	50	15
Pared 13	21	45	66	50	11
Pared 14	44	45	89	50	14
Pared 15	21	44	66	50	10
Pared 16	48	40	88	50	14
Pared 17	21	44	65	50	10
Pared 18	44	47	91	50	15
Pared 19	53	51	104	50	17
Pared 20	41	40	81	50	13
Pared 20_1	37	36	73	50	12
Pared 21	20	38	58	50	9.23

Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

### Zona de producción / Resultados luminotécnicos

Superficie	Intensidades lumínicas medias [lx]			Grado de reflexión [%]	Densidad lumínica media [cd/m <sup>2</sup> ]
	directo	indirecto	total		
Pared 22	22	40	62	50	9.93
Pared 23	39	41	80	50	13
Pared 24	20	37	58	50	9.17
Pared 25	22	41	63	50	9.95
Pared 26	48	39	87	50	14
Pared 26_1	45	39	84	50	13
Pared 26_2	48	40	88	50	14
Pared 26_3	48	40	88	50	14
Pared 26_4	48	40	88	50	14
Pared 26_5	45	38	83	50	13
Pared 26_6	43	39	82	50	13
Pared 26_7	43	40	82	50	13
Pared 27	19	40	59	50	9.34
Pared 28	20	47	67	50	11
Pared 29	49	43	92	50	15
Pared 29_1	44	46	90	50	14
Pared 29_2	49	42	91	50	15
Pared 30	20	44	64	50	10
Pared 31	19	39	58	50	9.24
Pared 32	43	39	82	50	13
Pared 32_1	48	39	87	50	14
Pared 32_2	45	39	84	50	13
Pared 32_3	48	43	91	50	14
Pared 32_4	48	43	91	50	14
Pared 32_5	48	44	92	50	15
Pared 32_6	48	40	88	50	14
Pared 32_7	45	41	86	50	14
Pared 32_8	48	42	90	50	14
Pared 32_9	43	40	82	50	13
Pared 33	19	41	59	50	9.45
Pared 34	20	43	63	50	10

Simetrías en el plano útil

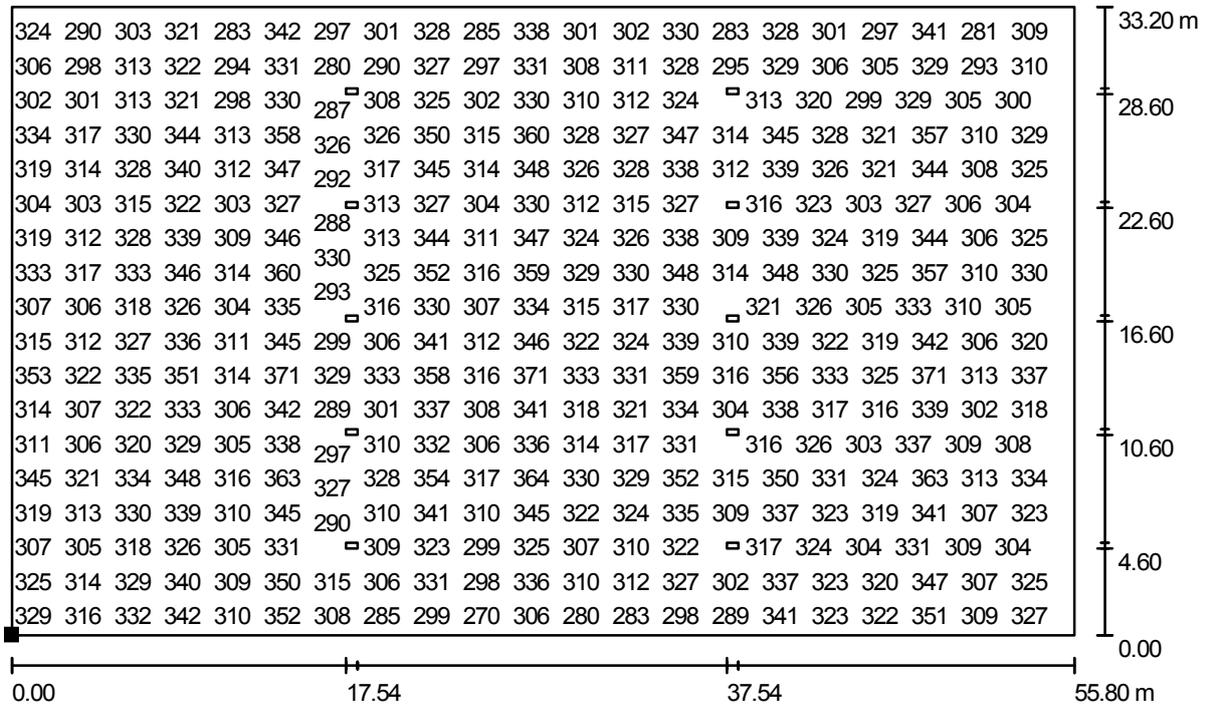
$E_{\min} / E_m$ : 0.393 (1:3)

$E_{\min} / E_{\max}$ : 0.310 (1:3)

Valor de eficiencia energética:  $6.92 \text{ W/m}^2 = 2.28 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $2851.30 \text{ m}^2$ )

Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

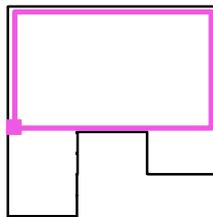
Zona de producción / Superficie de cálculo 1 / Gráfico de valores (E, perpendicular)



Valores en Lux, Escala 1 : 399

No pudieron representarse todos los valores calculados.

Situación de la superficie en el local:  
Punto marcado:  
(2.800 m, 25.400 m, 0.850 m)

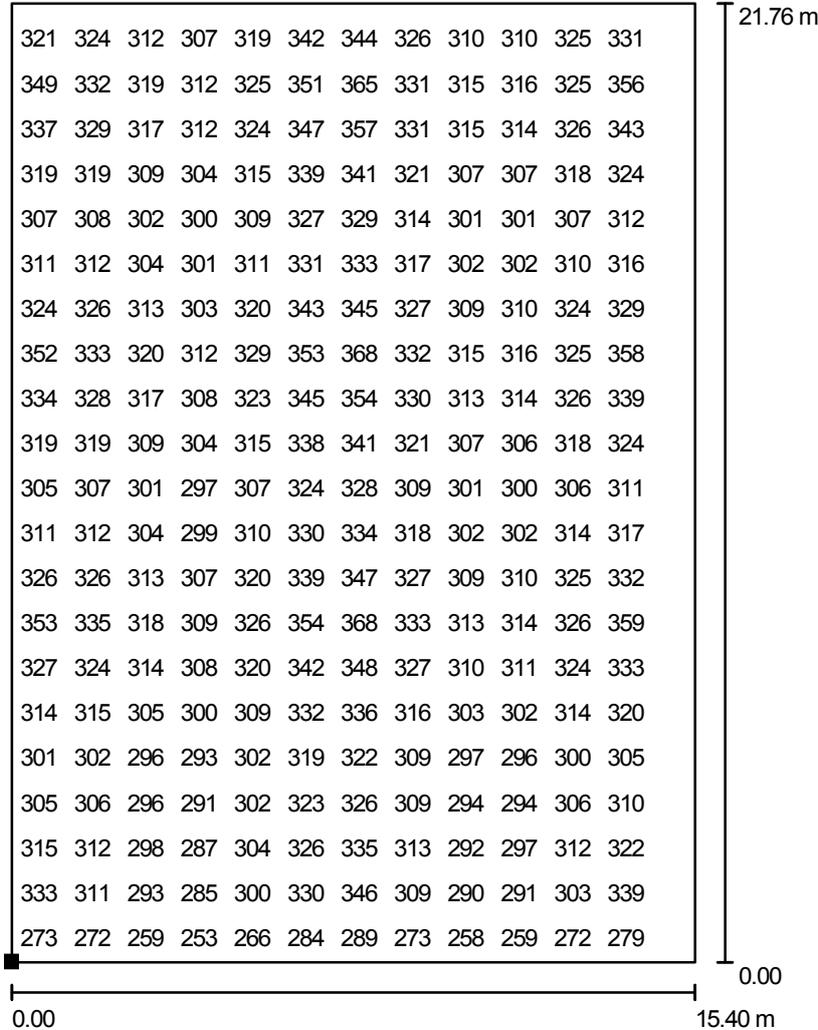


Trama: 128 x 128 Puntos

$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$	$E_{min} / E_{max}$
319	201	384	0.631	0.524

Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

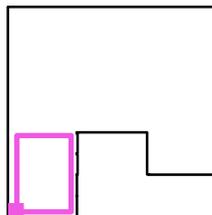
Zona de producción / Superficie de cálculo 2 / Gráfico de valores (E, perpendicular)



Valores en Lux, Escala 1 : 171

No pudieron representarse todos los valores calculados.

Situación de la superficie en el local:  
Punto marcado:  
(3.400 m, 1.641 m, 0.850 m)



Trama: 64 x 64 Puntos

$E_m$  [lx]  
314

$E_{min}$  [lx]  
233

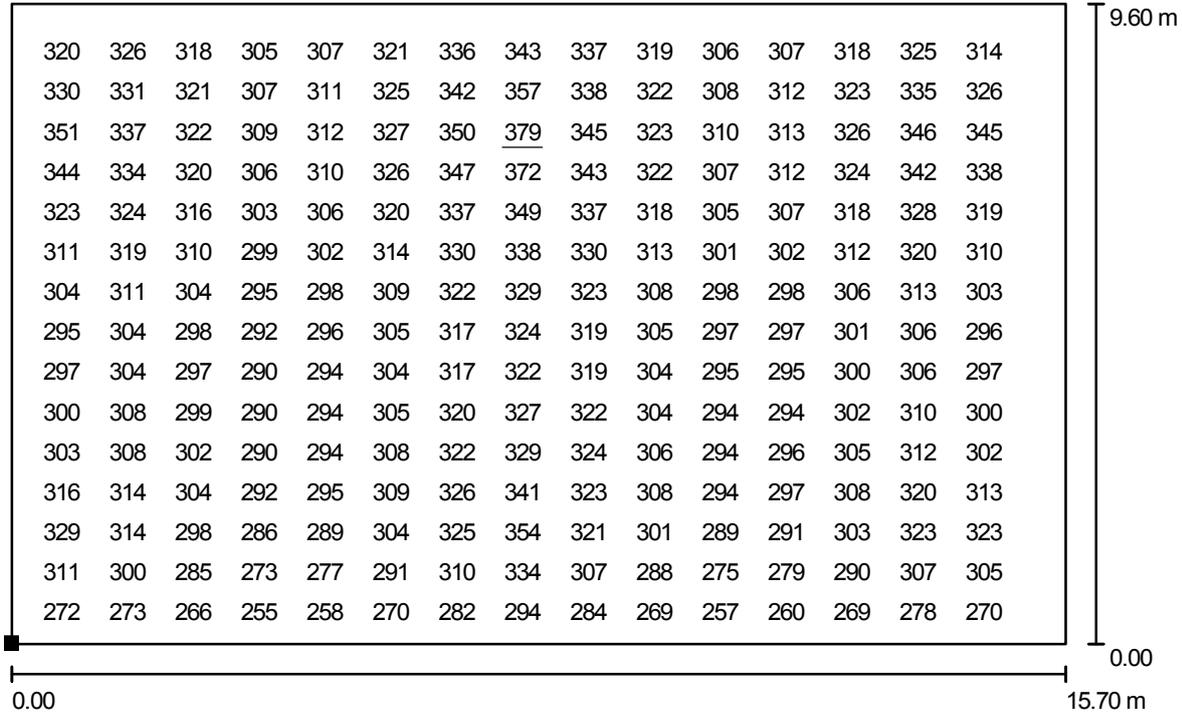
$E_{max}$  [lx]  
380

$E_{min} / E_m$   
0.741

$E_{min} / E_{max}$   
0.613

Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

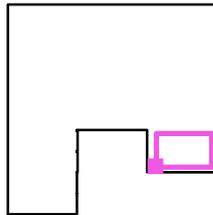
Zona de producción / Superficie de cálculo 3 / Gráfico de valores (E, perpendicular)



Valores en Lux, Escala 1 : 113

No pudieron representarse todos los valores calculados.

Situación de la superficie en el local:  
Punto marcado:  
(43.000 m, 13.700 m, 0.850 m)

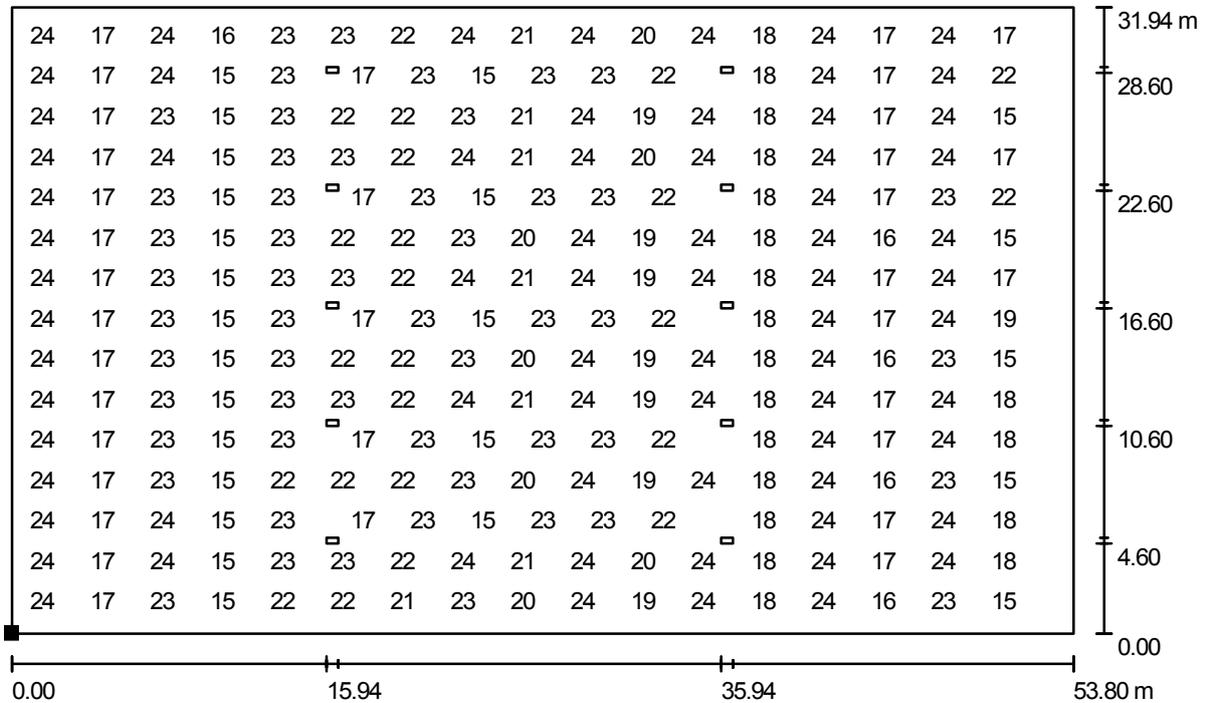


Trama: 32 x 32 Puntos

$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$	$E_{min} / E_{max}$
308	232	379	0.754	0.613

Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

Zona de producción / Superficie de cálculo UGR 1 / Gráfico de valores (UGR)



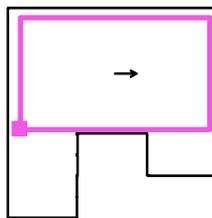
Escala 1 : 385

No pudieron representarse todos los valores calculados.

Situación de la superficie en el local:

Punto marcado:

(4.400 m, 25.400 m, 1.200 m)



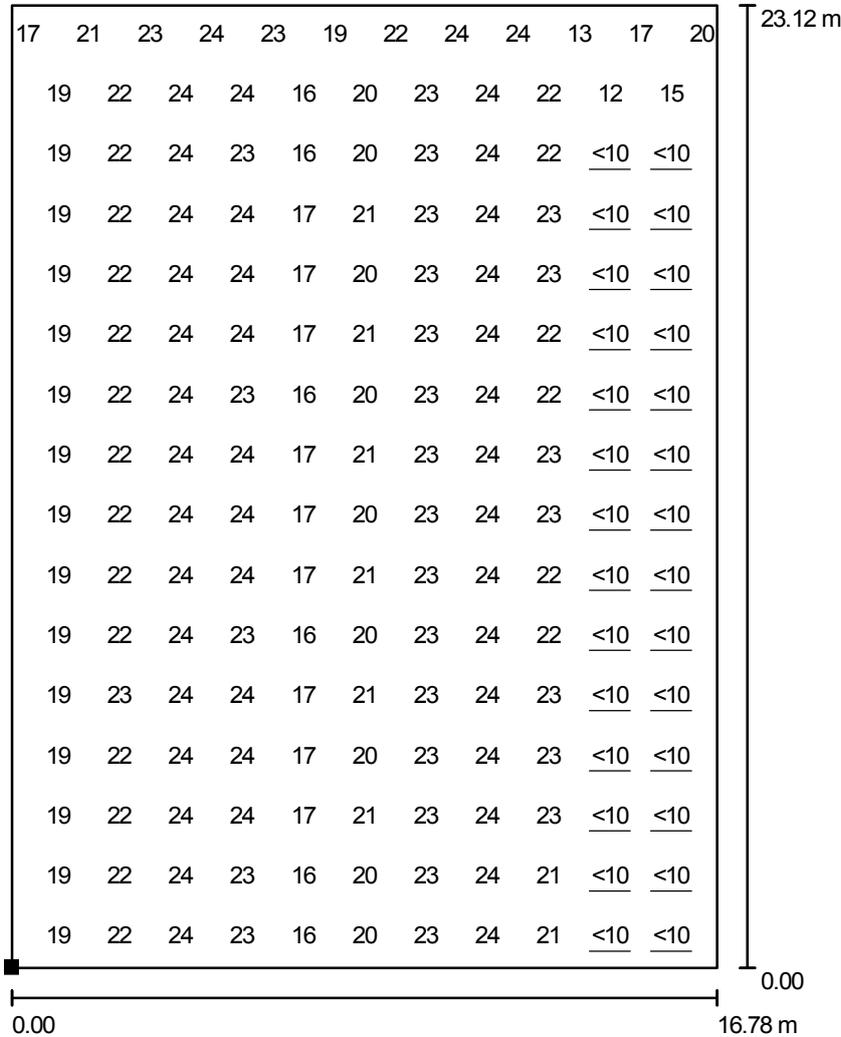
Trama: 53 x 31 Puntos

Min  
/

Max  
25

Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

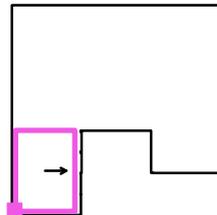
**Zona de producción / Superficie de cálculo UGR 2 / Gráfico de valores (UGR)**



Escala 1 : 181

No pudieron representarse todos los valores calculados.

Situación de la superficie en el local:  
Punto marcado:  
(1.900 m, 1.282 m, 1.200 m)



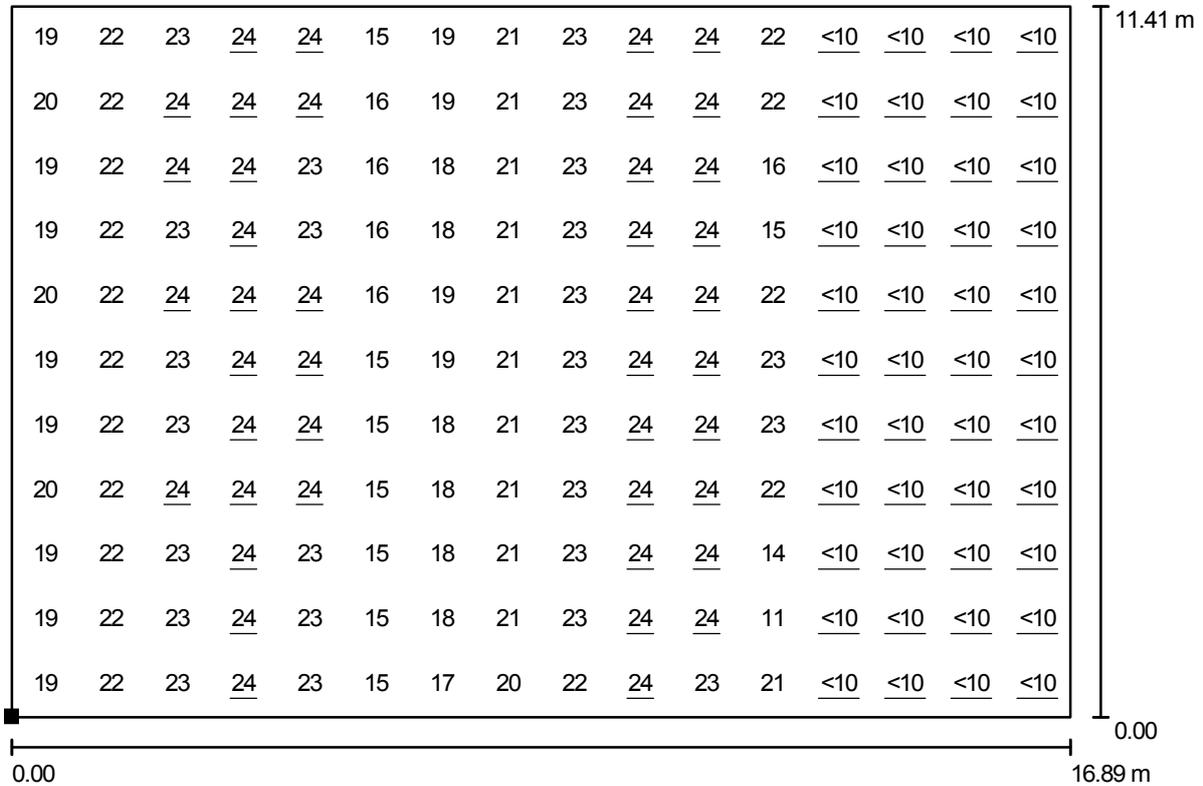
Trama: 16 x 23 Puntos

Min  
/

Max  
25

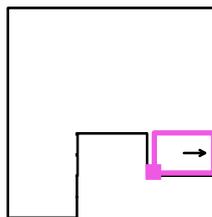
Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

**Zona de producción / Superficie de cálculo UGR 3 / Gráfico de valores (UGR)**



Escala 1 : 121

Situación de la superficie en el local:  
Punto marcado:  
(42.400 m, 13.000 m, 1.200 m)



Trama: 16 x 11 Puntos

Min  
/

Max  
24



# ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación:

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL ELÉCTRICO

Título del proyecto:

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

PLANOS

Igor Rípodas Mariñelarena

Rafael Gonzaga Jarquín

Pamplona, 18/07/2013



## PLANOS

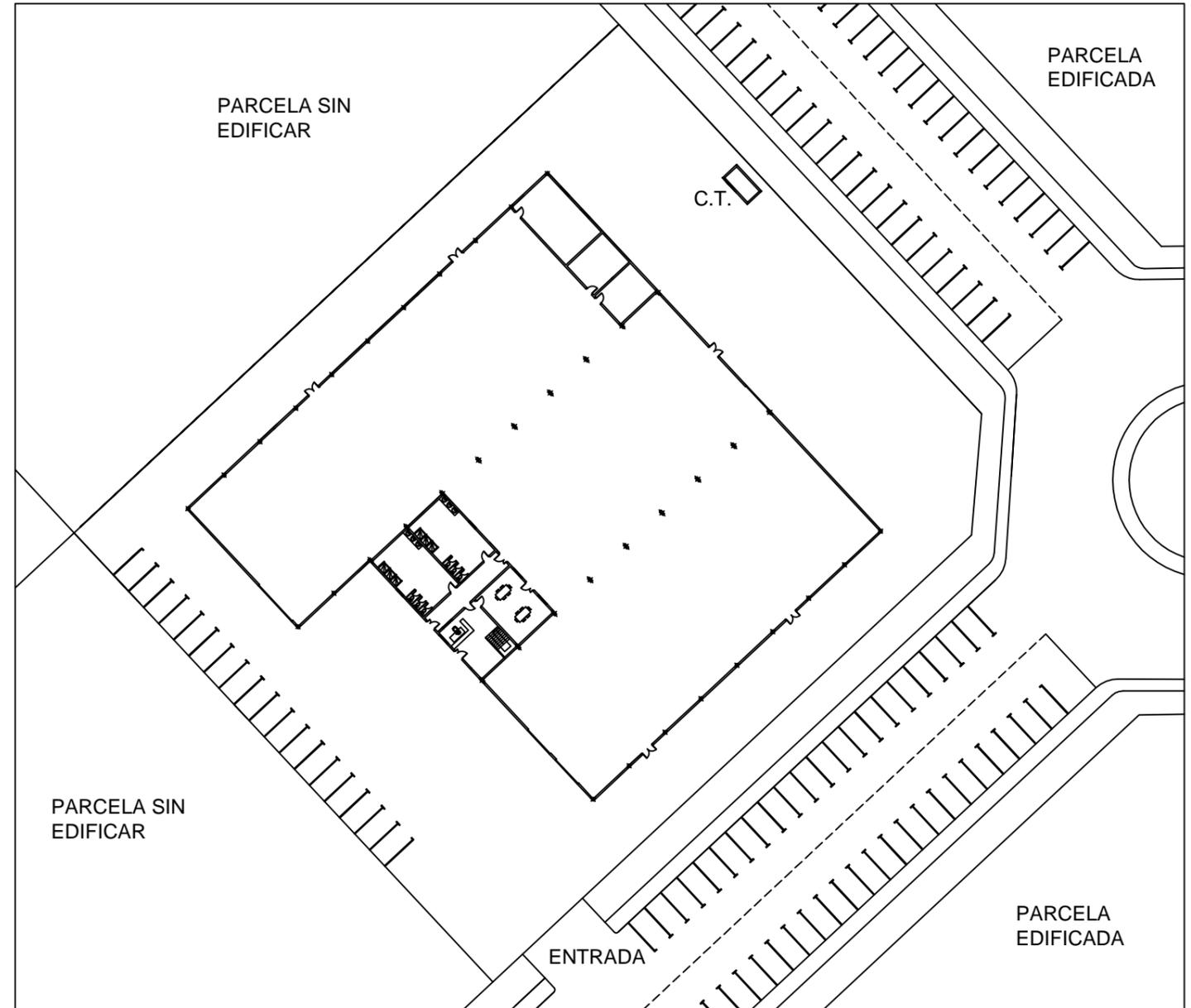
### ÍNDICE

- Plano 1. SITUACIÓN DE LA NAVE INDUSTRIAL
- Plano 2. PLANTA DE LA NAVE INDUSTRIAL
- Plano 3. ALUMBRADO INTERIOR DE LA NAVE Y BANDEJAS
- Plano 4. ALUMBRADO INTERIOR DE OFICINAS Y VESTUARIOS
- Plano 5. ALUMBRADO EXTERIOR Y DE EMERGENCIA DE LA NAVE
- Plano 6. ALUMBRADO DE EMERGENCIA DE LAS OFICINAS
- Plano 7. TOMAS DE CORRIENTE DE LA NAVE
- Plano 8. TOMAS DE CORRIENTE DE LAS OFICINAS
- Plano 9. ESQUEMA UNIFILAR CUADRO GENERAL DE DISTRIBUCIÓN
- Plano 10. ESQUEMA UNIFILAR CUADRO SECUNDARIO 1
- Plano 11. ESQUEMA UNIFILAR CUADRO SECUNDARIO 2
- Plano 12. ESQUEMA UNIFILAR CUADRO SECUNDARIO 3
- Plano 13. ESQUEMA UNIFILAR CUADRO SECUNDARIO 4
- Plano 14. ESQUEMA UNIFILAR CUADRO SECUNDARIO 5
- Plano 15. ESQUEMA UNIFILAR CUADRO SECUNDARIO 6
- Plano 16. ESQUEMA UNIFILAR CUADRO SECUNDARIO 7
- Plano 17. ESQUEMA UNIFILAR CUADRO SECUNDARIO 8
- Plano 18. ESQUEMA DE MANDO DEL ALUMBRADO DE LA NAVE
- Plano 19. ESQUEMA UNIFILAR DEL CUADRO DE BT Y AUXILIAR DEL CT
- Plano 20. PUESTA A TIERRA DE LA NAVE
- Plano 21. DISTRIBUCIÓN DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN
- Plano 22. DETALLE DE LA EXCAVACIÓN, REJILLAS Y COTAS DEL CT
- Plano 23. CENTRO DE TRANSFORMACIÓN (UNIFILAR)
- Plano 24. PUESTA A TIERRA DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN

SITUACIÓN: NAVARRA, AOIZ



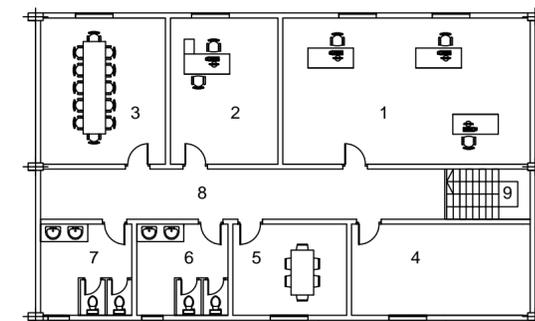
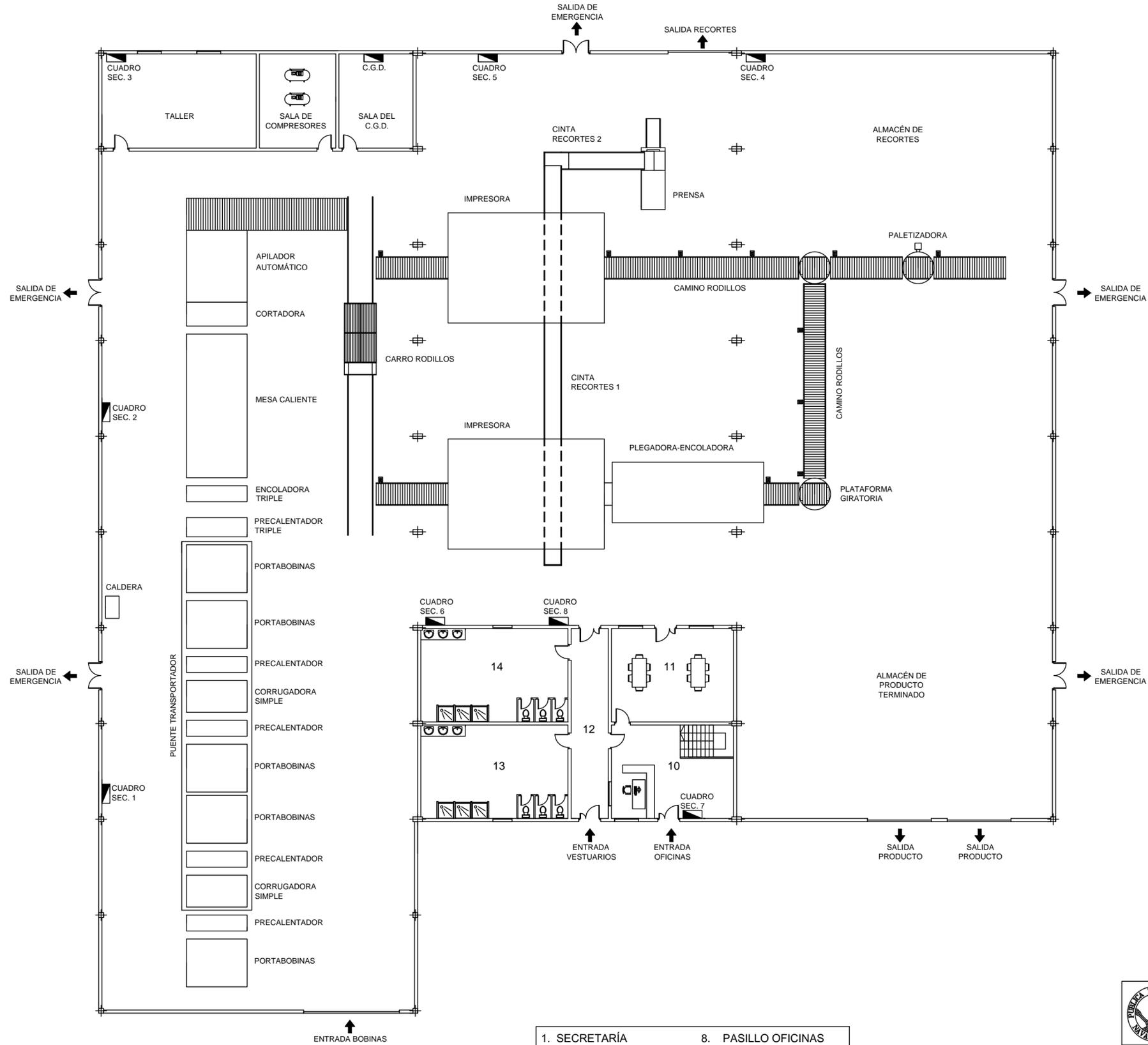
SITUACIÓN NAVE INDUSTRIAL



EMPLAZAMIENTO: POLÍGONO AOIZ

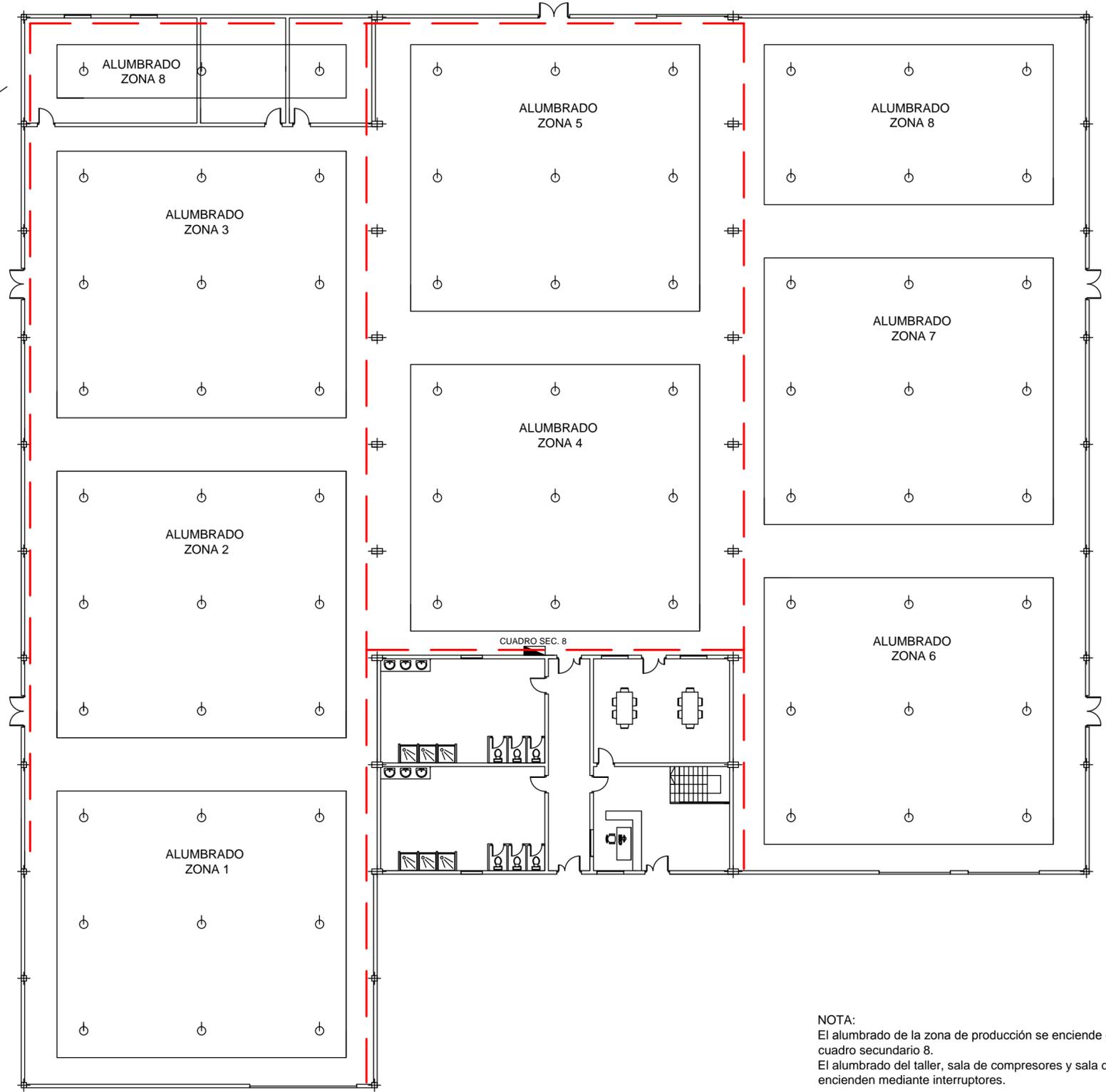
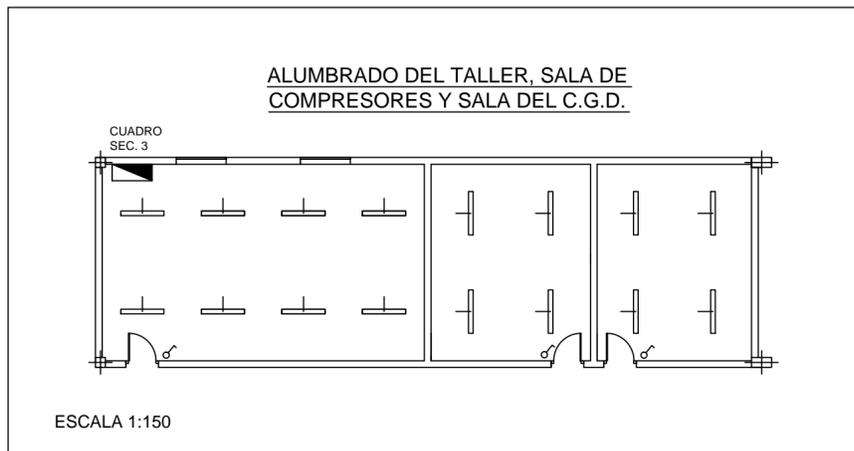


 Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	<b>E.T.S.I.I.T.</b>	DEPARTAMENTO:	
	<b>INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.</b>	<b>DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL</b>	
PROYECTO: <b>INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN BAJA TENSIÓN DE UNA NAVE INDUSTRIAL CON CENTRO DE TRANSFORMACIÓN</b>		REALIZADO: <b>RÍPODAS MARIÑELARENA, IGOR</b>	
PLANO: <b>SITUACIÓN</b>		FIRMA:	
		FECHA: 07/2013	ESCALA: S/E
		NºPLANO: 1	



- |                        |                        |
|------------------------|------------------------|
| 1. SECRETARÍA          | 8. PASILLO OFICINAS    |
| 2. DIRECCIÓN           | 9. ESCALERAS           |
| 3. SALA DE REUNIONES   | 10. RECEPCIÓN          |
| 4. ALMACÉN DE ARCHIVOS | 11. SALA DESCANSO 1    |
| 5. SALA DESCANSO 2     | 12. PASILLO VESTUARIOS |
| 6. BAÑO HOMBRES        | 13. VESTUARIO HOMBRES  |
| 7. BAÑO MUJERES        | 14. VESTUARIO MUJERES  |

 Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	<b>E.T.S.I.I.T.</b>	DEPARTAMENTO:
	<b>INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.</b>	<b>DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL</b>
PROYECTO: <b>INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN BAJA TENSIÓN DE UNA NAVE INDUSTRIAL CON CENTRO DE TRANSFORMACIÓN</b>		REALIZADO: <b>RÍPODAS MARIÑELARENA, IGOR</b>
PLANO: <b>PLANTA NAVE</b>		FIRMA: FECHA: 07/2013    ESCALA: 1:200    NºPLANO: 2

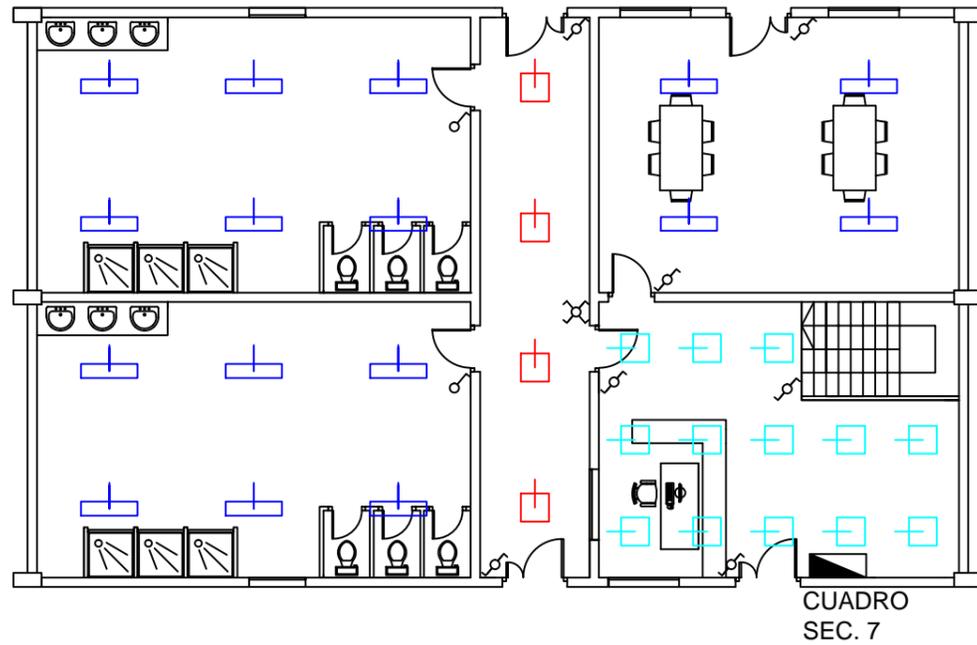


NOTA:  
 El alumbrado de la zona de producción se enciende desde el cuadro secundario 8.  
 El alumbrado del taller, sala de compresores y sala del C.G.D. se encienden mediante interruptores.

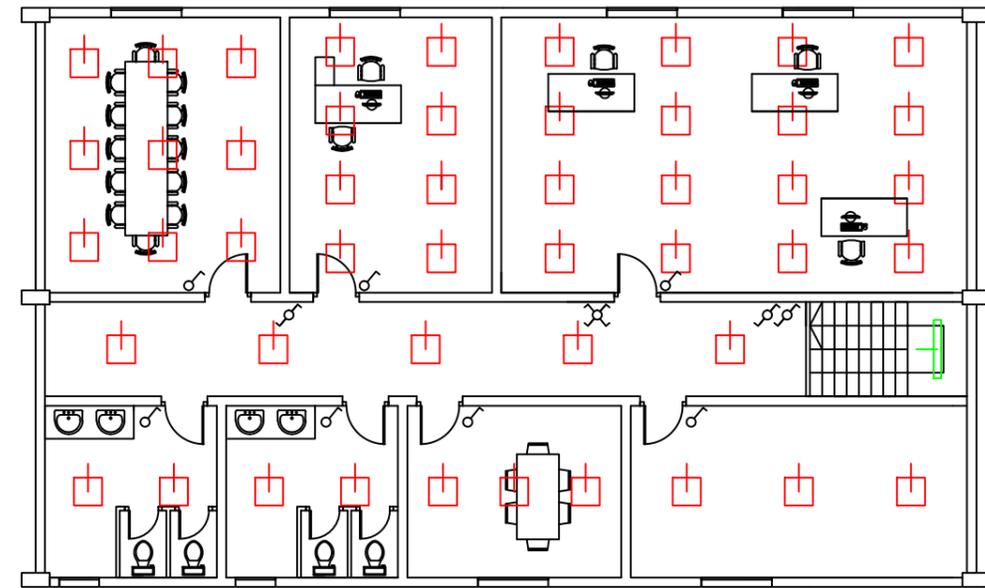
	Philips HPK380 1xHPI-P250W-BU P-WB +GPK380 R D465+GC		Interruptor
	Philips TCW216 2xTL5-28W HFP Adosada al techo		Bandeja perforada PEMSABAND 200x35 mm

Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	<b>E.T.S.I.I.T.</b>	DEPARTAMENTO:
	<b>INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.</b>	<b>DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL</b>
PROYECTO: <b>INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN BAJA TENSIÓN DE UNA NAVE INDUSTRIAL CON CENTRO DE TRANSFORMACIÓN</b>		REALIZADO: <b>RÍPODAS MARIÑELARENA, IGOR</b>
PLAND: <b>ALUMBRADO INTERIOR NAVE Y BANDEJAS</b>		FIRMA: FECHA: 07/2013    ESCALA: 1:200    NºPLAND: 3

PLANTA BAJA

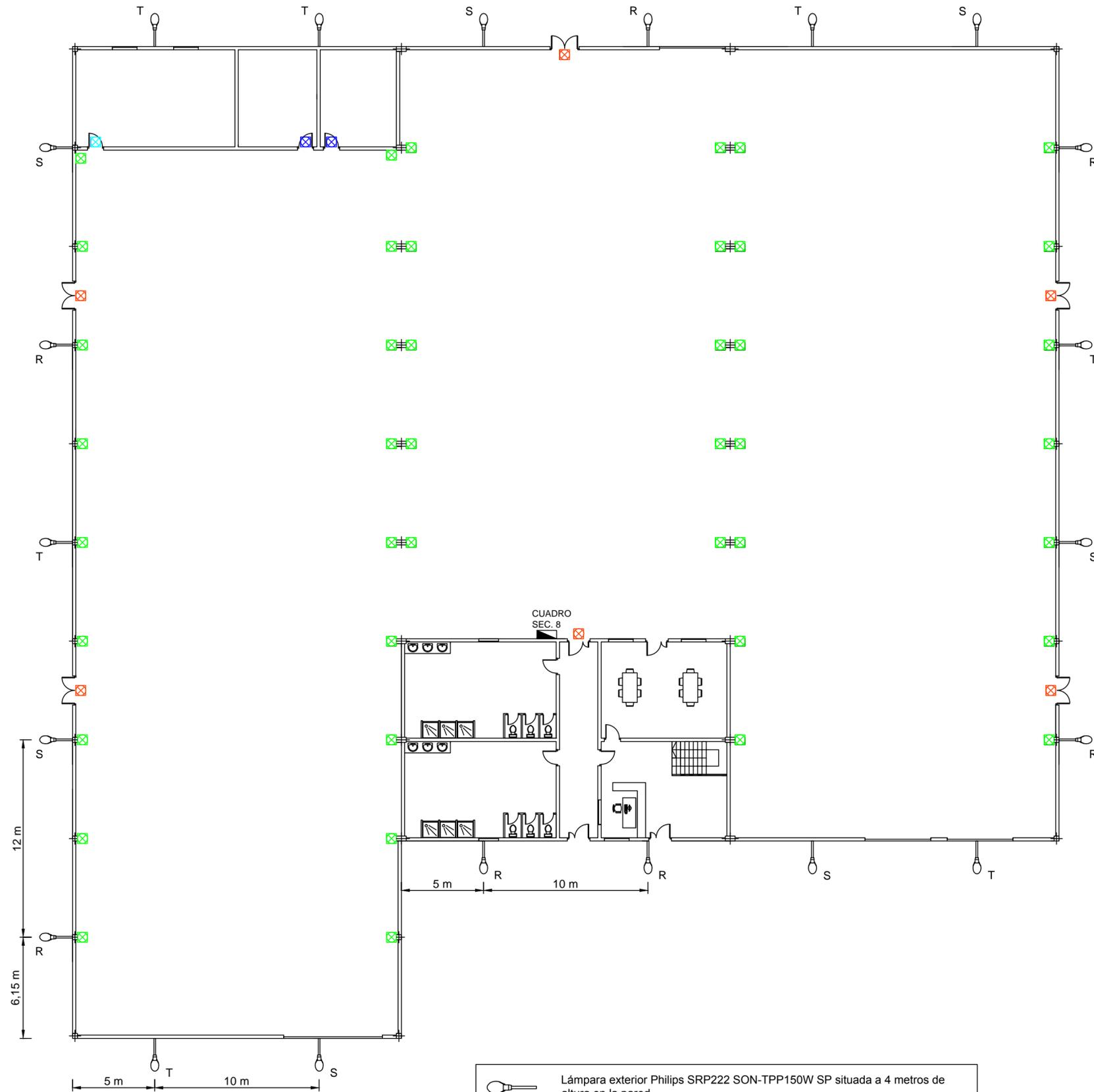


PRIMERA PLANTA



	Philips TBS165 G 3xTL5-14W HFS C6 Empotrada al techo		Interruptor
	Philips TBS165 G 3xTL5-14W HFS M2 Empotrada al techo		Conmutador
	Philips TBS165 G 2xTL5-28W HFS C6 Empotrada al techo		Conmutador de cruzamiento
	Philips TCS260 1xTL5-28W HFP C6 Suspendida del techo a 0,5 m		

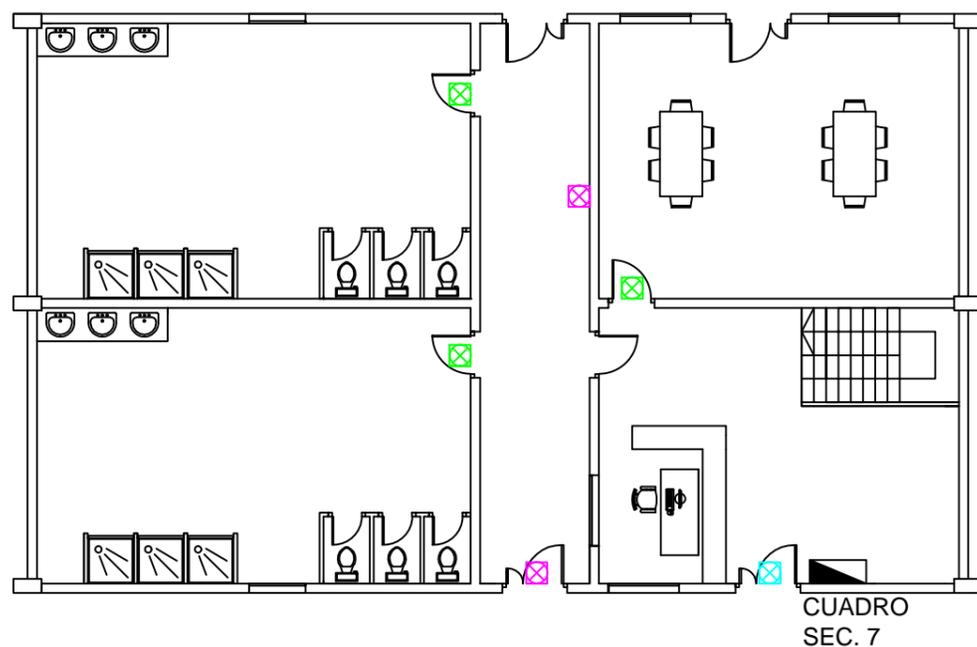
Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	<b>E.T.S.I.I.T.</b>	DEPARTAMENTO:	
	<b>INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.</b>	<b>DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL</b>	
PROYECTO: <b>INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN BAJA TENSIÓN DE UNA NAVE INDUSTRIAL CON CENTRO DE TRANSFORMACIÓN</b>		REALIZADO: <b>RÍPODAS MARIÑELARENA, IGOR</b>	
		FIRMA:	
PLANO: <b>ALUMBRADO INTERIOR OFINAS Y VESTUARIOS</b>	FECHA: 07/2013	ESCALA: 1:150	NºPLANO: 4



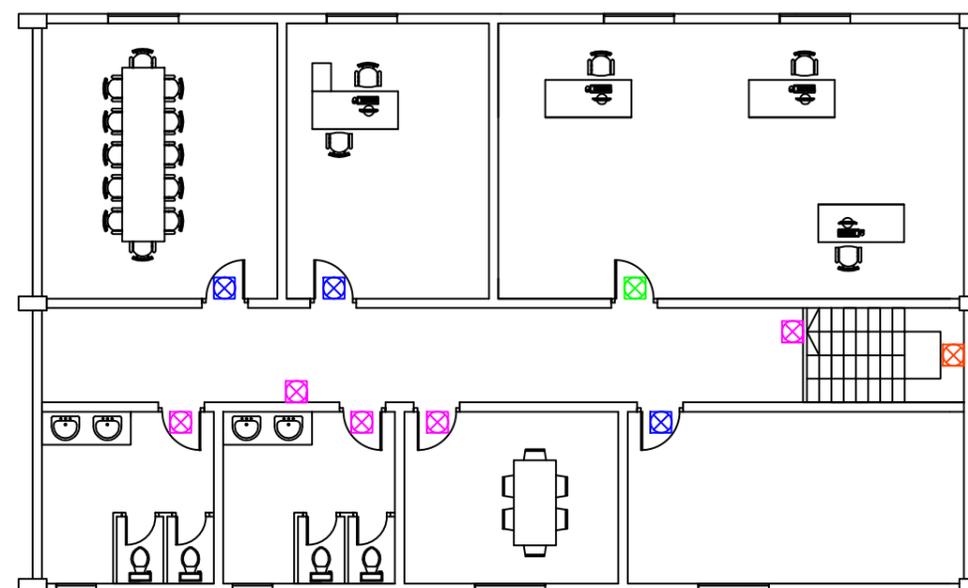
-  Lámpara exterior Philips SRP222 SON-TPP150W SP situada a 4 metros de altura en la pared
-  Lámpara de emergencia Schneider Primalum OVA37078E de 320 lm y 11 W colocada en la columna a una altura de 3,5 metros respecto del suelo
-  Lámpara de emergencia Schneider Primalum OVA37078E de 320 lm y 11 W colocada en pared
-  Lámpara de emergencia Schneider Primalum OVA37039E de 160 lm y 11 W colocada en pared
-  Lámpara de emergencia Schneider Primalum OVA37037E de 65 lm y 6 W colocada en pared

 Universidad Pública de Navarra <i>Nafarroako Unibertsitate Publikoa</i>	<b>E.T.S.I.I.T.</b>	DEPARTAMENTO:
	<b>INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.</b>	<b>DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL</b>
PROYECTO: <b>INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN BAJA TENSIÓN DE UNA NAVE INDUSTRIAL CON CENTRO DE TRANSFORMACIÓN</b>		REALIZADO: <b>RÍPODAS MARIÑELARENA, IGOR</b>
PLANO: <b>ALUMBRADO EXTERIOR Y EMERGENCIA</b>		FIRMA: FECHA: 07/2013    ESCALA: 1:200    NºPLANO: 5

PLANTA BAJA

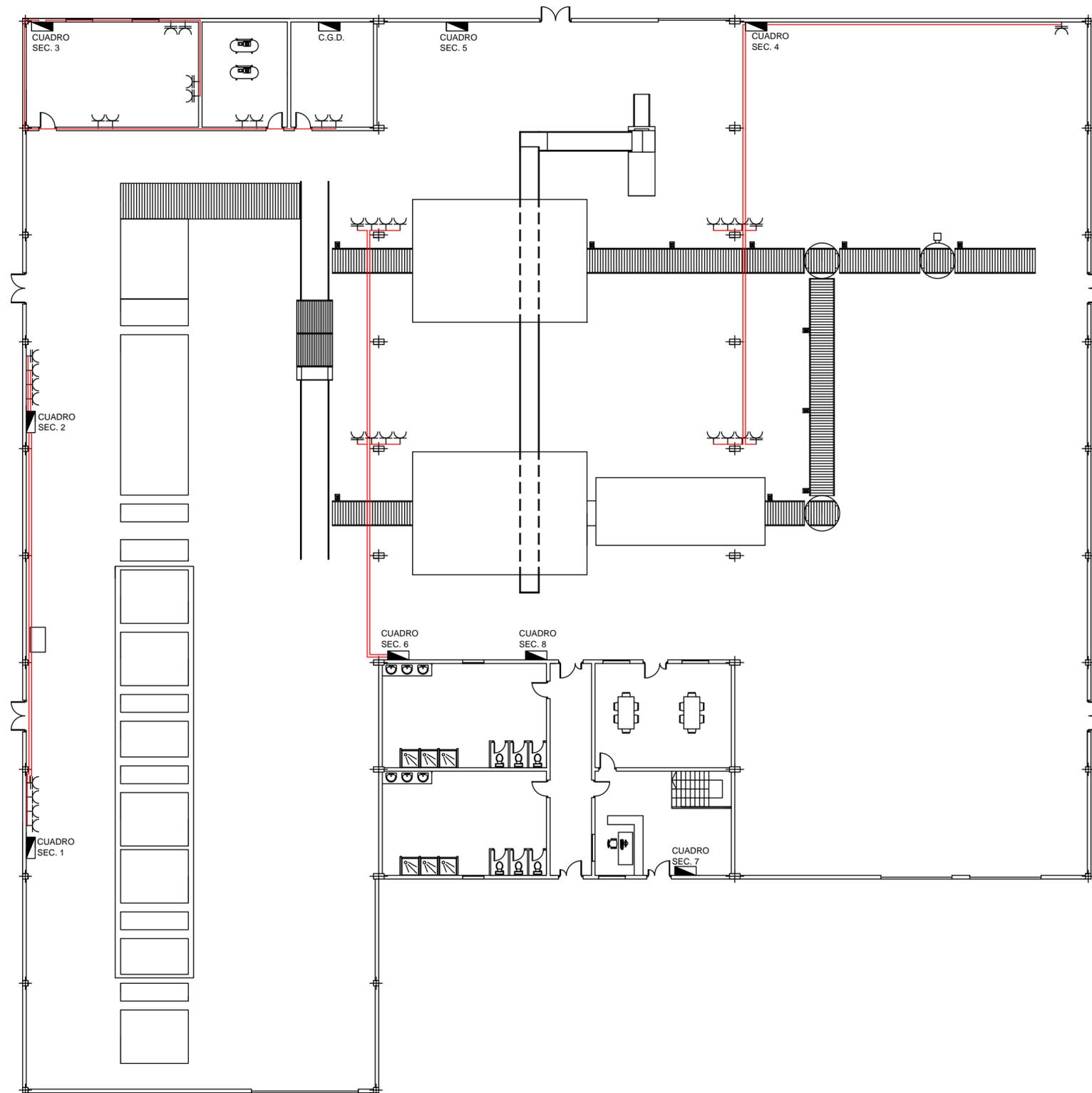


PRIMERA PLANTA

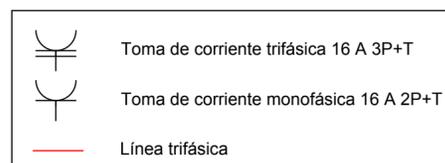


-  Lámpara de emergencia Schneider Primalum OVA37078E de 320 lm y 11 W colocada en pared
-  Lámpara de emergencia Schneider Primalum OVA37077E de 220 lm y 11 W colocada en pared
-  Lámpara de emergencia Schneider Primalum OVA37039E de 160 lm y 11 W colocada en pared
-  Lámpara de emergencia Schneider Primalum OVA37074E de 90 lm y 6 W colocada en pared
-  Lámpara de emergencia Schneider Primalum OVA37037E de 65 lm y 6 W colocada en pared

 Universidad Pública de Navarra <i>Nafarroako Unibertsitate Publikoa</i>	<b>E.T.S.I.I.T.</b>	DEPARTAMENTO:
	<b>INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.</b>	<b>DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL</b>
PROYECTO: <b>INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN BAJA TENSIÓN DE UNA NAVE INDUSTRIAL CON CENTRO DE TRANSFORMACIÓN</b>		REALIZADO: <b>RÍPODAS MARIÑELARENA, IGOR</b>
PLANO: <b>ALUMBRADO EMERGENCIA OFICINAS</b>		FIRMA:  FECHA: 07/2013    ESCALA: 1:150    NºPLANO: 6

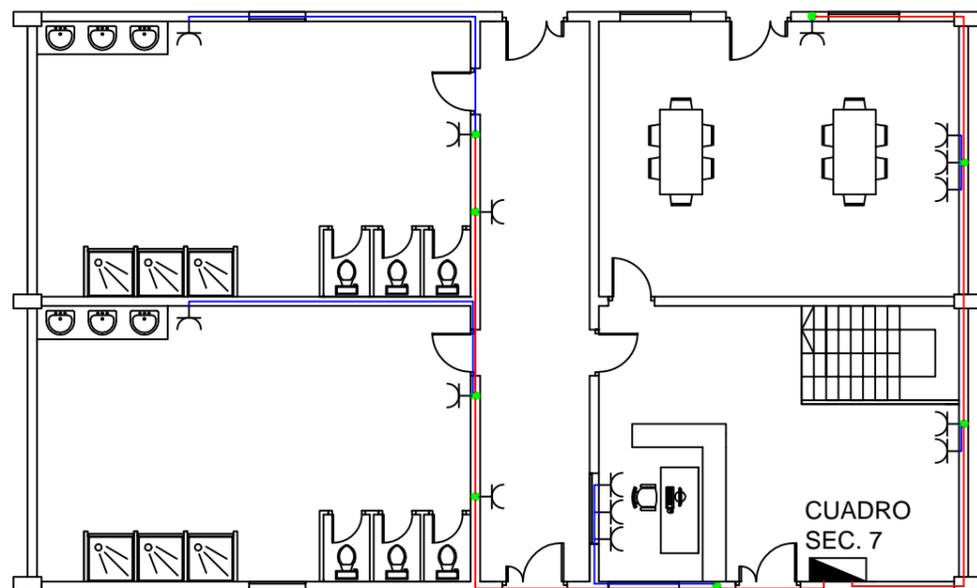


NOTA: Las tomas de corriente de la zona de producción irán colocadas en cofrets estancos para tomas industriales KAEDRA de la marca Schneider.

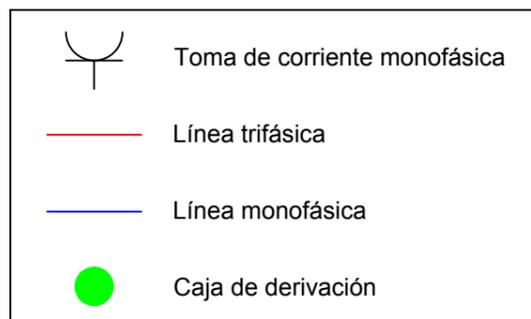
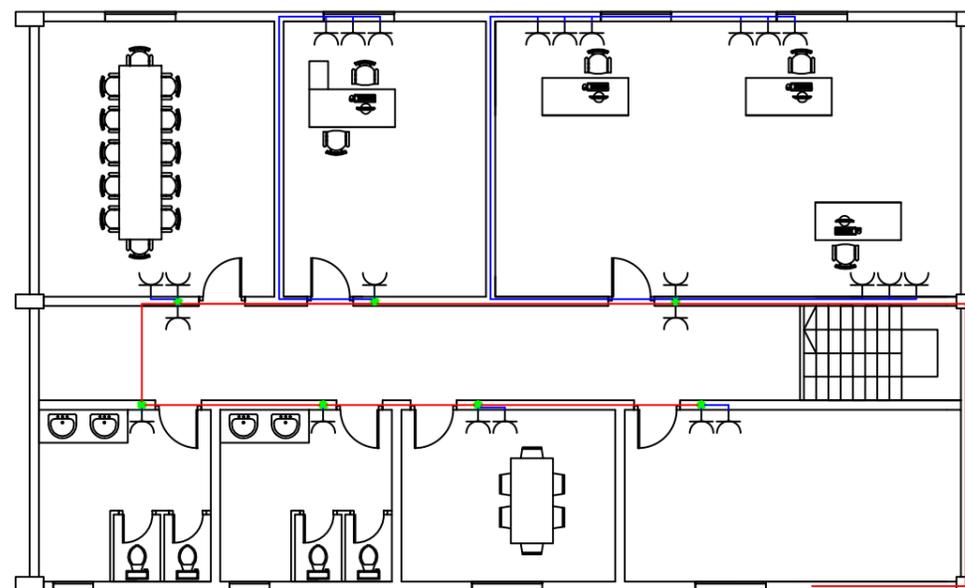


 Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	<b>E.T.S.I.I.T.</b>	DEPARTAMENTO:
	<b>INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.</b>	<b>DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL</b>
PROYECTO: <b>INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN BAJA TENSIÓN DE UNA NAVE INDUSTRIAL CON CENTRO DE TRANSFORMACIÓN</b>		REALIZADO: <b>RÍPODAS MARIÑELARENA, IGOR</b>
PLANO: <b>TOMAS DE CORRIENTE NAVE</b>		FIRMA: FECHA: 07/2013    ESCALA: 1:200    NºPLANO: 7

PLANTA BAJA

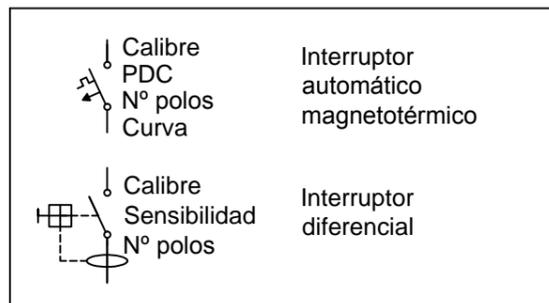
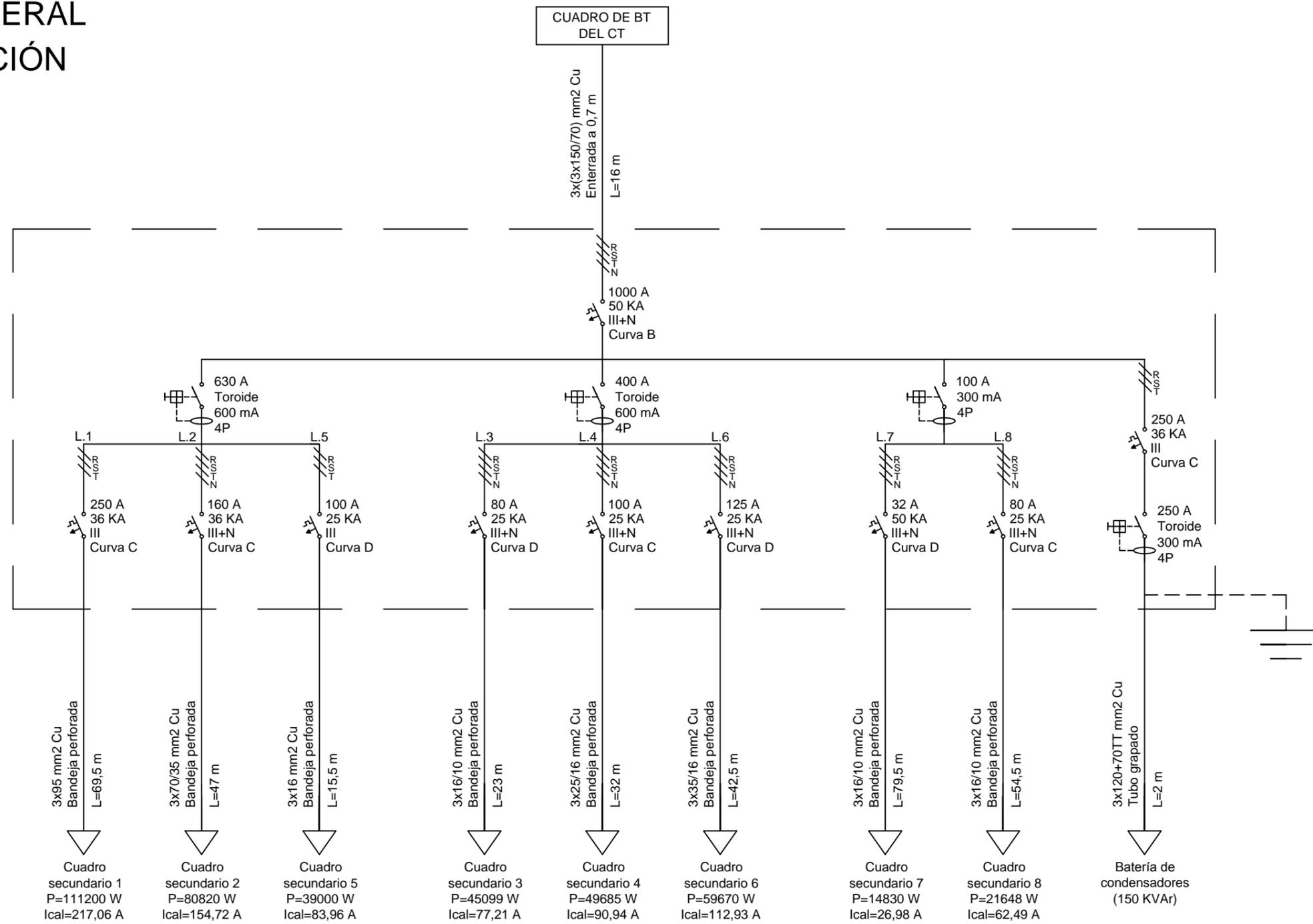


PRIMERA PLANTA



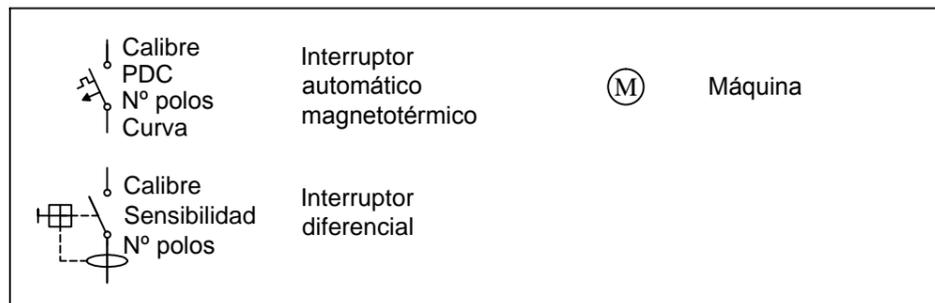
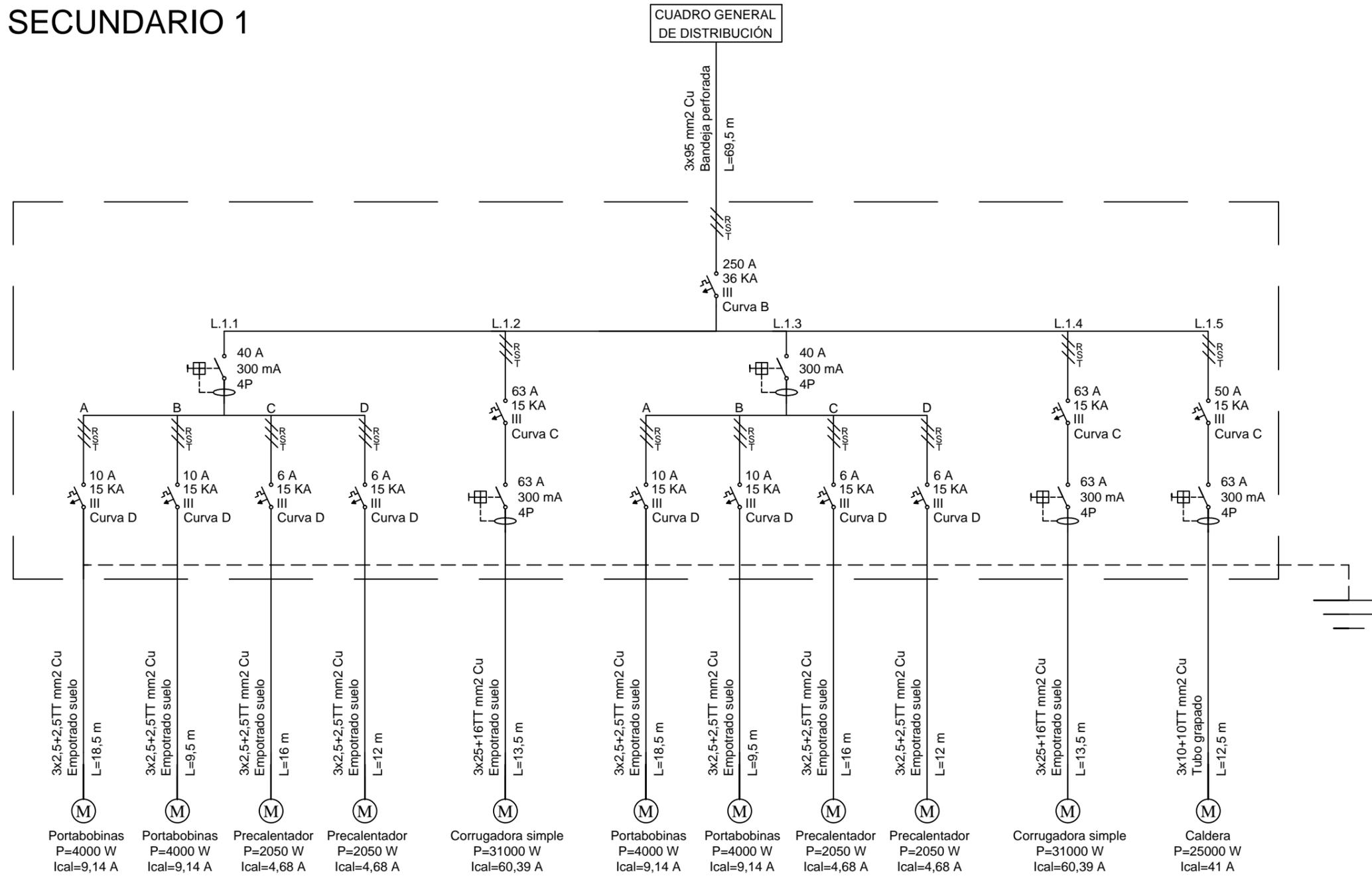
 Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	<b>E.T.S.I.I.T.</b>	DEPARTAMENTO:	
	<b>INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.</b>	<b>DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL</b>	
PROYECTO: <b>INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN BAJA TENSIÓN DE UNA NAVE INDUSTRIAL CON CENTRO DE TRANSFORMACIÓN</b>		REALIZADO: <b>RÍPODAS MARIÑELARENA, IGOR</b>	
PLANO: <b>TOMAS DE CORRIENTE OFICINAS</b>		FIRMA:	
	FECHA:	ESCALA:	NºPLANO:
	07/2013	1:150	8

# CUADRO GENERAL DE DISTRIBUCIÓN



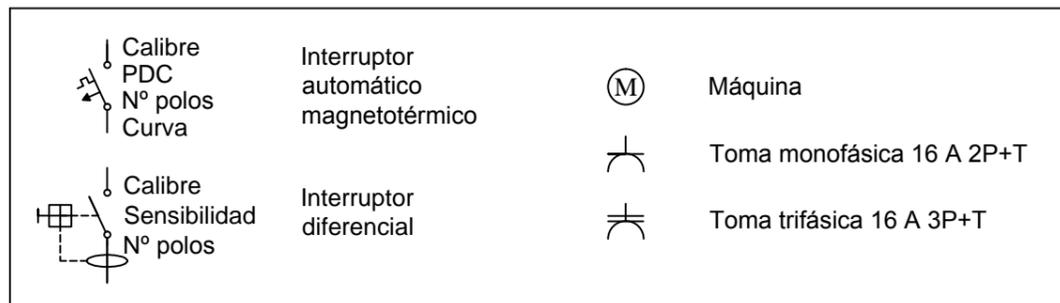
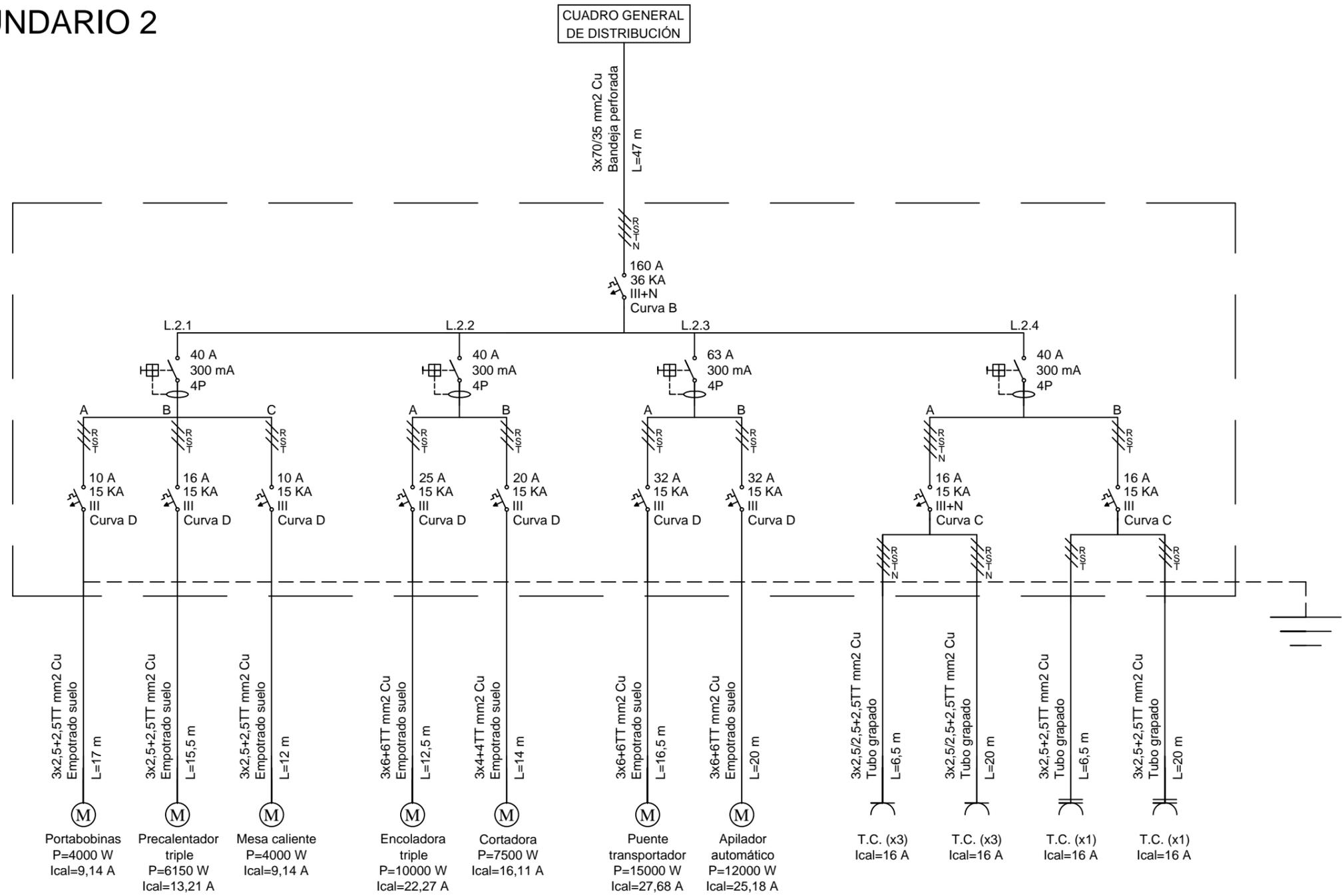
 Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	<b>E.T.S.I.I.T.</b>	DEPARTAMENTO:
	<b>INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.</b>	<b>DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL</b>
PROYECTO: <b>INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN BAJA TENSIÓN DE UNA NAVE INDUSTRIAL CON CENTRO DE TRANSFORMACIÓN</b>		REALIZADO: <b>RÍPODAS MARIÑELARENA, IGOR</b>
PLANO: <b>ESQUEMA UNIFILAR CUADRO GENERAL</b>		FIRMA:  FECHA: 07/2013 ESCALA: NºPLANO: 9

# CUADRO SECUNDARIO 1



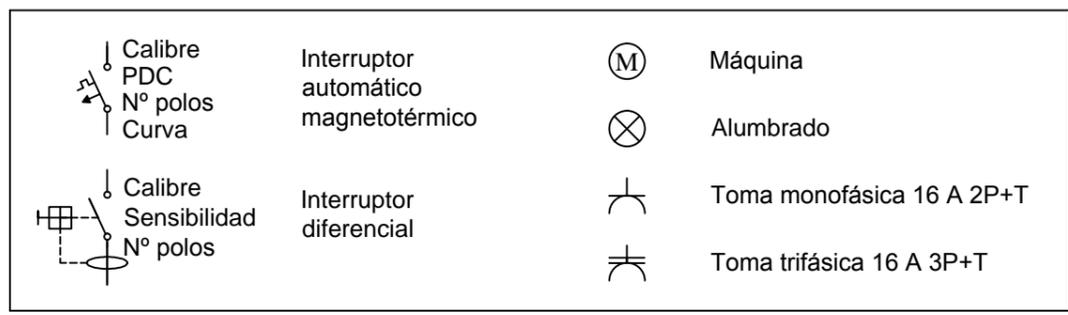
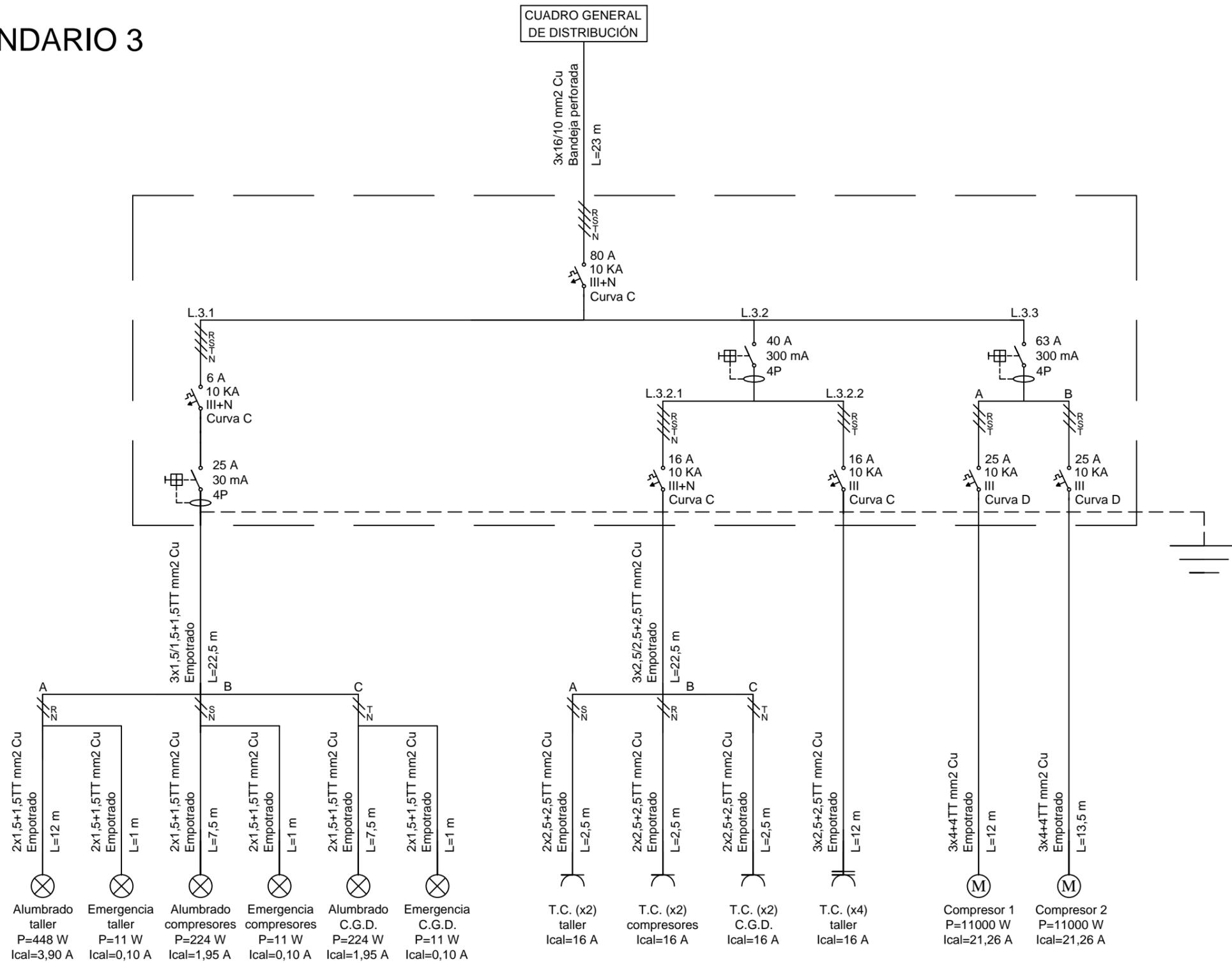
 Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	<b>E.T.S.I.I.T.</b>	DEPARTAMENTO:
	INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.	DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL
PROYECTO: <b>INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN BAJA TENSIÓN DE UNA NAVE INDUSTRIAL CON CENTRO DE TRANSFORMACIÓN</b>		REALIZADO: RÍPODAS MARIÑELARENA, IGOR
PLANO: <b>ESQUEMA UNIFILAR CUADRO SECUNDARIO 1</b>		FIRMA:
	FECHA: 07/2013	ESCALA: N°PLANO: 10

# CUADRO SECUNDARIO 2



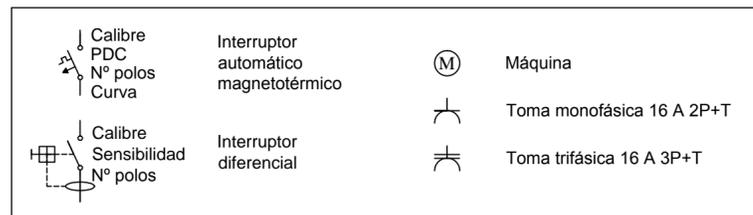
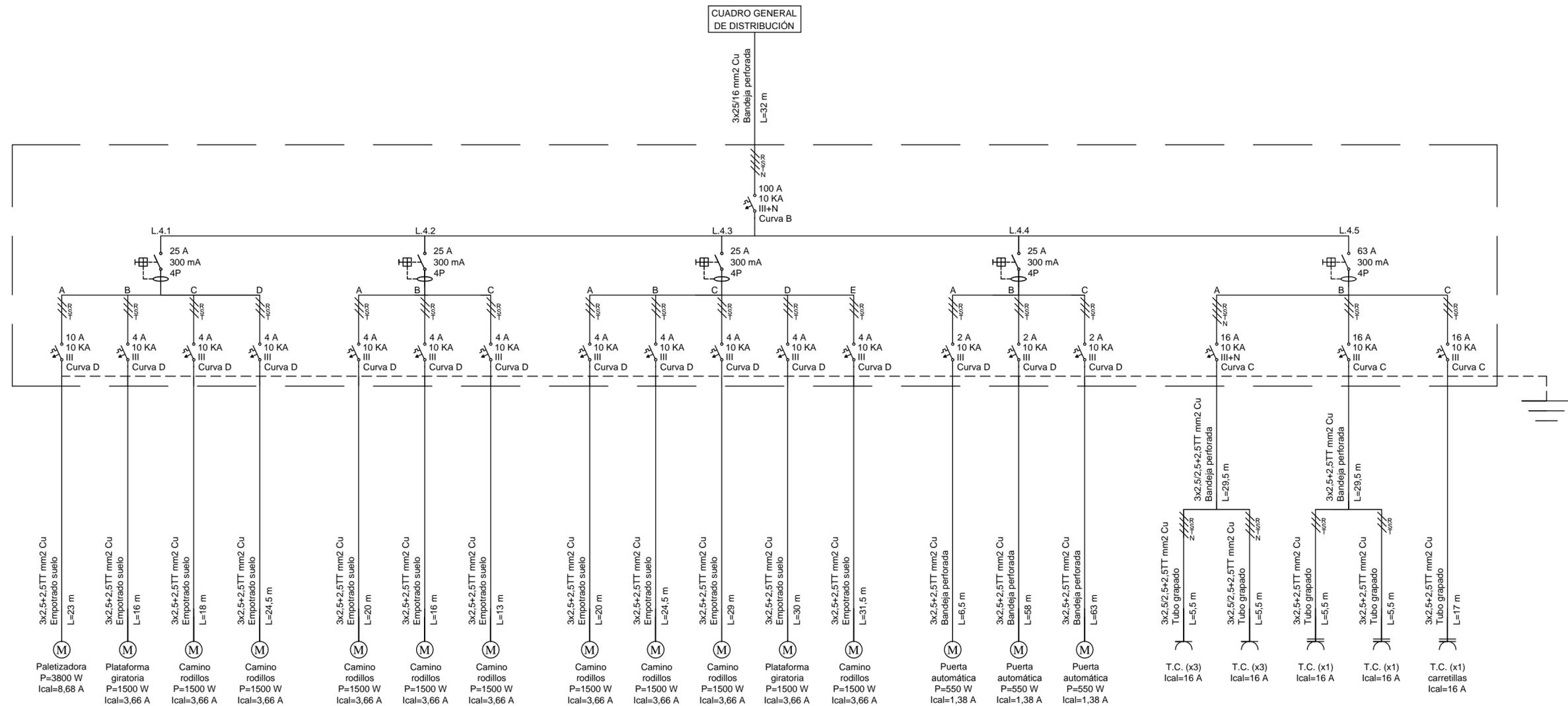
Universidad Pública de Navarra <i>Nafarroako Unibertsitate Publikoa</i>	<b>E.T.S.I.I.T.</b>	DEPARTAMENTO:	
	<b>INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.</b>	<b>DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL</b>	
PROYECTO: <b>INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN BAJA TENSIÓN DE UNA NAVE INDUSTRIAL CON CENTRO DE TRANSFORMACIÓN</b>		REALIZADO: <b>RÍPODAS MARIÑELARENA, IGOR</b>	
PLANO: <b>ESQUEMA UNIFILAR CUADRO SECUNDARIO 2</b>		FIRMA:	FECHA: 07/2013
	ESCALA:	NºPLANO: 11	

# CUADRO SECUNDARIO 3



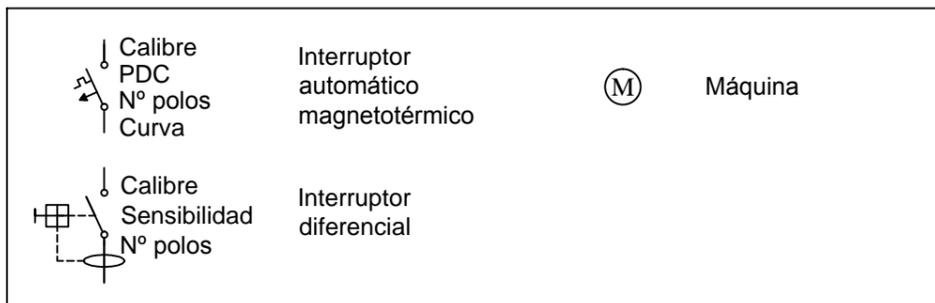
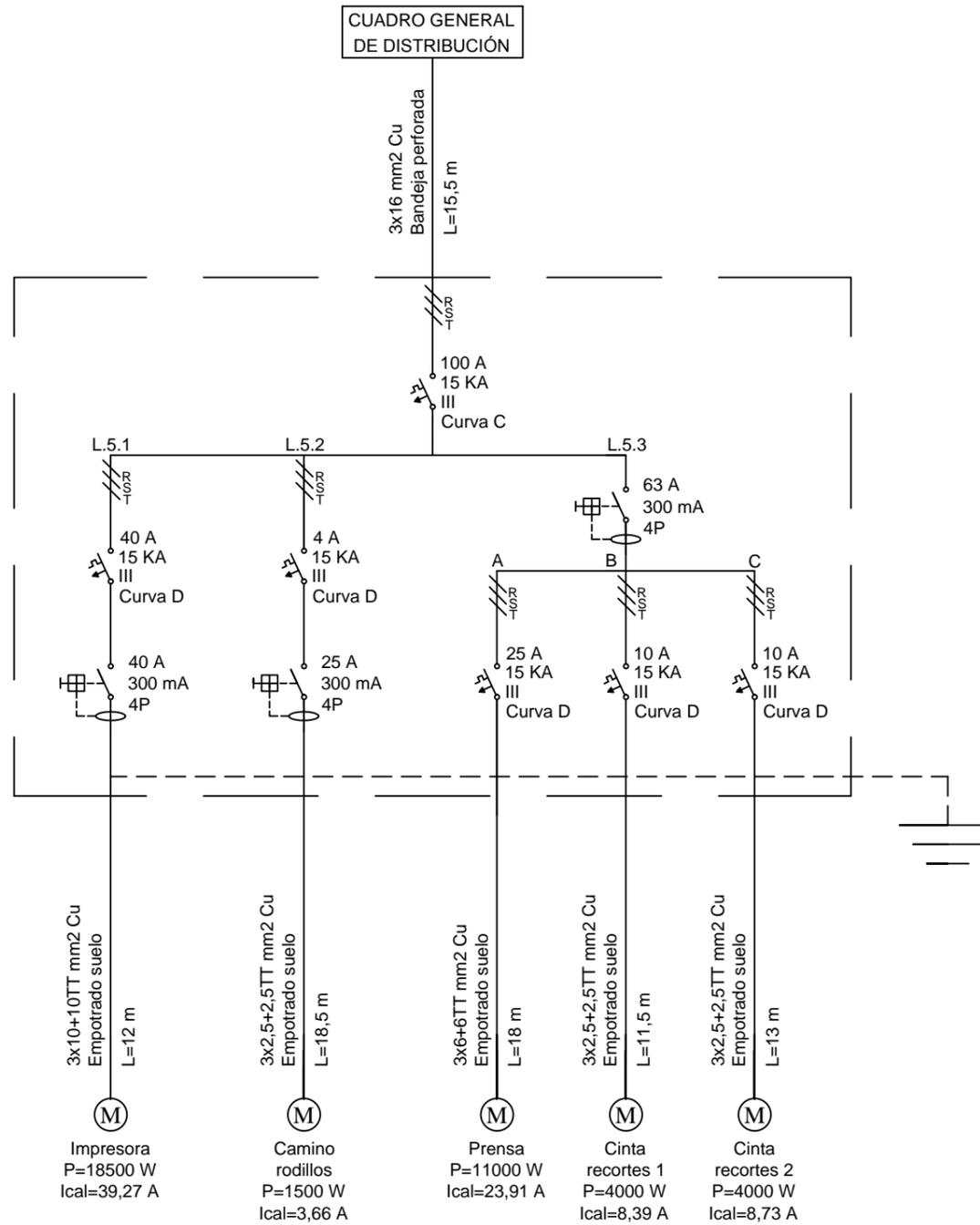
 Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	<b>E.T.S.I.I.T.</b>	DEPARTAMENTO:
	INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.	<b>DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL</b>
PROYECTO: <b>INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN BAJA TENSIÓN DE UNA NAVE INDUSTRIAL CON CENTRO DE TRANSFORMACIÓN</b>		REALIZADO: <b>RÍPODAS MARIÑELARENA, IGOR</b>
PLANO: <b>ESQUEMA UNIFILAR CUADRO SECUNDARIO 3</b>		FIRMA:
	FECHA: 07/2013	ESCALA: N°PLANO: 12

# CUADRO SECUNDARIO 4



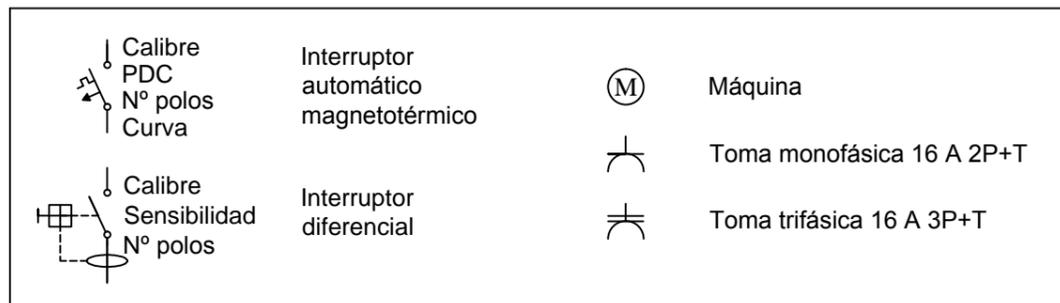
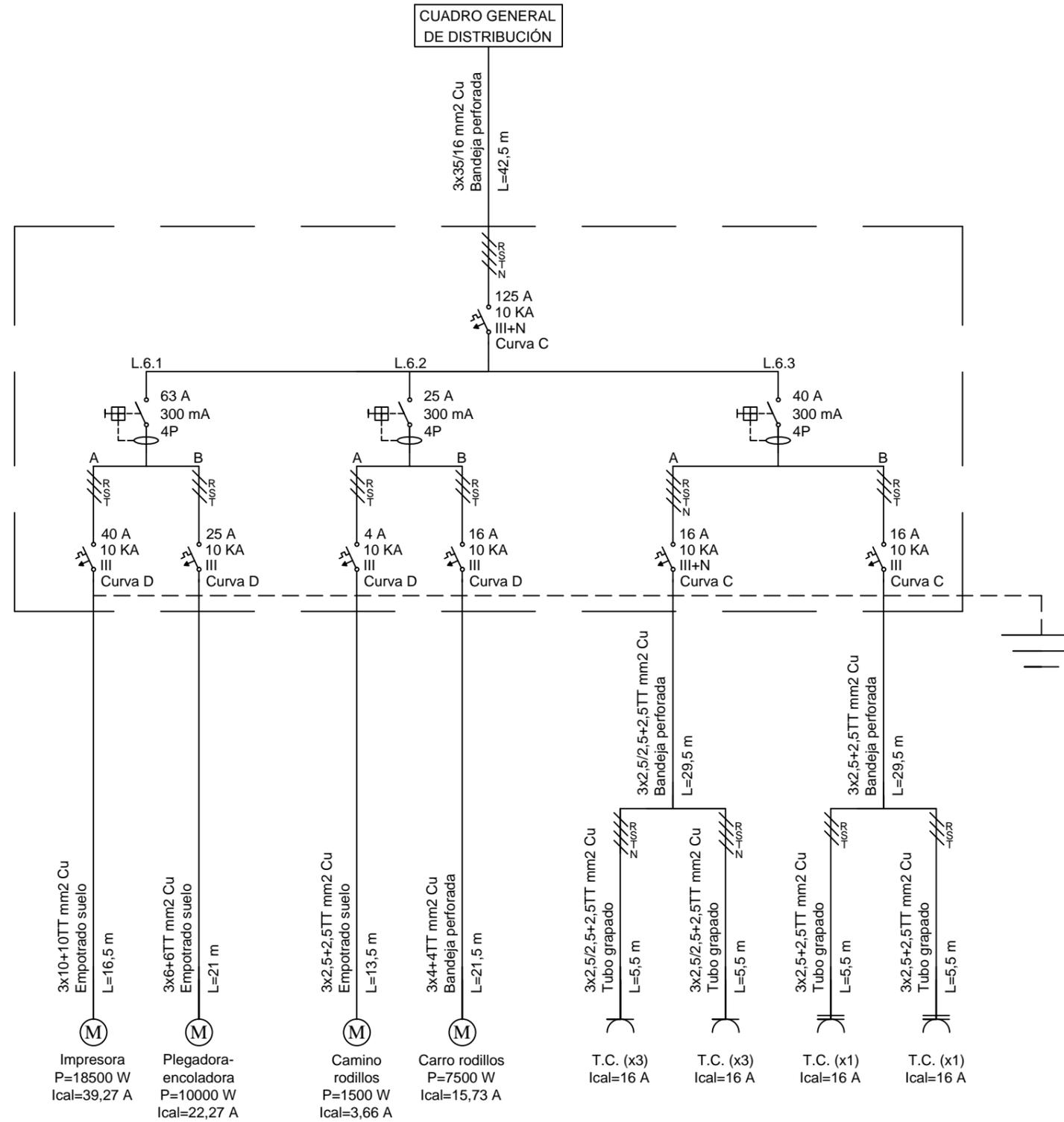
Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	<b>E.T.S.I.I.T.</b>	DEPARTAMENTO:
	<b>INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.</b>	<b>DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL</b>
PROYECTO: <b>INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN BAJA TENSIÓN DE UNA NAVE INDUSTRIAL CON CENTRO DE TRANSFORMACIÓN</b>		REALIZADO: <b>RÍPODAS MARIÑELARENA, IGOR</b>
PLANO: <b>ESQUEMA UNIFILAR CUADRO SECUNDARIO 4</b>		FIRMA: FECHA: 07/2013 ESCALA: NºPLANO: 13

# CUADRO SECUNDARIO 5



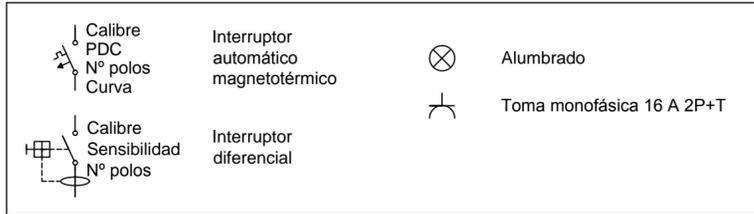
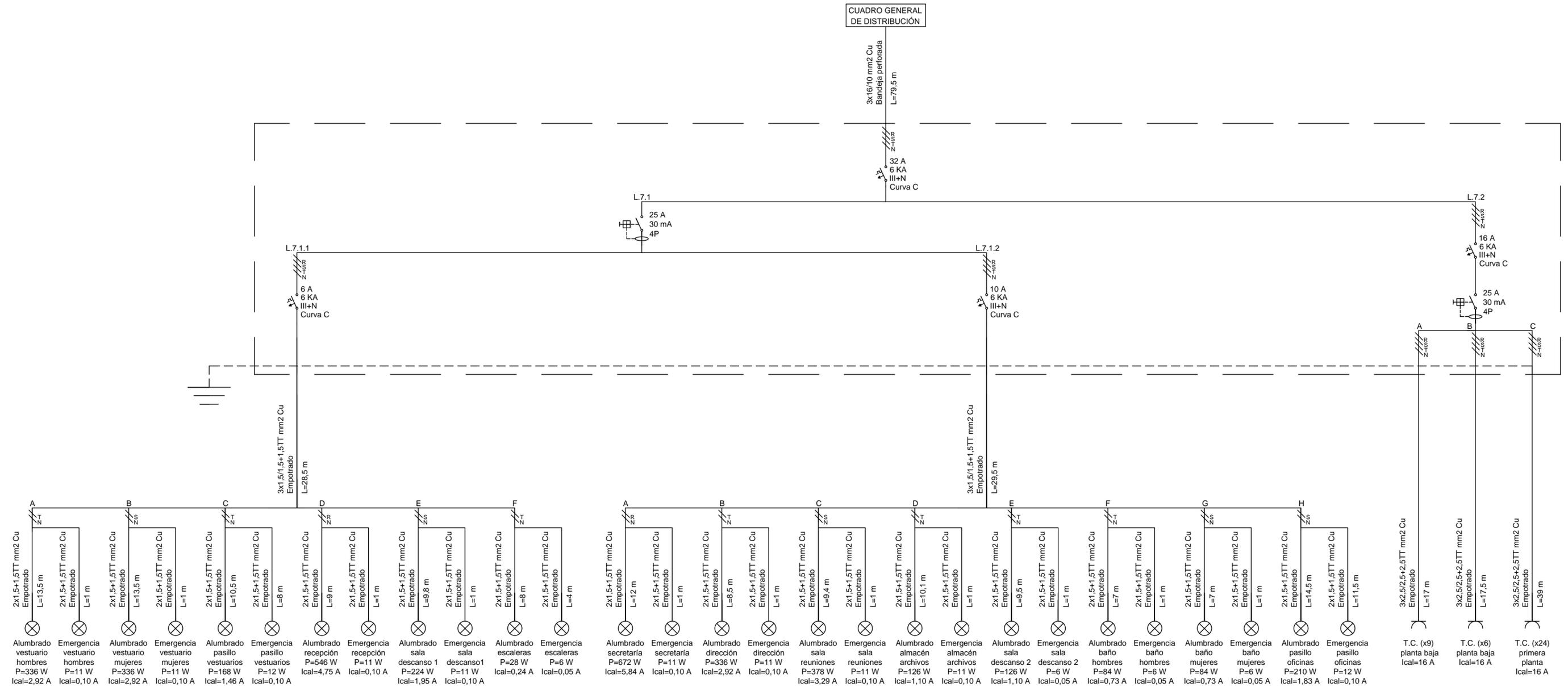
 Universidad Pública de Navarra <i>Nafarroako</i> <i>Unibertsitate Publikoa</i>	<b>E.T.S.I.I.T.</b>	DEPARTAMENTO:
	<b>INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.</b>	<b>DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL</b>
PROYECTO: <b>INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN BAJA TENSIÓN DE UNA NAVE INDUSTRIAL CON CENTRO DE TRANSFORMACIÓN</b>		REALIZADO: <b>RÍPODAS MARIÑELARENA, IGOR</b>
PLANO: <b>ESQUEMA UNIFILAR CUADRO SECUNDARIO 5</b>		FIRMA:  FECHA: 07/2013    ESCALA:    NºPLANO: 14

# CUADRO SECUNDARIO 6



Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	<b>E.T.S.I.I.T.</b>	DEPARTAMENTO:
	INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.	DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL
PROYECTO: <b>INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN BAJA TENSIÓN DE UNA NAVE INDUSTRIAL CON CENTRO DE TRANSFORMACIÓN</b>		REALIZADO: RÍPODAS MARIÑELARENA, IGOR
PLANO: <b>ESQUEMA UNIFILAR CUADRO SECUNDARIO 6</b>		FIRMA:
	FECHA: 07/2013	ESCALA:
		NºPLANO: 15

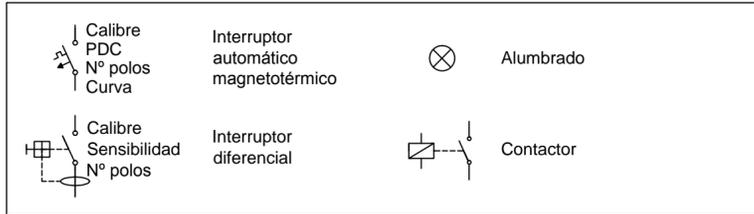
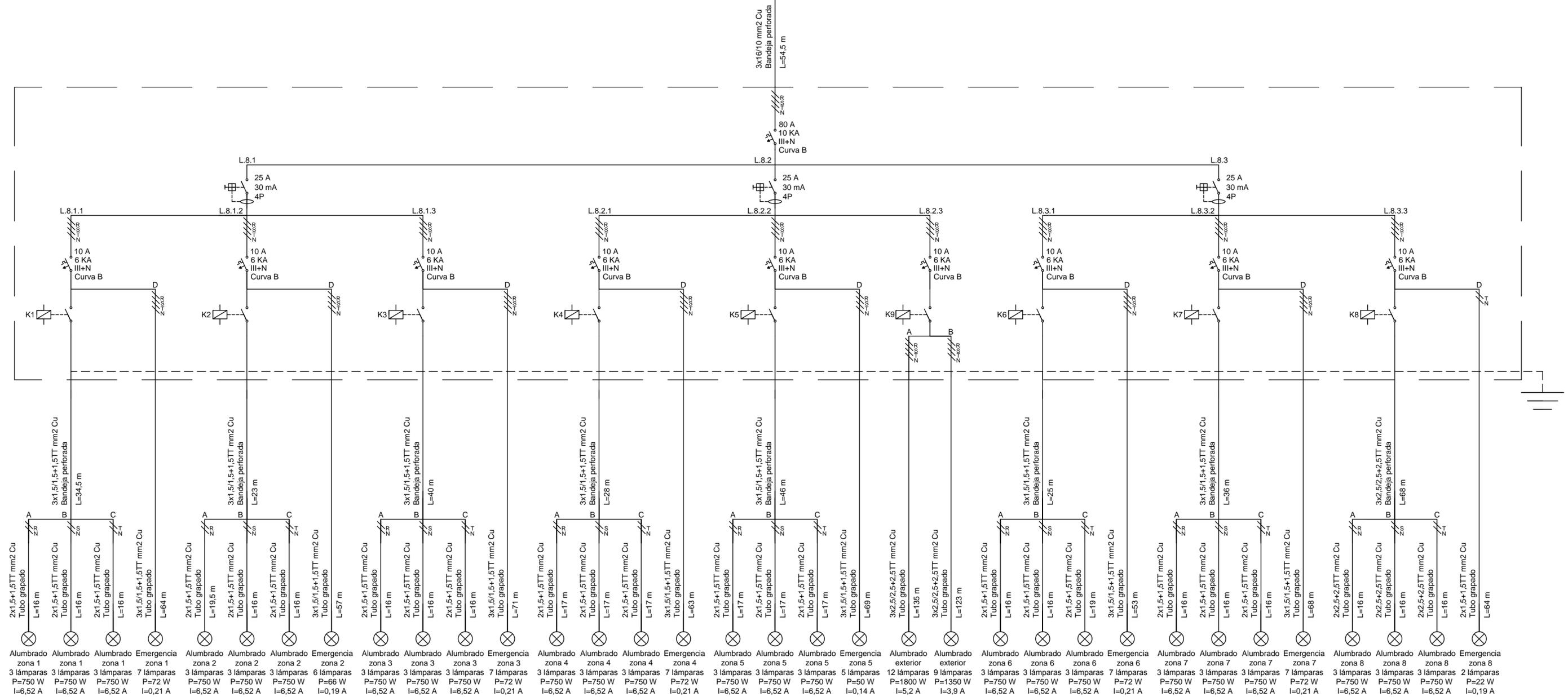
# CUADRO SECUNDARIO 7



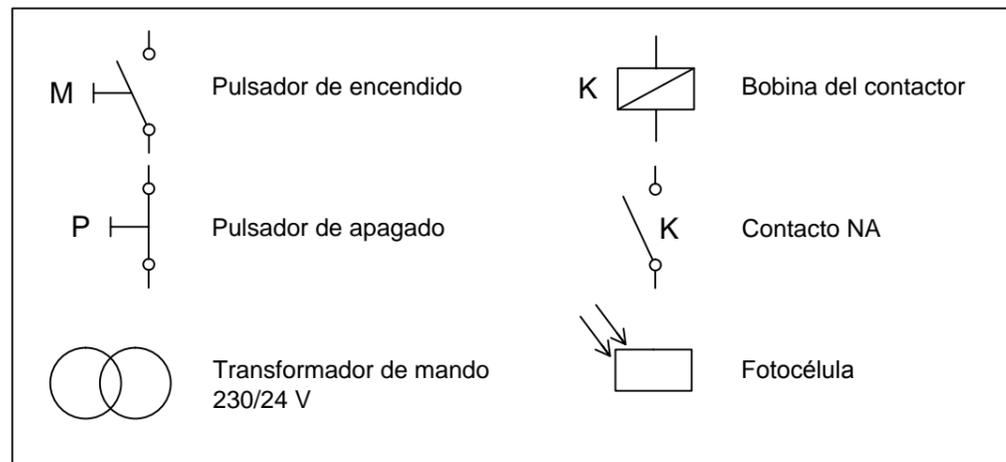
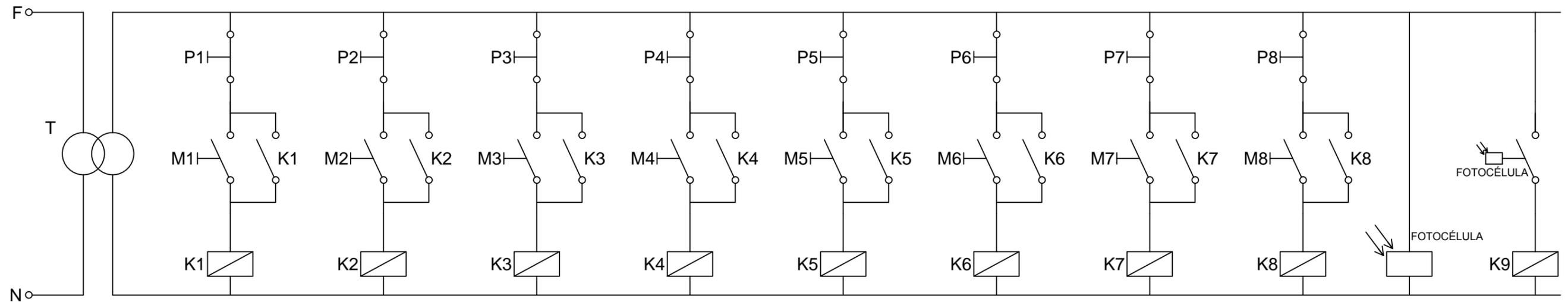
 Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	<b>E.T.S.I.I.T.</b>	DEPARTAMENTO:
	<b>INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.</b>	<b>DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL</b>
PROYECTO: <b>INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN BAJA TENSIÓN DE UNA NAVE INDUSTRIAL CON CENTRO DE TRANSFORMACIÓN</b>		REALIZADO: <b>RÍPODAS MARIÑELARENA, IGOR</b>
PLANO: <b>ESQUEMA UNIFILAR CUADRO SECUNDARIO 7</b>		FIRMA: FECHA: 07/2013 ESCALA: NºPLANO: 16

# CUADRO SECUNDARIO 8

CUADRO GENERAL DE DISTRIBUCIÓN

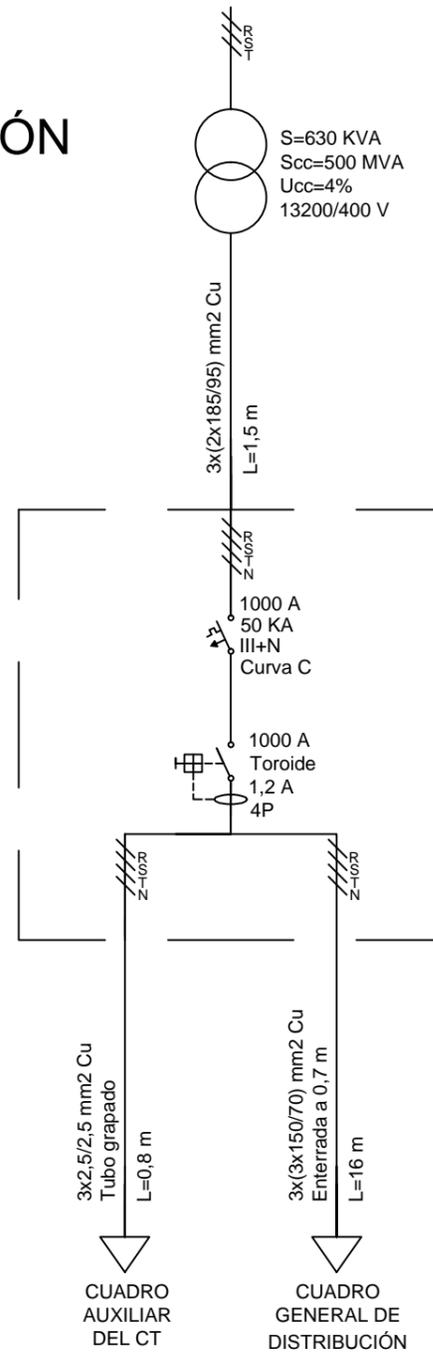


 Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	<b>E.T.S.I.I.T.</b>	DEPARTAMENTO:
	<b>INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.</b>	<b>DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL</b>
PROYECTO: <b>INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN BAJA TENSIÓN DE UNA NAVE INDUSTRIAL CON CENTRO DE TRANSFORMACIÓN</b>		REALIZADO: <b>RÍPODAS MARIÑELARENA, IGOR</b>
PLANO: <b>ESQUEMA UNIFILAR CUADRO SECUNDARIO 8</b>		FIRMA: FECHA: 07/2013 ESCALA: NºPLANO: 17

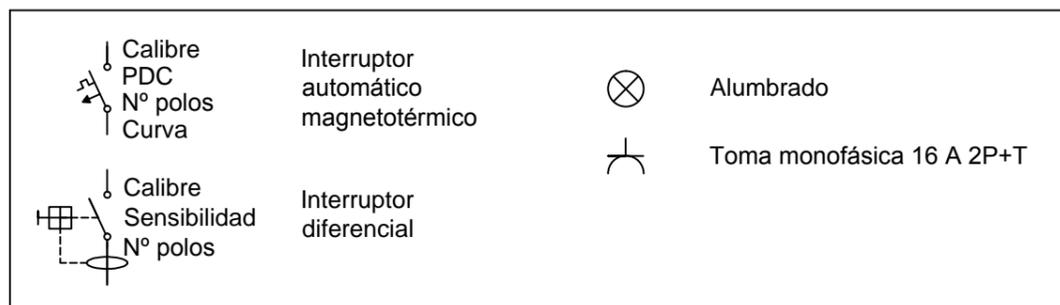
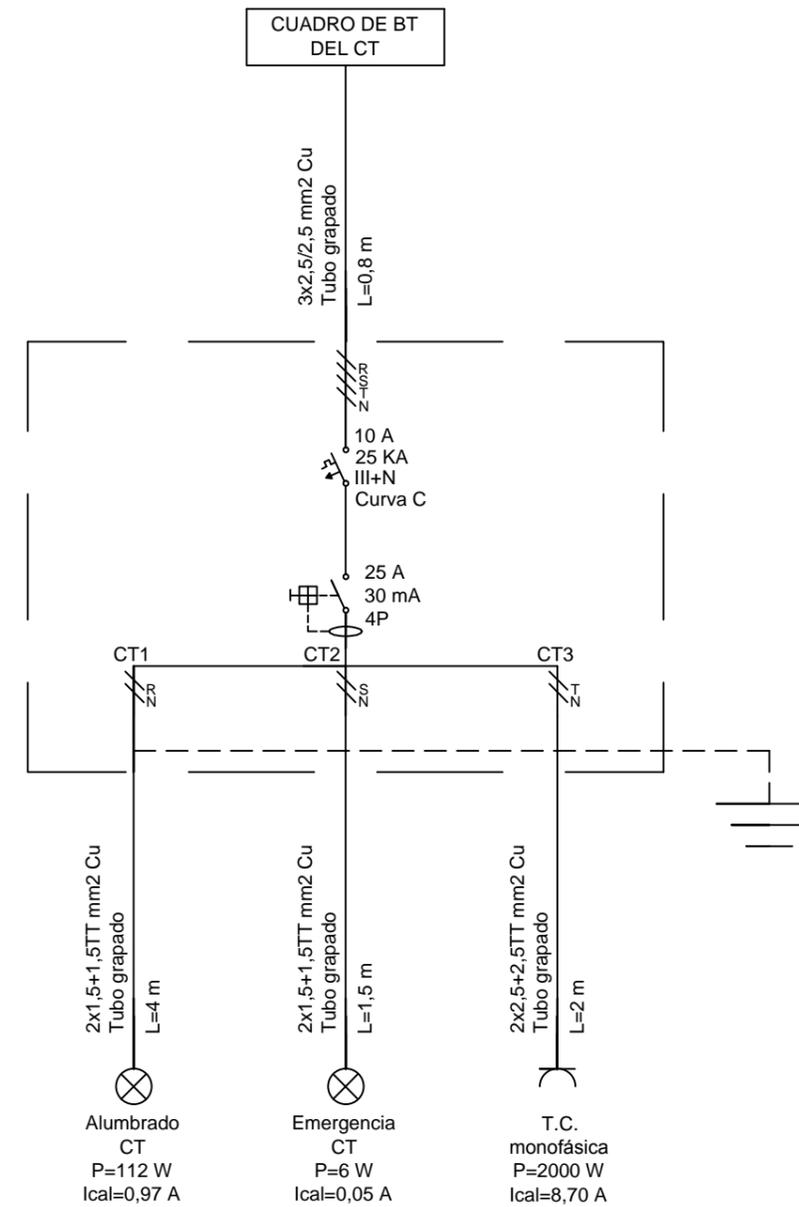


Universidad Pública de Navarra <i>Nafarroako Unibertsitate Publikoa</i>	<b>E.T.S.I.I.T.</b>	DEPARTAMENTO:	
	<b>INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.</b>	<b>DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL</b>	
PROYECTO: <b>INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN BAJA TENSIÓN DE UNA NAVE INDUSTRIAL CON CENTRO DE TRANSFORMACIÓN</b>		REALIZADO: <b>RÍPODAS MARIÑELARENA, IGOR</b>	
PLANO: <b>ESQUEMA DE MANDO ALUMBRADO NAVE</b>		FIRMA:	
	FECHA:	ESCALA:	NºPLANO:
	07/2013		18

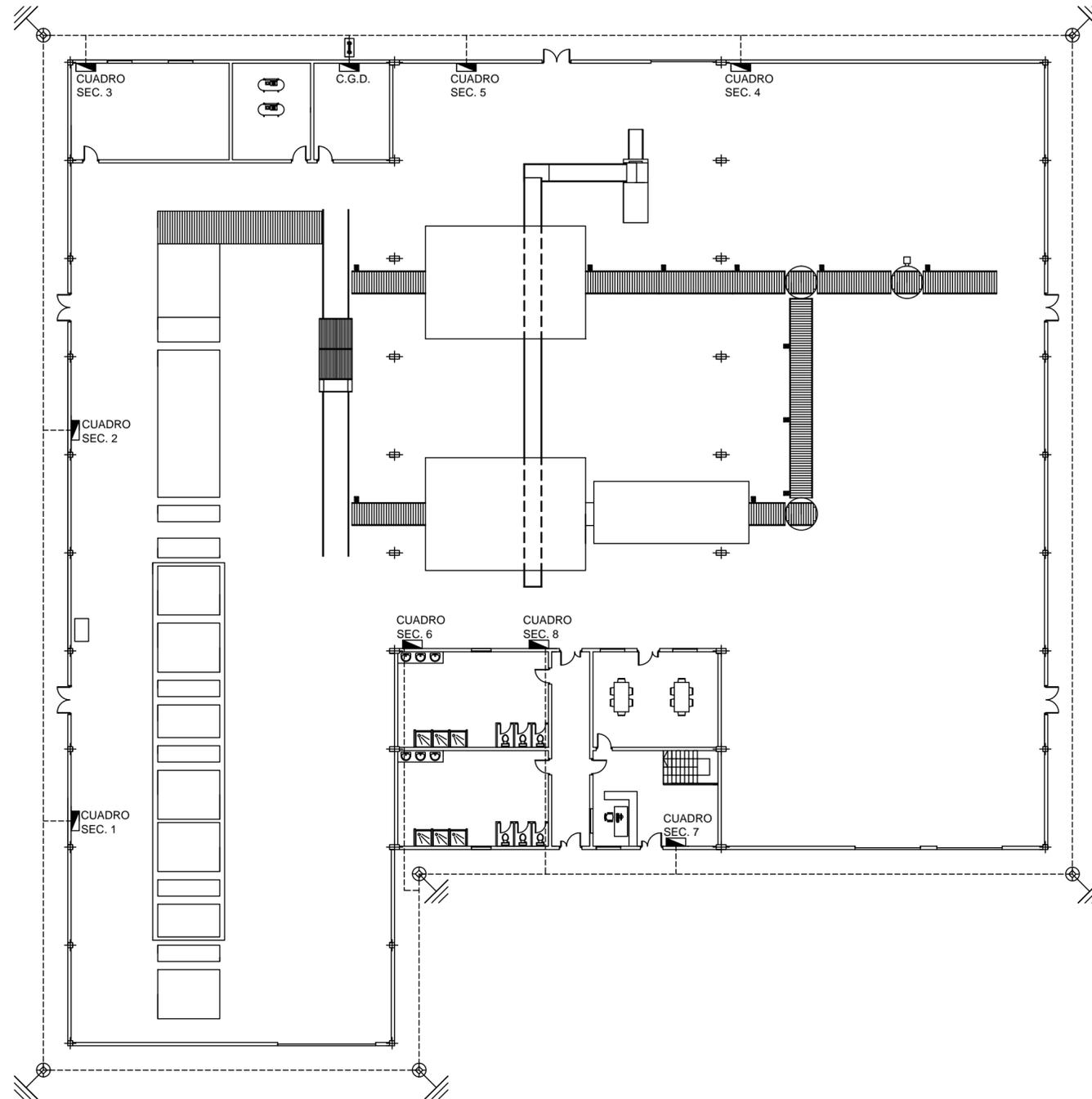
# CUADRO DE B.T. DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN

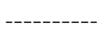


# CUADRO AUXILIAR DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN



 Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	<b>E.T.S.I.I.T.</b>	DEPARTAMENTO:	
	INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.	DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL	
PROYECTO: <b>INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN BAJA TENSIÓN DE UNA NAVE INDUSTRIAL CON CENTRO DE TRANSFORMACIÓN</b>		REALIZADO: RÍPODAS MARIÑELARENA, IGOR	
PLANO: <b>ESQUEMA UNIFILAR CUADRO DE BT Y AUXILIAR DEL CT</b>		FIRMA:	FECHA: 07/2013
		ESCALA:	NºPLANO: 19

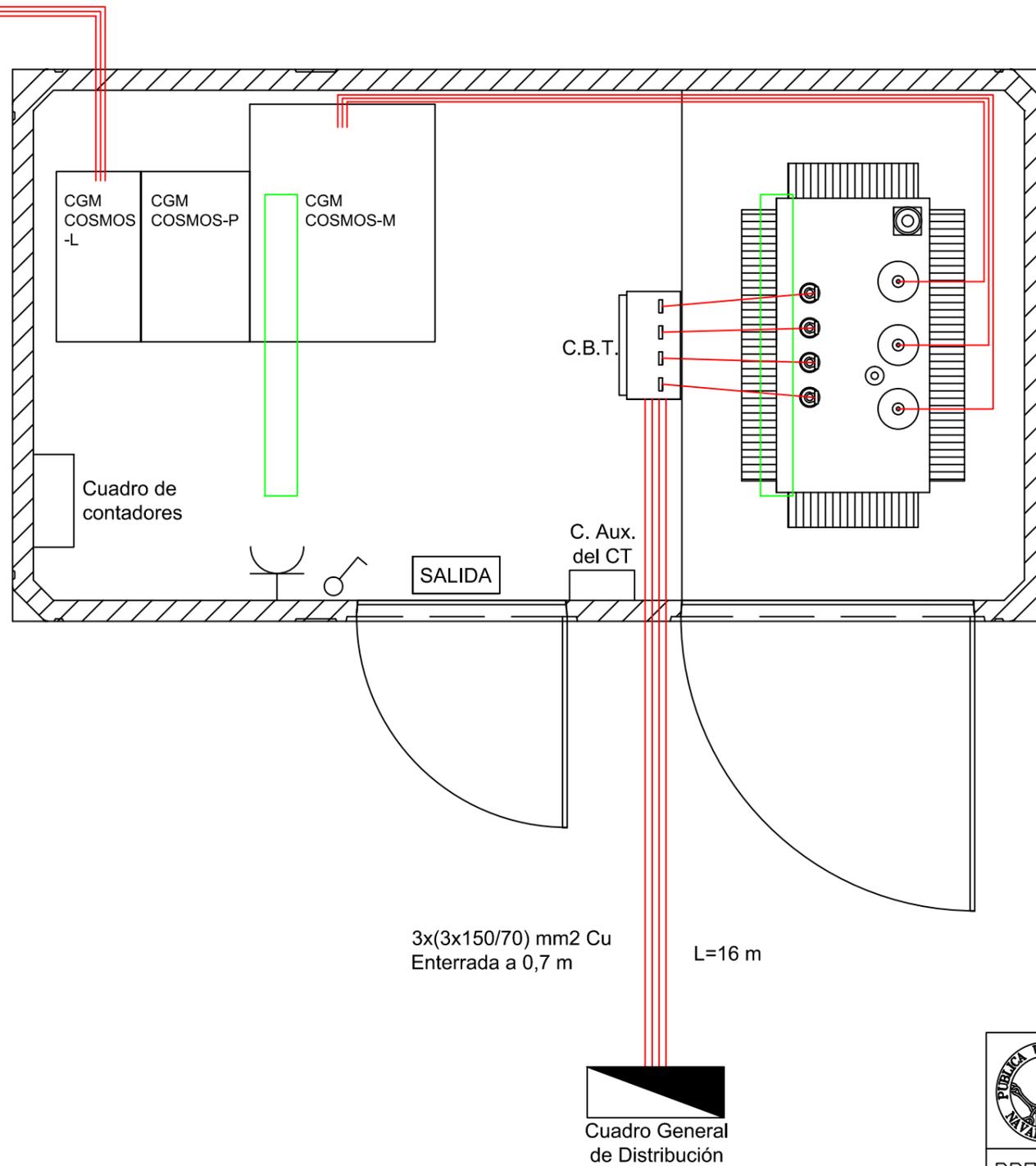


 Caja de medición y seccionamiento de puesta a tierra que une el cuadro general de distribución con el anillo de tierra  
 Pica de 2 m de longitud y 14 mm de diámetro  
 Grapas para la conexión de la pica con el conductor  
 Cable de cobre desnudo de 50 mm<sup>2</sup> de sección enterrado a 0,8 m de profundidad

 Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	<b>E.T.S.I.I.T.</b>	DEPARTAMENTO:
	<b>INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.</b>	<b>DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL</b>
PROYECTO: <b>INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN BAJA TENSIÓN DE UNA NAVE INDUSTRIAL CON CENTRO DE TRANSFORMACIÓN</b>		REALIZADO: <b>RÍPODAS MARIÑELARENA, IGOR</b>
PLANO: <b>PUESTA A TIERRA</b>		FIRMA: FECHA: 07/2013    ESCALA: 1:250    NºPLANO: 20

# CENTRO DE TRANSFORMACIÓN DE SUPERFICIE

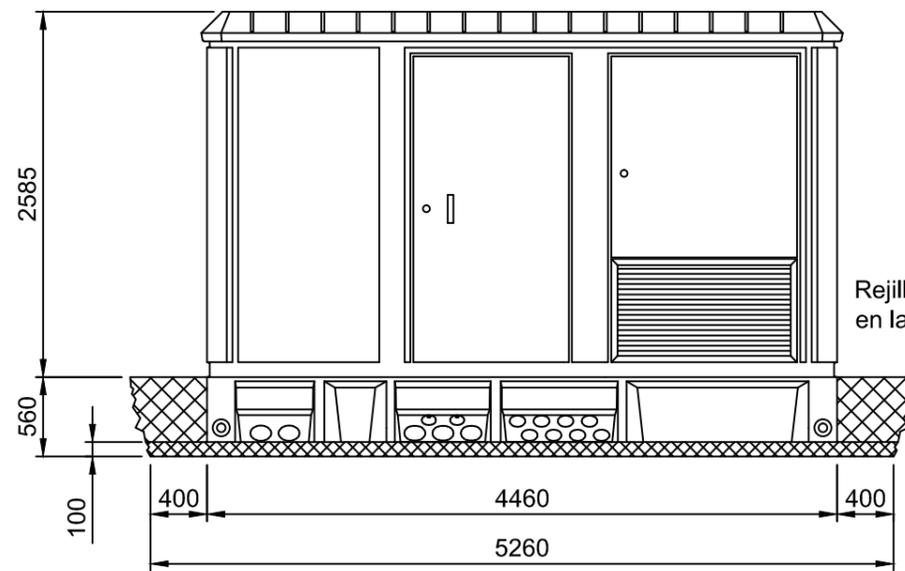
Línea de Media tensión  
13,2 KV; IBERDROLA  
Subterránea



CGMCOSMOS-L: Celda de línea CGMCOSMOS-P: Celda de protección con fusibles CGMCOSMOS-M: Celda de medida	
	Toma monofásica
	Luminaria Philips TCW216 2xTL5-28W HFP
	Interruptor
	Alumbrado de emergencia Primalum OVA37037E de 65 lm y 6 W
	Cuadro General de Distribución

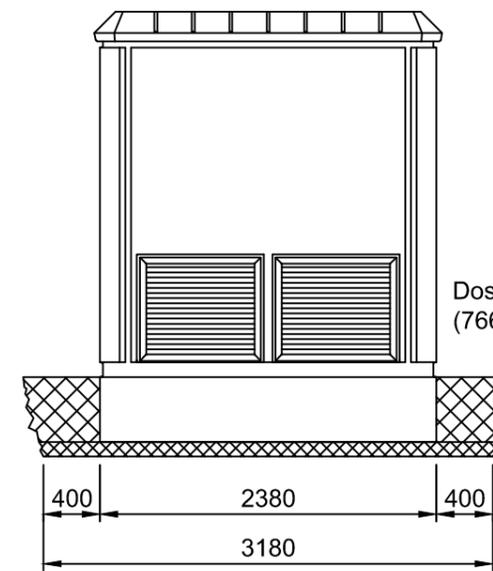
 Universidad Pública de Navarra <i>Nafarroako</i> <i>Unibertsitate Publikoa</i>	<b>E.T.S.I.I.T.</b>	DEPARTAMENTO:
	<b>INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.</b>	<b>DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL</b>
PROYECTO: <b>INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN BAJA TENSIÓN DE UNA NAVE INDUSTRIAL CON CENTRO DE TRANSFORMACIÓN</b>		REALIZADO: <b>RÍPODAS MARIÑELARENA, IGOR</b>
PLANO: <b>DISTRIBUCIÓN DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN</b>		FIRMA:  FECHA: 07/2013    ESCALA: 1:25    NºPLANO: 21

Fachada delantera



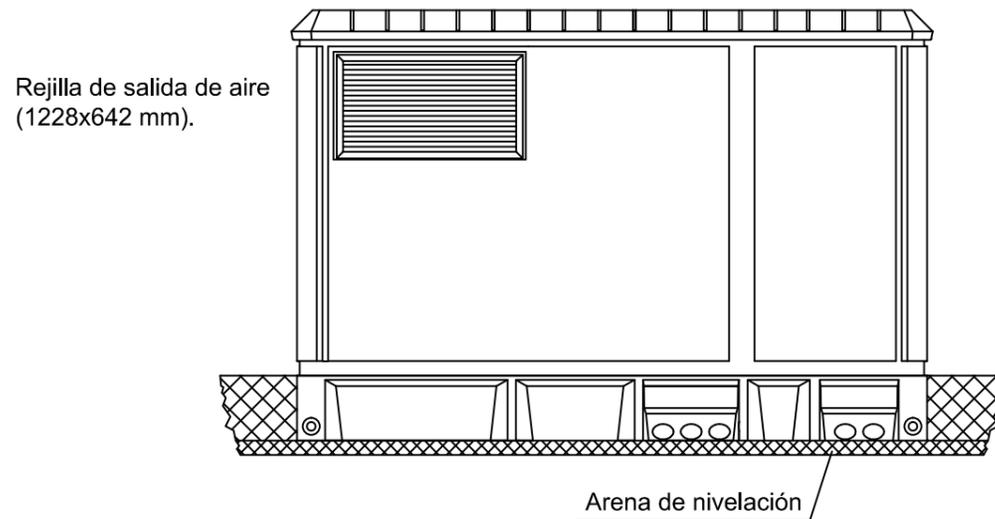
Rejilla de entrada de aire situada en la puerta (1228x642 mm).

Fachada lateral derecha



Dos rejillas de entrada de aire (766x642 mm cada una).

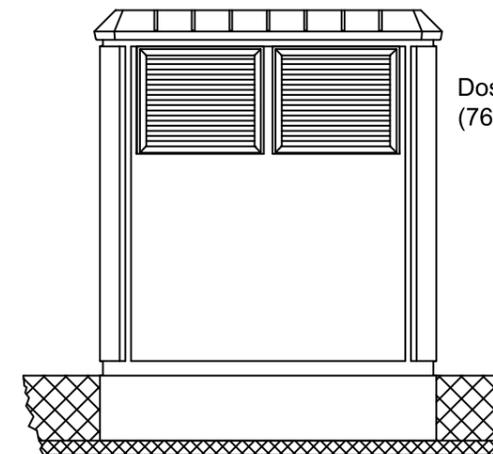
Fachada trasera



Rejilla de salida de aire (1228x642 mm).

Arena de nivelación

Fachada lateral izquierda



Dos rejillas de salida de aire (766x642 mm cada una).

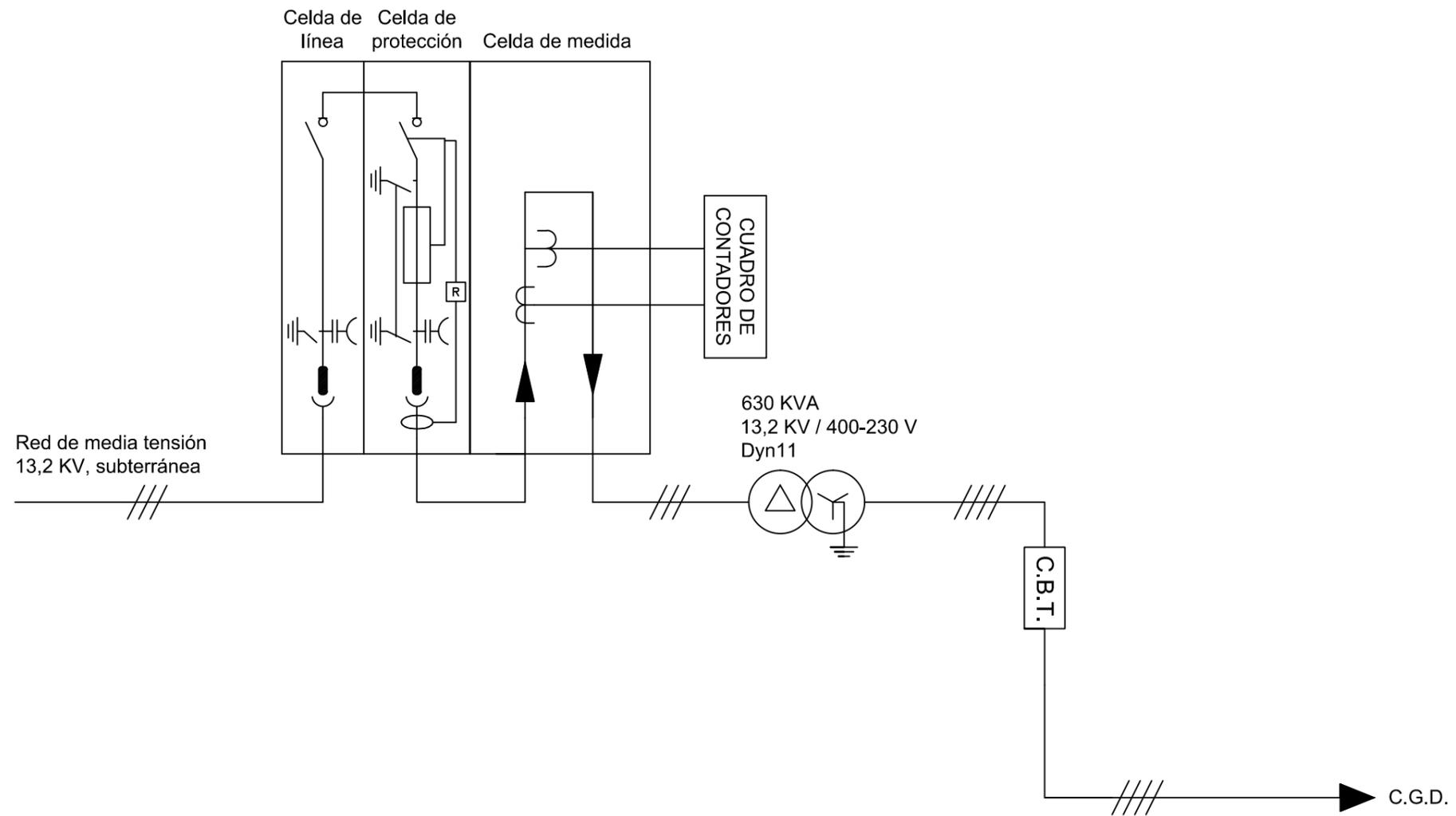
**NOTA:**

La ventilación será de tipo natural con las rejillas de entrada y de salida de aire enfrentadas.

La diferencia de altura entre los centros de estas rejillas es de 1,4 m.

DIMENSIONES DE LA EXCAVACIÓN  
5,26 m. ancho x 3,18 m. fondo x 0,56 m. profundidad

 Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	<b>E.T.S.I.I.T.</b>	DEPARTAMENTO:	
	<b>INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.</b>	<b>DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL</b>	
PROYECTO: <b>INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN BAJA TENSIÓN DE UNA NAVE INDUSTRIAL CON CENTRO DE TRANSFORMACIÓN</b>		REALIZADO: <b>RÍPODAS MARIÑELARENA, IGOR</b>	
PLANO: <b>DETALLE EXCAVACIÓN, REJILLAS Y COTAS DEL CT</b>		FIRMA:	
	FECHA: 07/2013	ESCALA: 1:50	NºPLANO: 22

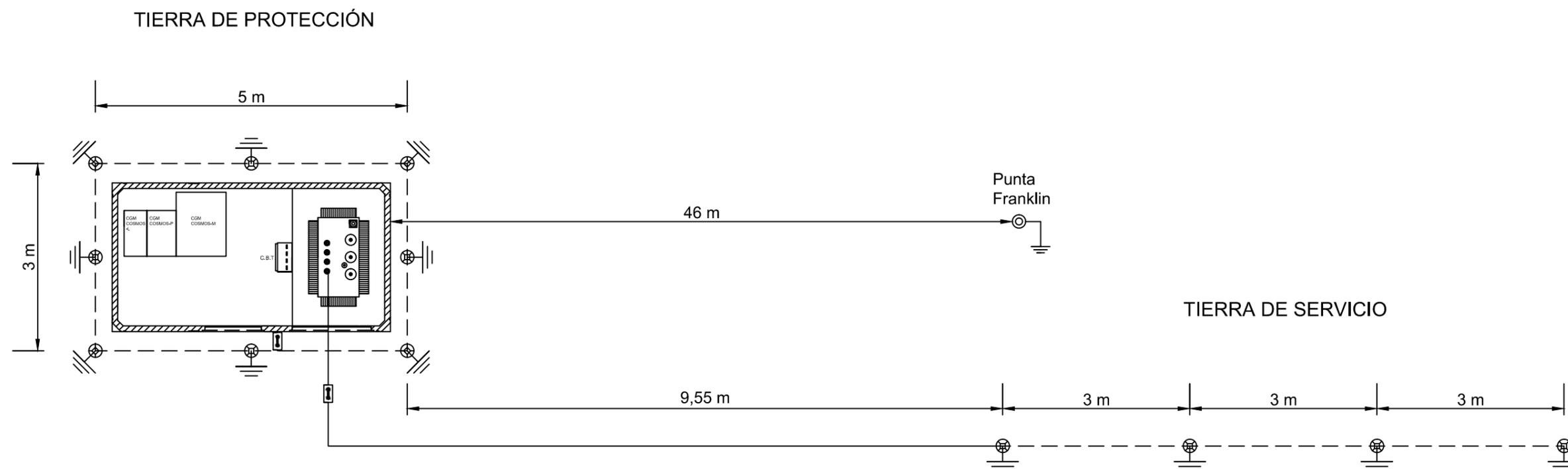


	Interruptor seccionador
	Seccionador de puesta a tierra
	Indicador de presencia de tensión
	Interruptor automático de corte con fusible
	Transformador de intensidad
	Transformador de tensión

Características de las celdas

CGMCOSMOS-L: Celda de línea	Vn=24 KV In=400 A Intensidad de cortocircuito: 16 KA-20 KA Capacidad de cierre: 40 KA
CGMCOSMOS-P: Celda de protección	Vn=24 KV In=400 A Intensidad de cortocircuito: 16 KA-20 KA Capacidad de cierre: 40 KA Fusibles: 3x40 A
CGMCOSMOS-M: Celda de medida	Vn=24 KV In=400 A 3 Transformadores de tensión de relación 13200-22000/110 Clase 05 aislamiento 24 KV. 3 Transformadores de intensidad de relación 15-30/5 A Clase 05 aislamiento 24 KV.

Universidad Pública de Navarra <i>Nafarroako Unibertsitate Publikoa</i>	<b>E.T.S.I.I.T.</b>	DEPARTAMENTO:	
	<b>INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.</b>	<b>DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL</b>	
PROYECTO: <b>INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN BAJA TENSIÓN DE UNA NAVE INDUSTRIAL CON CENTRO DE TRANSFORMACIÓN</b>		REALIZADO: <b>RÍPODAS MARIÑELARENA, IGOR</b>	
PLANO: <b>CENTRO DE TRANSFORMACIÓN (UNIFILAR)</b>		FIRMA:	FECHA: 07/2013
		ESCALA:	NºPLANO: 23



**NOTA:**

**Tierra de protección:** Código UNESA 50-30/8/82. Las 8 picas formarán un rectángulo de dimensiones 5x3 m, y estarán unidas mediante un conductor de cobre desnudo de 50 mm<sup>2</sup>. Las picas tendrán una longitud de 2 m y un diámetro de 14 mm. Se enterrarán de forma vertical a una profundidad de 0,8 m.

**Tierra de servicio:** Código UNESA 8/42. Las picas tendrán una longitud de 2 m y un diámetro de 14 mm. Se enterrarán de forma vertical a una profundidad de 0,8 m. Se situarán en hilera, distanciadas 3 m entre ellas, y estarán unidas mediante un conductor de cobre desnudo de 50 mm<sup>2</sup>.

	Pica de cobre de 2 m de longitud y 14 mm de diámetro		Conductor de cobre aislado 0,6/1 KV de 50 mm <sup>2</sup>
	Arqueta de registro		Caja de medición y seccionamiento de puesta a tierra
	Conductor de cobre desnudo de 50 mm <sup>2</sup>		Punta Franklin

Universidad Pública de Navarra <i>Nafarroako Unibertsitate Publikoa</i>	<b>E.T.S.I.I.T.</b> <b>INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.</b>	DEPARTAMENTO:
		<b>DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL</b>
PROYECTO: <b>INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN BAJA TENSIÓN DE UNA NAVE INDUSTRIAL CON CENTRO DE TRANSFORMACIÓN</b>		REALIZADO: <b>RÍPODAS MARIÑELARENA, IGOR</b>
		FIRMA:
PLANO: <b>PUESTA A TIERRA DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN</b>	FECHA: 07/2013	ESCALA: 1:75
		NºPLANO: 24



# ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación:

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL ELÉCTRICO

Título del proyecto:

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

PLIEGO DE CONDICIONES

Igor Rípodas Mariñelarena

Rafael Gonzaga Jarquín

Pamplona, 18/07/2013



4.1. OBJETO .....	3
4.2. CONDICIONES GENERALES .....	3
4.2.1. Ámbito de aplicación .....	3
4.2.2. Conformidad o variación de las condiciones .....	3
4.2.3. Rescisión del contrato .....	3
4.2.4. Condiciones .....	4
4.2.5. Ejecución de la obra .....	4
4.2.6. Los materiales y aparatos, su procedencia .....	4
4.2.7. Modificaciones .....	5
4.2.8. Trabajos defectuosos .....	5
4.2.9. Medios auxiliares .....	5
4.2.10. Conservación de las obras y plazos de garantías .....	5
4.2.11. Recepción provisional de las obras .....	6
4.2.12. Recepción definitiva .....	6
4.2.13. Personal .....	6
4.3. CONDICIONES DE EJECUCIÓN .....	8
4.3.1. Datos de la obra .....	8
4.3.2. Obras que comprende .....	8
4.3.3. Mejoras y variaciones del proyecto .....	8
4.3.4. Personal .....	8
4.4. CONDICIONES PARTICULARES .....	10
4.4.1. Disposiciones aplicables .....	10
4.4.2. Contradicciones y omisiones del proyecto .....	10
4.4.3. Prototipos .....	10
4.5. CONDICIONES TÉCNICAS .....	11
4.5.1. Condiciones generales .....	11
4.5.2. Materiales eléctricos .....	11
4.5.3. Conductores .....	12
4.5.3.1. Materiales .....	12
4.5.3.2. Identificación de los conductores .....	12
4.5.4. Caídas de tensión .....	13
4.6. REDES SUBTERRÁNEAS DE BAJA TENSIÓN .....	14
4.6.1. Objetivo .....	14
4.6.2. Condiciones generales .....	14
4.6.3. Ejecución del trabajo .....	14
4.6.4. Trazado de zanjas .....	14
4.6.5. Tendido de conductores .....	14
4.6.6. Identificación del conductor .....	16
4.6.7. Cierre de zanjas .....	16
4.7. RECEPTORES .....	17
4.7.1. Condiciones generales de la instalación .....	17
4.7.2. Tensiones de alimentación .....	17
4.7.3. Conexión de receptores .....	17
4.7.4. Utilización de receptores que desequilibren las fases o produzcan fuertes oscilaciones de la potencia absorbida .....	18
4.7.5. Compensación del factor de potencia .....	18
4.7.6. Receptores para alumbrado .....	18
4.7.7. Receptores para aparatos de caldeo .....	19



4.7.8. Receptores para motores .....	19
4.8. PROTECCIÓN CONTRA SOBREINTENSIDADES Y SOBRETENSIONES ....	20
4.8.1. Protección de las instalaciones .....	20
4.8.1.1. Contra sobrecargas.....	20
4.8.1.2. Contra sobretensiones .....	20
4.8.2. Situación de los dispositivos de protección .....	20
4.8.3. Características de los dispositivos de protección.....	21
4.9. PROTECCIÓN CONTRA CONTACTOS DIRECTOS E INDIRECTOS .....	22
4.9.1. Protección contra contactos directos.....	22
4.9.2. Protección contra contactos indirectos .....	22
4.10. MEJORAMIENTO DEL FACTOR DE POTENCIA .....	24
4.11. PUESTA A TIERRA.....	24
4.12. ALUMBRADOS .....	25
4.12.1. Alumbrado de señalización.....	25
4.12.2. Alumbrado de emergencia .....	25
4.12.3. Locales que deberán ser provistos de alumbrados especiales.....	26
4.12.4. Fuentes propias de energía.....	26
4.13. LOCAL.....	27
4.13.1. Características generales.....	27
4.14. CENTRO DE TRANSFORMACIÓN.....	29
4.14.1. Obra civil .....	29
4.14.2. Aparataje de media tensión.....	29
4.14.3. Transformador de potencia .....	30
4.14.4. Equipos de medida.....	30
4.14.5. Normas de ejecución de las instalaciones .....	31
4.14.6. Pruebas reglamentarias .....	31
4.14.7. Condiciones de uso, mantenimiento y seguridad.....	31
4.14.8. Disposición de registro .....	32



## **4.1. OBJETO**

El objeto del presente pliego de condiciones es establecer los requisitos a los que se deben ajustar las ejecuciones de las obras del proyecto, así como las condiciones técnicas y control de calidad que han de cumplir los materiales utilizados en el mismo.

Las condiciones técnicas y operaciones a realizar que se indican, no tienen carácter limitativo, teniendo que efectuar además de las indicadas, todas las necesarias para la ejecución correcta del trabajo.

El trabajo eléctrico consistirá en la instalación eléctrica completa de fuerza, alumbrado interior, exterior, toma tierra y el centro de transformación de la nave industrial dedicada a la fabricación de cajas de cartón.

Esta nave estará situada en el polígono industrial de Aoiz (Navarra), en las parcelas 884, 885 y 886.

## **4.2. CONDICIONES GENERALES**

### **4.2.1. Ámbito de aplicación**

Se aplicará todo lo expuesto en el presente pliego de condiciones en las obras de suministro y colocación de todas y cada una de las piezas o unidades de obra necesarias para efectuar debidamente la instalación eléctrica de la nave industrial descrita anteriormente.

### **4.2.2. Conformidad o variación de las condiciones**

Se aplicarán todas estas condiciones para todas las obras citadas anteriormente. El contratista debe conocer el pliego de condiciones, admitiendo modificaciones por el autor del proyecto únicamente y no por otros.

### **4.2.3. Rescisión del contrato**

Si la ejecución de la obra no fuera efectuada, o si el material presentado no reuniese las condiciones necesarias, se podría proceder a la rescisión del contrato con pérdida de la fianza.

Si se da esta situación, se fijará un plazo para tomar las medidas cuya paralización pudiera perjudicar las obras sin que durante este plazo se empiecen más trabajos.



#### **4.2.4. Condiciones**

El contratista deberá cumplir todas las condiciones de ejecución y calidad, así como las condiciones de recepción de materiales y características de los mismos. Se entregará al contratista una copia de los planos, memoria y pliegos de condiciones, así como cuantos planos o datos necesite para la completa ejecución de la obra.

El contratista podrá tomar nota o sacar copia, a su costa, del presupuesto y anexos del proyecto, así como segundas copias de todos los documentos.

La oferta que presente la empresa instaladora o el instalador deberá ajustarse a las especificaciones técnicas del proyecto, que no haya variaciones del material, tomando plena responsabilidad en cuanto a un correcto funcionamiento se refiere.

#### **4.2.5. Ejecución de la obra**

Las obras se iniciarán y finalizarán en los plazos previstos contractualmente en los que se incluye el trabajo de replanteo, limpieza final de obra, corrección de los defectos observados en la recepción provisional y la entrega de la documentación final de obra.

El contratista deberá entregar un planning de la obra con la fecha de terminación acordada en el contrato. Nunca podrá excusarse de no haber cumplido los plazos estipulados por falta de planos u órdenes de la dirección facultativa, a la cual tendrá informada, a excepción de que se haya solicitado por escrito. Además debe ajustarse a las disposiciones del proyecto y/o a las órdenes escritas.

Si la dirección facultativa decide presentar trabajos con urgencia, exigirá su fecha de comienzo y terminación, pero si el contratista no las cumple podrá ser sustituido por otro. Los gastos obtenidos de esto se le descontarán al contratista.

#### **4.2.6. Los materiales y aparatos, su procedencia**

Los materiales a contratar son los indicados en la oferta. Si en alguna partida del proyecto aparece el “o equivalente” se entiende que tiene las mismas características.

El contratista presentará las muestras de los materiales que se soliciten, siempre con la antelación prevista en el calendario de obra. Cualquier cambio que efectúe sin tenerlo aprobado dará lugar a su inmediata sustitución considerando el trabajo como defectuoso.



#### **4.2.7. Modificaciones**

No se considerarán como mejoras o variaciones del proyecto nada más que aquellas que hayan sido ordenadas expresamente, por escrito, por el director de obra y convenido el precio antes de proceder a su ejecución.

Las obras accesorias o delicadas, no incluidas en los precios de adjudicación, podrán ejecutarse con personal independientemente del contratista.

#### **4.2.8. Trabajos defectuosos**

El contratista es el único responsable de la ejecución de los trabajos que ha contratado y de las faltas y defectos que en estos pueda existir. Si por su mala ejecución o por la deficiente calidad de los materiales empleados o aparatos colocados, sin que pueda servir de excusa, ni le otorgue derecho alguno, la circunstancia de que por el arquitecto director o su auxiliar, no se haya llamado la atención sobre el particular, ni tampoco el hecho de que le hayan sido valoradas las certificaciones parciales de obra, que siempre se supone que se extienden y abonan a buena cuenta.

Así mismo será de su responsabilidad la correcta conservación de las diferentes partes de la obra, una vez ejecutadas, hasta su entrega.

En caso de que el arquitecto o su representante tengan noticia de cualquier defecto o error de construcción, tendrá derecho a ordenar la demolición o reconstrucción en la parte necesaria, cargando con todos los gastos el contratista. Si la demolición y reconstrucción no fuese posible, se actuará sobre la devaluación económica de las unidades en cuestión.

#### **4.2.9. Medios auxiliares**

Si el contratista necesita ayuda de personal, elementos de transporte, colocación de material, etc..., estos gastos correrán a cargo del contratista ya que tiene que hacer una instalación completa.

#### **4.2.10. Conservación de las obras y plazos de garantías**

El plazo de garantía comenzará al día siguiente de la firma del acta de recepción provisional. El plazo de garantía será de 12 meses si no se indica lo contrario, y el contratista estará obligado a reparar cualquier avería que pueda presentar la instalación ya sea por un mal uso o por defectos del material.

Se establece un aseguramiento de los resultados y de entrega de la documentación pertinente previa a la recepción provisional que vencerá en el momento en que el contratista de:



- Resultados de las pruebas realizadas con el reglamento vigente.
- Libro de mantenimiento.
- Planos de la instalación terminada.

Si no cumple con todo esto, la propiedad podrá encargar la obra a terceros.

#### **4.2.11. Recepción provisional de las obras**

Esta es firmada por la propiedad, su servicio de mantenimiento, y la dirección facultativa y el contratista. Para formalizarla, es necesario que el contratista haya entregado tres copias de la documentación final de obra corregidas con las observaciones correspondientes.

Una copia es para la dirección facultativa, otra para la propiedad y la última para la empresa de control de calidad. Además debe adjuntarse una fotocopia conforme la propiedad o la dirección facultativa ha recibido la documentación final de obra corregida.

Si en el momento de ocupar la obra y utilizar las instalaciones no han sido completadas las pruebas o la documentación correspondiente por causas ajenas a la propiedad, dirección facultativa o control de calidad, se le retendrá al contratista la liquidación final y la fianza establecida, y esas cantidades de dinero se utilizarán para terminar los trabajos restantes y abono de daños y perjuicios.

#### **4.2.12. Recepción definitiva**

Esta se dará a los 12 meses de recibir la recepción provisional, siguiendo los mismos trámites que en la provisional.

Solo son recibidas aquellas que estén en perfecto estado y funcionamiento. Si se da un fallo por incumplimiento del contratista, éste responderá a los daños y perjuicios.

La recepción definitiva implica la extinción de la responsabilidad administrativa.

#### **4.2.13. Personal**

El contratista es responsable de contratar toda la mano de obra necesaria para la ejecución de los trabajos en las condiciones previstas por el contrato y en las fijadas en la normativa laboral.

El contratista deberá emplear en sus trabajos el número de operarios que sean necesarios para llevarlo a cabo con la conveniente rapidez para cumplir los plazos previstos, así como organizar el número de brigadas que se le indiquen, para trabajar en varios puntos a la vez.



La designación de esta persona la hace la dirección facultativa y también sus sustituciones, además debe entregarle mensualmente la lista del personal en obra tanto propio o subcontratado con justificación, cotizado por la seguridad social y con un seguro que cubra daños a propios y terceros.

La adjudicación a subcontratistas se realiza con sujeción al plan de trabajos, garantizan su instalación durante el mismo plazo indicado en el contrato para el contratista principal, siendo responsables de las reposiciones, sustituciones, etc...

Incluimos los nombres de jefe de obra y encargado, pudiendo ser los mismos. El encargado permanece en la obra durante todas las jornadas laborales.

El trabajo diario es limitado por las leyes del lugar de trabajo. No se permiten horas extras sin autorización de la dirección facultativa, por lo que si el contratista no puede cumplir con el plan previsto, deberá ampliar la plantilla para cumplir los plazos previstos, pero nunca subsanar los retrasos mediante horas extras.



### **4.3. CONDICIONES DE EJECUCIÓN**

#### **4.3.1. Datos de la obra**

Se entregará al contratista una copia de los planos, memoria y pliegos de condiciones, así como cuantos planos o datos necesite la completa ejecución de la obra.

El contratista podrá tomar nota o sacar copia, a su costa, del presupuesto y anexos del proyecto, así como segundas copias de todos los documentos. Este será el responsable de conservar en perfecto estado los originales para después ser devueltos al director de obra después de su utilización.

#### **4.3.2. Obras que comprende**

Las obras se ejecutan conforme al proyecto, a las condiciones contenidas en este pliego de condiciones y el particular, si lo hubiere, y de acuerdo con las normas de la empresa suministradora.

El contratista, salvo aprobación por escrito del director de obra, no podrá hacer ninguna modificación de cualquier naturaleza, tanto en la ejecución de las obras en relación con el proyecto, como en las condiciones técnicas específicas.

Las obras que comprende este proyecto, abarcan el suministro e instalación de los materiales precisos para efectuar la instalación eléctrica de la nave industrial, teniendo en cuenta que la nave industrial comprende a las oficinas y la zona de producción, así como el centro de transformación.

#### **4.3.3. Mejoras y variaciones del proyecto**

No se considerarán como mejoras o variaciones del proyecto nada más que aquellas que hayan sido ordenadas expresamente, por escrito, por el director de obra y convenido el precio antes de proceder a su ejecución.

Las obras accesorias o delicadas, no incluidas en los precios de adjudicación, podrán ejecutarse con personal especializado independientemente del contratista.

#### **4.3.4. Personal**

El contratista no podrá utilizar en los trabajos, personal que no sea de su exclusiva cuenta y cargo, salvo la excepción del apartado anterior. Igualmente, será de su exclusiva cuenta y cargo aquel personal ajeno al trabajo propiamente manual y que sea necesario para el control administrativo del mismo. El contratista deberá tener al frente de los trabajadores un técnico suficientemente especializado a juicio del director de obra.



El contratista deberá emplear en sus trabajos el número de operarios que sean necesarios para llevarlo a cabo con la conveniente rapidez, así como organizar el número de brigadas que se le indiquen, para trabajar en varios puntos a la vez.

El contratista tendrá al frente de los trabajadores, personal idóneo.



## **4.4. CONDICIONES PARTICULARES**

### **4.4.1. Disposiciones aplicables**

Serán de aplicación en todas las instalaciones lo siguiente:

- Todas las disposiciones generales vigentes para la contratación de obras públicas.
- Normas UNE del instituto de normalización Española y aplicándose ante la no existencia de dicha normativa, las especificaciones recogidas en las Normas internacionales ISO; CIE; CEI o en su defecto las DIN; UTE o rango equivalente.
- Normas de la compañía suministradora de energía, en este caso Iberdrola.

### **4.4.2. Contradicciones y omisiones del proyecto**

Lo mencionado en la memoria y omitido en los planos, o viceversa, habrá de ser ejecutado como si estuviera expuesto en ambos documentos; en caso de contradicción entre planos y la memoria, prevalecerá lo prescrito en esta última.

Las omisiones en los planos o las descripciones erróneas de los detalles de la obra que sean indispensables para llevar a cabo el espíritu o intención expuestos en los planos y en este pliego de condiciones, no sólo no eximen al contratista de la obligación de ejecutar estos detalles de obra, omitidos o erróneamente descritos sino que, por el contrario, deberán ser ejecutados como si estuviesen correctamente especificados en los planos y en este pliego de condiciones.

### **4.4.3. Prototipos**

Antes de comenzar la obra, el adjudicatario podrá someter a la aprobación de la dirección de obras un prototipo de alguno de los materiales de los que consta el proyecto, con los cuales podrá realizar los ensayos que estime oportunos.

Tanto los materiales como el importe de los ensayos, serán por cuenta del adjudicatario.



## **4.5. CONDICIONES TÉCNICAS**

### **4.5.1. Condiciones generales**

Los materiales que intervengan en la instalación serán nuevos, de reciente fabricación y no habrán sido utilizados en ensayos o en otras instalaciones.

Los materiales a suministrar por la empresa instaladora serán los reseñados en el presupuesto y en los planos, en todo cuanto concierne a la parte mecánica, no siendo de su incumbencia el suministro de los materiales de obra civil, que correrán por cargo de la propiedad.

Los materiales se deberán utilizar e instalar de acuerdo con las recomendaciones del fabricante correspondiente, siempre y cuando no haya contradicciones con los documentos del proyecto.

### **4.5.2. Materiales eléctricos**

Los materiales eléctricos utilizados se presentarán a la dirección técnica acompañados de sus correspondientes hojas de características técnicas extendidas por sus fabricantes y organismos competentes que los hayan homologado y responderán las exigencias definidas en el cuadro de precios y pliego de condiciones particulares.

El instalador podrá proponer otras marcas o tipos diferentes a las del proyecto. En esta situación, la dirección técnica deberá tomar la decisión sobre si los acepta o los deniega. En ese caso no aumentará el precio, y si se deniegan se utilizarán los ya proyectados.

La dirección técnica se reserva el derecho de realizar inspecciones o pruebas a la recepción de los materiales o durante el montaje, para comprobar que las características de los materiales responden a lo solicitado. Lo mismo ocurrirá con la instalación una vez finalizada.

En cualquier caso, el instalador estará obligado a facilitar a la dirección técnica los medios, instrumentación y personal necesario para cuantas pruebas se precisen.

En el caso en que las pruebas no fueran positivas, se realizarán las modificaciones o sustituciones que procedan por parte del instalador, de acuerdo con las indicaciones de la dirección técnica.

Las comprobaciones y posibles rectificaciones que se realicen con posterioridad serán por cuenta del instalador hasta conseguir la conformidad de la dirección técnica.



A la finalización de la obra el instalador entregará:

- Un juego de planos en papel vegetal con la representación total y actualizada de la instalación, y estos planos también en el soporte informático adecuado.
- Un manual de instrucciones.
- Certificado de calidad de los materiales empleados.
- Lista de recambios recomendados.

### **4.5.3. Conductores**

#### **4.5.3.1. Materiales**

Los conductores utilizados serán de cobre, aluminio o de otros materiales o aleaciones que posean características eléctricas y mecánicas adecuadas.

Pueden ser desnudos o aislados. Los conductores aislados serán de tensión nominal superior a 100 V, teniendo un aislamiento apropiado que garantice una buena resistencia a las acciones de la intemperie. Podrán utilizarse conductores de menor tensión nominal siempre que cumplan las condiciones de instalación señaladas para los mismos en la instrucción MI-BT 003.

Los aisladores serán de porcelana, vidrio o de otros materiales aislantes equivalentes que resistan las acciones de la intemperie, especialmente las variaciones de temperatura y la corrosión, debiendo ofrecer una resistencia suficiente a los esfuerzos mecánicos a los que estén sometidos.

#### **4.5.3.2. Identificación de los conductores**

La identificación de los conductores se hace mediante el color de su aislamiento siguiendo el código de colores:

- Marrón, negro y gris: conductores activos.
- Azul claro: neutro.
- Amarillo-verde: conductor de protección.

Los conductores para las instalaciones de control habrán de ir identificados a título individual en todas las terminaciones por medio de células de plástico autorizadas que lleven rotulados caracteres indelebles, con arreglo a la numeración que figure en los diagramas de cableado pertinentes.

Todos los cables que pertenezcan a un circuito deberán ir rotulados con su identificación sobre el propio cable.



#### **4.5.4. Caídas de tensión**

La sección de los conductores a utilizar se determina de forma que la caída de tensión entre el origen de la instalación (cuadro de BT del centro de transformación) y cualquier punto de utilización sea menor del 4,5% de la tensión nominal en el origen de la instalación para alumbrado y del 6,5% para los demás usos. Esta caída de tensión se calculará considerando alimentados todos los aparatos susceptibles de funcionar simultáneamente.



## **4.6. REDES SUBTERRÁNEAS DE BAJA TENSIÓN**

### **4.6.1. Objetivo**

Se determinan las condiciones mínimas aceptables APRA la ejecución de las obras en la instalación de redes subterráneas de distribución.

### **4.6.2. Condiciones generales**

Se refieren al suministro e instalación de los materiales necesarios en la ejecución de las redes subterráneas de baja y media tensión.

Ante cualquier duda que surja durante el periodo de construcción, esta será resuelta por el director de obra, cuya interpretación será aceptada íntegramente.

### **4.6.3. Ejecución del trabajo**

La ejecución del trabajo corresponde al contratista.

### **4.6.4. Trazado de zanjas**

Para realizar las zanjas, estas se marcarán en el pavimento, marcando tanto su anchura como su longitud y las tomas donde se dejan las llaves para la contención del terreno. Si ha habido posibilidad de conocer las acometidas de otros servicios a las fincas construidas, se indicarán sus situaciones con el fin de tomar las precauciones debidas.

Antes de proceder a la apertura de las zanjas se abrirán calas de reconocimiento para confirmar o rectificar el trazado. Se estudiará la señalización de acuerdo con las normas municipales y se determinarán las protecciones precisas tanto de las zanjas como de los pasos que sean necesarios, así como las chapas de hierro que hayan de colocarse sobre la zanja para el paso de vehículos. Al marcar el trazado de las zanjas se tendrá en cuenta el radio mínimo que hay que dejar en la curva con arreglo a la sección del conductor o conductores que se vayan a colocar.

### **4.6.5. Tendido de conductores**

Los cables se desenrollarán y se pondrán en su sitio con el mayor cuidado evitando que sufran torsión, hagan bucles, etc., y teniendo siempre en cuenta que el radio de curvatura del cable sea superior a 20 veces su diámetro durante su tendido y superior a 10 veces su diámetro una vez instalado.



En todo caso el radio de curvatura del cable no debe ser inferior a los valores indicados en las Normas UNE correspondientes relativas a cada tipo de cable. Cuando los cables se tienden a mano los operarios estarán distribuidos de una manera uniforme a lo largo de la zanja. También se puede tender mediante cabrestantes tirando del extremo del cable al que se le habrá adaptado una cabeza apropiada y con un esfuerzo de tracción por mm<sup>2</sup> de conductor que no debe pasar del indicado por el fabricante del mismo sino se podría romper. Será imprescindible la colocación de dinamómetros para medir dicha tensión y evitar la rotura del conductor.

El tendido se hará obligatoriamente por rodillos que puedan girar libremente y contruidos de forma que no dañen el cable. Durante el tendido se tomarán precauciones para evitar que el cable sufra esfuerzos importantes, golpes o rozaduras. No se permitirá desplazar lateralmente el cable por medio de palancas, sino que se deberá siempre hacer a mano. Sólo de manera excepcional se autorizará desenrollar el cable fuera de la zanja, siempre bajo la vigilancia del director de obra.

No se dejará nunca el cable tendido en una zanja abierta sin haber tomado antes la precaución de cubrirlo con una capa de 10 cm de arena fina y la protección de rasillas. La zanja en toda su longitud deberá estar cubierta con una capa de arena fina en el fondo antes de proceder al tendido del cable para evitar que pueda dañarse al entrar en contacto con las piedras del suelo. En ningún caso se dejarán los extremos del cable en la zanja sin haber asegurado antes una buena estanqueidad de los mismos.

Cuando los cables que se canalicen vayan a ser empalmados, se solaparán al menos en una longitud de 0,5 m. Si las pendientes son muy pronunciadas y el terreno es rocoso e impermeable, se corre el riesgo de que la zanja de canalización sirva de drenaje originando un arrastre de la arena que sirve de lecho a los cables. En este caso se deberá efectuar la canalización asegurada con cemento en el tramo afectado.

Si con motivo de las obras de canalización aparecieran instalaciones de otros servicios como por ejemplo agua o gas, se tomarán todas las precauciones para no dañarlas, dejándolas al terminar los trabajos en las mismas condiciones en las que se encontraban primitivamente. Si involuntariamente se causara alguna avería en dichos servicios, se avisará con toda urgencia al director de obra y a la empresa correspondiente con el fin de que procedan a su reparación lo más rápidamente posible. El encargado de obra por parte del contratista deberá conocer la dirección de los servicios públicos así como su número de teléfono para comunicarse en caso de necesidad.

En el caso de que los cables sean unipolares:

- Se recomienda colocar cada metro y medio de cada fase y en el neutro unas vueltas de cinta adhesiva para indicar con colores cada uno de los conductores.
- También cada metro y medio se unirán las tres fases o las tres fases y el neutro mediante una sujeción que agarre dichos conductores y los mantenga unidos.



#### **4.6.6. Identificación del conductor**

Los cables deberán llevar marcas que indiquen el nombre del fabricante, el año de fabricación y sus características. Estas marcas serán grabadas de forma indeleble y se distanciarán entre sí unos 30 cm, tal y como se indica en las normas UNE-21123 y R.U.3305.

#### **4.6.7. Cierre de zanjas**

Una vez colocadas al cable las protecciones señaladas anteriormente, se rellenará toda la zanja con tierra de excavación, debiendo realizarse los primeros 20 centímetros de forma manual para evitar el movimiento de los cables de su ubicación.

El cierre de las zanjas se hará por capas sucesivas de 10 cm de espesor, las cuales serán apisonadas y regadas si fuese necesario con el fin de que quede suficientemente consolidado y compacto el terreno.

Si se producen hundimientos el contratista será el responsable y serán de su cuenta las posteriores reparaciones oportunas. La carga y el transporte a vertederos de las tierras sobrantes están incluidos en la misma unidad de obra que el cierre de las zanjas con objeto de que el apisonado sea lo mejor posible.



## **4.7. RECEPTORES**

### **4.7.1. Condiciones generales de la instalación**

Los receptores que se instalen tendrán que cumplir los requisitos de correcta utilización y seguridad. Durante su funcionamiento no deberán producir perturbaciones en las redes de distribución pública ni en las de comunicaciones.

Los receptores se instalarán de acuerdo con su destino, con los esfuerzos mecánicos previsibles y en las condiciones de ventilación necesarias para que ninguna temperatura peligrosa, tanto para la propia instalación como para objetos próximos, pueda producirse en funcionamiento.

Los circuitos que formen parte de los receptores salvo las excepciones que para cada caso puedan señalar prescripciones de carácter particular, deberán estar protegidos contra sobrecargas siendo de aplicación para ello lo dispuesto en la instrucción ITC-BT-22. Se adoptarán las características intensidad - tiempo de los dispositivos, de acuerdo con las características y condiciones de utilización de los receptores a proteger.

### **4.7.2. Tensiones de alimentación**

Los receptores no deberán, en general, conectarse a instalaciones cuya tensión asignada sea diferente de la indicada en el mismo. Sobre estos podrá señalarse una única tensión asignada o gama de tensiones que señale, con sus límites inferior y superior, las tensiones para su funcionamiento asignadas por el fabricante del aparato. En el presente proyecto las tensiones serán de 400 voltios para los receptores trifásicos y de 230 voltios para los monofásicos.

Los receptores de tensión asignada única podrán funcionar en relación con ésta, dentro de los límites de variación de tensión admitidos por el reglamento por el que se regulan las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica.

### **4.7.3. Conexión de receptores**

Todo receptor será accionado por un dispositivo que puede ir incorporado al mismo o a la instalación alimentadora. Para este accionamiento se utilizará alguno de los dispositivos indicados en la instrucción ITC-BT-19.

Los receptores podrán conectarse a las canalizaciones directamente o por medio de un conductor apto para usos móviles. Cuando esta conexión se efectúe directamente a una canalización fija, los receptores se situarán de manera que se pueda verificar su funcionamiento, proceder a su mantenimiento y controlar esta conexión. Si la conexión se efectuara por medio de un conductor móvil, este incluirá el número de conductores necesarios y, si procede, el conductor de protección.



Los conductores en la entrada al aparato estarán protegidos contra riesgos de tracción, torsión, cizallamiento, abrasión, plegados excesivos, etc., por medio de dispositivos apropiados constituidos por materias aislantes. No se permitirá anudar los conductores o atarlos al receptor. Los conductores de protección tendrán longitud tal que, en caso de fallar el dispositivo impeditivo de tracción, queden únicamente sometidos hasta después que la hayan soportado los conductores de alimentación.

En los receptores que produzcan calor, si las partes del mismo que puedan tocar a su conductor de alimentación alcanzan más de 85° centígrados de temperatura, la envolvente exterior del conductor no será de material termoplástico.

La conexión de conductores móviles a la instalación alimentadora se realizará utilizando:

- Cajas de conexión o derivación.
- Tomas de corriente.
- Trole para el caso de vehículos a tracción eléctrica o aparatos móviles.

#### **4.7.4. Utilización de receptores que desequilibren las fases o produzcan fuertes oscilaciones de la potencia absorbida**

Estos no se podrán instalar sin consentimiento expreso de la empresa que suministra la energía, debido a que se produzcan desequilibrios importantes en las distribuciones.

#### **4.7.5. Compensación del factor de potencia**

Las instalaciones que suministren energía a receptores de los que resulte un factor de potencia inferior a 1 podrán ser compensadas, pero sin que en ningún momento la energía absorbida por la red sea capacitiva.

#### **4.7.6. Receptores para alumbrado**

Se entiende como receptor de alumbrado el equipo o dispositivo que utiliza la energía eléctrica para la iluminación de espacios interiores o exteriores.

Se prohíbe terminantemente colgar las armaduras de las lámparas utilizando para ello los conductores que llevan la corriente a las mismas. Las armaduras irán firmemente enganchadas a los techos mediante tirafondos atornillados o sistema similar. Si se emplea otro sistema de suspensión, este deberá ser firme y estar aislado totalmente de la armadura.

En caso de lámparas fluorescentes se utilizarán modelos iguales o similares a los presentados en la memoria, siendo la única condición que lleve una corrección del factor de potencia hasta 0,95.



#### 4.7.7. Receptores para aparatos de caldeo

Se entiende por aparatos de caldeo aquellos que transforman la energía eléctrica en calor. Estos se instalarán de manera que no puedan inflamar las materias combustibles circundantes, aun en caso de empleo negligente o defectos previsibles de los mismos.

Los aparatos de caldeo industrial que estén destinados a estar en contacto con materias combustibles o inflamables y que en su uso normal no estén bajo la vigilancia de un operario, estarán provistos de un limitador de temperatura que interrumpa o reduzca el caldeo antes de alcanzar una temperatura peligrosa incluso en condiciones de avería o mal uso.

#### 4.7.8. Receptores para motores

La instalación de los motores debe ser conforme a las prescripciones de la norma UNE 20460 y las especificaciones aplicables a los locales donde hayan de ser instalados.

Los motores se instalarán de manera que la aproximación a sus partes en movimiento no pueda ser causa de accidente. Los motores no deben estar en contacto con materiales fácilmente combustibles, guardando distancias de seguridad:

- 0,5 metros si la potencia es menor o igual a 1 KW.
- 1 metro si la potencia nominal es mayor a 1 KW.

Los motores deben estar protegidos contra cortocircuitos y contra sobrecargas, de tal manera que cubra, en los motores trifásicos, el riesgo de la falta de tensión en una de sus fases.

En caso de motores con arrancador estrella-triángulo, se asegurará la protección tanto para la conexión estrella como en triángulo.

Todos los motores de potencia superior a 0,25 CV, y todos los situados en locales con riesgo de incendio o explosión, tendrán su instalación propia de protección. Esta constará de por lo menos un juego de fusibles cortacircuitos de acuerdo con las características del motor.

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 accidente o perjudicar al motor.



## **4.8. PROTECCIÓN CONTRA SOBREINTENSIDADES Y SOBRETENSIONES**

### **4.8.1. Protección de las instalaciones**

#### **4.8.1.1. Contra sobreintensidades**

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

Las sobreintensidades pueden estar motivadas por:

- Cortocircuitos.
- Descargas eléctricas atmosféricas.
- Sobrecargas debidas a los aparatos de utilización o defectos de aislamiento de gran impedancia.

Excepto los conductores de protección, todos los conductores que forman parte de un circuito, incluyendo el conductor neutro o compensador, estarán protegidos contra los efectos de las sobreintensidades.

#### **4.8.1.2. Contra sobretensiones**

Las sobretensiones que pueden aparecer en la red dependen del nivel isoceraúnico estimado, tipo de acometida aérea o subterránea, proximidad del transformador de MT/BT...La incidencia que la sobretensión puede tener en la seguridad de las personas, instalaciones y equipos, así como su repercusión en la continuidad del servicio está en función de:

- La coordinación del aislamiento de los equipos.
- La existencia de una adecuada red de tierras.
- Las características de los dispositivos de protección contra sobretensiones, su instalación y su ubicación.

### **4.8.2. Situación de los dispositivos de protección**

Los dispositivos de protección se instalarán en los diferentes cuadros instalados en la nave. Estos dispositivos protegerán tanto a las instalaciones como a las personas contra sobrecargas y cortocircuitos.

Para ello se instalarán a tal fin interruptores automáticos y diferenciales.



#### 4.8.3. Características de los dispositivos de protección

- Deberán poder soportar la influencia de los agentes exteriores a los que estén sometidos, presentando el grado de protección que les corresponda de acuerdo con sus condiciones de instalación.
- Los fusibles irán colocados sobre material aislante incombustible y estarán contruidos de forma que no puedan proyectar metal al fundirse. Cumplirán la condición de permitir su recambio bajo tensión de la instalación sin peligro alguno. Deberán llevar marcada la intensidad y tensión nominales de trabajo.
- Los interruptores automáticos serán los apropiados a los circuitos a proteger en su funcionamiento a las curvas intensidad - tiempo adecuadas. Deberán cortar la corriente máxima del circuito en el que estén colocados sin dar lugar a la formación de arco permanente, abriendo o cerrando los circuitos sin posibilidad de tomar una posición intermedia entre las correspondientes a las de apertura y cierre. Cuando se utilicen para la protección contra cortocircuitos, su capacidad de corte estará de acuerdo con la intensidad de cortocircuito que pueda presentarse en el punto de su instalación, salvo que vayan asociados con fusibles adecuados que cumplan este requisito.
- Los interruptores automáticos, llevarán marcada su intensidad y tensión nominales, el símbolo de la naturaleza de corriente en que hayan de emplearse y el símbolo que indique las características de desconexión, de acuerdo con la norma que le corresponda, o, en su defecto, irán acompañados de las curvas de desconexión.



## **4.9. PROTECCIÓN CONTRA CONTACTOS DIRECTOS E INDIRECTOS**

### **4.9.1. Protección contra contactos directos**

Esta protección consiste en tomar las medidas destinadas a proteger a las personas contra los peligros que pueden derivarse de un contacto con las partes activas de los materiales eléctricos.

Para la prevención de los contactos directos se tomarán 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 deberán estar situadas en el interior de las envolventes o detrás de las barreras que posean.
- Protección por medio de obstáculos: Obstáculos destinados a impedir los contactos fortuitos con las partes activas, pero no los contactos voluntarios por una tentativa deliberada de salvar el obstáculo.
- Protección por puesta fuera de alcance por alejamiento: Está destinada solamente a impedir los contactos fortuitos con las partes activas.
- Protección complementaria por dispositivos de corriente diferencial residual: Está destinada solamente a complementar otras medidas de protección contra contactos directos.

### **4.9.2. Protección contra contactos indirectos**

Consiste en tomar las medidas destinadas a proteger a las personas contra los peligros que pueden derivarse de un contacto con las partes que habitualmente no están activas.

Para seleccionar las medidas de protección adecuadas, se tendrá en cuenta la naturaleza de los locales o emplazamientos, las masas y los elementos conductores, la extensión e importancia de la instalación... que obligarán en cada caso a adoptar la medida de protección más adecuada.

Las técnicas son las siguientes:

- Protección por corte automático de la alimentación: El corte automático de la alimentación, después de la aparición de un fallo, está destinado a impedir que una tensión de contacto, de valor suficiente, se mantenga durante un tiempo tal que pueda dar como resultado un riesgo.



- Protección por aislamiento equivalente: Se utilizan equipos de aislamiento doble, aislamientos suplementarios, aislamientos reforzados, etc...
- Protección en los locales o emplazamientos no conductores: Impide en caso de fallo en el aislamiento principal de las partes activas, el contacto simultaneo con partes que pueden ser puestas a tensiones diferentes.
- Protección mediante conexiones equipotenciales locales no conectadas a tierra: Los conductores de equipotencialidad deben conectar todas las masas y todos los conductores que sean simultáneamente accesibles.
- Protección por separación eléctrica: El circuito se alimentará a través de una fuente de separación, es decir, un transformador de aislamiento o una fuente que asegure un grado de seguridad equivalente al transformador de aislamiento anterior.



#### **4.10. MEJORAMIENTO DEL FACTOR DE POTENCIA**

Las instalaciones eléctricas que suministren energía a receptores que tienen un factor de potencia inferior a 0,90 deberán ser compensadas, sin que en ningún momento la energía absorbida por la red pueda ser capacitiva.

La compensación del factor de potencia podrá hacerse por una de las siguientes formas:

- Para la totalidad de la instalación. En este caso, la instalación de compensación ha de estar dispuesta para que, de forma automática, asegure que la variación del factor de potencia no sea superior a un 10% del valor medio obtenido en un prolongado periodo de funcionamiento.
- Por cada receptor o grupo de receptores que funcionen por medio de un solo interruptor; es decir funcionen simultáneamente.

Cuando se instalen condensadores y la conexión de estos con los receptores pueda ser cortada por medio de interruptores, estarán provistos aquellos de resistencias o reactancias de descarga a tierra.

#### **4.11. PUESTA A TIERRA**

El objeto de la puesta a tierra es limitar la tensión que con respecto a tierra pueden presentar en un momento dado las masas metálicas, asegurar la actuación de las protecciones y eliminar o disminuir el riesgo que supone una avería en el material utilizado.

En cada instalación de la nave se efectuará una red de tierra. El conjunto de líneas y tomas de tierra tendrán unas características tales, que las masas metálicas no podrán ponerse a una tensión superior a 24 V, respecto de la tierra.

Se conectarán a tierra todas las carcasas de alumbrado, enchufes, carcasas de motores, etc... Las instalaciones de toma de tierra, seguirán las normas establecidas en el RBT y sus instrucciones complementarias.

Los materiales que compondrán la red de tierra estarán formados por placas, electrodos, terminales, cajas de pruebas con sus terminales de aislamiento y medición, etc...

La estructura de obra civil será conectada a tierra. Todos los empalmes serán tipo soldadura aluminotermia sistema CADWELL o similar.



## **4.12. ALUMBRADOS**

### **4.12.1. Alumbrado de señalización**

Su fin es funcionar de modo continuo durante determinados periodos de tiempo. Este alumbrado debe señalar de modo permanente la situación de puertas, pasillos, escaleras y salidas de los locales, durante todo el tiempo que permanezcan con público.

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

Deberá proporcionar en el eje de los pasos principales una iluminación mínima de 1 Lux.

Cuando el suministro habitual del alumbrado de señalización, falle o su tensión baje a menos del 70% de su valor nominal, la alimentación del alumbrado de señalización pasará automáticamente al segundo suministro.

Cuando los locales o dependencias que deban iluminarse con este alumbrado, coincidan con los que precisan alumbrado de emergencia, los puntos de luz de ambos alumbrados podrán ser los mismos.

### **4.12.2. Alumbrado de emergencia**

Debe permitir, en caso de fallo del alumbrado general, la evacuación segura y fácil del público hacia el exterior. Solamente podrá ser alimentado por fuentes propias de energía, sean o no exclusivas para dicho alumbrado, pero no por fuentes de suministro exterior. Cuando la fuente propia de energía este constituida por baterías de acumuladores o por aparatos autónomos automáticos, se podrá utilizar un suministro exterior para proceder a su carga.

El alumbrado de emergencia deberá poder funcionar durante un mínimo de una hora, proporcionando en el eje de los pasos principales una iluminación adecuada.

Este alumbrado se instalará en las salidas y en las señales indicadoras de la dirección de las mismas. Si hay un cuadro principal de distribución, en el local donde este se instale, así como sus accesos, estarán provistos de alumbrado de emergencia.

Deberá entrar en funcionamiento al producirse el fallo de los alumbrados generales o cuando la tensión de estos baje a menos del 70% de su tensión nominal.



#### **4.12.3. Locales que deberán ser provistos de alumbrados especiales**

- Con alumbrado de emergencia: Todos los locales de reunión cuya ocupación prevista sea mayor a 300 personas, los locales de espectáculos y los establecimientos sanitarios.
- Con alumbrado de señalización: Estacionamientos subterráneos de vehículos, teatros y cines en sala oscura, grandes establecimientos sanitarios y cualquier otro local donde puedan producirse aglomeraciones de público en horas o lugares en que la iluminación natural de luz solar no sea suficiente para proporcionar en el eje de los pasos principales una iluminación mínima de un lux.

#### **4.12.4. Fuentes propias de energía**

La fuente propia de energía estará constituida por baterías de acumuladores o aparatos autónomos automáticos o grupos electrógenos. La puesta en funcionamiento de unos y otros se producirá al producirse la falta de tensión en los circuitos alimentados por los diferentes suministros procedentes de la empresa o empresas distribuidoras de la energía eléctrica, o cuando aquella tensión descienda por debajo del 70% de su valor nominal. La fuente propia de energía en ningún caso podrá estar constituida por baterías de pilas.



## **4.13. LOCAL**

### **4.13.1. Características generales**

- a) Dispondrá de una acometida individual, siempre que el conjunto de las dependencias del local considerado constituya un edificio independiente, o igualmente en caso de varios locales o viviendas en el mismo edificio y la potencia instalada en el local de pública concurrencia los justifique.
- b) El cuadro general de distribución se colocará en el punto más cercano a la entrada de la acometida individual y se colocará junto o sobre él el dispositivo de mando y protección preceptivo, según la instrucción RBT-16. Cuando no sea posible la instalación del cuadro general en este punto, se instalará, de todas formas, en dicho punto, un dispositivo de mando y protección.
- c) Del citado cuadro general saldrán las líneas que alimentan directamente los aparatos receptores o bien las líneas generales de distribución a las que se conectará mediante cajas o a través de cuadros secundarios de distribución los distintos circuitos alimentadores. Los aparatos receptores que consuman más de 15 A se alimentarán directamente desde el cuadro general o desde los secundarios.
- d) El cuadro general de distribución, e igualmente los cuadros secundarios, se instalarán en locales o recintos a los que no tenga acceso el público y que estarán separados de los locales donde exista un peligro acusado de incendio o de pánico, por medio de elementos a prueba de incendios y puertas no propagadoras de fuego. Los contadores podrán instalarse en otro lugar, de acuerdo con la empresa distribuidora de energía eléctrica y siempre antes del cuadro general.
- e) En el cuadro general de distribución o en los secundarios se dispondrán dispositivos de mando y protección para cada una de las líneas generales de distribución, y las de alimentación directa a receptores. Cerca de cada uno de los interruptores del cuadro se colocará una placa indicadora del circuito al que pertenecen.
- f) Las canalizaciones estarán constituidas por:
  - Conductores aislados, de tensión nominal de aislamiento no inferior a 750 V, colocados bajo tubos protectores, de tipo no propagador de llama, preferentemente empotrados, en especial en las zonas accesibles al público.
  - Conductores aislados, de tensión nominal de aislamiento no inferior a 750 V, con cubierta de protección, colocados en huecos de la construcción, totalmente contruidos en materiales incombustibles.



- Conductores rígidos, aislados de tensión nominal no inferior a 1000 V, armados colocados directamente sobre las paredes.
  
- g) Se adoptarán las disposiciones convenientes para que las instalaciones no puedan ser alimentadas simultáneamente por dos fuentes de alimentación independientes entre sí.



## **4.14. CENTRO DE TRANSFORMACIÓN**

### **4.14.1. Obra civil**

Los centros estarán constituidos enteramente con material no combustible, y los elementos delimitadores del centro (muros exteriores, cubierta, puertas,...) deberán tener una resistencia al fuego.

Los muros del centro deberán tener entre sus parámetros una resistencia mínima de 100000  $\Omega$ . La medición de esta resistencia se realizará aplicando una tensión de 500 V entre dos placas de 100 cm<sup>2</sup> cada una.

El centro de transformación tendrá un aislamiento acústico de forma que no transmita niveles sonoros superiores a 30 dB durante la noche y de 55 dB durante el día.

Ninguna de las aberturas del centro (rejillas) permitirá el paso de un objeto de 12 mm de diámetro, y las rejillas que den a partes con tensión no dejarán pasar objetos de más de 2,5 mm de diámetro.

### **4.14.2. Aparamenta de media tensión**

Las celdas empleadas serán prefabricadas, con envolvente metálica, y que utilicen gas para cumplir los siguientes requisitos:

- Aislamiento: El aislamiento integral en gas (SF6) confiere a la aparamenta sus características de resistencia al medio ambiente, bien sea a la polución del aire, a la humedad, o incluso a la eventual sumersión del centro por efecto de riadas. Esta característica es esencial especialmente en las zonas con alta polución, en las zonas con clima agresivo y en las zonas más expuestas a riadas o entradas de agua en el centro.
- Corte: Debido a que en el interior de las celdas hay gas (SF6), el corte es más seguro que con el aire debido a lo explicado en el aislamiento.

Las celdas empleadas en el centro de transformación permitirán la extensibilidad del centro, para que sea posible añadir más líneas o cualquier otro tipo de función, sin necesidad de cambiar la aparamenta previamente instalada en el centro.

Las celdas podrán incorporar protecciones del tipo autoalimentado, es decir, que no necesitan imperativamente alimentación externa. Igualmente, estas protecciones serán electrónicas, dotadas de curvas CEI normalizadas (bien sean normalmente inversas, muy inversas o extremadamente inversas), y entrada para disparo por termostato sin necesidad de alimentación auxiliar.



#### **4.14.3. Transformador de potencia**

El transformador a instalar en la caseta prefabricada del centro de transformación será trifásico, con neutro accesible en el secundario y demás características según lo indicado en la memoria en los apartados correspondientes a potencia, tensiones primarias y secundarias, regulación en el primario, grupo de conexión, tensión de cortocircuito y protecciones propias del transformador.

El transformador se instalará, en caso de incluir un líquido refrigerante (aceite), sobre una plataforma ubicada encima de un foso de recogida que tendrá que tener la caseta, de forma que en caso de que se derrame e incendie, el fuego quede confinado en la celda del transformador, sin difundirse por los pasos de cable ni otras aberturas al resto del centro de transformación, si estos son de maniobra interior (tipo caseta).

Para una mejor ventilación del transformador, este se situará en la zona de flujo natural de aire, de forma que la entrada de aire se haga por las rejillas situadas en la parte inferior de las paredes adyacentes al mismo y las salidas de aire por las rejillas en la zona superior de esas paredes.

#### **4.14.4. Equipos de medida**

Este centro de transformación incorpora los dispositivos necesarios para la medida de energía al ser de abonado, por lo que se instalarán en el centro los equipos con características correspondientes al tipo de medida prescrito por la compañía suministradora.

Los equipos empleados corresponderán exactamente con las características indicadas en la memoria tanto para los equipos montados en la celda de medida como para los montados en el cuadro de contadores del centro:

##### **a) Puesta en servicio:**

El personal encargado de realizar las maniobras estará debidamente autorizado y adiestrado.

Las maniobras se realizarán en el siguiente orden:

- Primero se conectará el interruptor/seccionador de entrada, si lo hubiere.
- Después se conectará la aparata de conexión siguiente hasta llegar al transformador, con lo cual tendremos a este trabajando para hacer las comprobaciones oportunas.
- Una vez realizadas las maniobras de MT, procederemos a conectar la red de BT.



b) Separación de servicio:

Estas maniobras se ejecutarán en sentido inverso a las realizadas en la puesta en servicio y no se darán por finalizadas mientras no esté conectado el seccionador de puesta a tierra.

c) Mantenimiento:

Para dicho mantenimiento se tomarán las medidas oportunas para garantizar la seguridad del personal. Este mantenimiento consistirá en la limpieza, engrasado y verificado de los componentes fijos y móviles de todos aquellos elementos que fuese necesario.

Las celdas tipo CGMCOSMOS de ORMAZABAL, empleadas en la instalación, no necesitan mantenimiento interior, al estar aislada su arparamento interior en gas (SF6), evitando de esta forma el deterioro de los circuitos principales de la instalación.

#### **4.14.5. Normas de ejecución de las instalaciones**

Todos los materiales, aparatos, máquinas y conjuntos integrados en los circuitos de instalación proyectada cumplen las normas, especificaciones técnicas, y homologaciones que le son establecidas como de obligado cumplimiento por el Ministerio de Ciencia y Tecnología.

Por lo tanto, la instalación se ajustará a los planos, materiales, y calidades de dicho proyecto, salvo orden facultativa en contra.

#### **4.14.6. Pruebas reglamentarias**

Las pruebas y ensayos a los que serán sometidos los equipos y/o edificios una vez terminadas su fabricación, serán las que establecen las normas particulares de cada producto, que se encuentran en vigor y que aparecen como normativa de obligado cumplimiento en el MIE-RAT 02.

#### **4.14.7. Condiciones de uso, mantenimiento y seguridad**

El centro deberá estar siempre perfectamente cerrado, para impedir el acceso a las personas ajenas al servicio.

En el interior del centro de transformación no se podrá almacenar ningún elemento que no pertenezca a la propia instalación.

Para realizar las maniobras oportunas en el centro se utilizará banquillo, palanca de accionamiento, guantes... y deberán estar siempre en perfecto estado de uso, lo que se comprobará periódicamente.



Antes de la puesta en servicio en carga del centro, se realizará una puesta en servicio en vacío para la comprobación del correcto funcionamiento de las máquinas.

Se realizarán unas comprobaciones de las resistencias de aislamiento y de tierra de los diferentes componentes de la instalación eléctrica.

Toda la instalación eléctrica debe estar correctamente señalizada y debe disponer de las advertencias e instrucciones necesarias de modo que se impidan los errores de interrupción, maniobras incorrectas, y contactos accidentales con los elementos en tensión o cualquier otro tipo de accidente.

Se colocarán las instrucciones sobre los primeros auxilios que deben presentarse en caso de que se produzca un accidente en un lugar perfectamente visible.

#### **4.14.8. Disposición de registro**

En el centro de transformación habrá un libro de órdenes, en el que se registrarán todas las incidencias surgidas durante la vida útil del citado centro, incluyendo cada visita, revisión, etc.

**Pamplona, Julio de 2013**

**Igor Rípodas Mariñelarena**



# ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación:

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL ELÉCTRICO

Título del proyecto:

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

PRESUPUESTO

Igor Rípodas Mariñelarena

Rafael Gonzaga Jarquín

Pamplona, 18/07/2013



5.1. CAPÍTULO I: ACOMETIDA .....	2
5.1.1. Acometida .....	2
5.2. CAPÍTULO II: PROTECCIONES .....	3
5.2.1. Cuadro general de distribución .....	3
5.2.2. Cuadro secundario 1 .....	4
5.2.3. Cuadro secundario 2 .....	5
5.2.4. Cuadro secundario 3 .....	6
5.2.5. Cuadro secundario 4 .....	7
5.2.6. Cuadro secundario 5 .....	8
5.2.7. Cuadro secundario 6 .....	9
5.2.8. Cuadro secundario 7 .....	10
5.2.9. Cuadro secundario 8 .....	11
5.2.10. Tabla resumen .....	11
5.3. CAPÍTULO III: CONDUCTORES, TUBOS Y CANALIZACIONES .....	12
5.3.1. Conductores .....	12
5.3.2. Tubos .....	13
5.3.3. Canalizaciones .....	14
5.3.4. Tabla resumen .....	14
5.4. CAPÍTULO IV: PUESTA A TIERRA .....	15
5.4.1. Puesta a tierra .....	15
5.5. CAPÍTULO V: EQUIPOS DE ALUMBRADO .....	16
5.5.1. Alumbrado interior .....	16
5.5.2. Alumbrado exterior .....	16
5.5.3. Alumbrado de emergencia .....	17
5.5.4. Tabla resumen .....	17
5.6. CAPÍTULO VI: ELEMENTOS VARIOS .....	18
5.6.1. Interruptores, conmutadores, tomas de corriente .....	18
5.7. CAPÍTULO VII: COMPENSACIÓN DE ENERGÍA REACTIVA .....	19
5.7.1. Batería de condensadores .....	19
5.8. CAPÍTULO VIII: CENTRO DE TRANSFORMACIÓN .....	20
5.8.1. Obra civil .....	20
5.8.2. Caseta del centro .....	20
5.8.3. Transformador .....	20
5.8.4. Aparamenta de media tensión .....	21
5.8.5. Equipo de baja tensión .....	22
5.8.6. Puesta a tierra del centro de transformación .....	23
5.8.7. Tabla resumen .....	24
5.9. CAPÍTULO IX: EQUIPO DE SEGURIDAD Y SALUD .....	25
5.9.1. Equipo de seguridad y salud .....	25
5.10. RESUMEN DEL PRESUPUESTO DE LA INSTALACIÓN .....	26



## **5.1. CAPÍTULO I: ACOMETIDA**

### **5.1.1. Acometida**

<b>Nº de orden</b>	<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio unitario (€)</b>	<b>Importe (€)</b>
5.1.1.1	Cable RV-K 0,6/1 KV flexible Marca: General Cable 1x150 mm <sup>2</sup> Cobre	144	58,732	8457,41
5.1.1.2	Cable RV-K 0,6/1 KV flexible Marca: General Cable 1x70 mm <sup>2</sup> Cobre	48	27,922	1340,26
5.1.1.3	Tubo de XLPE corrugado de doble pared, de 200 mm de diámetro, liso por el interior y corrugado por el exterior, color rojo y con resistencia de aplastamiento 450 N.	16	14,34	229,44
5.1.1.4	Zanja sobre tierra de 40x70 cm. Con arena lavada debajo del tubo y relleno de hormigón H-12,5 y tierra excavada.	16	8,40	134,40
5.1.1.5	Mano de obra. Incluso elementos necesarios para su montaje. Totalmente instalada.	7	23	161,00
			<b>SUBTOTAL</b>	<b>10322,50</b>



## **5.2. CAPÍTULO II: PROTECCIONES**

### **5.2.1. Cuadro general de distribución**

<b>Nº de orden</b>	<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio unitario (€)</b>	<b>Importe (€)</b>
5.2.1.1	Armario metálico de distribución. Marca: Schneider. Modelo: Prisma Plus, sistema P, con IP55, de medida: 2000x800x400 mm con su placa de montaje y puesta a tierra.	1	1576,75	1576,75
5.2.1.2	Interruptor automático Schneider NS1000N Poder de corte: 50 KA, Curva B, III+N Calibre: 1000 A	1	7442,64	7442,64
5.2.1.3	Interruptor automático Schneider NSX630N Poder de corte: 50 KA, III+N Calibre: 630 A	1	3856,99	3856,99
5.2.1.4	Interruptor automático Schneider NSX400N Poder de corte: 50 KA, III+N Calibre: 400 A	1	3129,57	3129,57
5.2.1.5	Interruptor diferencial Schneider 4P Calibre: 100 A, Sensibilidad: 300 mA	1	536,57	536,57
5.2.1.6	Relé diferencial RHU de Schneider Sensibilidad: 30 mA a 30 A	3	370,80	1112,40
5.2.1.7	Toroidal MA 120 mm de Schneider	3	324,85	974,55
5.2.1.8	Interruptor automático Schneider NSX250F Poder de corte: 36 KA, Curva C, III Calibre: 250 A	2	1569,12	3138,24
5.2.1.9	Interruptor automático Schneider NSX160F Poder de corte: 36 KA, Curva C, III+N Calibre: 160 A	1	1009,27	1009,27
5.2.1.10	Interruptor automático Schneider Poder de corte: 25 KA, Curva D, III Calibre: 100 A	1	341,39	341,39
5.2.1.11	Interruptor automático Schneider Poder de corte: 25 KA, Curva D, III+N Calibre: 80 A	1	507,87	507,87
5.2.1.12	Interruptor automático Schneider Poder de corte: 25 KA, Curva C, III+N Calibre: 100 A	1	427,72	427,72
5.2.1.13	Interruptor automático Schneider Poder de corte: 25 KA, Curva D, III+N Calibre: 125 A	1	528,84	528,84
5.2.1.14	Interruptor automático Schneider Poder de corte: 50 KA, Curva D, III+N Calibre: 32 A	1	451,65	451,65



5.2.1.15	Interruptor automático Schneider Poder de corte: 25 KA, Curva C, III+N Calibre: 80 A	1	415,16	415,16
5.2.1.16	Mano de obra. Incluso elementos necesarios para su montaje.	14	23	322,00
			<b>SUBTOTAL</b>	<b>25771,61</b>

### 5.2.2. Cuadro secundario 1

Nº de orden	Descripción	Cantidad	Precio unitario (€)	Importe (€)
5.2.2.1	Armario metálico de distribución. Marca: Schneider. Modelo: Prisma Plus, sistema G, con IP55, de 19 módulos, de medida: 1050x600x250 mm con su placa de montaje y puesta a tierra.	1	369,40	369,40
5.2.2.2	Interruptor automático Schneider NSX250F Poder de corte: 36 KA, Curva B, III Calibre: 250 A	1	1569,12	1569,12
5.2.2.3	Interruptor diferencial Schneider 4P Clase AC para líneas trifásicas sin neutro Calibre: 40 A, Sensibilidad: 300 mA	2	272,97	545,94
5.2.2.4	Interruptor diferencial Schneider 4P Clase AC para líneas trifásicas sin neutro Calibre: 63 A, Sensibilidad: 300 mA	3	359,91	1079,73
5.2.2.5	Interruptor automático Schneider Poder de corte: 15 KA, Curva D, III Calibre: 10 A	4	167,18	668,72
5.2.2.6	Interruptor automático Schneider Poder de corte: 15 KA, Curva D, III Calibre: 6 A	4	119,76	479,04
5.2.2.7	Interruptor automático Schneider Poder de corte: 15 KA, Curva C, III Calibre: 63 A	2	236,14	472,28
5.2.2.8	Interruptor automático Schneider Poder de corte: 15 KA, Curva C, III Calibre: 50 A	1	202,56	202,56
5.2.2.9	Mano de obra. Incluso elementos necesarios para su montaje.	7	23	161,00
			<b>SUBTOTAL</b>	<b>5547,79</b>



### 5.2.3. Cuadro secundario 2

Nº de orden	Descripción	Cantidad	Precio unitario (€)	Importe (€)
5.2.3.1	Armario metálico de distribución. Marca: Schneider. Modelo: Prisma Plus, sistema G, con IP55, de 15 módulos, de medida: 850x600x250 mm con su placa de montaje y puesta a tierra.	1	315,27	315,27
5.2.3.2	Interruptor automático Schneider NSX160F Poder de corte: 36 KA, Curva B, III+N Calibre: 160 A	1	1009,27	1009,27
5.2.3.3	Interruptor diferencial Schneider 4P Clase AC para líneas trifásicas sin neutro Calibre: 40 A, Sensibilidad: 300 mA	2	272,97	545,94
5.2.3.4	Interruptor diferencial Schneider 4P Calibre: 40 A, Sensibilidad: 300 mA	1	243,33	243,33
5.2.3.5	Interruptor diferencial Schneider 4P Clase AC para líneas trifásicas sin neutro Calibre: 63 A, Sensibilidad: 300 mA	1	359,91	359,91
5.2.3.6	Interruptor automático Schneider Poder de corte: 15 KA, Curva D, III Calibre: 10 A	2	167,18	334,36
5.2.3.7	Interruptor automático Schneider Poder de corte: 15 KA, Curva D, III Calibre: 16 A	1	170,45	170,45
5.2.3.8	Interruptor automático Schneider Poder de corte: 15 KA, Curva D, III Calibre: 25 A	1	178,83	178,83
5.2.3.9	Interruptor automático Schneider Poder de corte: 15 KA, Curva D, III Calibre: 20 A	1	175,45	175,45
5.2.3.10	Interruptor automático Schneider Poder de corte: 15 KA, Curva D, III Calibre: 32 A	2	182,96	365,92
5.2.3.11	Interruptor automático Schneider Poder de corte: 15 KA, Curva C, III+N Calibre: 16 A	1	194,59	194,59
5.2.3.12	Interruptor automático Schneider Poder de corte: 15 KA, Curva C, III Calibre: 16 A	1	142,12	142,12
5.2.3.13	Mano de obra. Incluso elementos necesarios para su montaje.	6	23	138,00
			<b>SUBTOTAL</b>	<b>4173,44</b>



### 5.2.4. Cuadro secundario 3

Nº de orden	Descripción	Cantidad	Precio unitario (€)	Importe (€)
5.2.4.1	Armario metálico de distribución. Marca: Schneider. Modelo: Prisma Plus, sistema G, con IP55, de 11 módulos, de medida: 650x600x250 mm con su placa de montaje y puesta a tierra.	1	277,64	277,64
5.2.4.2	Interruptor automático Schneider Poder de corte: 10 KA, Curva C, III+N Calibre: 80 A	1	366,52	366,52
5.2.4.3	Interruptor diferencial Schneider 4P Calibre: 25 A, Sensibilidad: 30 mA	1	276,79	276,79
5.2.4.4	Interruptor diferencial Schneider 4P Calibre: 40 A, Sensibilidad: 300 mA	1	243,33	243,33
5.2.4.5	Interruptor diferencial Schneider 4P Clase AC para líneas trifásicas sin neutro Calibre: 63 A, Sensibilidad: 300 mA	1	359,91	359,91
5.2.4.6	Interruptor automático Schneider Poder de corte: 10 KA, Curva C, III+N Calibre: 6 A	1	132,71	132,71
5.2.4.7	Interruptor automático Schneider Poder de corte: 10 KA, Curva C, III+N Calibre: 16 A	1	126,61	126,61
5.2.4.8	Interruptor automático Schneider Poder de corte: 10 KA, Curva C, III Calibre: 16 A	1	91,79	91,79
5.2.4.9	Interruptor automático Schneider Poder de corte: 10 KA, Curva D, III Calibre: 25 A	2	116,29	232,58
5.2.4.10	Mano de obra. Incluso elementos necesarios para su montaje.	4	23	92,00
			<b>SUBTOTAL</b>	<b>2199,88</b>



#### 5.2.5. Cuadro secundario 4

Nº de orden	Descripción	Cantidad	Precio unitario (€)	Importe (€)
5.2.5.1	Armario metálico de distribución. Marca: Schneider. Modelo: Prisma Plus, sistema G, con IP55, de 27 módulos, de medida: 1450x600x250 mm con su placa de montaje y puesta a tierra.	1	542,69	542,69
5.2.5.2	Interruptor automático Schneider Poder de corte: 10 KA, Curva B, III+N Calibre: 100 A	1	461,25	461,25
5.2.5.3	Interruptor diferencial Schneider 4P Clase AC para líneas trifásicas sin neutro Calibre: 25 A, Sensibilidad: 300 mA	4	264,79	1059,16
5.2.5.4	Interruptor diferencial Schneider 4P Calibre: 63 A, Sensibilidad: 300 mA	1	320,84	320,84
5.2.5.5	Interruptor automático Schneider Poder de corte: 10 KA, Curva D, III Calibre: 10 A	1	108,76	108,76
5.2.5.6	Interruptor automático Schneider Poder de corte: 10 KA, Curva D, III Calibre: 4 A	11	177,63	1953,93
5.2.5.7	Interruptor automático Schneider Poder de corte: 10 KA, Curva D, III Calibre: 2 A	3	177,63	532,89
5.2.5.8	Interruptor automático Schneider Poder de corte: 10 KA, Curva C, III+N Calibre: 16 A	1	126,61	126,61
5.2.5.9	Interruptor automático Schneider Poder de corte: 10 KA, Curva C, III Calibre: 16 A	2	91,79	183,58
5.2.5.10	Mano de obra. Incluso elementos necesarios para su montaje.	7	23	161,00
			<b>SUBTOTAL</b>	<b>5450,71</b>



### 5.2.6. Cuadro secundario 5

Nº de orden	Descripción	Cantidad	Precio unitario (€)	Importe (€)
5.2.6.1	Armario metálico de distribución. Marca: Schneider. Modelo: Prisma Plus, sistema G, con IP55, de 11 módulos, de medida: 650x600x250 mm con su placa de montaje y puesta a tierra.	1	277,64	277,64
5.2.6.2	Interruptor automático Schneider Poder de corte: 15 KA, Curva C, III Calibre: 100 A	1	286,76	286,76
5.2.6.3	Interruptor diferencial Schneider 4P Clase AC para líneas trifásicas sin neutro Calibre: 25 A, Sensibilidad: 300 mA	1	264,79	264,79
5.2.6.4	Interruptor diferencial Schneider 4P Clase AC para líneas trifásicas sin neutro Calibre: 40 A, Sensibilidad: 300 mA	1	272,97	272,97
5.2.6.5	Interruptor diferencial Schneider 4P Clase AC para líneas trifásicas sin neutro Calibre: 63 A, Sensibilidad: 300 mA	1	359,91	359,91
5.2.6.6	Interruptor automático Schneider Poder de corte: 15 KA, Curva D, III Calibre: 40 A	1	198,12	198,12
5.2.6.7	Interruptor automático Schneider Poder de corte: 15 KA, Curva D, III Calibre: 4 A	1	177,63	177,63
5.2.6.8	Interruptor automático Schneider Poder de corte: 15 KA, Curva D, III Calibre: 25 A	1	178,83	178,83
5.2.6.9	Interruptor automático Schneider Poder de corte: 15 KA, Curva D, III Calibre: 10 A	2	167,18	334,36
5.2.6.10	Mano de obra. Incluso elementos necesarios para su montaje.	5	23	115,00
			<b>SUBTOTAL</b>	<b>2466,01</b>



### 5.2.7. Cuadro secundario 6

Nº de orden	Descripción	Cantidad	Precio unitario (€)	Importe (€)
5.2.7.1	Armario metálico de distribución. Marca: Schneider. Modelo: Prisma Plus, sistema G, con IP55, de 11 módulos, de medida: 650x600x250 mm con su placa de montaje y puesta a tierra.	1	277,64	277,64
5.2.7.2	Interruptor automático Schneider Poder de corte: 10 KA, Curva C, III+N Calibre: 125 A	1	405,98	405,98
5.2.7.3	Interruptor diferencial Schneider 4P Clase AC para líneas trifásicas sin neutro Calibre: 25 A, Sensibilidad: 300 mA	1	264,79	264,79
5.2.7.4	Interruptor diferencial Schneider 4P Clase AC para líneas trifásicas sin neutro Calibre: 63 A, Sensibilidad: 300 mA	1	359,91	359,91
5.2.7.5	Interruptor diferencial Schneider 4P Calibre: 40 A, Sensibilidad: 300 mA	1	243,33	243,33
5.2.7.6	Interruptor automático Schneider Poder de corte: 10 KA, Curva D, III Calibre: 40 A	1	142,15	142,15
5.2.7.7	Interruptor automático Schneider Poder de corte: 10 KA, Curva D, III Calibre: 25 A	1	116,29	116,29
5.2.7.8	Interruptor automático Schneider Poder de corte: 10 KA, Curva D, III Calibre: 4 A	1	177,63	177,63
5.2.7.9	Interruptor automático Schneider Poder de corte: 10 KA, Curva D, III Calibre: 16 A	1	110,84	110,84
5.2.7.10	Interruptor automático Schneider Poder de corte: 10 KA, Curva C, III+N Calibre: 16 A	1	126,61	126,61
5.2.7.11	Interruptor automático Schneider Poder de corte: 10 KA, Curva C, III Calibre: 16 A	1	91,79	91,79
5.2.7.12	Mano de obra. Incluso elementos necesarios para su montaje.	5	23	115,00
			<b>SUBTOTAL</b>	<b>2431,96</b>



### 5.2.8. Cuadro secundario 7

Nº de orden	Descripción	Cantidad	Precio unitario (€)	Importe (€)
5.2.8.1	Armario metálico de distribución. Marca: Schneider. Modelo: Prisma Plus, sistema G, con IP55, de 7 módulos, de medida: 450x600x250 mm con su placa de montaje y puesta a tierra.	1	246,46	246,46
5.2.8.2	Interruptor automático Schneider Poder de corte: 6 KA, Curva C, III+N Calibre: 32 A	1	124,95	124,95
5.2.8.3	Interruptor diferencial Schneider 4P Calibre: 25 A, Sensibilidad: 30 mA	2	276,79	553,58
5.2.8.4	Interruptor automático Schneider Poder de corte: 6 KA, Curva C, III+N Calibre: 6 A	1	114,89	114,89
5.2.8.5	Interruptor automático Schneider Poder de corte: 6 KA, Curva C, III+N Calibre: 10 A	1	111,08	111,08
5.2.8.6	Interruptor automático Schneider Poder de corte: 6 KA, Curva C, III+N Calibre: 16 A	1	112,37	112,37
5.2.8.7	Mano de obra. Incluso elementos necesarios para su montaje.	3	23	69,00
			<b>SUBTOTAL</b>	<b>1332,33</b>



### 5.2.9. Cuadro secundario 8

Nº de orden	Descripción	Cantidad	Precio unitario (€)	Importe (€)
5.2.9.1	Armario metálico de distribución. Marca: Schneider. Modelo: Prisma Plus, sistema G, con IP55, de 23 módulos, de medida: 1250x600x250 mm con su placa de montaje y puesta a tierra.	1	440,14	440,14
5.2.9.2	Interruptor automático Schneider Poder de corte: 10 KA, Curva B, III+N Calibre: 80 A	1	446,31	446,31
5.2.9.3	Interruptor diferencial Schneider 4P Calibre: 25 A, Sensibilidad: 30 mA	3	276,79	830,37
5.2.9.4	Interruptor automático Schneider Poder de corte: 6 KA, Curva B, III+N Calibre: 10 A	9	133,65	1202,85
5.2.9.5	Contactador tetrapolar, 12 A, 400 V	9	25,00	225,00
5.2.9.6	Mano de obra. Incluso elementos necesarios para su montaje.	7	23	161,00
			<b>SUBTOTAL</b>	<b>3305,67</b>

### 5.2.10. Tabla resumen

Subtotal	Presupuesto total capítulo II	Importe (€)
5.2.1	Cuadro general de distribución	25771,61
5.2.2	Cuadro secundario 1	5547,79
5.2.3	Cuadro secundario 2	4173,44
5.2.4	Cuadro secundario 3	2199,88
5.2.5	Cuadro secundario 4	5450,71
5.2.6	Cuadro secundario 5	2466,01
5.2.7	Cuadro secundario 6	2431,96
5.2.8	Cuadro secundario 7	1332,33
5.2.9	Cuadro secundario 8	3305,67
	<b>SUBTOTAL</b>	<b>52679,40</b>



### **5.3. CAPÍTULO III: CONDUCTORES, TUBOS Y CANALIZACIONES**

#### **5.3.1. Conductores**

<b>Nº de orden</b>	<b>Descripción</b>	<b>Cantidad (metros)</b>	<b>Precio unitario (€)</b>	<b>Importe (€)</b>
5.3.1.1	Cable RV-K 0,6/1 KV flexible Marca: General Cable 2x1,5+1,5TT mm <sup>2</sup> Cobre	699,50	2,506	1752,95
5.3.1.2	Cable RV-K 0,6/1 KV flexible Marca: General Cable 2x2,5+2,5TT mm <sup>2</sup> Cobre	108,50	3,688	400,15
5.3.1.3	Cable RV-K 0,6/1 KV flexible Marca: General Cable 3x1,5/1,5+1,5TT mm <sup>2</sup> Cobre	758,00	4,026	3051,71
5.3.1.4	Cable RV-K 0,6/1 KV flexible Marca: General Cable 3x2,5/2,5+2,5TT mm <sup>2</sup> Cobre	529,50	5,902	3125,11
5.3.1.5	Cable RV-K 0,6/1 KV flexible Marca: General Cable 3x2,5+2,5TT mm <sup>2</sup> Cobre	742,50	4,820	3578,85
5.3.1.6	Cable RV-K 0,6/1 KV flexible Marca: General Cable 3x4+4TT mm <sup>2</sup> Cobre	61,00	7,340	447,74
5.3.1.7	Cable RV-K 0,6/1 KV flexible Marca: General Cable 1x6 mm <sup>2</sup> Cobre	352,00	3,028	1065,86
5.3.1.8	Cable RV-K 0,6/1 KV flexible Marca: General Cable 1x10 mm <sup>2</sup> Cobre	321,00	4,678	1501,64
5.3.1.9	Cable RV-K 0,6/1 KV flexible Marca: General Cable 1x16 mm <sup>2</sup> Cobre	619,00	6,810	4215,39
5.3.1.10	Cable RV-K 0,6/1 KV flexible Marca: General Cable 1x25 mm <sup>2</sup> Cobre	177,00	10,278	1819,21
5.3.1.11	Cable RV-K 0,6/1 KV flexible Marca: General Cable 1x35 mm <sup>2</sup> Cobre	174,50	14,476	2526,06
5.3.1.12	Cable RV-K 0,6/1 KV flexible Marca: General Cable 1x70 mm <sup>2</sup> Cobre	143,00	27,922	3992,85
5.3.1.13	Cable RV-K 0,6/1 KV flexible Marca: General Cable 1x95 mm <sup>2</sup> Cobre	213,00	38,182	8132,77



5.3.1.14	Cable RV-K 0,6/1 KV flexible Marca: General Cable 1x120 mm <sup>2</sup> Cobre	6,00	47,026	282,16
5.3.1.15	Cable RV-K 0,6/1 KV flexible Marca: General Cable 1x185 mm <sup>2</sup> Cobre	9,00	70,446	634,01
5.3.1.16	Cable flexible para carro rodillos Marca: Igus 3x4+4TT mm <sup>2</sup> Cobre	10,50	12,160	127,68
5.3.1.17	Mano de obra. Incluso elementos necesarios para su montaje.	28	23	644,00
			<b>SUBTOTAL</b>	<b>37298,12</b>

### 5.3.2. Tubos

Nº de orden	Descripción	Cantidad (metros)	Precio unitario (€)	Importe (€)
5.3.2.1	Tubo corrugado de doble capa de PVC de color negro, Φ 16 mm.	1258,00	0,45	566,10
5.3.2.2	Tubo corrugado de doble capa de PVC de color negro, Φ 20 mm.	581,00	0,48	278,88
5.3.2.3	Tubo corrugado de doble capa de PVC de color negro, Φ 32 mm.	12,50	0,98	12,25
5.3.2.4	Tubo de acero flexible galvanizado, incluido fijaciones y material complementario. Φ 20 mm.	492,50	4,38	2157,15
5.3.2.5	Tubo de acero flexible galvanizado, incluido fijaciones y material complementario. Φ 25 mm.	88,00	5,83	513,04
5.3.2.6	Tubo de acero flexible galvanizado, incluido fijaciones y material complementario. Φ 32 mm.	46,50	7,03	326,90
5.3.2.7	Tubo de acero flexible galvanizado, incluido fijaciones y material complementario. Φ 40 mm.	36,00	8,79	316,44
5.3.2.8	Tubo de acero flexible galvanizado, incluido fijaciones y material complementario. Φ 63 mm.	9,00	11,65	104,85
5.3.2.9	Mano de obra. Incluso elementos necesarios para su montaje.	30	23	690,00
			<b>SUBTOTAL</b>	<b>4965,61</b>



### 5.3.3. Canalizaciones

Nº de orden	Descripción	Cantidad	Precio unitario (€)	Importe (€)
5.3.3.1	Bandeja perforada portacables en metros Marca: Pemsaband LX Modelo: Pemsaband LX Dimensiones: 200x35 mm	219	14,40	3153,60
5.3.3.2	Tapa recta Pemsaband para bandeja perforada de dimensiones 200x35 mm	219	9,64	2111,16
5.3.3.3	Soporte para bandeja en pared (cada 3 m) Marca: Pemsaband LX Modelo: Omega Plus	37	6,77	250,49
5.3.3.4	Soporte para bandeja en techo (cada 3 m), formado por dos varillas roscadas de M8 de 0,5 metros de longitud y barra de suspensión Omega Plus. Marca: Pemsaband LX	36	10,72	385,92
5.3.3.5	Cadena portacable para carro rodillos Marca: Iigus, Serie: 0,08	10,5	25,30	265,65
5.3.3.6	Mano de obra. Incluso elementos necesarios para su montaje.	18	23	414,00
			<b>SUBTOTAL</b>	<b>6580,82</b>

### 5.3.4. Tabla resumen

Subtotal	Presupuesto total capítulo III	Importe (€)
5.3.1	Conductores	37298,12
5.3.2	Tubos	4965,61
5.3.3	Canalizaciones	6580,82
	<b>SUBTOTAL</b>	<b>48844,55</b>



## **5.4. CAPÍTULO IV: PUESTA A TIERRA**

### **5.4.1. Puesta a tierra**

<b>Nº de orden</b>	<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio unitario (€)</b>	<b>Importe (€)</b>
5.4.1.1	Pica marca KLK de acero con recubrimiento de cobre de 2 metros de longitud y diámetro 14 mm. Incluida soldadura aluminotérmica Cadwell a la red de tierra y otros accesorios.	6	16,19	97,14
5.4.1.2	Red de tierra realizada con cable de cobre desnudo de 50 mm <sup>2</sup> de sección.	240	6,85	1644,00
5.4.1.3	Arqueta de registro realizada con hormigón HM-20-E-40-2B de 25 cm de espesor y 80 cm de profundidad, con tapa de registro de la marca URIARTE, modelo TR-230.	6	30,58	183,48
5.4.1.4	Caja de seccionamiento de tierra de la marca URIARTE, modelo CST-50, con pletina de seccionamiento y bornes de conexión. Incluidos accesorios.	1	35,28	35,28
5.4.1.5	Mano de obra. Incluso elementos necesarios para su montaje.	18	23	414,00
			<b>SUBTOTAL</b>	<b>2373,90</b>



## **5.5. CAPÍTULO V: EQUIPOS DE ALUMBRADO**

### **5.5.1. Alumbrado interior**

<b>Nº de orden</b>	<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio unitario (€)</b>	<b>Importe (€)</b>
5.5.1.1	Philips TBS165 G 3xTL5-14W HFS C6	52	76	3952,00
5.5.1.2	Philips TBS165 G 3xTL5-14W HFS M2	13	75	975,00
5.5.1.3	Philips TCS260 1xTL5-28W HFP C6	1	124	124,00
5.5.1.4	Philips TBS165 G 2xTL5-28W HFS C6	16	80	1280,00
5.5.1.5	Philips TCW216 2xTL5-28W HFP	16	95	1520,00
5.5.1.6	Philips HPK380 1xHPI-P250W-BU P-WB +GPK380 R D465+GC	72	467	33624,00
5.5.1.7	Mano de obra. Incluso elementos necesarios para su montaje.	30	23	690,00
			<b>SUBTOTAL</b>	<b>42165,00</b>

### **5.5.2. Alumbrado exterior**

<b>Nº de orden</b>	<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio unitario (€)</b>	<b>Importe (€)</b>
5.5.2.1	Philips SRP222 SON-TPP150W SP	21	250,00	5250,00
5.5.2.2	Mano de obra. Incluso elementos necesarios para su montaje.	12	23	276,00
			<b>SUBTOTAL</b>	<b>5526,00</b>



### 5.5.3. Alumbrado de emergencia

Nº de orden	Descripción	Cantidad	Precio unitario (€)	Importe (€)
5.5.3.1	Schneider Primalum OVA37078E de 320 lm	47	63,75	2996,25
5.5.3.2	Schneider Primalum OVA37077E de 220 lm	1	54,90	54,90
5.5.3.3	Schneider Primalum OVA37039E de 160 lm	5	43,78	218,90
5.5.3.4	Schneider Primalum OVA37074E de 90 lm	7	34,67	242,69
5.5.3.5	Schneider Primalum OVA37037E de 65 lm	7	31,45	220,15
5.5.3.6	Mano de obra. Incluso elementos necesarios para su montaje.	14	23	322,00
			<b>SUBTOTAL</b>	<b>4054,89</b>

### 5.5.4. Tabla resumen

Subtotal	Presupuesto total capítulo V	Importe (€)
5.5.1	Alumbrado interior	42165,00
5.5.2	Alumbrado exterior	5526,00
5.5.3	Alumbrado de emergencia	4054,89
	<b>SUBTOTAL</b>	<b>51745,89</b>



## **5.6. CAPÍTULO VI: ELEMENTOS VARIOS**

### **5.6.1. Interruptores, conmutadores, tomas de corriente...**

<b>Nº de orden</b>	<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio unitario (€)</b>	<b>Importe (€)</b>
5.6.1.1	Interruptor, 10 A, 230/240 V, Marca: Simon, Serie: 82	12	6,48	77,76
5.6.1.2	Conmutador, 10 A, 230/240 V, Marca: Simon, Serie: 82	10	7,92	79,20
5.6.1.3	Conmutador de cruzamiento, 10 A, 230/240 V, Marca: Simon, Serie: 82	2	9,26	18,52
5.6.1.4	Toma de corriente monofásica de 16 A, (2P+T), 230 V, con caja de empotrar. Marca: Simon, Serie: 27	45	9,27	417,15
5.6.1.5	Toma de corriente trifásica de 16 A, (3P+T), 400 V, con caja de empotrar. Marca: Schneider, Modelo: PK Pratika	5	12,42	62,10
5.6.1.6	Cofret estanco para tomas industriales con 4 aberturas de 90x100 mm. Marca: Schneider, Modelo: Kaedra.	6	40,36	242,16
5.6.1.7	Toma de corriente monofásica de 16 A, (2P+T), 230 V, para cofret Kaedra.	18	4,96	89,28
5.6.1.8	Toma de corriente trifásica de 16 A, (3P+T), 400 V, para cofret Kaedra.	6	8,29	49,74
5.6.1.9	Pulsador de 16 mm de diámetro, 24 V, Marca: Schneider, Modelo: XB6AA11B	16	16,25	260,00
5.6.1.10	Fotocélula Rodman, 10 A, 230 V, CA 50-60 Hz. Ref: RRF101.	1	48,00	48,00
5.6.1.11	Mano de obra. Incluso elementos necesarios para su montaje.	18	23	414,00
			<b>SUBTOTAL</b>	<b>1757,91</b>



## **5.7. CAPÍTULO VII: COMPENSACIÓN DE ENERGÍA REACTIVA**

### **5.7.1. Batería de condensadores**

<b>Nº de orden</b>	<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio unitario (€)</b>	<b>Importe (€)</b>
5.7.1.1	Suministro y montaje de batería automática de condensadores de la serie Varset STD de la marca Schneider. De 150 KVAR, formada por 10 escalones de 15 KVAR (10x15).	1	5289,00	5289,00
5.7.1.2	Mano de obra. Incluso elementos necesarios para su montaje.	2	23	46,00
			<b>SUBTOTAL</b>	<b>5335,00</b>



## **5.8. CAPÍTULO VIII: CENTRO DE TRANSFORMACIÓN**

### **5.8.1. Obra civil**

<b>Nº de orden</b>	<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio unitario (€)</b>	<b>Importe (€)</b>
5.8.1.1	Preparación y acondicionamiento del terreno para la instalación del edificio prefabricado PFU-4 de Ormazabal. Dimensiones de la excavación: 5260 mm de longitud, 3180 mm de anchura y 560 mm de profundidad.	1	800,00	800,00
			<b>SUBTOTAL</b>	<b>800,00</b>

### **5.8.2. Caseta del centro**

<b>Nº de orden</b>	<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio unitario (€)</b>	<b>Importe (€)</b>
5.8.2.1	Caseta prefabricada modelo PFU-4 de la marca Ormazabal, con paneles que forman la envolvente, armaduras de hormigón unidas entre sí y al colector de tierras. Se incluye en el precio en transporte y el montaje.	1	8400,00	8400,00
			<b>SUBTOTAL</b>	<b>8400,00</b>

### **5.8.3. Transformador**

<b>Nº de orden</b>	<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio unitario (€)</b>	<b>Importe (€)</b>
5.8.3.1	Transformador trifásico de 630 KVA de la marca Ormazabal, de tensión 13,2/0,4 KV, grupo de conexión Dyn11, tensión de cortocircuito 4% y refrigeración natural de aceite. Dimensiones: 1622 mm de largo, 962 de ancho y 1092 de alto. 1750 Kg de peso. Se incluye la instalación en el precio.	1	13175,00	13175,00
			<b>SUBTOTAL</b>	<b>13175,00</b>



#### 5.8.4. Aparamenta de media tensión

Nº de orden	Descripción	Cantidad	Precio unitario (€)	Importe (€)
5.8.4.1	CELDA DE LÍNEA: Celda de llegada de línea modelo CGMCOSMOS-L de la marca Ormazabal, Vn=24 KV, In=400 A y cuyas dimensiones son 365 mm de ancho, 735 mm de fondo y 1740 mm de alto. Includo el transporte, montaje y conexión.	1	2762,50	2762,50
5.8.4.2	CELDA DE PROTECCIÓN CON FUSIBLES: Celda CGMCOSMOS-P de protección con fusibles de la marca Ormazabal, Vn=24 KV, In=400 A y cuyas dimensiones son 470 mm de ancho, 735 mm de fondo y 1740 mm de alto. Incluye 3 fusibles limitadores de 24 KV y 40 A. Includo el transporte, montaje y conexión.	1	5312,50	5312,50
5.8.4.3	CELDA DE MEDIDA: Celda modelo CGMCOSMOS-M de la marca Ormazabal, Vn=24 KV, In=400 A y cuyas dimensiones son 800 mm de ancho, 1025 mm de fondo y 1740 mm de alto. Con 3 transformadores de tensión y de intensidad. Includo el transporte, montaje y conexión.	1	6150,00	6150,00
			<b>SUBTOTAL</b>	<b>14225,00</b>



### 5.8.5. Equipo de baja tensión

Nº de orden	Descripción	Cantidad	Precio unitario (€)	Importe (€)
5.8.5.1	Armario metálico de distribución. Marca: Schneider. Modelo: Prisma Plus, sistema G, con IP55, de 7 módulos, de medida: 450x600x250 mm con su placa de montaje y puesta a tierra.	2	246,46	492,92
5.8.5.2	Interruptor automático Schneider NS1000N Poder de corte: 50 KA, Curva C, III+N Calibre: 1000 A	1	7442,64	7442,64
5.8.5.3	Relé diferencial RHU de Schneider Sensibilidad: 30 mA a 30 A	1	370,80	370,80
5.8.5.4	Toroidal MA 120 mm de Schneider	1	324,85	324,85
5.8.5.5	Interruptor diferencial Schneider 4P Calibre: 25 A, Sensibilidad: 30 mA	1	276,79	276,79
5.8.5.6	Interruptor automático Schneider Poder de corte: 25 KA, Curva C, III+N Calibre: 10 A	1	281,33	281,33
5.8.5.7	Philips TCW216 2xTL5-28W HFP	2	95	190,00
5.8.5.8	Schneider Primalum OVA37037E de 65 lm	1	31,45	31,45
5.8.5.9	Interruptor, 10 A, 230/240 V, Marca: Simon, Serie: 82	1	6,48	6,48
5.8.5.10	Toma de corriente monofásica de 16 A, (2P+T), 230 V, con caja de empotrar. Marca: Simon, Serie: 27	1	9,27	9,27
5.8.5.11	Cable RV-K 0,6/1 KV flexible Marca: General Cable 2x1,5+1,5TT mm <sup>2</sup> Cobre	5,5	2,506	13,78
5.8.5.12	Cable RV-K 0,6/1 KV flexible Marca: General Cable 2x2,5+2,5TT mm <sup>2</sup> Cobre	2	3,688	7,38
5.8.5.13	Tubo corrugado de doble capa de PVC de color negro, Φ 16 mm.	7,5	0,45	3,38
5.8.5.14	Mano de obra. Incluso elementos necesarios para su montaje.	9	23	207,00
			<b>SUBTOTAL</b>	<b>9658,06</b>



### 5.8.6. Puesta a tierra del centro de transformación

Nº de orden	Descripción	Cantidad	Precio unitario (€)	Importe (€)
5.8.6.1	Tierra de protección del centro de transformación formada por un anillo de 5x3 m con un conductor de cobre desnudo de 50 mm <sup>2</sup> de sección enterrado a 0,8 m de profundidad y 8 picas de acero recubierto de cobre de 2 m de longitud y 14 mm de diámetro. Incluido en el precio la línea de tierra interior formada por un conductor de cobre desnudo de 50 mm <sup>2</sup> , las arquetas de registro, la caja de seccionamiento, la soldadura aluminotérmica y otros elementos para realizar las conexiones. Totalmente instalada y conexionada.	1	1225,00	1225,00
5.8.6.2	Tierra de servicio formada por una hilera de 9 m de conductor de cobre desnudo de 50 mm <sup>2</sup> que une 4 picas de 2 m de longitud y 14 mm de diámetro enterradas a 0,8 m de profundidad y separadas entre sí 3 m. Se une al centro de transformación mediante un conductor de cobre de 50 mm <sup>2</sup> RV-K 0,6/1 KV. Se incluye en el precio la caja de seccionamiento, las arquetas de registro y los elementos de conexión. Totalmente instalada y conexionada.	1	780,00	780,00
5.8.6.3	Puesta a tierra interior del centro de transformación formada por un conjunto de conductores de cobre de 50 mm <sup>2</sup> que conexionan todas las partes metálicas (celdas, transformador, herrajes, etc.)	1	375,50	375,50
5.8.6.4	Pararrayos de la marca Ingesco formado por una punta Franklin múltiple de cobre y un mástil de 6 m de acero inoxidable. Totalmente instalado y conexionado.	1	705,93	705,93
			<b>SUBTOTAL</b>	<b>3086,43</b>



### 5.8.7. Tabla resumen

<b>Subtotal</b>	<b>Presupuesto total capítulo VIII</b>	<b>Importe (€)</b>
5.8.1	Obra civil	800,00
5.8.2	Caseta del centro	8400,00
5.8.3	Transformador	13175,00
5.8.4	Aparamenta de media tensión	14225,00
5.8.5	Equipo de baja tensión	9658,06
5.8.6	Puesta a tierra del centro de transformación	3086,43
	<b>SUBTOTAL</b>	<b>49344,49</b>



## **5.9. CAPÍTULO IX: EQUIPO DE SEGURIDAD Y SALUD**

### **5.9.1. Equipo de seguridad y salud**

<b>Nº de orden</b>	<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio unitario (€)</b>	<b>Importe (€)</b>
5.9.1.1	Gafas incoloras protectoras contra impactos	5	3,97	19,85
5.9.1.2	Gafas de protección antipolvo	5	3,33	16,65
5.9.1.3	Par de taponos auditivos desechables	30	0,118	3,54
5.9.1.4	Protectores auditivos de silicona reutilizables con arnés en la nuca	10	1,59	15,90
5.9.1.5	Casco de seguridad dieléctrico con pantalla para la protección de descargas eléctricas	5	18,87	94,35
5.9.1.6	Mascarillas desechables	10	0,51	5,10
5.9.1.7	Par de guantes de uso general	5	4,18	20,90
5.9.1.8	Zapato de seguridad con puntera metálica y plantilla antiperforación	5	41,21	206,05
5.9.1.9	Faja protección lumbar	5	19,93	99,65
5.9.1.10	Par de rodilleras ajustables	5	10,11	50,55
5.9.1.11	Arnés con chaleco acolchado y cinturón de giro para trabajos de electricidad y fabricado con Nylon y elementos metálicos.	2	100,80	201,60
5.9.1.12	Buzo de poliéster-algodón	5	32,00	160,00
5.9.1.13	Chaleco de trabajo multibolsillos fabricado en poliéster-algodón	5	15,77	78,85
5.9.1.14	Cinturón portaherramientas para electricista	4	21,37	85,48
5.9.1.15	Banqueta aislante hasta 45000 V	2	58,71	117,42
5.9.1.16	Extintor de 6 Kg de polvo químico ABC de funcionamiento manual	2	34,28	68,56
5.9.1.17	Cartel de plástico de "Peligro de riesgo eléctrico" de medidas 45x30 cm	5	4,84	24,20
5.9.1.18	Lámpara portátil de mano de leds con estructura de goma y gancho giratorio	2	33,88	67,76
			<b>SUBTOTAL</b>	<b>1336,41</b>



### **5.10. RESUMEN DEL PRESUPUESTO DE LA INSTALACIÓN**

<b>ORDEN</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>TOTAL (€)</b>
CAPÍTULO I	ACOMETIDA	10322,50
CAPÍTULO II	PROTECCIONES	52679,40
CAPÍTULO III	CONDUCTORES, TUBOS Y CANALIZACIONES	48844,55
CAPÍTULO IV	PUESTA A TIERRA	2373,90
CAPÍTULO V	EQUIPOS DE ALUMBRADO	51745,89
CAPÍTULO VI	ELEMENTOS VARIOS	1757,91
CAPÍTULO VII	COMPENSACIÓN DE ENERGÍA REACTIVA	5335,00
CAPÍTULO VIII	CENTRO DE TRANSFORMACIÓN	49344,49
CAPÍTULO IX	EQUIPO DE SEGURIDAD Y SALUD	1336,41
<b>TOTAL</b>	<b>PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL</b>	<b>223740,05</b>
	GASTOS GENERALES (5%)	11187,00
	BENEFICIO ÍNTEGRO (10%)	22374,01
	<b>PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN POR CONTRATA</b>	<b>257301,06</b>
	HONORARIOS DEL PROYECTO (4%)	10292,04
	HONORARIOS DIRECCIÓN DE OBRA (4%)	10292,04
<b>TOTAL</b>	<b>PRESUPUESTO TOTAL SIN IVA</b>	<b>277885,14</b>
	IVA (21%)	58355,88
<b>TOTAL</b>	<b>PRESUPUESTO TOTAL</b>	<b>336241,02</b>

**El total del presente proyecto asciende a la cantidad de “TRESCIENTOS TREINTA Y SEIS MIL DOSCIENTOS CUARENTA Y UN EUROS CON DOS CÉNTIMOS”**

PETICIONARIO

Ingeniero Técnico

**Igor Rípodas Mariñelarena**

En Pamplona a 18 de Julio de 2013.



# ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación:

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL ELÉCTRICO

Título del proyecto:

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

ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD

Igor Rípodas Mariñelarena

Rafael Gonzaga Jarquín

Pamplona, 18/07/2013



6.1. OBJETO .....	2
6.2. AUTOR .....	2
6.3. DATOS DE LA OBRA .....	2
6.3.1. Descripción del proyecto .....	2
6.3.2. Emplazamiento .....	2
6.3.3. Número de trabajadores previstos.....	2
6.3.4. Plazo de ejecución .....	3
6.4. TRABAJO .....	3
6.4.1. Introducción .....	3
6.4.2. Riesgo .....	3
6.4.2.1. Condiciones de seguridad.....	4
6.4.2.2. Medio ambiente físico del trabajo .....	4
6.4.2.3. Contaminantes.....	4
6.4.2.4. Factores organizativos.....	5
6.4.3. Normas preventivas .....	5
6.5. INSTALACIONES EN BAJA TENSIÓN .....	6
6.5.1. Introducción .....	6
6.5.2. Supervisión .....	6
6.5.3. Comprobación.....	7
6.6. ANÁLISIS DE RIESGOS Y SU PREVENCIÓN.....	8
6.6.1. Transporte manual de cargas .....	8
6.6.2. Izado manual de cargas .....	9
6.6.3. Máquinas herramientas y máquinas manuales.....	9
6.6.4. Izado mecánico de cargas .....	10
6.6.5. Transporte de cargas mediante carretilla elevadora.....	11
6.6.6. Trabajos próximos a elementos en tensión .....	12
6.6.7. Trabajos bajo tensión .....	13
6.6.8. Trabajos de soldadura .....	14
6.6.9. Trabajos en alturas .....	14
6.6.10. Trabajos en escaleras .....	15
6.6.11. Trabajos en andamios .....	16
6.7. INSTALACIONES PROVISIONALES .....	18
6.7.1. Instalación provisional eléctrica .....	18
6.7.2. Instalación de prevención de incendios .....	19
6.8. INSTALACIONES DE HIGIENE Y BIENESTAR .....	20
6.8.1. Introducción .....	20
6.8.2. Dotación de vestuarios.....	20
6.8.3. Dotación de aseos .....	20
6.9. MEDICINA PREVENTIVA Y PLANES DE EMERGENCIA .....	21
6.9.1. Reconocimiento médico .....	21
6.9.2. Asistencia de accidentados .....	21
6.9.3. Formación sobre seguridad.....	22



## **6.1. OBJETO**

El presente estudio básico de seguridad y salud se redacta para dar cumplimiento a lo dispuesto en el Real Decreto 1627/1197 del 24 de Octubre, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción, en el marco de la Ley 31/1995, de 8 de Noviembre de Prevención de Riesgos Laborales.

El objeto del estudio básico de seguridad y salud es servir como base para la elaboración del plan de seguridad y salud en el trabajo por parte del contratista, en el que se analizarán, estudiarán, desarrollarán y complementarán las previsiones contenidas en este documento, en función de su propio sistema de ejecución de la obra.

Según la organización mundial de la salud, la salud es el completo bienestar físico, mental y social. Es un proceso permanente de desarrollo pudiendo perderse o recuperarse según las condiciones laborales. La seguridad es la eliminación de todo riesgo profesional a personas o bienes.

## **6.2. AUTOR**

La redacción del presente estudio básico de seguridad y salud recae sobre Igor Rípodas Mariñelarena.

## **6.3. DATOS DE LA OBRA**

### **6.3.1. Descripción del proyecto**

Instalación eléctrica en baja tensión de una nave industrial con centro de transformación. La nave se dedicará a la elaboración de cajas de cartón.

### **6.3.2. Emplazamiento**

El proyecto se va a desarrollar en la localidad de Aoiz (Navarra), en su polígono industrial.

### **6.3.3. Número de trabajadores previstos**

El número total de trabajadores previstos en la obra simultáneamente será de 20. De ellos, no todos han de usar los mismos equipos de protección individual, sino que el uso de estos equipos dependerá de las tareas y funciones que tengan encomendadas. En este número de trabajadores quedan englobadas todas las personas intervinientes en el proceso con independencia de su afiliación empresarial o sistema de contratación.



### **6.3.4. Plazo de ejecución**

La obra se ejecutará en el plazo de un mes.

## **6.4. TRABAJO**

### **6.4.1. Introducción**

El trabajo es la actividad realizada por el hombre transformando la naturaleza para su beneficio, buscando satisfacer necesidades humanas, mejorar la calidad de vida, satisfacción personal...

Esta actividad puede provocar efectos dañinos sobre la salud de los trabajadores, ya sea por la pérdida o ausencia de trabajo o por las condiciones en las cuales se realiza.

La realización de un trabajo se define por la **Tecnificación** (invención y uso de máquinas, herramientas y equipos de trabajo que facilitan la realización de las distintas tareas para la transformación de la naturaleza) y **Organización** (planificación y coordinación). Cuando no funcionan adecuadamente, aparecen riesgos en la salud y en la seguridad de los trabajadores.

La jornada de trabajo comenzará con la planificación por parte los encargados de los diversos trabajos, informando y enseñando los posibles riesgos y medidas preventivas y de protección. El comienzo de este sólo se dará cuando se posean todos los elementos necesarios y esté delimitada la zona durante las maniobras manteniendo las distancias de seguridad a líneas de conducción eléctrica.

### **6.4.2. Riesgo**

Se habla de riesgos cuando se da la posibilidad de que un trabajador sufra un daño debido a su trabajo, siendo su gravedad en función de la probabilidad de que se produzca el daño y su severidad.

La principal característica del estudio básico de seguridad y salud es identificar, valorar los riesgos y reconocer situaciones de riesgo, para poner unas medidas de seguridad que los minimicen lo máximo posible. Las condiciones que se den en el trabajo pueden reducir o incrementar los riesgos.

Un factor riesgo es el elemento o conjunto de variables presentes en un trabajo que dan lugar a una disminución del nivel de seguridad y salud para los trabajadores.

Estos factores se pueden dividir en:



#### 6.4.2.1. Condiciones de seguridad

Condiciones materiales que pueden dar lugar a un accidente en el trabajo, como por ejemplo la superficie de trabajo, transporte, maquinaria...Para ello se preverán mediante:

- Señalización.
- Iluminación.
- Orden, limpieza y mantenimiento.
- Materiales de primeros auxilios.
- Servicios higiénicos y locales de descanso.
- Adaptaciones a los empleados con minusvalías.
- Formación de los trabajadores.
- Seguridad de los productos con el marcado CE (Comunidad europea) que aseguran la fabricación del producto.

#### 6.4.2.2. Medio ambiente físico del trabajo

Aparecen de forma natural o siendo modificados por el proceso de producción, dando lugar a:

- Ruido: Según la frecuencia pueden ser agudos, los más graves para la salud, o graves, y según sus intensidades fuertes o débiles.
- Iluminación: Puede provocar la pérdida de visión.
- Vibraciones: Son oscilaciones de partículas alrededor de un punto, en un medio físico equilibrado cualquiera. Pueden provocar alteraciones del sentido del equilibrio, provocando mareos, etc..
- Radiaciones: Pueden ser ionizantes (ondas de alta frecuencia) o no ionizantes (ondas de baja frecuencia).
- Térmicas: Humedad, velocidad del aire, temperatura etc...Pueden provocar efectos negativos para la salud como resfriados, deshidratación...

#### 6.4.2.3. Contaminantes

Elementos extraños al organismo humano capaces de producir alteraciones a la salud. Se diferencia entre:

- Contaminantes químicos: Sustancias que están presentes en el aire que respiramos de forma sólida, líquida o gaseosa. Producen irritaciones, problemas respiratorios, alergias, etc...



- Contaminantes biológicos: Los microorganismos (bacterias, virus) que pueden estar presentes en el ambiente de trabajo y originar alteraciones en la salud, así como infecciones.

#### **6.4.2.4. Factores organizativos**

Relacionados con la organización y estructura empresarial, que suelen afectar en el ámbito físico y mental debido a los esfuerzos realizados por el trabajador (carga física y carga mental).

Estos factores de riesgos, se pueden prevenir con unas técnicas específicas: seguridad en el trabajo, higiene industrial, medicina del trabajo, psicología y ergonomía.

#### **6.4.3. Normas preventivas**

El proyecto debe agrupar todos los factores de seguridad y protección para personas y objetos, siendo piezas claves los siguientes cargos:

- **Proyectista:** Es el coordinador de los trabajos, acreditando ante la dirección facultativa la adecuada formación y enseñanza del personal de la obra en materia de prevención y primeros auxilios.
- **Dirección facultativa:** Debe tener en cuenta todos los aspectos del proceso productivo que pueden poner en peligro la salud de los trabajadores o terceras personas, comprobando la existencia de un plan de emergencia.
- **Dirección técnica:** Planifica los trabajos seleccionando las técnicas más adecuadas en cada caso concreto.
- **Dirección facultativa y contratista:** Revisan planos, replantean, maquinaria adecuada, andamios, almacenamiento... Además la primera es encargada de informar al constructor de los riesgos y dificultades.



## **6.5. INSTALACIONES EN BAJA TENSIÓN**

### **6.5.1. Introducción**

Cuando se inicie cualquier trabajo en una instalación en Baja Tensión se identificará el conductor o instalación donde tiene lugar el trabajo. Se considerará en Baja Tensión, a no ser que se demuestre lo contrario.

El personal encargado de realizar los trabajos en tensión, debe estar adiestrado en el proceso y en la utilización de los materiales a utilizar. Empleará como equipo de seguridad:

- Guantes aislantes.
- Botas aislantes.
- Herramientas aislantes.
- Material de señalización.
- Transformadores de seguridad.
- Ropa sin elementos metálicos.

Trabajando en Baja Tensión, algunas veces se da la situación de trabajos sin tensión, por lo que se aplicarán los siguientes pasos antes de comenzar la obra:

- Abrir los circuitos mediante la apertura de los aparatos de corte más próximos a la zona donde se vaya a realizar el trabajo con la finalidad de aislar todas las fuentes de tensión que puedan alimentar la instalación.
- Bloquear si es posible, y en posición de apertura, los aparatos de corte, indicando la prohibición de maniobrarlo.
- Comprobar que no haya tensión en cada uno de los conductores.
- Comprobación de que no exista peligro antes de establecer el servicio una vez se haya finalizado el trabajo.

### **6.5.2. Supervisión**

Cualquier instalación eléctrica de una obra debe ser supervisada prácticamente todos los días, con el fin de evitar que se produzcan posibles accidentes, mediante un adecuado mantenimiento. La persona encargada de la supervisión se encargará de vigilar también:

- La correcta conexión y buen estado de conservación de los conductores de protección.
- El perfecto estado de los conductores flexibles que van a los equipos móviles y de sus elementos de conexión.



- El correcto calibrado de los fusibles y el reglaje de los disyuntores, preocupándose de que nadie los modifique indebidamente para evitar accidentes eléctricos.
- El mantenimiento de las medidas de seguridad que ponen fuera del alcance de los trabajadores, los conductores y piezas conductoras.

### 6.5.3. Comprobación

Una vez terminada y puesta en marcha, toda instalación tendrá que ser comprobada por un técnico cualificado, con el fin de asegurar su seguridad frente a los riesgos que esta pueda ocasionar. Esta comprobación se realizará de forma periódica.

Si en la comprobación apareciera un fallo, este deberá ser solucionado. Para la entrega del certificado, no es necesario tener presente las posibles ampliaciones o modificaciones futuras.



## **6.6. ANÁLISIS DE RIESGOS Y SU PREVENCIÓN**

### **6.6.1. Transporte manual de cargas**

#### Riesgos asociados

- Caída a distinto nivel.
- Caída al mismo nivel.
- Choques contra objetos móviles e inmóviles.
- Sobreesfuerzos.
- Golpes con objetos o herramientas.
- Caída de los objetos que se están manipulando.
- Pisadas sobre objetos.

#### Medidas preventivas

- Evaluación inicial de la carga a transportar.
- Llevar la carga manteniéndose derecho.
- Aproximar la carga al cuerpo.
- El centro de gravedad del operario deberá estar lo más próximo posible a la carga a levantar y por encima del centro de gravedad de la carga.
- Trabajar con los brazos extendidos hacia abajo y lo más tensos posible.
- Evitar las torsiones con cargas, se deberá girar todo el cuerpo mediante pequeños movimientos de los pies.
- Llevar la cabeza con el mentón ligeramente hacia adentro.
- Aprovechar el peso del cuerpo de forma efectiva para empujar los objetos o tirar de ellos.
- Si el transporte se realiza por varias personas, se situarán de forma adecuada para un correcto reparto de la carga. Los más bajos delante en el sentido de la marcha.
- Operaciones en las que intervengan varios operarios, serán planificadas antes de su inicio, designando un jefe de equipo.
- Se mantendrán libres de obstáculos y paquetes los espacios en los que se realiza la toma de cargas. Siendo los recorridos lo más cortos posibles.
- Si los paquetes o cargas, pesan más de 50 kg, la operación la realizarán dos operarios.

#### Equipos de protección individual a utilizar

- Casco de seguridad para la protección contra golpes e impactos.
- Guantes de trabajo.
- Ropa de trabajo adecuada para el mal tiempo.
- Botas de seguridad con suela antideslizante y punta de acero reforzada.
- Cinturón de banda de cuero para las vértebras lumbares.



### **6.6.2. Izado manual de cargas**

#### Riesgos asociados

- Caída a distinto nivel.
- Caída al mismo nivel.
- Sobreesfuerzos.
- Caída de los objetos que se están manipulando.

#### Medidas preventivas

- Apoyar los pies firmemente y separarlos a una distancia de 50 cm uno del otro.
- Doblar la cadera y las rodillas para coger la carga.
- Mantener la espalda recta y levantar la carga mediante el enderecimiento de las piernas.
- Usar los músculos más fuertes: los de los brazos, piernas y muslos.
- Poner en tensión los músculos del abdomen en los levantamientos, inspirando profundamente.
- Operaciones en las que intervengan varios operarios, serán planificadas antes de su inicio, designando un jefe de equipo.
- Si los paquetes o cargas, pesan más de 50 kg, la operación la realizarán dos operarios.

#### Equipos de protección individual a utilizar

- Guantes de trabajo.
- Botas de seguridad con suela antideslizante y punta de acero reforzada.
- Cinturón de banda de cuero para las vértebras lumbares.

### **6.6.3. Máquinas herramientas y máquinas manuales**

#### Riesgos asociados

- Caída a distinto nivel.
- Caída al mismo nivel.
- Sobreesfuerzos.
- Proyección de fragmentos o partículas.
- Exposición al ruido.
- Golpes y cortes.

#### Medidas preventivas

- Cuando se trabaje en locales cerrados, se deberá disponer de la adecuada ventilación.
- Los equipos de corte manual se utilizarán con la presión aconsejada por el fabricante del equipo.



- Los equipos que desprendan llama, su entorno estará libre de obstáculos.
- En los intervalos de no utilización de los equipos que desprenden llama, esta se dirigirá al espacio libre o hacia superficies que no puedan quemarse.
- Se deberá mantener perfectamente las herramientas de combustión, limpiando periódicamente los calibres, conductos de combustión, boquillas y dispositivos de disparo.
- Para el uso de máquinas neumáticas, antes de su utilización se comprobará la purga de las condiciones de aire y verificación del estado de los tubos flexibles y manguitos.
- Los gatillos de las máquinas neumáticas deben estar colocados de manera que reduzcan al mínimo la posibilidad de hacer funcionar accidentalmente la máquina.
- Para las máquinas-herramientas manuales eléctricas, se comprobará periódicamente el estado de los conductores y el cable de protección para evitar electrocuciones.
- No se utilizará nunca herramienta portátil eléctrica que esté desprovista de enchufe, revisando periódicamente ese extremo para no conectar los cables desnudos a la toma de corriente.
- No se arrastrarán los cables eléctricos de las herramientas portátiles, ni se dejarán tirados por el suelo para evitar tropiezos.
- La desconexión de las máquinas portátiles eléctricas no se hará nunca mediante un tirón brusco ya que se puede romper el enchufe.
- Se desconectará la herramienta para cambiar de útil y se comprobará que está parada completamente.

#### Equipos de protección individual a utilizar

- Guantes de trabajo.
- Botas de seguridad con suela antideslizante y punta de acero reforzada.
- Casco de seguridad para la protección contra golpes e impactos.
- Gafas de protección contra el impacto de partículas.
- Mascarilla de protección contra ambientes polvorientos.
- Tapones o cascos auditivos.
- Ropa de trabajo ceñida al cuerpo para evitar atrapamientos.

#### **6.6.4. Izado mecánico de cargas**

##### Riesgos asociados

- Sobreesfuerzos.
- Caída de los objetos que se están manipulando.
- Atrapamiento entre objetos.
- Golpes o cortes por objetos.



### Medidas preventivas

- Los accesorios mecánicos de elevación se diseñaran y fabricaran de forma que se eviten los fallos debidos a la fatiga o desgaste.
- Los materiales deberán elegirse teniendo en cuenta las condiciones ambientales que se den en la zona de trabajo, especialmente en lo que respecta a corrosión, abrasión, choques, sensibilidad al frío y envejecimiento.
- Los accesorios de elevación tales como cuerdas, cables, cadenas, ganchos, poleas, resistirán los esfuerzos a los que estén sometidos durante el funcionamiento o alza de las cargas. Cuando no se estén utilizando, se tendrán en cuenta los agentes atmosféricos para que no se deterioren. Si no se van a utilizar en un determinado periodo de tiempo se recogerán y guardarán para un posterior uso con el fin de evitar accidentes por golpes o caída de estos elementos sobre las personas.
- El diseño y fabricación de los accesorios mecánicos serán tales que puedan soportar sin deformación permanente o defecto visible las sobrecargas debidas a las pruebas estáticas.

### Equipos de protección individual a utilizar

- Guantes de trabajo.
- Botas de seguridad con suela antideslizante y punta de acero reforzada.
- Casco de seguridad para la protección contra golpes e impactos.
- Utensilios marcados con la marca CE (Comunidad europea) para garantizar la calidad de estos.

## **6.6.5. Transporte de cargas mediante carretilla elevadora**

### Riesgos asociados

- Caídas al mismo nivel.
- Caídas a distinto nivel.
- Caída de los objetos que se están manipulando.
- Atrapamiento por vuelco de máquina.
- Atropellos.
- Golpes con objetos móviles e inmóviles.

### Medidas preventivas

- No circular con la carretilla a velocidades altas y tomar las curvas a baja velocidad.
- El vehículo solo será utilizado por personal capacitado.
- Queda prohibido expresamente llevar a personas sobre la carretilla.
- No permitir que nadie se sitúe al lado de la carga levantada para evitar atrapamientos.
- La carretilla no se utilizará como medio de elevación para las personas. Para ello se utilizan las escaleras y andamios.



- Se respetarán las normas marcadas en el código de circulación vial, así como las de la señalización de la obra.
- El conductor mantendrá siempre todas las partes del cuerpo dentro de la cabina de la carretilla.
- Con la carretilla en movimiento no se subirán ni bajarán cargas.
- Se subirá y bajará del vehículo de transporte de forma frontal.
- Avisar con antelación de cualquier maniobra que se vaya a realizar, como cambio de dirección parada,... Si es necesario se ayudará de personal de obra para indicarlas.

#### Equipos de protección individual a utilizar

- Casco de seguridad para la protección contra golpes e impactos al abandonar la carretilla.
- Guantes de trabajo.
- Botas de seguridad con suela antideslizante y punta de acero reforzada.

#### **6.6.6. Trabajos próximos a elementos en tensión**

##### Riesgos asociados

- Contactos eléctricos indirectos.
- Contactos eléctricos directos.
- Electroclusiones.
- Incendios.
- Caídas al mismo nivel.
- Caídas a distinto nivel.

##### Medidas preventivas

- Bajo ningún concepto se tocarán los conductores eléctricos que estén desnudos.
- Los trabajos con riesgo eléctrico los realizará un trabajador autorizado por el empresario ya que tiene la capacidad suficiente para realizarlos correctamente.
- Todo trabajo en las proximidades de líneas eléctricas o elementos en tensión será ordenado y dirigido por el jefe del trabajo.
- Si existen elementos en tensión cuyas zonas de peligro sean accesibles se deberá delimitar la zona de trabajo mediante señales ópticas e informar a los trabajadores.
- Si en las proximidades donde se vaya a realizar el trabajo hay partes activas, se aislarán en todos los conductores, incluido el neutro.
- Cuando se utilicen grúas o aparatos elevadores, se respetaran las distancias de seguridad para evitar que entren en contacto con partes que se encuentran en tensión.



### Equipos de protección individual a utilizar

- Casco de seguridad para la protección contra golpes e impactos.
- Guantes aislantes para alta y baja tensión.
- Botas de seguridad con suela antideslizante y punta de acero reforzada.
- Gafas de protección o pantallas de protección para el rostro contra arcos eléctricos.

### **6.6.7. Trabajos bajo tensión**

#### Riesgos asociados

- Contactos eléctricos indirectos.
- Contactos eléctricos directos.
- Electroclusiones.
- Incendios.
- Caídas al mismo nivel.
- Caídas a distinto nivel.

#### Medidas preventivas

- Nunca se tocarán los conductores eléctricos que estén desnudos.
- Las instalaciones eléctricas solo las manipulará personal cualificado.
- Si se observa alguna chispa o arco eléctrico, desconectar y solicitar la revisión por los expertos.
- La zona de trabajo será delimitada y señalada adecuadamente.
- Los materiales inflamables estarán lejos de las fuentes que puedan producir arco eléctrico.
- Si las condiciones ambientales requieren la paralización del trabajo que se está realizando, el personal debe dejar la instalación y los dispositivos aislantes y aislados en posición segura. Los operarios deben también retirarse de la zona de trabajo de forma segura.
- No se colocarán los cables sobre hierro, tuberías, chapas o muebles metálicos.
- Si ocurre un incendio de origen eléctrico, este no se apagará con agua, sino que se utilizarán extintores de anhídrido carbónico o de polvo.

### Equipos de protección individual a utilizar

- Casco de seguridad para la protección contra golpes e impactos.
- Guantes aislantes para alta y baja tensión.
- Botas de seguridad aislantes con suela antideslizante y punta de acero reforzada.
- Gafas de protección o pantallas de protección para el rostro contra arcos eléctricos.



### 6.6.8. Trabajos de soldadura

#### Riesgos asociados

- Contactos eléctricos directos.
- Proyección de partículas.
- Contactos térmicos.
- Exposición a radiaciones.
- Incendios.
- Caídas al mismo nivel.
- Caídas a distinto nivel.

#### Medidas preventivas

- Los cables de la máquina de soldar se revisarán frecuentemente, y en caso de estar deteriorados se repararán cuidadosamente.
- La pinza de las masas se encontrará siempre en buen estado para garantizar una buena masa.
- Los cables de conexión a la red y los de masa deberán enrollarse antes de realizar cualquier transporte.
- En lugares húmedos donde se vaya a realizar una soldadura, el operario se deberá aislar trabajando sobre una base de madera seca.
- Cuando se esté realizando una soldadura, el cable de masa deberá conectarse lo más cercano posible a la pieza donde se efectúa la soldadura.
- Las conexiones con la máquina deberán tener las protecciones necesarias y, como mínimo fusibles automáticos y relé diferencial de sensibilidad media, con una buena toma a tierra.
- Se colocarán extintores en las zonas donde se realice la soldadura.
- La zona donde se realice la soldadura estará delimitada, y en su interior todo el personal deberá utilizar los equipos de protección necesarios.

#### Equipos de protección individual a utilizar

- Casco de seguridad para la protección contra golpes e impactos.
- Guantes o manoplas para realizar soldaduras.
- Botas de seguridad con suela antideslizante y punta de acero reforzada.
- Pantallas para soldar.
- Chalecos, chaquetas y pantalones de cuero para soldadura.

### 6.6.9. Trabajos en alturas

#### Riesgos asociados

- Caídas a distinto nivel.
- Caída de objetos que estén en manipulación.
- Golpes contra objetos o herramientas.



### Medidas preventivas

- En todo momento se utilizarán medios auxiliares como andamios, escaleras, barandillas, plataformas o redes de seguridad, si no están presentes estos, el trabajador recurrirá a un arnés de seguridad amarrado con cuerda especial a algún punto fijo de la estructura.
- Los trabajadores deben conocer el funcionamiento del trabajo en las alturas y la seguridad que ellos conllevan.
- Estos trabajos no serán realizados por personal que pueda tener vértigo o se altere su sistema nervioso así como las personas que puedan sufrir ataques epilépticos.
- Las herramientas que se utilicen irán ubicadas en bolsas adecuadas para impedir su caída y así poder utilizar las dos manos en los desplazamientos.

### Equipos de protección individual a utilizar

- Casco de seguridad para la protección contra golpes e impactos.
- Guantes de trabajo.
- Botas de seguridad con suela antideslizante y punta de acero reforzada.
- Ropa adecuada para el mal tiempo.
- Arnés de seguridad.
- Bolsa para la ubicación de las herramientas.

## **6.6.10. Trabajos en escaleras**

### Riesgos asociados

- Caídas a distinto nivel.
- Caída de objetos que estén en manipulación.
- Golpes contra objetos o herramientas.

### Medidas preventivas

- Asegurarse del buen estado de la escalera antes de su utilización.
- Las escaleras tendrán en su base de apoyo zapatas antideslizantes, y estas no se colocarán sobre suelos irregulares.
- No se utilizarán escaleras metálicas cuando el trabajo sea en instalaciones bajo tensión.
- El transporte de la escalera se hará con precaución, llevando la parte delantera baja para evitar choques con objetos.
- La escalera tendrá una longitud que sobrepase 1 metro por encima del punto o superficie a donde se pretenda llegar. Las escaleras manuales podrán alcanzar los 7 metros, pero si la altura a la que se pretende subir es mayor, se utilizarán escaleras especiales.
- No se juntarán bajo ningún concepto dos escaleras.
- Las escaleras de mano apoyadas sobre la pared, formarán un ángulo de 75° con la horizontal.



- Queda prohibida la utilización de la escalera por más de un operario a la vez.
- Siempre que sea posible se amarrará la escalera con una cuerda por su parte superior. En caso de no serlo, habrá una persona en la base de la escalera sujetándola.
- En los trabajos que se realicen a más de 3,5 metros de altura será obligatorio utilizar cinturón de seguridad.
- Se sujetarán las manos en los largueros y no en los peldaños.

#### Equipos de protección individual a utilizar

- Casco de seguridad para la protección contra golpes e impactos.
- Guantes de trabajo.
- Botas de seguridad con suela antideslizante y punta de acero reforzada.
- Ropa adecuada para el mal tiempo.
- Arnés de seguridad.
- Bolsa para la ubicación de las herramientas.

#### **6.6.11. Trabajos en andamios**

##### Riesgos asociados

- Caídas a distinto nivel.
- Caídas al mismo nivel.
- Caída de objetos que estén en manipulación.
- Golpes con objetos durante la operación de montaje y desmontaje de los andamios.

##### Medidas preventivas

- Se montarán sobre pies hechos de madera o metálicos, suficientemente resistentes.
- Los elementos de unión de las diferentes piezas del andamio, asegurarán perfectamente su función de enlace, con las debidas condiciones de firmeza y permanencia, asegurando su estabilidad y condiciones de seguridad para los trabajadores.
- Queda terminalmente prohibido usar cajas, bidones, u objetos parecidos como andamios provisionales.
- En la base de los andamios se pondrán cuñas para evitar deslizamientos y se protegerán contra golpes.
- Las plataformas sobre los andamios serán metálicas de 0,60 metros de anchura mínima con pasadores, o en su defecto serán de madera agarradas mediante mordazas o pasadores previstos.
- Las plataformas situadas a más de 2 metros de altura estarán provistas de una barandilla vertical de 90 centímetros.
- Para bajar o subir del andamio se utilizarán las escaleras del andamio o unas escaleras exteriores.



- El personal que trabaje en alturas superiores a 2 metros, usará cinturón de seguridad, siendo examinado antes de su utilización.
- Se prohíbe lanzar herramientas, materiales y objetos de un andamio a otro.

#### Equipos de protección individual a utilizar

- Casco de seguridad para la protección contra golpes e impactos.
- Guantes de trabajo.
- Botas de seguridad con suela antideslizante y punta de acero reforzada.
- Ropa adecuada para el mal tiempo.
- Arnés de seguridad.
- Bolsa para la ubicación de las herramientas.



## **6.7. INSTALACIONES PROVISIONALES**

### **6.7.1. Instalación provisional eléctrica**

Para la realización de las obras dentro de la nave, se procederá a realizar la instalación provisional eléctrica desde el punto de toma fijado por la propiedad. La acometida será preferiblemente subterránea, disponiendo de un armario de protección, dotado de contadores de energía activa y reactiva si así se requiere.

Después se pondrá el cuadro general de mando y protección, dotado de seccionador general de corte automático y protecciones contra faltas a tierra, sobrecargas y cortocircuito, mediante interruptores magnetotérmicos y relé diferencial de 300 mA de sensibilidad.

De este cuadro general saldrán los circuitos necesarios para suministrar a los cuadros secundarios, donde se conectarán las diferentes herramientas portátiles para la realización de las diferentes obras. Estos cuadros secundarios se colocarán de forma estratégica para disminuir lo máximo posible la longitud y el número de líneas. Las tomas de corriente que se ubiquen en los cuadros secundarios llevarán conexión de puesta a tierra de forma obligatoria.

#### Riesgos asociados

- Caídas al mismo nivel.
- Electrocutaciones.
- Incendios.
- Pisadas sobre objetos.

#### Medidas preventivas

- Los cuadros solo serán manipulados por personal cualificado.
- Antes de manipular los cuadros se comprobará la ausencia de tensión en los mismos.
- Los conductores que vayan por el suelo no serán pisados ni se colocarán objetos sobre ellos. En las zonas de paso estos estarán protegidos.
- Si la conexión entre el cuadro general y el secundario se hace de forma aérea, este se tensará con piezas especiales a una altura mínima de 2 metros en zonas peatonales y a 5 metros en zonas de paso de vehículos.
- El trazado de las mangueras de suministro eléctrico no coincidirá con el de suministro provisional de agua.
- Los empalmes entre mangueras se realizarán mediante conexiones normalizadas o bornas.
- Los cuadros eléctricos que sean metálicos, su carcasa será conectada a tierra y poseerán adherida sobre la puerta una señal normalizada de riesgo eléctrico.
- Los cuadros eléctricos provisionales se colgarán sobre tableros de madera de forma vertical.



- Cada toma de corriente suministrará energía eléctrica a un solo aparato, máquina o máquina-herramienta.
- La instalación de alumbrado general para las instalaciones provisionales de obra estará protegida por interruptores automáticos magnetotérmicos.
- La toma a tierra se efectuará a través de la pica o placa de cada cuadro. Esa pica, estará protegida en el interior de una arqueta practicable.
- Existirá una señalización clara y sencilla, prohibiendo la entrada a personas no autorizadas a los locales donde esté instalado el equipo eléctrico, así como el manejo de aparatos eléctricos.
- Si se observan mangueras deterioradas se procederá inmediatamente a su sustitución por parte de personal cualificado.

#### Equipos de protección individual a utilizar

- Casco de seguridad para la protección contra golpes e impactos.
- Botas de seguridad aislantes con suela antideslizante y punta de acero reforzada.
- Guantes aislantes.
- Guantes de trabajo.

#### **6.7.2. Instalación de prevención de incendios**

Los medios para la extinción de incendios serán extintores portátiles de polvo químico ABC. Las causas de incendio pueden ser por la existencia de una fuente de ignición, estar próximo a una sustancia combustible...

Se realizará una revisión y comprobación periódica de la instalación eléctrica, así como el correcto acopio de sustancias combustibles con los envases perfectamente cerrados e identificados a lo largo de la obra.

Estas medidas se toman para que el personal extinga el fuego en la fase inicial si es posible, o disminuya sus efectos hasta la llegada de los bomberos, los cuales serán avisados inmediatamente.



## **6.8. INSTALACIONES DE HIGIENE Y BIENESTAR**

### **6.8.1. Introducción**

Como instalaciones de higiene y bienestar se dispondrá de dos locales prefabricados de obra para su utilización como vestuarios y aseos por parte de los trabajadores. Estos se ubicarán en el exterior de la nave, en la propiedad de la empresa.

Estos se tendrán que mantener limpios y bien conservados por parte de los trabajadores. Los suelos y paredes de estos locales serán continuos, lisos e impermeables, y estarán fabricados con materiales que permitan el lavado con líquidos desinfectantes o antisépticos con la frecuencia que se crea necesaria.

### **6.8.2. Dotación de vestuarios**

Se utilizarán como vestuarios los dos módulos prefabricados de obra. Cada uno de los dos albergará a 10 trabajadores. Por cada 10 trabajadores el módulo estará equipado con:

- Una taquilla metálica por cada trabajador para guardar la ropa de trabajo.
- Bancos de madera.
- 2 metros cuadrados de espacio por cada trabajador.
- Espejos.

### **6.8.3. Dotación de aseos**

Cada uno de los dos módulos prefabricados de obra estará equipado con los siguientes elementos:

- Una ducha con agua corriente fría y caliente.
- Un lavabo con espejo y grifo con agua caliente y fría.
- Jaboneras para el aseo de los trabajadores.
- Un inodoro con carga y descarga automática de agua, con papel higiénico.



## **6.9. MEDICINA PREVENTIVA Y PLANES DE EMERGENCIA**

### **6.9.1. Reconocimiento médico**

Todos los trabajadores deberán pasar un reconocimiento médico con carácter anual. También, el personal que sea contratado de forma eventual, antes de su entrada en la obra, tendrá que haber pasado el correspondiente reconocimiento médico.

Los trabajadores que vayan a realizar tareas que conlleven un riesgo especial, como por ejemplo los trabajos en altura, deberán pasar un reconocimiento médico específico que les habilite para realizar esas tareas.

El resultado de estos reconocimientos médicos será clasificado de la siguiente manera:

- Apto para todo el trabajo.
- Apto con ciertas limitaciones.

### **6.9.2. Asistencia de accidentados**

#### Botiquín de primeros auxilios

- Este quedará ubicado en uno de los dos prefabricados que se utilizan como vestuarios y aseos. El encargado de este será una persona capacitada en primeros auxilios y designada por la empresa.
- En su interior habrá agua oxigenada, alcohol de 96 grados, yodo, cristalmina, gasas estériles, tiritas, algodón hidrófilo estéril, esparadrapo, torniquetes antihemorrágicos, guantes esterilizados, bolsa para agua o hielo, analgésicos, apósitos autoadhesivos, tónicos cardíacos de urgencia y antiespasmódicos.
- El material empleado se repondrá en el menor tiempo posible por el encargado de este botiquín de primeros auxilios. También, una vez al mes, se hará revisión general del botiquín de primeros auxilios desechando los elementos que se encuentren caducados o en mal estado.

#### Centros de asistencia en caso de accidente

Como centros médicos de urgencia próximos a la obra se señalan los siguientes:

- **AOIZ:** Centro de salud (Ambulatorio)

Calle Domingo Elizondo S/N planta baja, 31430 Aoiz  
Teléfono: 948336600  
Distancia: 1 km



- **ELCANO:** Clínica Ubarmin

Carretera Aoiz S/N planta baja, 31486 Elcano  
Teléfono: 848428111  
Distancia: 19 km

- **PAMPLONA:** Hospital Virgen del Camino

Calle Irunlarrea 4 planta baja, 31008 Pamplona  
Teléfono: 848429400  
Distancia: 27,8 km

### 6.9.3. Formación sobre seguridad

El Plan de Seguridad se especificará en el Programa de Formación que se da a los trabajadores antes de empezar a trabajar en la empresa con el fin de que estos lo conozcan. También con esta función preventiva se establecerá el programa de reuniones del Comité de Seguridad y Salud.

La explicación y formación a los trabajadores se realizará por parte de un técnico de seguridad. El empresario también deberá analizar las posibles situaciones de emergencia y adoptar las medidas necesarias en materia de primeros auxilios, lucha contra incendios y evacuación de personal.

**Pamplona, Julio de 2013**

**Igor Rípodas Mariñelarena**



# ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación:

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL ELÉCTRICO

Título del proyecto:

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

## BIBLIOGRAFÍA

Igor Rípodas Mariñelarena

Rafael Gonzaga Jarquín

Pamplona, 18/07/2013



7.1. REGLAMENTO, NORMATIVAS Y LIBROS .....	2
7.2. PÁGINAS WEB DE EMPRESAS .....	3
7.2.1. Empresas de las que se han escogido los productos .....	3
7.2.2. Otras direcciones WEB de interés .....	4
7.2.3. Otras páginas de interés .....	4



## **7.1. REGLAMENTO, NORMATIVAS Y LIBROS**

Para la realización del proyecto se han debido consultar los reglamentos, normativas y libros que se exponen a continuación:

- Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión. Real Decreto 842/2002 de 2 de agosto de 2002.
- Reglamento sobre Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación e Instrucciones Técnicas Complementarias. Ministerio de Industria y Energía.
- Reglamento de Verificaciones Eléctricas y Regularidad en el Suministro de Energía Eléctrica.
- Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación e Instrucciones Técnicas Complementarias. Ministerio de Industria y Energía.
- Reglamento sobre Acometidas Eléctricas. Colección de Leyes, Normas y Reglamentos. Ministerio de Industria y Energía.
- Reglamento de Líneas Eléctricas Aéreas de Alta Tensión. Colección de Leyes, Normas y Reglamentos. Ministerio de Ciencia y Tecnología.
- Normas UNE y recomendaciones de UNESA que sean de aplicación.
- Normas Tecnológicas de la Edificación. Código Técnico de la Edificación.
- Normas particulares de “Iberdrola distribución eléctrica”.
- Método de cálculo y proyecto de instalaciones de puesta a tierra para centros de transformación conectados a redes de tercera categoría (UNESA).
- Instalaciones eléctricas de enlace y centros de transformación. Alberto Guerrero Fernández. Ed. McGraw-Hill.
- Instalaciones eléctricas de alumbrado e industriales. Fernando Martínez Domínguez. Ed. Paraninfo.
- Instalaciones eléctricas en media y baja tensión. José García Trasanco. Ed. Paraninfo.
- Instalaciones eléctricas en baja tensión. Narciso Moreno Alfonso. Ed. Thomson.
- Libro de DIBUJO ELÉCTRICO, de Esquemas de Instalaciones Eléctricas en Baja Tensión de José Javier Crespo Ganuza e Iñaki Ustarroz Irizar.



- Catálogo de lámparas y luminarias PHILIPS.
- Catálogos de Aparamenta de BT de SCHNEIDER: Interruptores automáticos, diferenciales, armarios, bases de corriente...

## **7.2. PÁGINAS WEB DE EMPRESAS**

### **7.2.1. Empresas de las que se han escogido los productos**

Las páginas Web de los distintos fabricantes de los que se han escogido los distintos elementos para realizar el presente proyecto son las siguientes:

- **PHILIPS:** Lámparas y luminarias para cualquier tipo de uso o local.  
<http://www.lighting.philips.com/>
- **GENERAL CABLE:** Cables eléctricos de baja, media y alta tensión para todo tipo de aplicaciones.  
<http://www.generalcable.es/>
- **SCHNEIDER:** Armarios de distribución, interruptores automáticos magnetotérmicos, interruptores automáticos diferenciales, luminarias de emergencia...  
<http://www.schneider-electric.com/>
- **ORMAZABAL:** Edificio prefabricado para el centro de transformación, celdas del centro de transformación y transformador de potencia.  
<http://www.ormazabal.com/>
- **PEMSA:** Sistemas de bandejas metálicas para cables.  
<http://www.pemsa-rejiband.com/>
- **SIMON:** Interruptores, conmutadores, conmutadores de cruzamiento, tomas de corriente...  
<http://www.simon.es/>
- **VOLTIMUM:** Catálogo multimarca del sector eléctrico, con información sobre las normativas y reglamentos del mundo de la instalación.  
<http://www.voltimum.com/>



- **IGUS:** Cadenas portacables.

<http://www.igus.es/>

- **URIARTE:** Cajas de seccionamiento y tapas de arquetas.

<http://www.uriarte.net/>

- **KLK ELECTRO MATERIALES:** Picas para la puesta a tierra.

<http://www.klk.es/>

- **INGESCO:** Pararrayos Punta Franklin.

<http://www.ingesco.com/>

### 7.2.2. Otras direcciones WEB de interés

- **UNESA:** Asociación Española de la Industria Eléctrica.

<http://www.unesa.es/>

- **IBERDROLA:** Genera, distribuye y comercializa electricidad y gas natural.

<http://www.iberdrola.es/>

### 7.2.3. Otras páginas de interés

<http://www.todoexpertos.com/>

<http://www.soloingenieria.net/>

Pamplona, Julio de 2013

Igor Rípodas Mariñelarena