

E.T.S. de Ingeniería Industrial,  
Informática y de Telecomunicación

# Instalación eléctrica en baja tensión para el establecimiento de un negocio de chapa y pintura



Grado en Ingeniería  
en Tecnologías Industriales

## Trabajo Fin de Grado

Enrique Pérez San Martín

José Javier Crespo Ganuza

Pamplona, Noviembre de 2017.



## Escuela Superior de Ingenieros Industriales y de Telecomunicación

Titulación:

Ingeniería de Tecnologías industriales

Proyecto:

Instalación eléctrica en baja tensión de una nave industrial para el establecimiento de un negocio de chapa y pintura.

Tutor:

Javier Crespo Ganuza

Documento 1: Memoria

Enrique Pérez San Martín  
Pamplona, noviembre de 2017.

## DOCUMENTO 1: MEMORIA DESCRIPTIVA

<b>1.1</b>	<b>Introducción .....</b>	<b>3</b>
1.1.1	Información inicial: .....	3
1.1.2	Objetivo del proyecto:.....	4
1.1.3	Ubicación:.....	4
1.1.4	Distribución de las superficies de la nave: .....	5
<b>1.2</b>	<b>Suministro de energía y cargas por maquinaria .....</b>	<b>6</b>
<b>1.3.</b>	<b>Normativa: .....</b>	<b>7</b>
<b>1.4.</b>	<b>Alumbrado: .....</b>	<b>9</b>
1.4.1	Tipos de alumbrado:.....	9
1.4.2	Tipos de lámparas: .....	9
1.4.3	Elección y distribución de la iluminaria: .....	10
1.4.4	Iluminación interior de la nave: .....	11
1.4.5	Iluminación exterior de la nave:.....	12
1.4.6	Iluminación de emergencia:.....	14
<b>1.5</b>	<b>Mecanismos: .....</b>	<b>15</b>
1.5.1	Receptores de alumbrado:.....	15
1.5.2	Tomas de corriente: .....	15
1.5.3	Coeficiente de simultaneidad y factor de utilización: .....	16
1.5.4	Conmutadores: .....	17
1.5.5	Previsión de cargas:.....	18
<b>1.6</b>	<b>Distribución de la instalación eléctrica: .....</b>	<b>19</b>
1.6.1	Cuadros eléctricos: .....	19
1.6.2	Conductores:.....	22
1.6.2.1	Elección del aislamiento: .....	23
1.6.2.2	Tubos protectores: .....	24
1.6.2.3	Distribución del cableado:.....	26
<b>1.7</b>	<b>Protecciones en baja tensión: .....</b>	<b>27</b>
1.7.1	Descripción: .....	27
1.7.2	Diferenciales: .....	28
1.7.3	Magnetotérmicos:.....	31
<b>1.8</b>	<b>Centro de Transformación:.....</b>	<b>33</b>
1.8.1	El transformador: .....	34
1.8.2	Componentes del centro de transformación: .....	35
1.8.3	Conexión del circuito de tierras: .....	35
<b>1.9</b>	<b>Acometida a tierra: .....</b>	<b>36</b>
1.9.1	Definición: .....	36
1.9.2	Objetivo:.....	36
1.9.3	Sección de tierra y de los conductores de protección:.....	38
<b>1.10</b>	<b>Mejora del Factor de potencia:.....</b>	<b>39</b>
<b>1.11</b>	<b>Resumen del presupuesto: .....</b>	<b>41</b>

### 1.1.2 Objetivo del proyecto:

El objeto del presente proyecto es el de realizar la instalación eléctrica de una nave industrial para el establecimiento de un taller de vehículos dedicado a la reparación de chapa y pintura, atendiendo y cumpliendo las especificaciones de la normativa y legislación vigente. Este proyecto ha sido encargado por la Universidad Pública de Navarra a través del profesor José Javier Crespo Ganuza de la asignatura de Oficina Técnica.

El objetivo es detallar y justificar las soluciones tomadas para la instalación en baja tensión en una nave industrial, desde el punto de acometida hasta los puntos de consumo eléctrico de la misma. La actividad de la nave consistirá en el corte, modelado, mecanizado y soldadura de materiales metálicos para el desarrollo de una actividad de chapa y pintura de vehículos. Para la redacción del mismo se han tenido en cuenta todos los reglamentos y normas vigentes. La instalación eléctrica partirá del centro de transformación ubicado en una caseta en el exterior de la nave, como puede verse en los planos adjuntos, hasta el Cuadro General de Distribución. De este cuadro se alimentarán cada uno de los distintos receptores de alumbrado y fuerza, así como los cuadros auxiliares.

El suministro de energía eléctrica se llevará a cabo en baja tensión, siendo la tensión de cálculo y de distribución: 400V entre fases y 230V entre fase y neutro, a una frecuencia de 50 HZ.

### 1.1.3 Ubicación:

La ubicación en la que se encuentra la parcela es la calle a, 53, 31191-Esquiroz, Navarra, muy cerca al aeropuerto de Pamplona. Las poblaciones más próximas donde se ubica el proyecto son Galar, Zizur Mayor, Barbatáin así como Beriain. Estas localidades son de gran importancia ya que se tiene que tener en cuenta la normativa urbanística de dichos municipios para la evaluación de zanjas eléctricas, las arquetas o el gas entre otras posibles necesidades a nivel industrial.

### 1.1.4 Distribución de las superficies de la nave:

La nave de la que se dispone queda distribuida de la siguiente forma para la optimización de su propia superficie:

<b>ZONA INDUSTRIAL</b>	<b>Superficie(m<sup>2</sup>)</b>
Peritaje	33
Desmontaje	69
Reparación	38
Preparación pintura	28
Lavado	25
Depósito	98
Otros	60
<b>TOTAL</b>	<b>351</b>
<b>ZONA ADMINISTRATIVA</b>	<b>Superficie(m<sup>2</sup>)</b>
Oficina Gerente + reuniones	52
Recepción	39
Otros	27
Oficina Administrativa	42
<b>TOTAL</b>	<b>160</b>
<b>OTROS</b>	<b>Superficie(m<sup>2</sup>)</b>
<b>Zona de Maniobras (vehículos)</b>	<b>265</b>
<b>TOTAL AL COMPLETO</b>	<b>779</b>

Figura 1: superficies nave industrial

A pesar de que la nave dispone de 1081 metros cuadrados, se busca **la optimización del espacio de la nave a trabajar**, ya que de esta forma se puede

disponer espacio para otros fines como puede ser el alquiler de la otra parte de la nave.

Destacar que, de las superficies finales a trabajar, las secciones de “otros” que encontramos tanto en la zona industrial como en la zona administrativa, hacen referencia a lo siguiente:

-Zona Industrial: incluyen tanto el vestuario de los trabajadores, como los almacenes de pintura, residuos y de materia prima.

-Zona administrativa: son ocupados por la zona de descanso, así como la sala de contadores y de calderas.

## 1.2 Suministro de energía y cargas por maquinaria

El suministro eléctrico se realiza en Media Tensión a 13,2 KV por parte de la compañía Iberdrola S. A. Dicho suministro será de tipo trifásico y a una frecuencia de 50 Hz. La compañía se compromete mediante acuerdo previo a facilitar e instalar una línea subterránea hasta el centro de transformación de la empresa proyectada. La maquinaria instalada en la nave industrial la siguiente:

### -Maquinaria instalada:

Máquinas	Consumo (W)	Factor de potencia (cosφ)	Unidades	Total (W)
Compresor	4800	0,86	1	4800
Equipo de soldadura	2800	0,87	2	5600
Elevador (Bancada)	3500	0,87	2	7000
Fresadora	13000	0,87	1	13000
Brazo de aspiración	1100	0,85	1	1100
Plegadora	4050	0,88	2	8100
Otros	1000	-	-	1000

Cabina de pintura	15000	0,8	1	15000
<b>Total</b>				<b>50800</b>

Figura 2: Características de la maquinaria instalada

La mención a otros en la Figura 2 hace referencia a:

- Pistolas de soplado
- Pistolas de aparejo
- Pistolas de retoque para Speed Repair (de base agua y de barniz - mangueras).

Estos elementos no suponen una gran cantidad de potencia, pero es de importancia suponer el funcionamiento síncrono de toda la maquinaria para el consumo energético. A su vez cabe mencionar que el voltaje a emplear en toda dicha maquinaria será de 380 V, ya que la zona de trabajo de la nave es llevada a cabo en distribución trifásica.

### 1.3. Normativa:

Al tratarse el objeto del proyecto de la instalación eléctrica de una nave industrial, y al estar ubicado dicho emplazamiento en la Comunidad Foral de Navarra (España), se tiene en cuenta fundamentalmente los siguientes reglamentos:

**-Plan Sectorial del Incidencia supramunicipal COMARCA -2:** Por Acuerdo de Gobierno de Navarra, de fecha 14/05/2001, se aprobó para la “Implantación de un área industrial de carácter comarcal en la Céndea de Galar”

**-Real Decreto 223/2008, de 15 de febrero:** El cuál hace referencia al Reglamento líneas eléctricas de alta tensión, en el cuál tendremos que tener en cuenta instrucciones técnicas complementarias como la ITC-LAT-09, la cual hace referencia a proyectos y ante proyectos. A pesar de que toda la nave será manejada por lo general con niveles de tensión de “baja”, como se dijo en el objetivo del proyecto, también dispondremos de un centro de transformación el cuál sí que poseerá niveles de tensión mayores.

-**Real Decreto 842/2002 de 2 de agosto:** por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión e instrucciones técnicas complementarias, las cuales hay hasta 51. El cual hay que tener en cuenta para todo el desarrollo eléctrico de la nave.

-**Norma UNE 12464:** Norma europea para interiores, la cual se tiene en cuenta para el desarrollo de la luminaria del emplazamiento.

-**Decreto Foral 123/1997, de 5 de mayo:** Por el que se regula la actividad industrial y la prestación de servicios en los talleres de reparación de vehículos automóviles, de sus equipos y componentes. Dicha normativa es tenida en cuenta fundamentalmente para los equipos a usar, como pueden ser las bancadas, y de esta forma tener una idea de la potencia eléctrica que va a requerir el desarrollo de la actividad.

-**Real Decreto 485/1997, 14 abril:** Sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud del trabajo.

-**Real Decreto 1215/1997,** sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.

-**Orden del 16 de abril de 1988:** que precisamente hace hincapié en la seguridad de la actividad para la protección contra incendios. Ya que al tratarse de una actividad clasificada como es el desarrollo de la pintura en los automóviles, así como tendremos componentes con cierto grado de peligrosidad como el centro de transformación, se ha de tener en cuenta.

-**Real Decreto 1627-1997 del 24 de octubre:** sobre en los que se modifican determinados artículos de los Reglamentos Generales de Recaudación de los recursos del sistema de la Seguridad Social y sobre Cotización y Liquidación de otros derechos de la Seguridad Social.

-**Ley 31/1995:** De Prevención de Riesgos Laborales

Las diferentes ITC o secciones de cada una de las normas irán adjuntadas con el desarrollo del proyecto. Junto a ello, se tendrá en cuenta distintas normativas y reglamentos de una forma menor que serán comentados en las secciones correspondientes al proyecto como pueden ser **Las diferentes normas propias de los**



**manuales técnicos ofrecidos por Iberdrola**, al ser la empresa encargada del suministro eléctrico.

## 1.4. Alumbrado:

Este es uno de los apartados más importantes a tener en cuenta puesto que está relacionado con el nivel de luminosidad de todas las zonas de la nave industrial. El objetivo del alumbrado es transmitir una cantidad y calidad de luz óptima para cada situación.

### 1.4.1 Tipos de alumbrado:

Pueden distinguirse los siguientes tipos de alumbrado:

**-Alumbrado general:** Su objetivo se fundamenta en la obtención de una iluminación uniforme sobre toda la superficie a iluminar.

**-Alumbrado localizado:** Se trata de iluminar el local por zonas, con mayor o menor iluminación en los puntos de interés.

### 1.4.2 Tipos de lámparas:

Se dispone en el mercado de distintos tipos de lámparas, todas ellas con la función de iluminar. No obstante, la elección de un tipo u otro se fundamentará en las necesidades del local que se dispone. Los principales tipos que se pueden encontrar son:

#### a) Lámparas de descarga:

A su vez, se encuentran en esta sección los siguientes componentes:

-De Mercurio: Se puede encontrar de baja presión (fluorescente), en la que la luz es producida mediante polvos fluorescentes activados por la energía ultravioleta descargada. También destacar los de alta presión, en los que la descarga contiene una pequeña cantidad de mercurio y su eficacia lumínica es mayor.

-De Sodio: Con el mismo esquema que las de mercurio, existen tanto de alta como de baja presión. La principal diferencia entre ellas radica al igual que antes es que en las de alta encontramos una mayor eficacia.

#### **b) Lámparas incandescentes:**

Dentro de este grupo se encuentran:

-Normal: La producción de luz es por medio del calentamiento eléctrico de un filamento. Poseen un coste reducido y son las más cercanas a obtener la iluminación solar.

-Halogenadas: Su funcionamiento es parecido a las anteriores, pero con la diferencia de que el halógeno incorporado ayuda a conservar el filamento y por ello su vida útil es más larga.

#### **1.4.3 Elección y distribución de la iluminaria:**

La instalación y distribución de la iluminaria se realiza mediante el programa **DiaLux**, el cuál realizará un cálculo preciso de la iluminación. Como se dijo anteriormente, se dispone de una gran variedad de marcas de luminarias. Se han elegido las luminarias del fabricante Philips N.V., con sede central en Ámsterdam, debido a la gran variedad y completa información disponible en su catálogo, además de la fiabilidad que le otorga ser una marca conocida.

En concreto, se elegirán las siguientes:

**-LED42S/840:** Son iluminarias tipo LED de la marca Phillips empleadas para las estancias monofásicas relacionadas con la oficina como pueden ser la sala de reuniones.

**-4MER350:** Son las Philips 4ME350 315W, empleadas para las luminarias trifásicas del taller situadas a 8 m de altura. Éstas se encontrarán suspendidas a dos metros del techo y también tratarán de obtener un nivel de iluminación óptimo.

**-LED12/WW:** Son otro tipo de iluminarias para las luminarias monofásicas de los aseos o vestuarios.

La nave queda dividida esquemáticamente en dos partes, la zona de oficinas y la zona industrial, en la primera será en la que operen los LED. Mencionar que para la iluminación de la nave el programa DiaLux ha tenido en cuenta ciertos conceptos como son los siguientes:

**-El nivel de iluminación (E):** Medido en lux (lumen/m<sup>2</sup>), en el cuál en función de la actividad a desarrollar se tienen en cuenta unos niveles u otros. El flujo lumínico viene determinado por la norma UNE 12464.

**-El plano de trabajo:** Por ejemplo, en la actividad de oficinas se tiene en cuenta que el trabajo a desarrollar se realiza a 80 cms de los escritorios.

**-Las dimensiones de la nave industrial:** La anchura y longitud que ocupan cada una de las dos sub-zonas en las que ha quedado dividida la nave. En ellas, se debe tener en cuenta la altura de las salas, ya que la zona de oficinas se diseñó con un falso techo de 2,95 metros mientras que la zona industrial consta de una altura de 8 metros.

#### 1.4.4 Iluminación interior de la nave:

A continuación, vienen adjuntadas las diferentes iluminaciones de las distintas salas de la nave industrial. Se ha tratado de alcanzar un alto nivel de iluminación media en toda ella. No obstante, no todas las zonas de la nave industrial tienen la misma iluminación ya que en cada lugar se realiza una actividad distinta, por lo que se ha seleccionado para cada zona una cantidad de luxes determinada buscando la iluminación óptima.

- Taller: 579 lux
- Oficinas: 500 lux
- Almacenes: 265 lux
- Aseos: 222 lux
- Vestuarios: 250 lux
- Sala de reuniones: 500 lux

La cantidad de luminarias se encuentra adjuntada en la siguiente página.

Zona	Superficie (m)	Iluminaria	Unidades
Recepción	14	LED42S/840	8
Baños	12	LED12/WW	8
Aseos	9	LED12/WW	4
Calderas	19	LED12/WW	2
Reuniones	24	5 LED42S/840 y 1 LED 12/WW	6
Almacenes	20	LED42S/841	2
Descanso	11	LED42S/842	4
Gerente	15	LED42S/843	4
Vestuarios	28	LED12/WW	12
Administrativo	10	LED42S/845	12
Peritaje	15	LED42S/846	5
Residuos	8	LED42S/847	2
Zona Industrial y maniobras	616	4ME350	36

Figura 3: Consumo del alumbrado de la nave

#### 1.4.5 Iluminación exterior de la nave:

Al tratarse de una parcela dentro de un polígono industrial, se ha de asegurar la correcta iluminación de los alrededores de la nave. Los parámetros que se tienen que tener en cuenta, serán los mismos que en el caso anterior, para ello utilizaremos:

-Lámparas de vapor de sodio de alta presión del tipo tubular que son las que ofrecen una alta eficiencia energética con una mayor posibilidad de control de flujo luminoso.

-Se utilizará un reloj astronómico, que será programado para que las iluminarias sean encendidas a determinadas horas del día en función de la estación del año que nos encontramos.

Las dimensiones que se tendrán que iluminar por el exterior corresponden a las dimensiones totales de la nave, que son sus lados contiguos (49 metros de largo por 3 de ancho), además del aparcamiento, que son 450 metros cuadrados aproximadamente. Lo que corresponde a un total de 744 m<sup>2</sup>.

De acuerdo con la ITC-EA.02 en su apartado 3.9 del Reglamento de eficiencia energética en instalaciones de alumbrado exterior, se dispone de la siguiente tabla que determina el nivel de iluminación necesario para aparcamientos exteriores:

**Tabla 8 – Series S de clase de alumbrado para viales tipos C, D y E**

Clase de Alumbrado <sup>(1)</sup>	Iluminancia horizontal en el área de la calzada	
	Iluminancia Media E <sub>m</sub> (lux) <sup>(1)</sup>	Iluminancia mínima E <sub>min</sub> (lux) <sup>(1)</sup>
S1	15	5
S2	10	3
S3	7,5	1,5
S4	5	1

(1) Los niveles de la tabla son valores mínimos en servicio con mantenimiento de la instalación de alumbrado. A fin de mantener dichos niveles de servicio, debe considerarse un factor de mantenimiento (f<sub>m</sub>) elevado que dependerá de la lámpara adoptada, del tipo de luminaria, grado de contaminación del aire y modalidad de mantenimiento preventivo.

**Figura 5: Iluminación media del alumbrado exterior según el ITC-EA-02**

Es por ello que se determina que el alumbrado exterior de la propia nave tendrá unos valores de 20 lux para toda la zona y se llevará a cabo por un total de 8 farolas separadas a 14 metros cada una para el caso de las calzadas y de otras 4 en la zona del aparcamiento, disponiendo de un total de 12 unidades.

El fabricante de estas las lámparas también será de la casa Phillips. En este caso contaremos para la correcta iluminación de Philips HPI-T Plus 400W 645 E40. La cantidad de iluminarias y su consumo vienen descrito en la siguiente figura:

Alumbrado exterior	Superficie (m)	Iluminaria	Unidades	Iluminación media (Lux)
Aparcamiento	448	Philips HPI-T Plus 400W 645 E40	4	20
Calzadas	147	Philips HPI-T Plus 400W 645 E40	8	20
<b>TOTAL</b>			<b>12</b>	<b>20</b>

**Figura 6: Características del alumbrado exterior.**

El encendido de las farolas será de forma consecutiva, encendiéndose de forma síncrona primero 3, luego otras 3 y así sucesivamente.

### 1.4.6 Iluminación de emergencia:

Junto a esta información, se tiene que tratar además del alumbrado de emergencia de la propia nave, el cual quedará situado en las puertas de emergencia y en algunas salas como por ejemplo la zona de trabajo o la sala de reuniones. La marca empleada para el alumbrado de emergencia será la Philips BN130C LED 5W, siendo su consumo:

ALUMBRADO DE EMERGENCIA					
Iluminación	Consumo (W)	Voltaje (V)	Factor de potencia (cos φ)	Unidades	Total (kW)
BN130C LED	5	24	0	31	0,155

Figura 4: Consumo del alumbrado de emergencia

La luminaria de emergencia es dispuesta en corriente continua, esto es conseguido gracias al puente de diodos. Éstos se encuentran en paralelo con las baterías, y suministran la tensión necesaria cuando la tensión de la red por cualquier imprevisto cae. Dichas luces son las que contienen los leds de baja intensidad que señalizan que están activos. Los leds de intensidad iluminarán cuando se tenga una caída de tensión de más de un 70%.

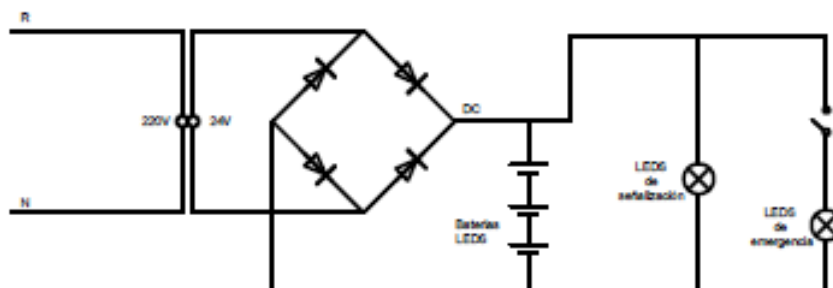


Figura 4: Esquema del alumbrado de emergencia

En resumen, en una primera comprobación, se tiene la necesidad de alimentar nave industrial con una potencia total aproximada de algo más de 100 kW para el alumbrado y el correcto funcionamiento del negocio.

## 1.5 Mecanismos:

Se tiene que asegurar que los aparatos receptores cumplan una serie de requisitos de acuerdo con el R.E.B.T ya que mientras se encuentren en funcionamiento no se deben producir perturbaciones en las redes de distribución pública ni en ninguna de las comunicaciones.

### 1.5.1 Receptores de alumbrado:

En la **ITC-BT-44** se puede comprobar que las lámparas de descarga (como son las del taller o las exteriores) han de cumplir las siguientes condiciones:

-Los circuitos propios de las lámparas tendrán que estar preparados para transportar la carga suficiente a los receptores.

-La carga mínima prevista será de 1,8 veces la potencia en vatios de las lámparas.

-En distribución monofásica, el neutro tendrá la misma sección que la fase.

-Es obligatoria la compensación del factor de potencia hasta un valor como mínimo de 0,9.

### 1.5.2 Tomas de corriente:

Según la **ITC-BT-19**, Las tomas de corriente a tener en cuenta que serán utilizadas en este proyecto serán:

- a) Monofásicas (2p+TT)
- b) Trifásicas (3p + TT)

Estas tomas de corriente irán fijadas a la pared en distintos puntos de la nave. Según el reglamento de especificaciones particulares para instalaciones de enlace de Iberdrola las tomas monofásicas tendrán un factor de potencia de 1.

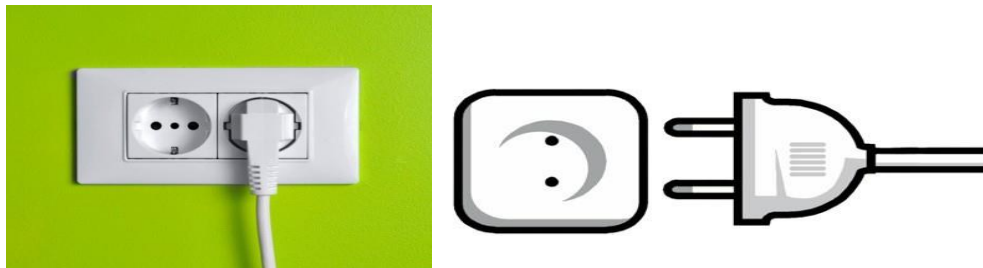


Figura 7: Ejemplos de tomas de corriente

### 1.5.3 Coeficiente de simultaneidad y factor de utilización:

Al tratarse de una nave de 779 m<sup>2</sup>, para que se realice una correcta actividad industrial en ella, es necesaria la adición de múltiples tomas de corriente por toda la nave. Sin embargo, se tiene que tener en cuenta dos conceptos importantes para la correcta instalación:

1. Coeficiente de simultaneidad: Llamamos así al cociente entre la potencia eléctrica máxima que puede entregar una instalación eléctrica, y la suma de las potencias nominales de todos los receptores que pueden conectarse a ella.

Por ejemplo, la suma de todos los receptores eléctricos de una vivienda es la de la potencia del lavavajillas, más la de la lavadora, de la secadora, de los televisores, de los ordenadores, de la cocina eléctrica, del microondas, de todas las lámparas, de las batidoras, etc. Sin embargo, la instalación no se calcula para toda esa potencia, pues se supone que no todos los receptores van a estar conectados a la red simultáneamente, sino que llevarán un ritmo asíncrono



2. Factor de utilización: Se define así a la relación entre la demanda máxima de un sistema o parte del mismo, y la carga total conectada al sistema o a una parte del mismo. Es decir, es la cantidad promedio de electricidad demandada por una vivienda en 24 horas.

Es por ello que, pese a que por cuadro eléctrico tendremos realmente múltiples conductores que lleguen a todas las zonas de la nave, a través del factor de utilización y del coeficiente de simultaneidad, y sabiendo que por norma la toma de corriente está preparada para llevar 16 Amperios, realizaremos el siguiente razonamiento:

Si se plantea un factor de utilización de un 0,25 de la nave, puesto que durante 24 horas que dura un día ocho son las de jornada laboral por obligado cumplimiento (un 0,33), y a su vez, de esa cantidad no toda la potencia será consumida al mismo tiempo, y, se plantea un coeficiente de utilización a su vez muy bajo, de 0,12 (puesto que no todas las tomas de las oficinas van a ser empleadas para su máxima potencia por ejemplo), se aproximarán las distintas tomas monofásicas y trifásicas de la nave a una por cada cuadro secundario de distintos valores, como por ejemplo en el cuadro secundario 2 tenemos 16 Amperios (cuando realmente esta toma de 16 amperios hace resumen de todas las tomas monofásicas que se tienen en el emplazamiento.).

#### 1.5.4 Conmutadores:

Se llama así a aquel dispositivo eléctrico o electrónico que permite modificar el camino que deben seguir la corriente eléctrica para alimentar un motor o iluminaria. Son típicos los manuales, como los utilizados en las viviendas y en dispositivos eléctricos, y los que poseen algunos componentes eléctricos o electrónicos como el relé. Se asemejan a los interruptores en su forma exterior, pero los conmutadores a la vez que desconectan un circuito, conectan otro. En el caso de este proyecto se ha optado por la utilización de **interruptores unipolares (simples) y cruzados**.

### 1.5.5 Previsión de cargas:

A continuación, quedan adjuntadas en las siguientes dos figuras las cargas previstas para el correcto funcionamiento de la instalación teniendo en cuenta las potencias necesarias, el coeficiente de simultaneidad y el factor de utilización:

#### a) Maquinaria:

Nombre	Unidades	Consumo (W)	Voltaje (V)	Cos $\phi$	Int. Nominal(A) por máquina	Int.cálculo (A)	Consumo total (W)	Reactiva (VAR)	Reactiva total (VAR)	Cuadro	Pinstalada (W)
Bancadas	2	3500	380	0,87	6,112	7,640	7000	1983,541	3967,1	3	8750
Compresor	1	4800	380	0,86	8,480	10,60	4800	2848,153	2848,2	3	6000
Plegadora	2	4050	380	0,88	6,992	8,741	8100	2185,958	4371,9	3	10125
Fresadora	1	13000	380	0,87	22,703	28,379	13000	7367,440	7367,4	4	16250
Brazo aspiración	1	1100	380	0,87	1,921	2,401	1100	623,399	623,4	4	1375
Equipo de soldadura	2	2800	380	0,86	4,947	6,183	5600	1661,422	3322,8	4	7000
Otros	1	1000	380	0,88	1,727	2,158	1000	539,743	539,7	4	1250
Cabina de pintura	1	15000	380	1	28,488	35,610	15000	11250,000	11250,0	4	18750
<b>Total</b>	<b>11</b>	<b>41750</b>	<b>380</b>	<b>-</b>	<b>75,257</b>	<b>94,072</b>	<b>48600</b>	<b>28459,656</b>	<b>30323</b>	<b>-</b>	<b>69500</b>

Fig.8: Cargas previstas para la maquinaria

#### b) Iluminaria:

Iluminación	Consumo (W)	Voltaje (V)	Factor de potencia (cos $\phi$ )	Unidades	Consumo total (W)	Int.nominal(A)	Int. cálculo (A)	Reactiva (VAR)	Reactiva total (VAR)	Cuadro	Pinstalada (W)
LED42S/840	35	230	0,9	33	1155	5,580	10,043	453,108	453,1	2	2310
4ME350	250	380	0,9	36	9000	15,193	27,348	3530,708	3530,7	1	10392,30485
LED12/WW	14	230	0,9	36	504	2,435	4,38	197,720	197,7	2	1008
<b>Total</b>				<b>105</b>	<b>10659</b>	<b>23,208</b>	<b>42</b>	<b>4181,54</b>	<b>4181,5</b>	<b>-</b>	<b>13710,30485</b>

Fig.9: Cargas previstas para la iluminación (interior)

## 1.6 Distribución de la instalación eléctrica:

### 1.6.1 Cuadros eléctricos:

Se define el cuadro eléctrico como aquel punto en el que encontramos paso de la corriente eléctrica y en el que se ha de realizar la instalación de los dispositivos generales e individuales de mando y protección para la correcta instalación.

Es por ello que la nave ha de ser subdividida de forma correcta, ya que de esta forma si hay a una avería en cierto punto solo afecte a una parte limitada de ella. Esto es logrado mediante la colocación de dispositivos de protección coordinados y diseñados de forma que se asegure la seguridad de la instalación. Es por todo esto que la división de cuadros será:

**a) Un cuadro general de distribución (CGD):** Se parte de un cuadro general de distribución en la nave industrial. Un cuadro de distribución es uno de los componentes principales de la instalación eléctrica, en él se protegen cada uno de los distintos circuitos en los que se divide la instalación a través de fusibles, protecciones magnetotérmicas y diferenciales. Desde éste pueden alimentarse, como se hará en este caso, más de un cuadro secundario.

**b) Cuadros secundarios de distribución (CS):** Debido a que en la nave industrial encontramos diferentes grandes focos receptores de energía eléctrica, para favorecer la eficiencia del funcionamiento de las máquinas, así como el transporte de la propia electricidad en el interior de la nave, se dispone de hasta un total de 4 secundarios dedicados a abastecer las siguientes áreas:

- Un cuadro secundario alimentará a la maquinaria pertinente de la zona de reparación, siendo estas las distintas bancadas, la plegadora y el compresor. (CS4)

-Otro será el encargado de alimentar la maquinaria de la zona de pintura dentro de la misma zona industrial, siendo los componentes relacionados el brazo aspirador, la fresadora o los equipos de soldadura. (CS3)

-Otros tres serán los encargados del desarrollo de la iluminación de la planta de la nave industrial, siendo uno el encargado de la zona industrial, otro el de las oficinas y por último se tendrá el alumbrado de la parte exterior. (CS1, CS2 y CS5)

Además de los cuadros eléctricos, se tendrá otro punto de paso, como es el siguiente:

**c) El cuadro de baja tensión (CBT):** Situado dentro del centro de transformación, estará constituido por una envolvente metálica dentro de la cual se encuentran las unidades siguientes: unidad funcional de embarrado, unidad funcional de protección y unidad funcional de control.

A continuación, en las Figuras 10-15 quedan mostrados los distintos cuadros eléctricos de la instalación:

- **Cuadro general de distribución:**

Línea	Elemento	Pn (W)	Pinstalada(W)	Sn (KVar)	Iunidad(A)
1	Cuadro secundario 1	18233	22248	18746	41,26
2	Cuadro secundario 2	3565,1	6817	3655	30,64
3	Cuadro	23948	28923	26432	49,205

	secundario 3				
4	Cuadro secundario 4	39748	49685	44728	88,218
5	Cuadro secundario 5	11031,64	12074,34	11459	31,41

**Fig.10: cuadro general de distribución**

a) **Cuadros secundarios:** Destacar que para el cálculo de las corrientes nominales se ha sobredimensionado con un 125% la maquinaria y un 180% la iluminación.

CUADRO SECUNDARIO 1											
Tipo	Nombre	Potencia (W)	Voltaje (V)	Cos φ	Unidades	Potencia nominal(W)	Int. nominal(A)	Int.cálculo(A)	Q(VAR)	Pinstalada (W)	
Iluminación	4ME350	250	380	0,9	36	14030	15,193	27,35	4358,90	18000	
Toma trifásica	-	4048	400	1	1	4048	5,843	5,843	0	4048	
Alumbrado de emergencia	-	5	24	1	31	155	6,46	8,07	0	200	
					<b>Total</b>	<b>68</b>	<b>18232,61154</b>	<b>27,495</b>	<b>41,26</b>	<b>4358,90</b>	<b>22248</b>

**Fig.11 cuadro secundario 1**

CUADRO SECUNDARIO 2											
Tipo	Nombre	Potencia (W)	Voltaje (V)	Cos φ	Unidades	Potencia Total (W)	Int.nominal(A)	Int. cálculo(A)	Q(VAR)	Pinstalada	
Iluminación	LED425/840	35	230	0,9	33	1039,5	5,5797	10,043	559,39	2079	
Iluminación	LED12/WW	14	230	0,9	36	453,6	2,4348	4	244,10	1008	
Toma monofásica	-	2072	230	1	-	2072	9,009	16	0	3729	
					<b>Total</b>	<b>69</b>	<b>3565,1</b>	<b>17,023</b>	<b>30,43</b>	<b>803,49</b>	<b>6816</b>

**Fig.12 cuadro secundario 2**

CUADRO DE SECUNDARIO 3								
Tipo	Nombre	Potencia (W)	Voltaje (V)	Cos φ	Int.nominal(A)	Int. unidad(A)	Q(VAR)	Pinstalada (W)
Máquinas	Bancada 1	3500	380	0,87	6,112	7,640	1983,541	4375
	Bancada 2	3500	380	0,87	6,112	7,640	1983,541	4375
	Compresor	4800	380	0,86	8,480	10,600	2848,153	6000
	Plegadora 1	4050	380	0,88	6,992	8,741	2185,958	5062,5
	Plegadora 2	4050	380	0,88	6,992	8,741	2185,958	5062,5
	Toma trifásica	4048	400	1	5,843	5,843	-	4048
		<b>Total</b>	<b>23948</b>		<b>40,53</b>	<b>49,205</b>	<b>11187,152</b>	<b>28923</b>

**Fig.13 cuadro secundario 3**

CUADRO DE SECUNDARIO 4								
Tipo	Nombre	Potencia (W)	Voltaje (V)	Cos φ	Int.nominal(A)	Int. Unidad(A)	Q(VAR)	Pinstalada (W)
Máquinas	Fresadora	13000	380	0,87	22,703	28,379	6720,304	16250
	Brazo de aspiración	1100	380	0,87	1,921	2,401	568,641	1375
	Equipo de soldadura 1	2800	380	0,86	4,947	6,183	1504,094	3500
	Equipo de soldadura 2	2800	380	0,86	4,947	6,183	1504,094	3500
	Otros	1000	380	0,88	1,727	2,158	496,027	1250
	Toma trifásica	4048	400	1	5,84	7,303	0,000	5060
	Cabina de pintura	15000	380	0,8	28,488	35,610	9718,151	18750
	<b>Total</b>	<b>39748</b>			<b>71</b>	<b>88,218</b>	<b>20511,311</b>	<b>49685</b>

Fig.14 cuadro secundario 4

CUADRO SECUNDARIO 5										
Tipo	Nombre	Potencia (W)	Voltaje (V)	Cos φ	Unidades	Potencia Total (W)	Int.nominal(A)	Int. unidad(A)	Q(VAR)	Pinstalada (W)
Iluminación aparcamiento	Philips HPI-T Plus 400W 645 E40	400	400	0,84	4	2327,88	4,7619	8,571	1033,50	2880
Iluminación calzadas	Philips HPI-T Plus 400W 645 E40	400	400	0,84	8	4655,75	9,5238	17	2067,00	6857,142857
Toma trifásica	-	4048	400	1	-	4048	5,843	5,84	0	2337,2
	<b>Total</b>				<b>12</b>	<b>11031,63</b>	<b>20,13</b>	<b>31,56</b>	<b>3100,49</b>	<b>12074,34286</b>

Fig.15 cuadro secundario 5

### 1.6.2 Conductores:

Los conductores y cables empleados estarán aislados exceptuando el caso de que vayan montados sobre aisladores (**ITC-BT-20**), la elección del material será el cobre, como vendrá definido posteriormente en el documento 2.

En el aislamiento, se coloca un recubrimiento aislante sobre el conductor para evitar fugas de corriente. Las condiciones ambientales y climáticas o los contactos con agentes agresivos, así como la falta de cuidado en la instalación, manejo y conservación, son las causas principales que limitan la vida de un cable.

Para el cálculo mediante el criterio de caída de tensión, según la **ITC-BT-19**, se aplicará un porcentaje de caída de tensión de 4,5 % para el alumbrado y un 6,5% para

el resto de aplicaciones. La sección de los mismos quedará detallada en el apartado de cálculos.

Los conductores deberán ser fácilmente identificables. El neutro será de color azul y el conductor de protección será verde y amarillo. Por último, las distintas fases se identificarán con los colores marrón, negro y gris.

#### 1.6.2.1 Elección del aislamiento:

A su vez el aislante a emplear para los conductores por lo general es de plástico, y puede ser clasificado según los siguientes tipos:

- Aislamiento termo-plástico: Estos se pueden componer de PVC (policloruro de vinilo), PE (polietileno), PCP (policloropreno), neopreno o plástico.
- Aislamiento termo-estable: Pueden ser el XLPE (polietileno reticulado), EPR (etileno-propileno), o de MICC (cable de cobre revestido de y mineral aislado)

En el presente proyecto se toma la decisión de emplear PVC para la mayoría de los circuitos por los siguientes motivos:

- ✓ Rentabilidad: Tiene un bajo coste de instalación y prácticamente un coste nulo de mantenimiento, lo que permite lograr ahorros sustanciales.
- ✓ Material reciclable: Lo cual facilita la reconversión del PVC en artículos útiles y minimiza la posibilidad de los objetos de PVC sean arrojados en rellenos sanitarios.
- ✓ Propiedades eléctricas: El PVC es un termoplástico con un gran aislamiento eléctrico, para medirlo se usa el método de resistividad volumétrica.



**Fig16: Recubrimiento para cables**

Los circuitos restantes irán aislados mediante XLPE, estos serán aquellos que vayan desde la alimentación desde el cuadro general hasta el cuadro secundario 4 (Línea 1.4).

#### 1.6.2.2 Tubos protectores:

En el interior de la nave, el cableado se dispondrá bajo tubo rígido endosado a la pared. Los tubos protectores pueden ser:

- Tubo y accesorios metálicos
- Tubo y accesorios no metálicos
- Tubo y accesorios compuestos

Los tubos rígidos son aquellos que requieren de técnicas para su curvado. Están previstos para instalaciones superficiales y sus cambios de dirección se pueden realizar mediante accesorios específicos. (curvas, derivaciones en T, etc.)

La decisión de emplear tubos protectores rígidos se fundamenta en evitar posibles problemas a través de sistemas alternativos como las bandejas. En ellas, si por algún casual se encontrase la presencia de pequeños roedores, podría implicar graves problemas si éstos llegasen a morder el cable. Los tubos rígidos para el cableado eléctrico resultan muy útiles en las instalaciones para interior y exterior que se quieran hacer sin obra, sobre superficie en paredes y techos. Todos los mecanismos (cajas, enchufes e interruptores) para colocar en superficie al aire libre vienen preparados para este tipo de tubo rígido. Pueden resultar muy estéticos si se elige el material y color adecuados al tipo de acabado de la superficie y tienen un excelente comportamiento ante el impacto o al aplastamiento, al ser muy resistentes. Además, son duraderos, se colocan con mucha sencillez y, con los complementos adecuados, pueden completar cualquier tipo de instalación eléctrica, teniendo el grosor del tubo apto para la cantidad y sección que se deba meter.



A su vez, el tubo rígido corrugado en PVC añade un refuerzo especial que los convierte en el material más resistente al impacto. Por lo tanto, puede usarse como tubo normalizado en toda la instalación interior si se quiere. A su vez, ya que en la instalación a trabajar se tiene varios falsos techos en la zona de oficinas, es un tubo especialmente indicado para paredes huecas o tabiques desmontables donde hay que pasar los cables por perfiles metálicos.

Para el empleo de cualquier tubo rígido se ha dispuesto de la **ITC-BT-21**, la cual presenta cambios sustanciales con respecto a las prescripciones contenidas en el anterior RETB de 1973 entre las que podemos destacar:

- El tipo de sistema de instalación marca el tipo de canalización a utilizar
- Se determinan las características de los materiales en cada caso
- Los tubos y canales **pueden estar fabricados en PVC**, acero u otros materiales siempre y cuando cumplan con la característica de no propagador de la llama según la norma que le corresponda
- Se incluyen prescripciones de tubos y canales seguros frente a la acción del fuego.

A continuación, se adjunta un extracto de la tabla en la que se estima el diámetro del tubo protector en función de la sección de los conductores según la ITC anteriormente indicada:

SECCIÓN CONDUCTORES (mm <sup>2</sup> )	DIÁMETRO EXTERIOR DE LOS TUBOS (mm)				
1.5	12	12	16	16	16
2.5	12	12	16	16	20
4	12	16	20	20	20
6	12	16	20	20	25
10	16	20	25	32	32

Fig17. Tubos en canalizaciones fijas en superficie (ITC-BT-21)

En cuanto a los conductores que discurren entre el centro de transformación y el cuadro general de distribución, se emplearán a su vez tubos de PVC. Para este caso se desarrollarán una serie de zanjas en las cuales irán dos tubos enterrados de sección de 160 mm (Tabla 9 de la **ITC-BT-21**). En uno de los tubos encontraremos el cableado mientras que el otro se encontrará vacío. Esta decisión se decide tomar por el motivo de si en un futuro es necesario realizar un mayor número de acometidas para el correcto desarrollo de la instalación.

#### 1.6.2.3 Distribución del cableado:

El cableado trifásico quedará distribuido de la siguiente forma:

- 1) Se partirá del centro de transformación (Línea 0), que llevará el cableado bajo el tubo rígido de 160 mm de diámetro hasta el cuadro general de distribución, esta distribución será llevada a cabo de forma subterránea, cumpliendo toda la normativa referente a la **ITC-BT-07** y a la **ITC-BT-19**, con arquetas cada 40 metros. No olvidar que también habrá una línea auxiliar para los servicios del propio transformador.
- 2) Una vez se llegue al cuadro general de distribución, se subdividirá en 5 líneas distintas que cada una de ellas llevará a uno de los cuadros secundarios que se disponga por la nave. Todas estas líneas ya irán a partir de ahora bajo tubo rígido endosado a la pared.
- 3) El cuadro secundario 1 (CS1) se subdividirá en un total de hasta 8 líneas.
- 4) El cuadro secundario 2 (CS2) se subdividirá en dos líneas trifásicas y para alimentar toda la iluminación monofásica de todas las zonas de administración tendrá otras 17 líneas.
- 5) El cuadro secundario 3 (CS3) tendrá hasta 6 líneas.
- 6) El cuadro secundario 4 (CS4) se subdividirá en este caso en 7 líneas.
- 7) El cuadro secundario 5 (CS5) quedará dividido en 5 líneas que alimentará a la iluminación exterior.

## 1.7 Protecciones en baja tensión:

### 1.7.1 Descripción:

Como bien queda introducido en el apartado 6 “Distribución de la instalación”, y como bien lo refleja la **ITC-BT-17**, para que la nave sea subdividida de forma correcta, se debe implementar la colocación de dispositivos de protección coordinados. Dichos dispositivos son:

#### a) **Interruptor diferencial:**

El diferencial es un dispositivo cuyo fin es el de proteger a las personas de las derivaciones causadas por falta de aislamiento entre conductores y tierra o masa de los diferentes aparatos. Su funcionamiento es el de un interruptor que tiene la capacidad de detectar la diferencia entre la corriente de entrada y salida de un circuito. Esto es llamado la sensibilidad del dispositivo. En función de la sensibilidad para la que se calibre el dispositivo, éste abrirá el circuito interrumpiendo el paso de la corriente a la instalación.

En sí, el diferencial se encuentra formado por dos bobinas colocadas en serie con los conductores que producen campos magnéticos opuestos y un núcleo que mediante un dispositivo mecánico puede accionar uno de los contactos.

Para la realización de una instalación en baja tensión se procede la colocación de interruptores diferenciales de 30 mA en las líneas de alumbrado y de 300 mA en las líneas de fuerza. No obstante, destacar que la suma de los diferenciales ha de ser a la mitad de los que están en serie con el mismo, por lo que, en el presente proyecto, además de los mencionados, se encontrarán en planos adjuntos interruptores de 500 y 600 mA.

## **b) Interruptor magnetotérmico:**

Dispositivo electromecánico colocado en las instalaciones eléctricas con el fin de protegerlas frente a corrientes excesivas producidas por cortocircuitos o por el excesivo número de elementos de consumo conectados a ellas. Su funcionamiento es basado en el efecto magnético de la corriente eléctrica del circuito y a su vez por el efecto térmico (Efecto Joule). Es por ello que el magnetotérmico tiene dos partes conectadas en serie, siendo éstas un electroimán y una lámina bimetálica.

Cuando la corriente pasa por el electroimán, por Biot-Savart, es creada una fuerza, la cual mediante un dispositivo mecánico adecuado tiende a abrir un contacto. Dicho contacto solo podrá ser abierto si la intensidad que circula sobrepasa el límite de intervención fijado. Este nivel suele estar comprendido entre 3 y 20 veces la intensidad nominal. Esta es la parte destinada a cortocircuitos.

Por otro lado, al calentarse la lámina bimetálica por encima de un determinado límite, ésta sufre una deformación y provoca la apertura de un contacto. Esta es la parte destinada a sobrecargas producidas por un consumo excesivo de los aparatos.

### **1.7.2 Diferenciales:**

A continuación, vienen adjuntados los diferentes valores a los que se ajustarán los interruptores (*Figuras 18:23*). Destacar que en las representaciones del documento 3 muchos de los interruptores adjuntados han quedado simplificados. Estas simplificaciones también han sido tomadas para la elaboración del documento 6: Presupuesto.

**-Cuadro general de distribución:**

Línea	Int. Diferencial	Polos	Icálculo(A)	In (A)	Sensibilidad (mA)
1	Dif.1	4	41,26	50	600
2	Dif.2	4	30,64	32	600
3	Dif.3	4	49,20	50	500
4	Dif.4	4	88,22	100	600
5	Dif.5	4	31,41	32	600

Fig.18

**-Cuadros secundarios:**

**a) Cuadro 1:**

Línea	Int. Diferencial	Polos	Icálculo(A)	Inominal(A)	Sensibilidad (mA)
1.1	Dif.11	3	4,55 8	6	30
1.2	Dif.12	3	4,55 8	6	30
1.3	Dif.13	3	4,55 8	6	30
1.4	Dif.14	3	4,55 8	6	30
1.5	Dif.15	3	4,55 8	6	30
1.6	Dif.16	3	4,55 8	6	30
1.7	Dif17	4	5,84 3	6	300

1.8	Dif18	4	3	8,07	10	300
-----	-------	---	---	------	----	-----

Fig.19

**b) Cuadro 2:**

Línea	Int. Diferencial	Polos	Unidad(A)	Inom (A)	Sensibilidad
2.1	Dif.21	2	14,64	20	300
2.2	Dif.22	2	16	20	300

Fig.20

**c) Cuadro 3:**

Línea	Int. Diferencial	Polos	Unidad (A)	Inominal(A)	Sensibilidad (mA)
3.1	Dif.31	3	7,64 0	10	300
3.2	Dif.32	3	7,64 0	10	300
3.3	Dif.33	3	10,6 00	20	300
3.4	Dif.34	3	8,74 1	10	300
3.5	Dif.35	3	8,74 1	10	300
3.6	Dif.36	3	5,84 3	10	300

Fig.21

d) Cuadro 4:

Línea	Int. Diferencial	Polos	Iunidad (A)	Inominal(A)	Sensibilidad (mA)
4.1	Dif.41	3	28,379	30	300
4.2	Dif.42	3	2,401	6	300
4.3	Dif.43	3	6,183	10	300
4.4	Dif.44	3	6,183	10	300
4.5	Dif.45	3	2,158	6	300
4.6	Dif.46	3	7,303	10	300
4.7	Dif47	3	35,610	40	300

Fig.22

e) Cuadro 5:

Línea	Int.Diferencial	Polos	Icálculo (A)	Inominal	Sensibilidad (mA)
5.1	DIF.51	4	2,6175	6	300
5.2	DIF.52	4	2,6175	6	300
5.3	DIF.53	4	2,6175	6	300
5.4	DIF.54	4	2,6175	6	300
5.5	DIF.55	3	5,843	6	300

Fig.23

### 1.7.3 Magnetotérmicos:

En el magnetotérmico es necesario calcular las diferentes corrientes de cortocircuito que pueden surgir en cada una de las distintas líneas para así determinar los diferentes poderes de corte de los dispositivos. Esto quedará reflejado en la sección de cálculos. A continuación, se presentan los siguientes magnetotérmicos necesarios para la instalación con sus respectivas curvas de disparo (*Figuras 23:27*):

**-Cuadro general de distribución:**

Línea	Int.magnetotérmico	Polos	lunidad (A)	Inominal (A)	Resistencia de línea	Impedancia de Línea	Impedancia del transformador	Z	Icorto	Curva	PdC(KA)
1	IM.1	4	41,26	50	0,087287154	9,7949E-07	0,005632	0,08746872	3040,259232	D	6
2	IM.2	4	30,64	32	0,15275252	9,7949E-07	0,005632	0,15285635	1510,830998	D	3
3	IM.3	4	49,20	50	0,073102992	9,7949E-07	0,005632	0,0733197	3249,769014	D	6
4	IM.4	4	88,22	100	0,006546537	9,7949E-07	0,005632	0,00863641	24540,286	D	25
5	IM.5	4	31,41	32	0,063645733	9,7949E-07	0,005632	0,06389452	3614,396114	D	6

**Fig.24**

**-Cuadros secundarios:**

**a) Cuadro secundario 1 (Fig. 25):**

Línea	Int.magnetotérmico	Polos	lunidad (A)	Inominal (A)	Resistencia de línea	Impedancia de Línea	Impedancia del transformador	Z	Icorto	Curva	PdC(KA)
1.1	IM11	3	4,558	6	0,078161265	9,7949E-07	0,005632	0,07836398	2947,01852	B	3
1.2	IM12	3	4,558	6	0,15090056	9,7949E-07	0,005632	0,15100566	1529,347358	B	3
1.3	IM13	3	4,558	6	0,223639855	9,7949E-07	0,005632	0,22371079	1032,315485	B	3
1.4	IM14	3	4,558	6	0,296379151	9,7949E-07	0,005632	0,29643268	779,0642743	B	3
1.5	IM15	3	4,558	6	0,369118446	9,7949E-07	0,005632	0,36916142	625,5802802	B	3
1.6	IM16	3	4,558	6	0,441857741	9,7949E-07	0,005632	0,44189365	522,6146832	B	3
1.7	IM17	4	5,843	6	0,514597037	9,7949E-07	0,005632	0,51462787	448,7516569	C	3
1.8	IM18	4	8,073	10	0,260009503	9,7949E-07	0,005632	0,26007051	887,9903543	B	3

**b) Cuadro secundario 2:**

Línea	Int. Magnetotérmico	Polos	lunidad(A)	Inom (A)	Resistencia de línea	Impedancia de línea	Impedancia Transformador	Z	Icorto	Curva	PdC (KA)
2.1	IM.21	2	16,5	20	0,260009503	9,7949E-07	0,005632	0,26007051	1708,93823	B	3
2.2	IM.22	2	16	20	0,260009503	9,7949E-07	0,005632	0,26007051	1708,93823	C	3

**Fig.26**

**c) Cuadro secundario 3:**

Línea	Int. Magnetotérmico	Polos	lunidad (A)	Inominal(A)	Resistencia de línea	Impedancia de línea	Impedancia de Transformador	Z	Icorto	Curva	PdC (KA)
3.1	IM.31	3	7,640	10	0,099983053	9,7949E-07	0,005632	0,10014161	2306,135434	D	3
3.2	IM.32	3	7,640	10	0,14362663	9,7949E-07	0,005632	0,14373705	1606,684625	D	3
3.3	IM.33	3	10,600	20	0,066522977	9,7949E-07	0,005632	0,06676104	3459,204564	D	3
3.4	IM.34	3	8,741	10	0,112057776	9,7949E-07	0,005632	0,11219927	2058,303163	D	3
3.5	IM.35	3	8,741	10	0,157010661	9,7949E-07	0,005632	0,15711167	1469,910555	D	3
3.6	IM.36	3	5,843	10	0,078161265	9,7949E-07	0,005632	0,07836398	2947,01852	D	3

**Fig.27**



**d) Cuadro secundario 4 (Fig.28):**

Línea	Int. Magnetotérmico	Polos	Unidad (A)	Inominal(A)	Resistencia de línea	Impedancia de línea	Impedancia de Transformador	Z	Icorto	Curva	PdC (kA)
4.1	IM.41	3	28,379	32	0,059976441	9,7949E-07	0,005632	0,06024038	3833,642665	D	6
4.2	IM.42	3	2,401	6,0	0,121804842	9,7949E-07	0,005632	0,12193502	1893,960415	D	3
4.3	IM.43	3	6,183	10	0,369118446	9,7949E-07	0,005632	0,36916142	625,5802802	D	3
4.4	IM.44	3	6,183	10	0,369118446	9,7949E-07	0,005632	0,36916142	625,5802802	D	3
4.5	IM.45	3	2,158	6,0	0,121804842	9,7949E-07	0,005632	0,12193502	1893,960415	D	3
4.6	IM.46	3	7,303	10	0,092709124	9,7949E-07	0,005632	0,0928801	2486,43272	D	3
4.7	IM.47	3	35,610	40	0,023606793	9,7949E-07	0,005632	0,02426955	9515,631378	D	10

Fig.28

**e) Cuadro secundario 5:**

El poder de corte que le corresponderá a los interruptores magnetotérmicos del cuadro secundario 5 será a su vez de 3 kA. Esto se fundamenta en que las corrientes unidades que circularán por cada conductor hasta cada una de las farolas serán de 2,6175 amperios ( $I_n = 6 \text{ A}$ ) y las impedancias del transformador como de la línea no cambian, teniendo pocas variaciones entre cada uno de los cálculos y por lo tanto obteniendo el mismo poder de corte para cada magnetotérmico.

### 1.8 Centro de Transformación:

El artículo 47, apartado 5, del Real Decreto 1955/2000 indica la necesidad de reservar un local en los edificios cuya potencia supere los 100 kW (incluidos los alumbrados exteriores). La situación de este recinto debe corresponder a las características de la red de suministro (aérea o subterránea) y disponer de las dimensiones adecuadas para permitir el montaje de los equipos y aparatos que se necesitan para dar el suministro de energía previsible. Los centros de transformación dependiendo de su misión y su situación en la red eléctrica, se clasifican según su alimentación, propiedad, emplazamiento y acometida.

La norma tecnológica de edificación (**NTE-IET**) establece dos tipologías de CT en función del número de transformadores que se alojen en su interior:

- CT con equipo de transformador sencillo, compuesto por celdas de línea, de protección y el cuadro de baja tensión.

-CT con equipo transformador doble: en este caso, los elementos que lo componen son las celdas de línea, dos celdas de protección, dos transformadores y dos cuadros de BT. Cuando se duplica el número de transformadores, también deben duplicarse las celdas de protección y el cuadro de BT.

En el caso que se trata en este proyecto el centro de transformación se encontrará en el exterior del edificio (CT de transformador sencillo), siendo su objetivo el garantizar el suministro eléctrico a la nave industrial. Se encontrará normalizado y constará de un transformador de 13,2 kV de las líneas de distribución al polígono de 400 V (N=33).

Además, la instalación contará con un grupo electrógeno auxiliar para alimentar los servicios esenciales, como pueden ser las bancadas, en caso de ausencia de suministro eléctrico por parte de la red eléctrica.

### 1.8.1 El transformador:

En primer lugar, es necesario determinar la potencia del transformador. Se partirá de una configuración Dy11(triángulo-estrella), la cuál es útil al tener acceso al neutro, por un lado, así como el triángulo favorece el comportamiento del transformador en caso de cargas asimétricas.

La conexión del secundario se encontrará en estrella, y, teniendo en cuenta la corriente nominal que partirá del cuadro general de distribución (en la que se ha tenido en cuenta las pérdidas), se tiene:

Inominal cuadro general de distribución (A)	Tensión de fase (V)	Potencia (KVA)
240	230	165,6

**Fig. 29: Potencia del transformador**

Para que el transformador de potencia cumpla los requisitos indicados, se estima la instalación de un transformador de potencia de 165,6 kVA. Un ejemplo

a seleccionar es un transformador reductor de empresas como Schneider Electric, en el que los valores normalizados son de 200 kVA.

El dispositivo será de clase F teniendo un aislamiento basado en materiales o combinaciones de materiales tales como mica, fibra de vidrio, asbesto, etc....Con sustancias aglutinables, así como otros materiales o combinaciones de materiales no necesariamente inorgánicos.

La refrigeración será llevada a cabo sumergiendo a la máquina en aceite con enfriamiento natural, el aceite aislante circula por convección natural dentro de un tanque que tiene paredes lisas. Esta es la solución adoptada para dispositivos de más de 50 kVA y con voltajes de 15 kV. (Refrigeración **ONAN**)

### 1.8.2 Componentes del centro de transformación:

Los componentes del CT con equipo de transformador sencillo constarán de los siguientes equipos:

a) Celda de línea: Constará de un seccionador interruptor de intensidad térmica admisible de corta duración con un valor de cresta de hasta 45 kA, el conductor de puesta tierra de cobre será de 60 mm<sup>2</sup> y a su vez tendrá tres botellas unipolares para la conexión de línea de llegada.

b) Celda de protección: Su función es la de proteger al transformador. Además de un interruptor igual al de la celda de línea, incluye la protección con fusibles, lo que permite su asociación o combinación con el interruptor.

c) Celda de medida: Dispondrá de ventilación y de espacio para la recogida de líquido de la cuba. Tendrá 3 transformadores tanto de medida de corriente como de tensión.

### 1.8.3 Conexión del circuito de tierras:

El Centro de transformación está provisto de dos circuitos de tierras internos para facilitar la conexión de los diferentes elementos a la ejecución de la red de puesta a tierra exterior al centro de transformación. Éstos son los siguientes:

## **1. Tierra de Protección (Herrajes):**

La línea de protección recoge la puesta a tierra de los diferentes elementos que componen el equipo eléctrico (celdas de MT, transformador de potencia y cuadro de baja tensión). Esta línea de protección se conecta mediante un cable de cobre desnudo de 50 mm<sup>2</sup> de sección.

## **2. Tierra de servicio (Neutro):**

La línea de tierra de servicio (neutro) une el embarrado de neutro del transformador de distribución con la caja de seccionamiento dispuesta en la cara interior derecha de la envolvente del CT, mirando desde la zona de acceso al equipo eléctrico. Esta conexión se realiza mediante un cable de cobre aislado.

## **1.9 Acometida a tierra:**

### **1.9.1 Definición:**

Llamamos así a la unión eléctrica directa, sin fusibles ni otra protección, de una parte, del circuito eléctrico no perteneciente al mismo, mediante una toma a tierra con un electrodo o grupos electrodos enterrados al suelo.

### **1.9.2 Objetivo:**

Su objetivo fundamental es el de la limitación de la tensión que, con respecto a tierra, puedan presentar en un momento dado las masas metálicas. De esta forma se asegura la actuación de las protecciones y se disminuye el riesgo que supone una avería en los materiales eléctricos utilizados.

La protección del sistema se fundamenta en no permitir la aparición de diferencia de potencial entre diferentes masas metálicas superiores en 24 V para locales húmedos o de 50 V en secos.

La instalación de puesta es dividida en las siguientes partes:

- El terreno: Es el encargado de disipar las corrientes de fuga o de defecto y las de origen atmosférico.
- Tomas de tierra
- Conductor de tierra o línea de enlace con el electrodo de puesta a tierra: Son aquellos que conectan al conjunto de electrodos con el borne principal o punto de puesta a tierra
  - Borne principal de tierra
  - Conductor de protección: Unen masas de una instalación y los elementos metálicos que puedan existir, como cañerías, calderas, etc. Y cualquier otra masa importante de la nave, con las líneas de tierra.
  - Conductor de unión equipotencial principal: Aquellos que conectan eléctricamente todas las masas metálicas de la estructura de la nave, con el fin de evitar diferencias de potencial entre ellas.
  - Conductor de equipotencialidad suplementaria
  - Masa: Cualquier parte conductora accesible de un aparato o instalación eléctrica, que en condiciones normales está aislado de las partes activas, pero que es susceptible de ser puesto bajo tensión como consecuencia de un fallo en las disposiciones tomadas para asegurar su aislamiento
  - Elemento conductor: Cualquier objeto metálico susceptible de propagar un potencial, situado en las proximidades de una instalación eléctrica pero no perteneciente a ella.
  - Canalización metálica principal de agua

### 1.9.3 Sección de tierra y de los conductores de protección:

La sección de los conductores de protección se determina por el cálculo de conformidad con la norma **UNE 20460-5-54**.

Las secciones de los conductores de tierra tienen que satisfacer las prescripciones del apartado 3.4 de la **ITC-BT-18** y, cuando estén enterrados, deberán estar de acuerdo con los valores de la tabla 1. La sección no será inferior a la mínima exigida para los conductores de protección.

TIPO	Protegido mecánicamente	No protegido mecánicamente
Protegido contra corrosión	Según apartado 3.4 de la ITC	16 mm <sup>2</sup> para el cobre 16 mm <sup>2</sup> para cobre galvanizado
No protegido contra corrosión	25 mm <sup>2</sup> para el cobre 50 mm <sup>2</sup> para el acero galvanizado	

Fig30. Sección de los conductores de protección por la UNE 20460-5-54

En cuanto a los conductores de protección, que sirven para unir eléctricamente las masas de una instalación a ciertos elementos con el fin de asegurar la protección contra contactos indirectos. Se obtendrá sección por cálculo conforme a lo indicado en la Norma UNE 20.460 -5-54 apartado 543.1.1, o también a través de la siguiente tabla:

Sección de los conductores de fase de la instalación S(mm)	Sección mínima de los conductores de protección Sp (mm)
$S \leq 16$ ; $16 < S \leq 35$ ; $S > 35$ ;	$S = Sp$ ; $Sp = 16$ ; $Sp = \frac{S}{2}$ ;

Fig31: Secciones mínimas de los conductores de protección

Junto a esto, es recomendable que la sección de la pica sea de 35 mm<sup>2</sup>, en la instalación quedan proyectadas las picas a 32 mm<sup>2</sup>, su valor normalizado.

## 1.10 Mejora del Factor de potencia:

Se parte de una definición fundamental como es el Factor de potencia, el cuál queda definido como la relación de la potencia activa P y la potencia aparente de un circuito de corriente alterna.

$$F.P = \cos \phi = \frac{P}{S};$$

Un  $\cos\phi$  bajo comparado con otro alto, origina para una misma potencia, una mayor demanda de corriente, lo que implica la necesidad de utilizar conductores de mayor sección. A su vez, a menor  $\cos\phi$  se tienen generadores de mayor dimensión llevando ambas implicaciones un mayor coste de la instalación eléctrica.

En cambio, entre las ventajas de mejorar el factor de potencia se puede destacar:

1. Un menor costo de energía eléctrica. Al mejorar el factor de potencia no se tiene que pagar penalizaciones por mantener un bajo factor de potencia.
2. Aumento en la capacidad del sistema. Al mejorar el factor de potencia se reduce la cantidad de corriente reactiva que inicialmente pasaba a través de transformadores, alimentadores, tableros y cables.
3. Mejora en la calidad del voltaje. Un bajo factor de potencia puede reducir el voltaje de la planta, cuando se toma corriente reactiva de las líneas de alimentación. Cuando el factor de potencia se reduce, la corriente total de la línea aumenta, debido a la mayor corriente reactiva que circula, causando mayor caída de voltaje a través de la resistencia de la línea, la cual, a su vez, aumenta con la temperatura. Esto se debe a que la caída de voltaje en una línea es igual a la corriente que pasa por la misma multiplicada por la resistencia en la línea.
4. Aumento de la disponibilidad de potencia de transformadores, líneas y generadores.

5. Aumento de la vida útil de las instalaciones.

Es por ello que inicialmente a cualquier cálculo, se tiene como medida para la instalación eléctrica la mejora del factor de potencia por medio de la conexión de una batería de condensadores.

Hay dos formas de corregir el factor de potencia:

1. Compensación centralizada y regulada: La más utilizada, se trata de una batería de condensadores regulada en la que el equipo es capaz de conectar y desconectar la batería para alcanzar el nivel de compensación elegido.

2. Compensación fija: Es realizada por motor de cada máquina por lo que su funcionamiento es más caro, aunque la mejora obtenida es mayor.

Tras el cálculo realizado de la suma total de la potencia reactiva, obtenemos que para toda nuestra instalación la potencia reactiva total que tenemos es la siguiente:

<b>Activa total (W)</b>	<b>Reactiva total(VAr)</b>	<b>Stotal(VA)</b>	<b>Cos</b>
<b>96525</b>	<b>39961</b>	<b>104470</b>	<b>0,9</b>

Fig.32: Balance de potencias

Por lo que el factor de potencia total que disponemos en la nave es de un total de 0,9 aproximado. Es por ello que se toma la decisión de colocar dicha batería de condensadores de forma centralizada y regulada en el cuadro general de distribución para tratar de alcanzar un  $\cos\phi$  cercano a 0,98 mediante el dimensionamiento de los escalones de la batería de capacitores.

Para ello elegiremos una batería de condensadores de 20 kVAr la cuál será escalonada de la siguiente forma:

<b>Batería de condensadores</b>	
Escalón 1	1,25
Escalón 2	1,25



Escalón 3	2,5
Escalón 4	5
Escalón 5	10
Escalón 6	10

**Fig.33: Batería de condensadores**

### 1.11 Resumen del presupuesto:

Se adjunta de forma breve el presupuesto total para el correcto desarrollo del proyecto, desglosado de forma detallada en el documento 5: Presupuesto.

<b>Presupuesto de ejecución de material (PEM)</b>	<b>125816,423</b>
Gastos generales	16356,13
Beneficio industrial	7548,99
Estudio básico de seguridad y salud	1887,25
Honorarios del ingeniero	6290,82
Dirección de obra	6290,82
<b>PRESUPUESTO BRUTO</b>	<b>164190,43</b>

<b>PRESUPUESTO BRUTO</b>	<b>164190,43</b>
IVA	34479,99
<b>PRESUPUESTO POR EJECUCIÓN DE CONTRATA</b>	<b>198670,42</b>

**Es por ello que el presupuesto por ejecución de contrata la suma de ciento noventa y ocho mil seiscientos setenta euros con cuarenta y dos euros.**

Fdo:

Enrique Pérez San Martín

En Pamplona, a noviembre de 2017.



## Escuela Superior de Ingenieros Industriales y de Telecomunicación

Titulación:

Ingeniería de Tecnologías industriales

Proyecto:

Instalación eléctrica en baja tensión de una nave industrial para el establecimiento de un negocio de chapa y pintura.

Tutor:

Javier Crespo Ganuza

Documento 2: Cálculos

Enrique Pérez San Martín  
Pamplona, noviembre de 2017.

## DOCUMENTO 2: CÁLCULOS

<b>2.1 Iluminación de la nave:</b> .....	<b>3</b>
<b>2.2 Secciones de los conductores:</b> .....	<b>4</b>
<b>2.2.1 Dimensionamiento:</b> .....	<b>5</b>
<b>2.2.2 Criterio de caída de tensión:</b> .....	<b>5</b>
<b>2.2.3 Criterio térmico:</b> .....	<b>8</b>
<b>2.2.4 Sección del conductor neutro:</b> .....	<b>15</b>
<b>2.2.5 Cálculo de los conductores de protección:</b> .....	<b>16</b>
<b>2.3 Cálculo de los diámetros de los tubos protectores:</b> .....	<b>17</b>
<b>2.4 Interruptores magnetotérmicos:</b> .....	<b>18</b>
<b>2.4.1 Polaridad</b> .....	<b>18</b>
<b>2.4.2 Elección del calibre:</b> .....	<b>19</b>
<b>2.4.3 Poder de corte:</b> .....	<b>19</b>
<b>2.4.3.1 Cálculo de la impedancia <math>Z_t</math>:</b> .....	<b>20</b>
<b>2.4.4 Curva de disparo:</b> .....	<b>22</b>
<b>2.4.5 Tablas de los resultados:</b> .....	<b>23</b>
<b>2.5 Cálculo de la puesta a tierra:</b> .....	<b>25</b>
<b>2.6 Mejora del factor de potencia:</b> .....	<b>26</b>

## 2.1 la Iluminación de la nave:

Para el cálculo de la iluminación de la instalación se ha utilizado el programa DIALUX. En él, mediante los luxes escogidos para cada tipo de zona, las medidas de la zona a iluminar y el estilo de la luminaria que sea correcta para la habitación, se obtienen los siguientes resultados mostrados en la Figura 33:

Zona	Superficie (m <sup>2</sup> )	Iluminaria	Unidades	Iluminación media (Lux)
Recepción	14	LED42S/840	8	628
Baños	12	LED12/WW	8	222
Aseos	9	LED12/WW	4	222
Calderas	19	LED12/WW	2	198
Reuniones	24	5 LED42S/840 y 1 LED 12/WW	6	500
Almacenes	20	LED42S/841	2	265
Descanso	11	LED42S/842	4	615
Gerente	15	LED42S/843	4	500
Vestuarios	28	LED12/WW	12	250
Administrativo	10	LED42S/845	12	628
Peritaje	15	LED42S/846	5	579
Residuos	8	LED42S/847	2	222
Zona Industrial y maniobras	779	4ME350	36	579

Fig33. Distribución de los distintos tipos de iluminarias

Como bien quedo adjuntado en el documento 1, se empleará para la instalación:

**-LED42S/840:** Son iluminarias tipo LED de la marca Phillips empleadas para las estancias monofásicas relacionadas con la oficina como pueden ser la sala de

reuniones, su objetivo es conseguir un amplio nivel de iluminación (500-700 lux) con una gran eficiencia energética.

**-4MER350:** Son las Philips 4ME350 315W, empleadas para las luminarias trifásicas del taller situadas a 8 m de altura. Estas se encontrarán suspendidas a dos metros del techo y también tratarán de obtener un nivel de iluminación óptimo. Dicho nivel de iluminación será menor, puesto que la actividad requerirá de menores necesidades (300-500 lux)

**-LED12/WW:** Son otro tipo de luminarias para las luminarias monofásicas de los aseos o vestuarios.

Desde el comienzo de 2017 las lámparas led para la iluminación de las viviendas en distribución monofásica son tan baratas o más que las lámparas fluorescentes. A su vez también son más eficientes energéticamente y, posiblemente, su eliminación como desecho provoque menos problemas ambientales. Es por ello que a la hora de distribuir la iluminaria se haya optado por aceptar esta solución.

## 2.2 Secciones de los conductores:

El procedimiento a seguir está definido por el Reglamento electrotécnico para baja tensión, el cuál rige seguir tres métodos distintos para la elección de la sección:

- I) Criterio de caída de tensión
- II) Criterio térmico
- III) Criterio de cortocircuito

Se procederá al cálculo mediante los dos primeros métodos, y la sección elegida será aquella que sea menos restrictiva para que pueda cumplir ambos

métodos. Al tener líneas enterrada o bajo tubo rígido se seguirán los procedimientos descritos en las **ITC-BT-07** e **ITC-BT-19** del Reglamento electrotécnico de baja tensión.

### 2.2.1 Dimensionamiento:

Para el cálculo de las intensidades será necesario conocer la potencia de cada máquina, así como la iluminación y las tomas (tanto monofásicas como trifásicas). Se va a trabajar con la potencia de instalación, la cual tendrá aplicados unos factores de corrección. En el caso de que los receptores sean lámparas, el factor será multiplicado por 1.8 mientras que para máquinas será de 1.25.

### 2.2.2 Criterio de caída de tensión:

A través de este criterio lo que se consigue es la limitación de la caída de tensión producida en cada línea. Dicho criterio es de importancia puesto que el alumbrado será restringido al 4,5 % de caída de tensión mientras que los demás usos a un 6,5 %. **(ITC-BT-19)**

La sección vendrá determinada por:

- a) Líneas monofásicas:

$$S = \frac{2Pl}{\gamma eU};$$

- b) Líneas trifásicas:

$$S = \frac{Pl}{\gamma eU};$$

Donde:

S (mm <sup>2</sup> )	Sección de la línea
P(W)	Potencia activa
L(m)	Longitud
$\gamma$ (m/Ωmm <sup>2</sup> )	Conductividad

U(V) Tensión de línea  
 e(V) Caída de tensión

Fig46. Tabla de datos

A continuación, se muestran los resultados obtenidos (Figuras 47:52)

- Cuadro general de distribución:

Línea	Tensión (V)	caída permitida (%)	u (V)	$\gamma$ (m/ $\Omega$ mm <sup>2</sup> )	L (m)	Potencia (W)	Sección (mm <sup>2</sup> )
1	400	6,5	26	56	30	22248	1,146
2	400	6,5	26	56	34,5	6817	0,404
3	400	6,5	26	56	32,5	28923	1,614
4	400	6,5	26	56	55	49685	4,692
5	400	6,5	26	56	25	18657	0,801

Fig34

- Cuadros secundarios:

- Cuadro secundario 1:

Línea	Tensión (V)	Caída permitida (%)	u (V)	$\gamma$ (m/ $\Omega$ mm <sup>2</sup> )	L (m)	Potencia (W)	Sección (mm <sup>2</sup> )
1.1	400	4,5	18	56	5	3000	0,037
1.2	400	4,5	18	56	10	3000	0,074
1.3	400	4,5	18	56	15	3000	0,112
1.4	400	4,5	18	56	20	3000	0,149
1.5	400	4,5	18	56	25	3000	0,186
1.6	400	4,5	18	56	30	3000	0,223
1.7	400	4,5	18	56	35	3000	0,260
1.8	400	6,5	26	56	17,5	4048	0,122

Fig35

- Cuadro secundario 2:

Línea	Tensión (V)	Caída permitida (%)	u (V)	γ	L (m)	Potencia (W)	sección (mm <sup>2</sup> )
2.1	400	4,5	10,350	56	28	3415,5	0,413
2.2	400	4,5	10,350	56	25	3730	0,402
2.1.1	230	4,5	10,350	56	17,5	124,2	0,016
2.1.2	230	4,5	10,350	56	18	62,1	0,008
2.1.3	230	4,5	10,350	56	55,2	41,4	0,017
2.1.4	230	4,5	10,350	56	6	496,8	0,022
2.1.5	230	4,5	10,350	56	10	20,7	0,002
2.1.6	230	4,5	10,350	56	3,5	248,4	0,007
2.1.7	230	4,5	10,350	56	10	103,5	0,008
2.1.8	230	4,5	10,350	56	12	248,4	0,022
2.1.9	230	4,5	10,350	56	17	103,5	0,013
2.1.10	230	4,5	10,350	56	12	310,5	0,028
2.1.11	230	4,5	10,350	56	7	51,75	0,003
2.1.12	230	4,5	10,350	56	10	25,875	0,002
2.1.13	230	4,5	10,350	56	11	25,875	0,002
2.1.14	230	4,5	10,350	56	12	362,25	0,033
2.1.15	230	4,5	10,350	56	17	362,25	0,046
2.1.16	230	4,5	10,350	56	26	765,9	0,149
2.1.17	230	4,5	10,350	56	52	62,1	0,024

Fig36

- Cuadro secundario 3:

Línea	Tensión (V)	Caída permitida (%)	u (V)	γ	L (m)	Potencia (W)	sección (mm <sup>2</sup> )
3.1	380	6,5	26	56	6,5	4375	0,0541
3.2	380	6,5	26	56	9,5	4375	0,0791
3.3	380	6,5	26	56	4,2	6000	0,0479
3.4	380	6,5	26	56	7,33	5062,5	0,0706
3.5	380	6,5	26	56	10,4	5062,5	0,1004
3.6	380	6,5	26	56	5	4048	0,0385

Fig37



- **Cuadro secundario 4:**

Línea	Tensión (V)	Caída permitida (%)	u (V)	Y	L (m)	Potencia (W)	sección (mm)
4.1	380	6,5	25	56	8	16250	0,247
4.2	380	6,5	25	56	25	1375	0,065
4.3	380	6,5	25	56	25	3500	0,166
4.4	380	6,5	25	56	25	3500	0,166
4.5	380	6,5	25	56	8	1250	0,019
4.6	380	6,5	25	56	6	5060	0,058
4.7	380	6,5	25	56	5	18750	0,178

Fig38

- **Cuadro secundario 5:**

Línea	Tensión (V)	Caída permitida (%)	u (V)	Y	L (m)	Potencia (W)	sección (mm <sup>2</sup> )
5.1	400	4,5	18	56	15	2570	0,0956
5.2	400	4,5	18	56	29	2570	0,1848
5.3	400	4,5	18	56	43	2570	0,2741
5.4	400	4,5	18	56	57	2570	0,3633
5.5	380	4,5	17,1	56	20	4048,00	0,2225

Fig39

2.2.3 Criterio térmico:

Es necesario para que el cable sea capaz de aguantar la intensidad que circula por él a pesar de las pérdidas por efecto joule.

Para ello partimos de que la corriente admisible máxima vendrá dada en función de la polaridad, del tipo de aislamiento, del conductor y de la construcción. El valor se deduce de las tablas del Reglamento electrotécnico de baja tensión (ITC descritas anteriormente). Ésta será mayor que la corriente unidad, o como hemos

dejado indicado en los distintos cuadros, la corriente “unidad o de cálculo”. Para el cálculo de esta corriente se emplea la potencia instalada y la tensión (sea monofásica o trifásica) de la siguiente forma:

Para el caso de líneas monofásicas, la corriente vendrá calculada de la siguiente forma:

$$I = \frac{P}{V \cos \phi};$$

En cuanto al caso de tener trifásicas, será calculada:

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

Donde:

P (W)	Potencia activa
Cosφ	Factor de potencia
U(V)	Tensión
Iunidad (A)	Corriente del conductor

Fig40. Tabla de datos

Destacar a su vez que el material escogido para nuestros conductores será el cobre. Esto se debe a los siguientes motivos:

- Ofrece una mayor resistencia al paso de la corriente eléctrica
- El aluminio presenta unas propiedades las cuales son peores en cuanto a la resistencia frente a posibles incendios.

A continuación, vienen detallados los diferentes cálculos de los distintos cuadros secundarios en los que a partir de la potencia instalada por cuadro se ha obtenido la intensidad unidad y la intensidad de nominal (*Figuras 10:15, adjuntas también en el documento 1*):

**a) Cuadro general de distribución:**

Línea	Elemento	Pn (W)	Pinstalada(W)	Sn (KVar)	Iunidad(A)
1	Cuadro secundario 1	18233	22248	18746	41,26
2	Cuadro secundario 2	3565,1	6817	3655	30,64
3	Cuadro secundario 3	23948	28923	26432	49,205
4	Cuadro secundario 4	39748	49685	44728	88,218
5	Cuadro secundario 5	11031,64	12074,34	11459	31,41

Fig10

**b) Cuadros secundarios:**

**-Cuadro secundario 1:**

CUADRO SECUNDARIO 1										
Tipo	Nombre	Potencia (W)	Voltaje (V)	Cos φ	Unidades	Potencia nominal(W)	Int. nominal(A)	Int. cálculo(A)	Q(VAR)	Pinstalada (W)
Iluminación	4ME350	250	380	0,9	36	14030	15,193	27,35	4358,90	18000
Toma trifásica	-	4048	400	1	1	4048	5,843	5,843	0	4048
Alumbrado de emergencia	-	5	24	1	31	155	6,46	8,07	0	200
<b>Total</b>					<b>68</b>	<b>18232,61154</b>	<b>27,495</b>	<b>41,26</b>	<b>4358,90</b>	<b>22248</b>

Fig11

**-Cuadro secundario 2:**

CUADRO SECUNDARIO 2										
Tipo	Nombre	Potencia (W)	Voltaje (V)	Cos φ	Unidades	Potencia Total (W)	Int. nominal(A)	Int. cálculo(A)	Q(VAR)	Pinstalada
Iluminación	LED425/840	35	230	0,9	33	1039,5	5,5797	10,043	559,39	2079
Iluminación	LED12/WW	14	230	0,9	36	453,6	2,4348	4	244,10	1008
Toma monofásica	-	2072	230	1	-	2072	9,009	16	0	3729
<b>Total</b>					<b>69</b>	<b>3565,1</b>	<b>17,023</b>	<b>30,43</b>	<b>803,49</b>	<b>6816</b>

Fig12

CUADRO SECUNDARIO 2 AUXILIAR				
Línea	Zona	Unidades	Consumo (W)	Inominal(A)
2.1.1	Calderas	2	124,2	0,6
2.1.2	Almacenes	1	62,1	0,3
2.1.3	Residuos	2	41,4	0,2
2.1.4	Recepción	8	496,8	2,4
2.1.5	Reuniones	6	20,7	0,1
2.1.6	Gerente	4	248,4	1,2
2.1.7	Baño 1	4	103,5	0,5
2.1.8	Descanso	3	248,4	1,2
2.1.9	Baño 2	4	103,5	0,5
2.1.10	Peritaje	5	310,5	1,5
2.1.11	Aseo 1	2	51,75	0,25
2.1.12	Aseo 2	1	25,875	0,125
2.1.13	Aseo 3	1	25,875	0,125
2.1.14	Vestuario 1	6	362,25	1,75
2.1.15	Vestuario 2	6	362,25	1,75
2.1.16	Of.Adm	12	765,9	3,7
2.1.17	Preparación pintura	1	62,1	0,3

Fig41

**-Cuadro secundario 3:**

CUADRO DE SECUNDARIO 3								
Tipo	Nombre	Potencia (W)	Voltaje (V)	Cos φ	Int.nominal(A)	Int. unidad(A)	Q(VAR)	Pinstalada (W)
Máquinas	Bancada 1	3500	380	0,87	6,112	7,640	1983,541	4375
	Bancada 2	3500	380	0,87	6,112	7,640	1983,541	4375
	Compresor	4800	380	0,86	8,480	10,600	2848,153	6000
	Plegadora 1	4050	380	0,88	6,992	8,741	2185,958	5062,5
	Plegadora 2	4050	380	0,88	6,992	8,741	2185,958	5062,5
	Toma trifásica	4048	400	1	5,843	5,843	-	4048
	<b>Total</b>	<b>23948</b>			<b>40,53</b>	<b>49,205</b>	<b>11187,152</b>	<b>28923</b>

Fig13

**-Cuadro secundario 4:**

CUADRO DE SECUNDARIO 4								
Tipo	Nombre	Potencia (W)	Voltaje (V)	Cos φ	Int.nominal(A)	Int. Unidad(A)	Q(VAR)	Pinstalada (W)
Máquinas	Fresadora	13000	380	0,87	22,703	28,379	6720,304	16250
	Brazo de aspiración	1100	380	0,87	1,921	2,401	568,641	1375
	Equipo de soldadura 1	2800	380	0,86	4,947	6,183	1504,094	3500
	Equipo de soldadura 2	2800	380	0,86	4,947	6,183	1504,094	3500
	Otros	1000	380	0,88	1,727	2,158	496,027	1250
	Toma trifásica	4048	400	1	5,84	7,303	0,000	5060
	Cabina de pintura	15000	380	0,8	28,488	35,610	9718,151	18750
	<b>Total</b>	<b>39748</b>			<b>71</b>	<b>88,218</b>	<b>20511,311</b>	<b>49685</b>

Fig14.

**-Cuadro secundario 5:**

CUADRO SECUNDARIO 5										
Tipo	Nombre	Potencia (W)	Voltaje (V)	Cos φ	Unidades	Potencia Total (W)	Int.nominal(A)	Int. unidad(A)	Q(VAR)	Pinstalada (W)
Iluminación aparcamiento	Philips HPI-T Plus 400W 645 E40	400	400	0,84	4	2327,88	4,7619	8,571	1033,50	2880
Iluminación calzadas	Philips HPI-T Plus 400W 645 E40	400	400	0,84	8	4655,75	9,5238	17	2067,00	6857,142857
Toma trifásica	-	4048	400	1	-	4048	5,843	5,84	0	2337,2
<b>Total</b>					<b>12</b>	<b>11031,63</b>	<b>20,13</b>	<b>31,56</b>	<b>3100,49</b>	<b>12074,34286</b>

**Fig15**

Destacar por último que en esas mismas tablas a su vez se realizó el cálculo de la potencia reactiva una vez que se tenía la corriente, el cuál no tiene que ver con este apartado de cálculos, pero fue necesario para el cálculo de la batería de condensadores para corregir el factor de potencia de la nave industrial.

Una vez determinadas todas las distintas corrientes de los cuadros secundarios, se procede a calcular la sección de cada conductor por el criterio térmico (*Figuras 41:45*). Para ello, se emplea la tabla de la norma **UNE-HD 60364-5-52: 2014**.

Se tiene:

-Para el **cuadro general de distribución: (B2 Columnas 4 y 7b de la tabla C-52.1 bis**, La línea 1.4 será una excepción que irá en XLPE)

Línea	Iunidad(A)	I (Tabla) (A)	Sección (mm <sup>2</sup> )
1	41,26	53	16
2	30,64	40	10
3	49,2	53	16
4	88,22	91	25
5	31,41	40	10

**Fig42**

-Para los **cuadros secundarios:**

**-Cuadro secundario 1: (B2 Columna 4 Tabla C-52.1 bis)**

Línea	Iunidad(A)	I(Tabla) (A)	Sección(mm <sup>2</sup> )
1.1	4,56	12,5	1,5
1.2	4,56	12,5	1,5
1.3	4,56	12,5	1,5
1.4	4,56	12,5	1,5
1.5	4,56	12,5	1,5
1.6	4,56	12,5	1,5
1.7	5,84	12,5	1,5
1.8	8,07	12,5	1,5

Fig43.

**-Cuadro secundario 2: (B2 columnas 4 y 5a tabla C.52-1 bis)**

Línea	Inominal (A)	I(Tabla) (A)	Sección (mm <sup>2</sup> )
2.1	16,500	20	4
2.2	16,000	20	4
2.1.1	0,600	13,5	1,5
2.1.2	0,300	13,5	1,5
2.1.3	0,200	13,5	1,5
2.1.4	2,400	13,5	1,5
2.1.5	0,100	13,5	1,5
2.1.6	1,200	13,5	1,5
2.1.7	0,500	13,5	1,5
2.1.8	1,200	13,5	1,5
2.1.9	0,500	13,5	1,5
2.1.10	1,500	13,5	1,5
2.1.11	0,250	13,5	1,5
2.1.12	0,125	13,5	1,5
2.1.13	0,125	13,5	1,5
2.1.14	1,750	13,5	1,5
2.1.15	1,750	13,5	1,5
2.1.16	3,700	13,5	1,5
2.1.17	0,300	13,5	1,5

Fig44

**-Cuadro secundario 3: (B2 Columna 4 tabla C.52-1 bis)**

Línea	Unidad (A)	I (Tabla) (A)	Sección (mm <sup>2</sup> )
3.1	7,640	12,5	1,5
3.2	7,640	12,5	1,5
3.3	10,60	12,5	1,5
3.4	8,741	12,5	1,5
3.5	8,741	12,5	1,5
3.6	5,843	12,5	1,5

Fig45

**-Cuadro secundario 4: (B2 Columna 4 tabla C.52-1 bis)**

Línea	Unidad (A)	I (Tabla) (A)	Sección (mm <sup>2</sup> )
4.1	28,379	40	10
4.2	2,401	12,5	1,5
4.3	6,183	12,5	1,5
4.4	6,183	12,5	1,5
4.5	2,158	12,5	1,5
4.6	7,303	12,5	1,5
4.7	35,610	40	10

Fig46

**Cuadro secundario 5:** Todas las líneas corresponden cada una de ellas a una farola con una corriente unidad menor de 2,6175 Amperios, lo cual hace referencia en la tabla de la normativa a una sección por cada una de las líneas de 1,5 mm<sup>2</sup>.

Junto a ello, destacar que la sección de los cables enterrados fue realizada mediante la **ITC-BT-07**: Distribuciones subterráneas, en las cuáles se permitía para la corriente calculada el uso de una sección de 120 mm<sup>2</sup> (Aquella que va bajo tubo de 160 mm). Por último, el cálculo de la sección de neutro viene de acuerdo conforme las **ITC-BT-07** para el caso de los conductores enterrados y de **la IT-BT-19** para el resto de casos. Siendo éste o bien igual que las fases o bien la mitad en función de las tablas que se adjuntan en dichas normas.

### 2.2.4 Sección del conductor neutro:

El cálculo de la sección del conductor neutro para las líneas que lo dispongan se ha realizado aplicando las instrucciones pertinentes del reglamento electrotécnico de baja tensión, las cuáles son **la ITC-BT-07** para el caso de la distribución subterránea en baja tensión desde el centro de transformación y **la ITC-BT-19**. En ellas se puede comprobar como la sección mínima será de 6 mm<sup>2</sup>, y luego en función de las secciones que tengamos en las distintas fases la sección será la mitad, o la misma que éstas mismas.

SECCIÓN NEUTRO		
Línea	Sección escogida (mm2)	Neutro (mm2)
0	120	60
1	16	16
2	10	10
5	10	10
1.1	10	10
1.2	10	10
1.3	10	10
1.4	10	10
1.5	10	10
1.6	10	10
1.8	1,5	6
2.1	4	6
5.1	1,5	6
5.2	1,5	6
5.3	1,5	6
5.4	1,5	6

Fig47



### 2.2.5 Cálculo de los conductores de protección:

Como quedo descrito en el apartado 1.10.3 Sección de tierra y de los conductores de protección y según la **ITC-BT-18**, las secciones mínimas de los conductores pertenecientes a la línea general de tierra serán de 16 mm<sup>2</sup>, además, el conductor que une la arqueta de tierra con la pica será de una sección mínima de 32mm<sup>2</sup> y nunca inferior a la Línea general de tierra.

La sección de los conductores de protección queda determinada a partir de la siguiente tabla obtenida por la norma **UNE 20.460 -5-54 apartado 543.1.1**, la cual ha quedado adjuntado en el anterior documento. Los resultados obtenidos para cada línea son:

SECCIÓN CONDUCTORES PROTECTORES		
Línea	Sección escogida (mm2)	CP (mm2)
1.1	10	10
1.2	10	10
1.3	10	10
1.4	10	10
1.5	10	10
1.6	10	10
1.7	1,5	4
1.8	1,5	4
2.2	1,5	4
2.1.1	1,5	4
2.1.2	1,5	4
2.1.3	1,5	4
2.1.4	1,5	4
2.1.5	1,5	4
2.1.6	1,5	4
2.1.7	1,5	4
2.1.8	1,5	4
2.1.9	1,5	4
2.1.10	1,5	4
2.1.11	1,5	4
2.1.12	1,5	4
2.1.13	1,5	4
2.1.14	1,5	4
2.1.15	1,5	4
2.1.16	1,5	4
2.1.17	1,5	4

3.1	1,5	4
3.2	1,5	4
3.3	1,5	4
3.4	1,5	4
3.5	1,5	4
3.6	1,5	4
4.1	10	10
4.2	1,5	4
4.3	1,5	4
4.4	1,5	4
4.5	1,5	4
4.6	1,5	4
4.7	10	10
5.1	1,5	4
5.2	1,5	4
5.3	1,5	4
5.4	1,5	4
5.5	1,5	4

Fig48

### 2.3 Cálculo de los diámetros de los tubos protectores:

Los tubos protectores quedan calculados en la siguiente tabla, en todos ellos se ha tenido en cuenta la causa en la que se encuentran los conductores, es decir, el número de cables que van irán por el tubo, así como si van empotrados o enterrados:

DIÁMETRO DE LOS TUBOS PROTECTORES		
Línea	Sección escogida (mm <sup>2</sup> )	ITC-BT-21 (mm)
0	120	160
1	10	32
2	4	20
3	10	32
4	25	32
5	10	63
1.1	10	32
1.2	10	32
1.3	10	32
1.4	10	32

1.5	10	32
1.6	10	32
1.7	1,5	16
1.8	1,5	16
2.1	4	20
2.2	4	20
2.1.1	1,5	12
2.1.2	1,5	12
2.1.3	1,5	12
2.1.4	1,5	12
2.1.5	1,5	12
2.1.6	1,5	12
2.1.7	1,5	12
2.1.8	1,5	12
2.1.9	1,5	12
2.1.10	1,5	12
2.1.11	1,5	12
2.1.12	1,5	12
2.1.13	1,5	12
2.1.14	1,5	12
2.1.15	1,5	12
2.1.16	1,5	12
2.1.17	1,5	12
3.1	1,5	16
3.2	1,5	16
3.3	1,5	16
3.4	1,5	16
3.5	1,5	16
3.6	1,5	16
4.1	10	25
4.2	1,5	16
4.3	1,5	26
4.4	1,5	16
4.5	1,5	16
4.6	1,5	16
4.7	10	25
5.1	1,5	25
5.2	1,5	25
5.3	1,5	25
5.4	1,5	25
5.5	1,5	16

**Fig.49**

## 2.4 Interruptores magnetotérmicos:

### 2.4.1 Polaridad

Lo primero que se debe conocer es la polaridad, es decir, la forma correcta de conectar un interruptor. Es por ello que se elige:

- a) Bipolar: Aquella que protege una fase y al neutro.
- b) Tripolar: Protege a las 3 fases.
- c) Tetrapolar: Protege a todas las fases y al neutro.

### 2.4.2 Elección del calibre:

El calibre de un magnetotérmico es la intensidad nominal ( $I_n$ ) a partir de la cual se interrumpirá el circuito.

Para su elección se han de cumplir dos condiciones, las cuales son:

- 1) La corriente nominal que circulará por el dispositivo será menor que su corriente máxima admisible y mayor a la corriente unidad o de cálculo sobredimensionada en apartados anteriores: **(UNE 20.460)**

$$I_{unidad} \leq I_{nominal} < I_{adm};$$

- 2) Protección frente a sobrecargas **(UNE 20.460)**: Es decir, la corriente que produce el disparo será menor que la corriente máxima admisible que soporta el conductor aumentada por un 45% de su propio valor.

$$1,45 I_{nom} < I_{adm};$$

La reglamentación vigente **(ITC-BT-22)**, obliga a dimensionar los circuitos y sus protecciones, a efectos de intensidad máxima admisible, cuando se pueden producir sobrecargas previsibles.

Valores de $I_n$ para el interruptor magnetotérmico							
3	6	10	16	20	25	32	40
50	63	80	100	125	160	250	400

Fig50: Valores magnetotérmico

### 2.4.3 Poder de corte:

Llamamos así a la capacidad de interrumpir corriente de un dispositivo magnetotérmico, en el caso de que la corriente que se tiene por el conductor fuera superior, el dispositivo se estropearía fundiéndose.

Es por ello que el magnetotérmico debe tener un poder de corte de (kA) normalizado, superior a la máxima intensidad de cortocircuito que pueda surgir, para asegurar su fundición previa a la destrucción del dispositivo.

$$PdC(kA) > I_{cc} = \frac{U_f}{\sqrt{3} * Z_t}$$

Donde:

-Zt = Impedancia característica equivalente de cortocircuito

-Uf = Tensión de alimentación.

Los valores normalizados por la misma reglamentación para la elección de un valor u otro de poder de corte son:

Poder de corte (KA)									
3	4,5	6	10	22	25	35	50	70	100

Fig51: Poder de corte estipulado para los magnetotérmicos

#### 2.4.3.1 Cálculo de la impedancia Zt:

Se ha comprobado por lo tanto que, para el cálculo del poder de corte de un magnetotérmico, es necesario calcular la intensidad de cortocircuito, la cual a su vez se reduce al cálculo de la impedancia característica Zt, la cuál es la impedancia equivalente de todas las impedancias, recorridas por la corriente de cortocircuito desde su generación hasta el punto de defecto.

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

Donde:

- $\Sigma R$  es la suma de todas las impedancias de carácter resistivo en serie

- $\Sigma X$  es la suma de todas las reactancias en serie.

En el caso de la instalación eléctrica para la nave industrial, se parte de que el peor de todos los tipos de cortocircuitos posible es el defecto trifásico (unión de las tres fases) y a su vez, los distintos tramos que se pueden tener en dicho proyecto son:

I) Transformador: Es de donde parte el comienzo de la instalación.

El cálculo de su impedancia equivalente vendrá dado de la siguiente forma:

$$Z_t = \frac{U_{cc}}{100} \frac{U^2}{S} j;$$

Partiendo de la definición de la potencia aparente, y sabiendo que  $U_{cc}$  es la tensión de cortocircuito de nuestro transformador (nos la dará el fabricante) y la  $U$  es la tensión en el lado de baja tensión, somos capaces de obtener el valor que necesitamos

II) Línea: En la mayor parte de los cálculos no se va más allá del punto de suministro de energía. El conocimiento de la red aguas arriba se limita generalmente a las indicaciones facilitadas por la compañía distribuidora, es decir, únicamente a la potencia de cortocircuito  $S_{cc}$  (en MVA) en el punto de conexión de la red. Siendo por lo tanto la impedancia a aguas arriba:

$$Z_{a'} = \frac{U^2}{S_{cc}}; \text{ y, por otro lado: } Z_a = \frac{Z_{a'}}{a^2};$$

Donde  $U$  es la tensión de línea de red en vacío,  $a$  es la relación de transformación del transformador.

III) Resistencia de la línea: El carácter resistivo de una línea queda definido de la siguiente forma:

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

Donde  $\rho$  es la resistividad del material, L la longitud de la línea y S la sección del cable. A su vez, destacar que la resistencia de un conductor depende la temperatura de la siguiente forma:

$$R(T) = R(1 + \alpha(T - T_0));$$

Donde  $T_0$  suponemos que es la temperatura ambiente a la que se encuentran los conductores, que supondremos de 12,4 grados centígrados (Temperatura media en Pamplona) y  $\alpha = 4 \times 10^{-3}$  (coeficiente de temperatura del cobre)

Con toda esta información, se procede a calcular los distintos poderes de corte de los distintos magnetotérmicos.

#### 2.4.4 Curva de disparo:

Llamamos así a la máxima intensidad que es capaz de interrumpir el magnetotérmico, es decir, en el caso de que circule a través del interruptor dicho valor, el protector sería fundido y de esta forma no podría cortar la corriente. Destacar que existen 4 tipos distintos de curvas de disparo, los cuáles son empleados en distintas aplicaciones como son:

- La curva B, que es empleada para la protección de generadores, personas, cables largos sin picos de corriente (3-5 veces la nominal)
- La curva C es por su parte empleada en circuitos de luz (5-10 veces la nominal)
- La curva D protege circuitos con altos picos de corriente, entre algunas aplicaciones a destacar como transformadores o motores (10-14 veces la nominal)

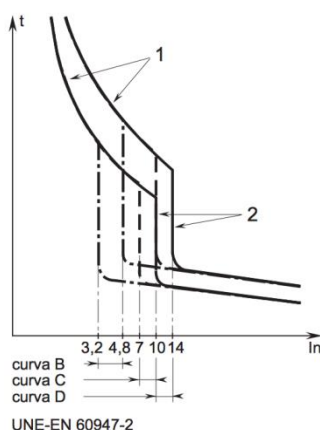


Fig52: Curvas de disparo de los interruptores

2.4.5 Tablas de los resultados:

A continuación, quedan reflejados tras todos estos cálculos los resultados pertinentes al cálculo de los magnetotérmicos (Figuras 53:58), cabe destacar, que para estos casos la temperatura de los cables se va a elevar a la máxima temperatura que permita el aislante (el cuál al ser PVC será de 70 grados centígrados):

-Magnetotérmico a la salida del centro de transformación:

Línea	Int.magnetotérmico	Polos	unidad	Inominal	Resistencia de línea	Impedancia de línea	Impedancia de transformador	Z	Icorto	Curva	PdC (kA)
0	IM.0	4	240,41	250	0,006876755	9,7949E-07	0,005632	0,00888933	25979,46761	D	35

Fig53

-Cuadro general de distribución:

Línea	Int.magnetotérmico	Polos	unidad (A)	Inominal (A)	Resistencia de línea	Impedancia de Línea	Impedancia del transformador	Z	Icorto	Curva	Pdc(KA)
1	IM.1	4	41,26	50	0,087287154	9,7949E-07	0,005632	0,08746872	3040,259232	D	6
2	IM.2	4	30,64	32	0,15275252	9,7949E-07	0,005632	0,15285635	1510,830998	D	3
3	IM.3	4	49,20	50	0,073102992	9,7949E-07	0,005632	0,07333197	3249,769014	D	6
4	IM.4	4	88,22	100	0,006546537	9,7949E-07	0,005632	0,00863641	24540,286	D	25
5	IM.5	4	31,41	32	0,063645733	9,7949E-07	0,005632	0,06389452	3614,396114	D	6

Fig54

-Cuadro secundario 1:

Línea	Int.magnetotérmico	Polos	unidad (A)	Inominal (A)	Resistencia de línea	Impedancia de Línea	Impedancia del transformador	Z	Icorto	Curva	Pdc(KA)
1.1	IM11	3	4,558	6	0,078161265	9,7949E-07	0,005632	0,07836398	2947,01852	B	3
1.2	IM12	3	4,558	6	0,15090056	9,7949E-07	0,005632	0,15100566	1529,347358	B	3
1.3	IM13	3	4,558	6	0,223639855	9,7949E-07	0,005632	0,22371079	1032,315485	B	3
1.4	IM14	3	4,558	6	0,296379151	9,7949E-07	0,005632	0,29643268	779,0642743	B	3
1.5	IM15	3	4,558	6	0,369118446	9,7949E-07	0,005632	0,36916142	625,5802802	B	3
1.6	IM16	3	4,558	6	0,441857741	9,7949E-07	0,005632	0,44189365	522,6146832	B	3
1.7	IM17	4	5,843	6	0,514597037	9,7949E-07	0,005632	0,51462787	448,7516569	C	3
1.8	IM18	4	8,073	10	0,260009503	9,7949E-07	0,005632	0,26007051	887,9903543	B	3

Fig55



**-Cuadro secundario 2:**

Línea	Int. Magnetotérmico	Polos	Unidad(A)	Inom (A)	Resistencia de línea	Impedancia de línea	Impedancia Transformador	Z	Icorto	Curva	PdC (KA)
2.1	IM.21	2	16,5	20	0,260009503	9,7949E-07	0,005632	0,26007051	1708,93823	B	3
2.2	IM.22	2	16	20	0,260009503	9,7949E-07	0,005632	0,26007051	1708,93823	C	3

Fig56

**-Cuadro secundario 3:**

Línea	Int. Magnetotérmico	Polos	Unidad (A)	Inominal(A)	Resistencia de línea	Impedancia de línea	Impedancia de Transformador	Z	Icorto	Curva	PdC (kA)
3.1	IM.31	3	7,640	10	0,099983053	9,7949E-07	0,005632	0,10014161	2306,135434	D	3
3.2	IM.32	3	7,640	10	0,14362663	9,7949E-07	0,005632	0,14373705	1606,684625	D	3
3.3	IM.33	3	10,600	20	0,066522977	9,7949E-07	0,005632	0,06676104	3459,204564	D	3
3.4	IM.34	3	8,741	10	0,112057776	9,7949E-07	0,005632	0,11219927	2058,303163	D	3
3.5	IM.35	3	8,741	10	0,156719704	9,7949E-07	0,005632	0,1568209	1472,635992	D	3
3.6	IM.36	3	5,843	10	0,078161265	9,7949E-07	0,005632	0,07836398	2947,01852	D	3

Fig57

**-Cuadro secundario 4:**

Línea	Int. Magnetotérmico	Polos	Unidad (A)	Inominal(A)	Resistencia de línea	Impedancia de línea	Impedancia de Transformador	Z	Icorto	Curva	PdC (kA)
4.1	IM.41	3	28,379	32	0,049065547	9,7949E-07	0,005632	0,04938784	4676,052404	D	6
4.2	IM.42	3	2,401	6,0	0,369118446	9,7949E-07	0,005632	0,36916142	625,5802802	D	3
4.3	IM.43	3	6,183	10	0,369118446	9,7949E-07	0,005632	0,36916142	625,5802802	D	3
4.4	IM.44	3	6,183	10	0,369118446	9,7949E-07	0,005632	0,36916142	625,5802802	D	3
4.5	IM.45	3	2,158	6,0	0,121804842	9,7949E-07	0,005632	0,12193502	1893,960415	D	3
4.6	IM.46	3	7,303	10	0,092709124	9,7949E-07	0,005632	0,0928801	2486,43272	D	3
4.7	IM.47	3	35,610	40	0,023606793	9,7949E-07	0,005632	0,02426955	9515,631378	D	10

Fig58

**-Cuadro secundario 5:**

El poder de corte de los interruptores magnetotérmicos del quinto cuadro secundario será a su vez de 3 kA. Esto se fundamenta en que las corrientes unidades que circularán por cada conductor hasta cada una de las farolas serán de menos de 2,6175 amperios ( $I_n = 6 \text{ A}$ ) y las impedancias del transformador como de la línea no cambian, teniendo pocas variaciones entre cada uno de los cálculos y por lo tanto obteniendo el mismo poder de corte para cada magnetotérmico.

## 2.5 Cálculo de la puesta a tierra:

Según la **ITC-BT-18** del Reglamento electrotécnico de baja tensión, la diferencia de tensión entre la masa y tierra no debe ser superior a 24 V en zonas húmedas y 50 V en secas

Al tratarse de una nave industrial situada en la Comunidad Foral de Navarra, se toma como zona húmeda con la finalidad de obtener una mayor protección. Según la tabla 3 de la ITC 18 para suelo pedregoso cubierto por césped la resistividad del terreno oscilará entre los valores de 300 a 500  $\Omega\text{m}$ .

A través de la siguiente expresión obtendremos la resistencia del circuito de protección:

$$R \leq \frac{V_c}{I_s};$$

En donde R es la resistencia de puesta a tierra, Vc es la tensión de contacto limite convencional e Is es la sensibilidad del interruptor diferencial.

Es por ello que al emplear un interruptor diferencial con una sensibilidad de 1300 mA y Vc = 24 V, se obtiene una resistencia de puesta a tierra de 18,46 $\Omega$ .

Una vez obtenido dicho valor, se puede observar en la tabla de la ITC-BT-18 que las fórmulas a emplear son para el cálculo de la resistencia a tierra son:

$$R_{pica} = \frac{\rho}{L};$$

$$R_{conductor} = \frac{2\rho}{L};$$

Donde:

$\rho$  indica la resistividad del terreno ( $\Omega\text{m}$ ), mientras que L es la longitud del terreno (m). En dicho proyecto se selecciona una resistividad para el terreno de 300  $\Omega\text{m}$  y la longitud de la pica de 2 metros. De esta forma obtenemos una  $R_{pica} = 150 \Omega$

**-Pica vertical:**

Es posible reducir la resistencia del electrodo si se disponen varias picas en paralelo, manteniendo una distancia entre ellas del doble de su longitud. Es por ello que para el desarrollo de este proyecto se han escogido 19 picas (donde tengamos cuadros secundarios se tendrán previstas picas y además de ello se añadirán las tierras de servicio del centro de transformación):

**$R_{totalpica} = 7,89 \Omega$**

**$R_{conductor} = 7,7 \Omega$**

**$R_{total} = 10 + 7,7 = 15,59 \leq 18,46$**

De esta forma puede afirmarse que la instalación de puesta a tierra garantiza la seguridad del personal al ser la resistencia total de tierra mucho menor que el límite obtenido por la **ITC-BT-18**. Es con ello que tendríamos calculada la tierra de protección.

Junto a esto, se instalará una tierra de servicio para referencial el potencial del neutro a aproximadamente tensión nula. A esta tierra se le conectarán todos los elementos que sean necesarios (El neutro del transformador o de otros aparatos, los transformadores de medida o autoválvulas, etc...)

**2.6 Mejora del factor de potencia:**

En el documento 1 se muestra la batería de condensadores a emplear para optimizar el factor de potencia de la instalación. Esto se logra de la siguiente forma:

Se obtiene que para toda la instalación el balance de potencias es el siguiente:

<b>Activa total (W)</b>	<b>Reactiva total(VAr)</b>	<b>Stotal(VA)</b>	<b>Cos</b>
<b>96525</b>	<b>39961</b>	<b>104470</b>	<b>0,9</b>

**Fig62: Flujo de potencias de la instalación**

Si se desea optimizar el factor de potencia se opera teniendo en cuenta su definición:

$$F.P = \cos \varphi = \frac{P}{S};$$

Si F.P =0.98, quiere decir que el  $\cos \varphi$  tiene ese valor, luego  $\varphi = 11,47^\circ$ , Por lo que la  $\operatorname{tg} \varphi = 0.203$ , y como por definición trigonométrica de la tangente y por las relaciones de potencia eléctrica tenemos que:

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{\operatorname{sen} \varphi}{\operatorname{cos} \varphi} = \frac{S \operatorname{sen} \varphi}{S \operatorname{cos} \varphi} = \frac{Q}{P};$$

Se deduce que para alcanzar un factor de potencia de 0.98 la reactiva resultante ha de ser 10594,575 VAR, luego la diferencia de reactiva que deberá compensar la batería de condensadores es la reactiva actual menos la resultante, siendo esta: **20366,425 VAR.**

Luego se escoge una batería de condensadores de 20 kVAR.

Fdo:

Enrique Pérez San Martín

Pamplona, noviembre de 2017.



## Escuela Superior de Ingenieros Industriales y de Telecomunicación

Titulación:

Ingeniería de Tecnologías industriales

Proyecto:

Instalación eléctrica en baja tensión de una nave industrial para el establecimiento de un negocio de chapa y pintura.

Tutor:

Javier Crespo Ganuza

Documento 3: Planos

Enrique Pérez San Martín  
Pamplona, noviembre de 2017.

## DOCUMENTO 3: PLANOS

<b>3.1 Plano de situación.....</b>	<b>3</b>
<b>3.2 Plano de emplazamiento.....</b>	<b>4</b>
<b>3.3 Planta, usos y superficies.....</b>	<b>5</b>
<b>3.4 Distribución de la nave, consumos.....</b>	<b>6</b>
<b>3.5 Iluminación de la nave trifásica: .....</b>	<b>7</b>
<b>3.6 Sección transversal C-C: Iluminaria .....</b>	<b>8</b>
<b>3.7. Iluminación de la nave monofásica .....</b>	<b>9</b>
<b>3.8 Alumbrado de emergencia .....</b>	<b>10</b>
<b>3.9 Pulsadores y tomas de corriente.....</b>	<b>11</b>
<b>3.10 Iluminación exterior de la nave.....</b>	<b>12</b>
<b>3.11 Puesta a tierra:.....</b>	<b>13</b>
<b>3.12 Localización del Centro de Transformación .....</b>	<b>14</b>
<b>3.13 Centro de transformación:.....</b>	<b>15</b>
<b>3.14 Esquema unifilar CT.....</b>	<b>16</b>
<b>3.15 Cuadro general de distribución: .....</b>	<b>17</b>
<b>3.16 Cuadro secundario 1 :.....</b>	<b>18</b>
<b>3.17 Esquema multifilar alumbrado de taller: .....</b>	<b>19</b>
<b>3.18 Esquema de mando del alumbrado de la zona de trabajo .....</b>	<b>20</b>
<b>3.19 Esquema alumbrado de emergencia: .....</b>	<b>21</b>
<b>3.20 Cuadro secundario 2:.....</b>	<b>22</b>
<b>3.21 Esquema unifilar cuadro secundario 2 (auxiliar): .....</b>	<b>23</b>
<b>3.22 Cuadro secundario 3.....</b>	<b>24</b>
<b>3.23 Cuadro secundario 4:.....</b>	<b>25</b>
<b>3.24 Cuadro secundario 5:.....</b>	<b>26</b>
<b>3.25 Esquema de mando iluminación exterior: .....</b>	<b>27</b>
<b>3.26 Esquema de fuerza alumbrado exterior.....</b>	<b>28</b>



Universidad Pública  
de Navarra  
*Nafarroako  
Unibertsitate Publikoa*

REALIZADO:

**PÉREZ SAN MARTÍN, ENRIQUE**

DEPARTAMENTO:

**DEPARTAMENTO DE PROYECTOS  
E INGENIERÍA RURAL**

PROYECTO:

**INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN UN  
TALLER DE CHAPA Y PINTURA**

FIRMA:

PLANO:

**PLANO DE SITUACIÓN**

FECHA:

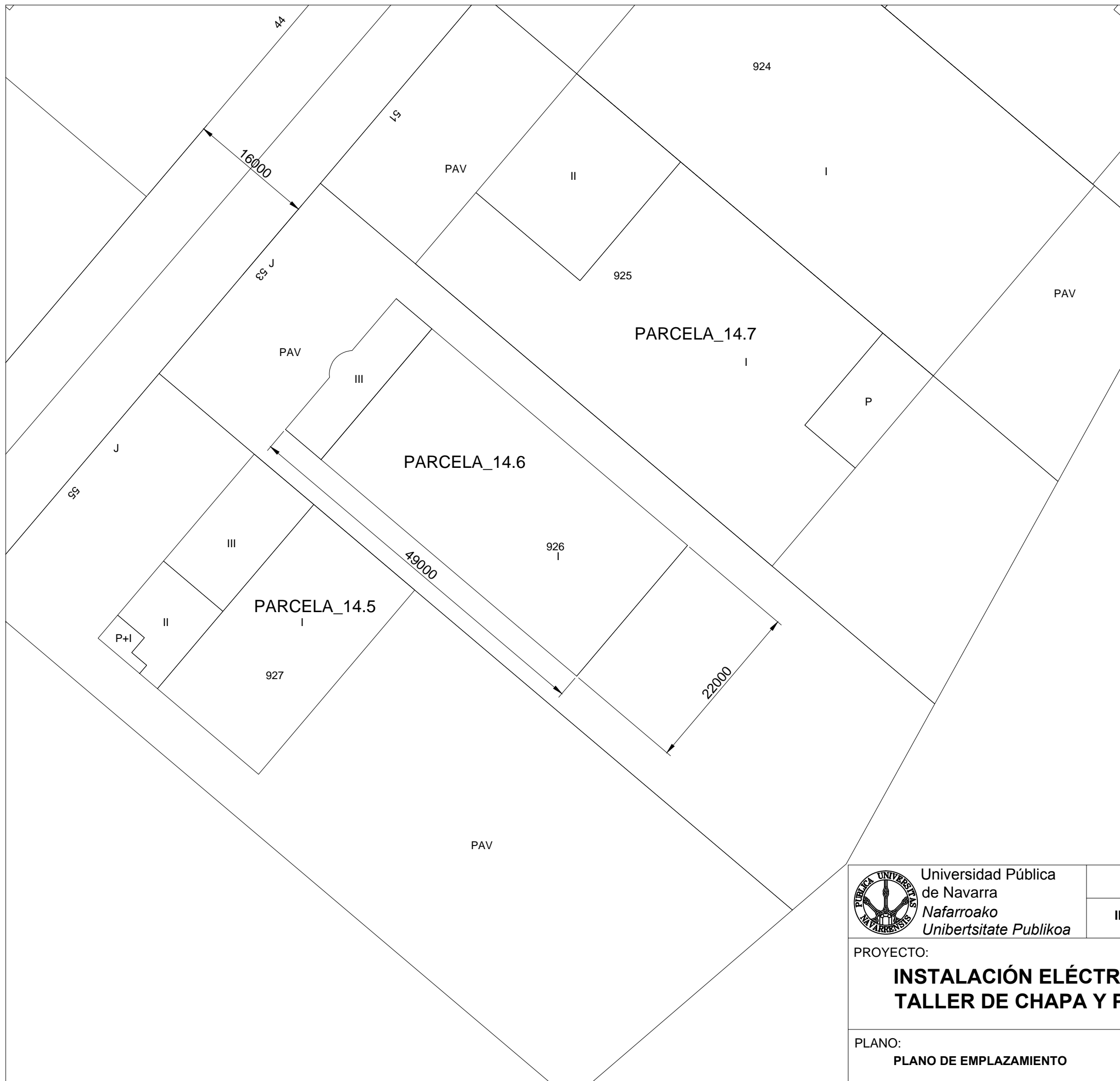
**Nov.2017**

ESCALA:

**S/E**

Nº PLANO:

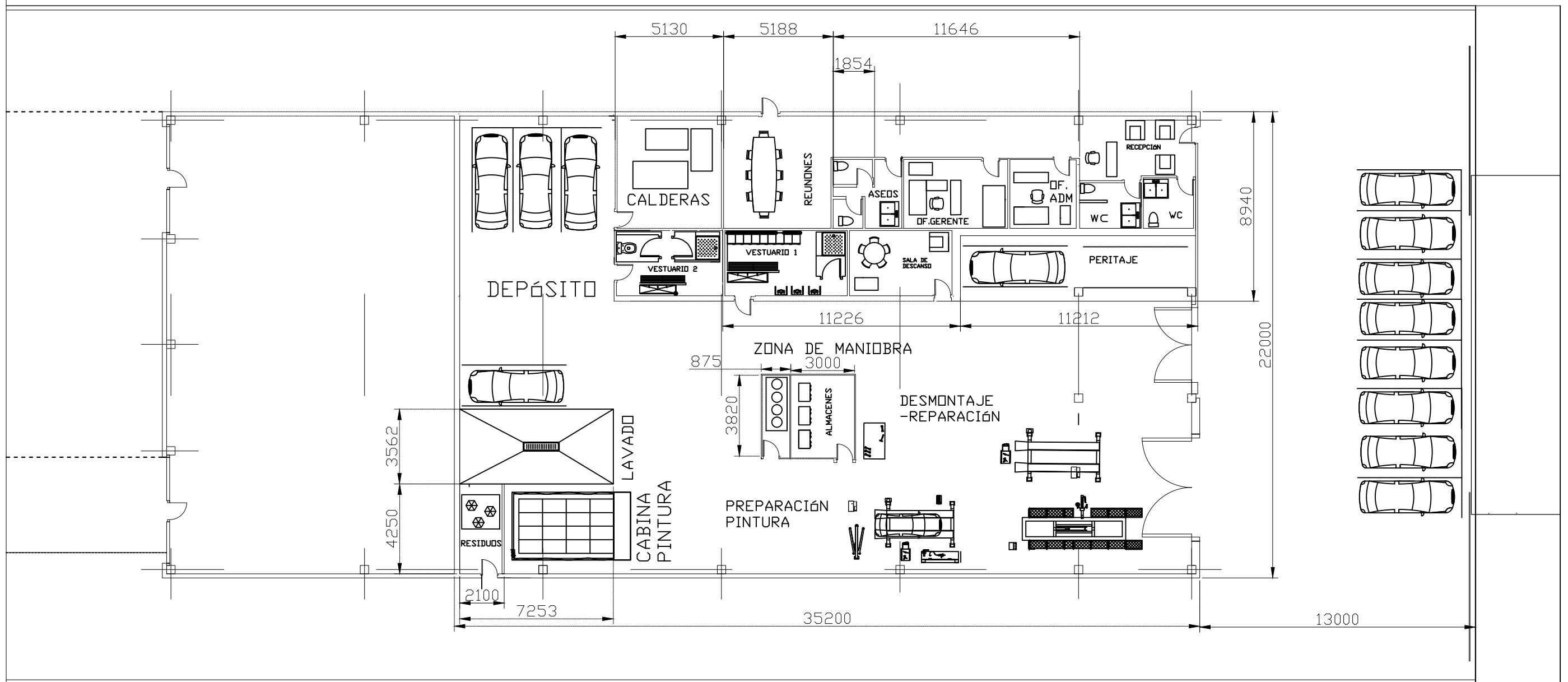
**1**



 Universidad Pública de Navarra <i>Nafarroako Unibertsitate Publikoa</i>	<b>E.T.S.I.I.T.</b>	DEPARTAMENTO: DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E INGENIERÍA RURAL		
	INGENIERO INDUSTRIAL	REALIZADO: <b>PÉREZ SAN MARTÍN, ENRIQUE</b>		
PROYECTO: <b>INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN UN TALLER DE CHAPA Y PINTURA</b>		FIRMA:		
PLANO: <b>PLANO DE EMPLAZAMIENTO</b>		FECHA: <b>Nov.2017</b>	ESCALA: <b>1:500</b>	Nº PLANO: <b>2</b>




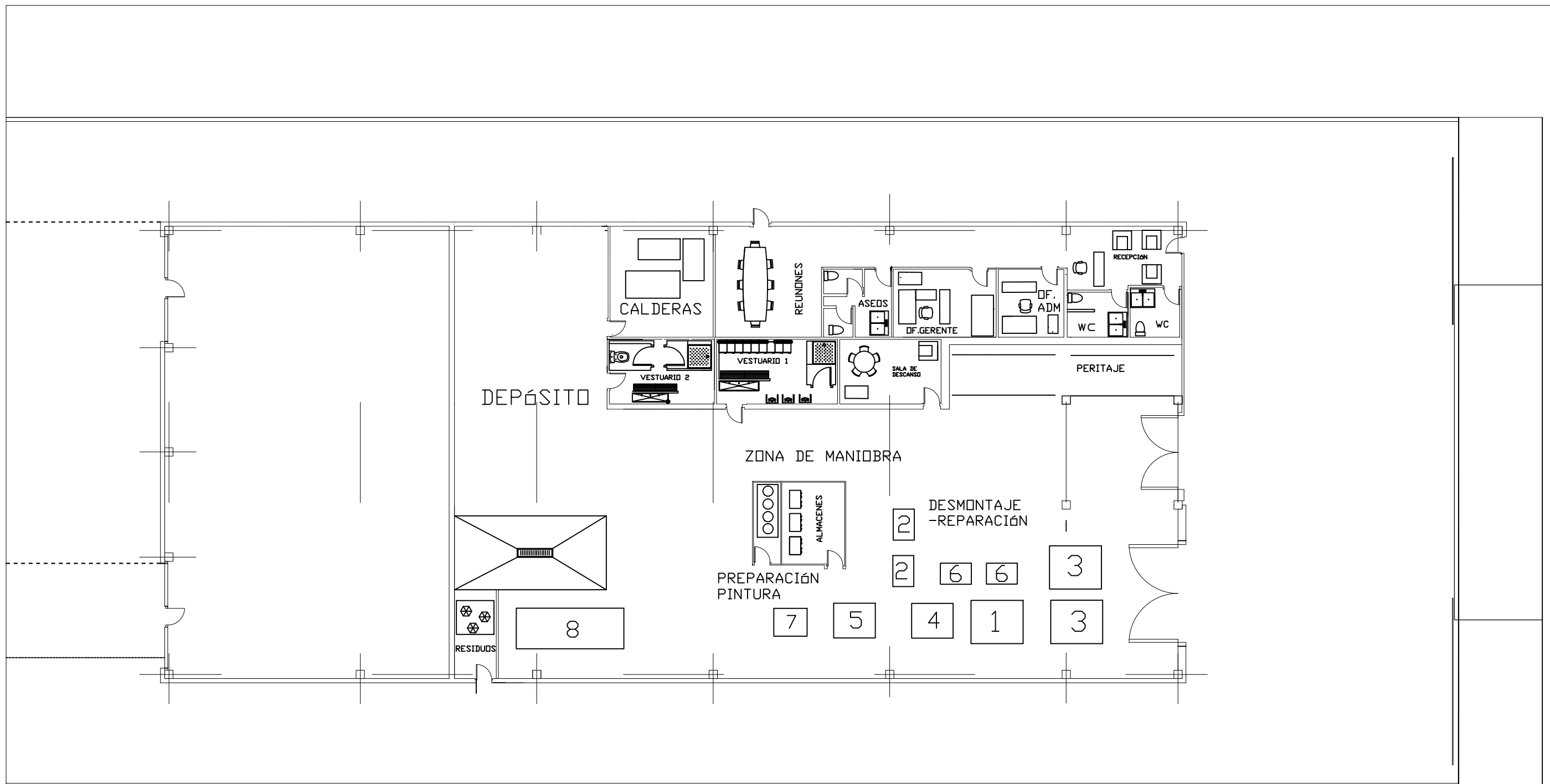
NAVE INDUSTRIAL 14.6  
779 m<sup>2</sup>




C/A 53

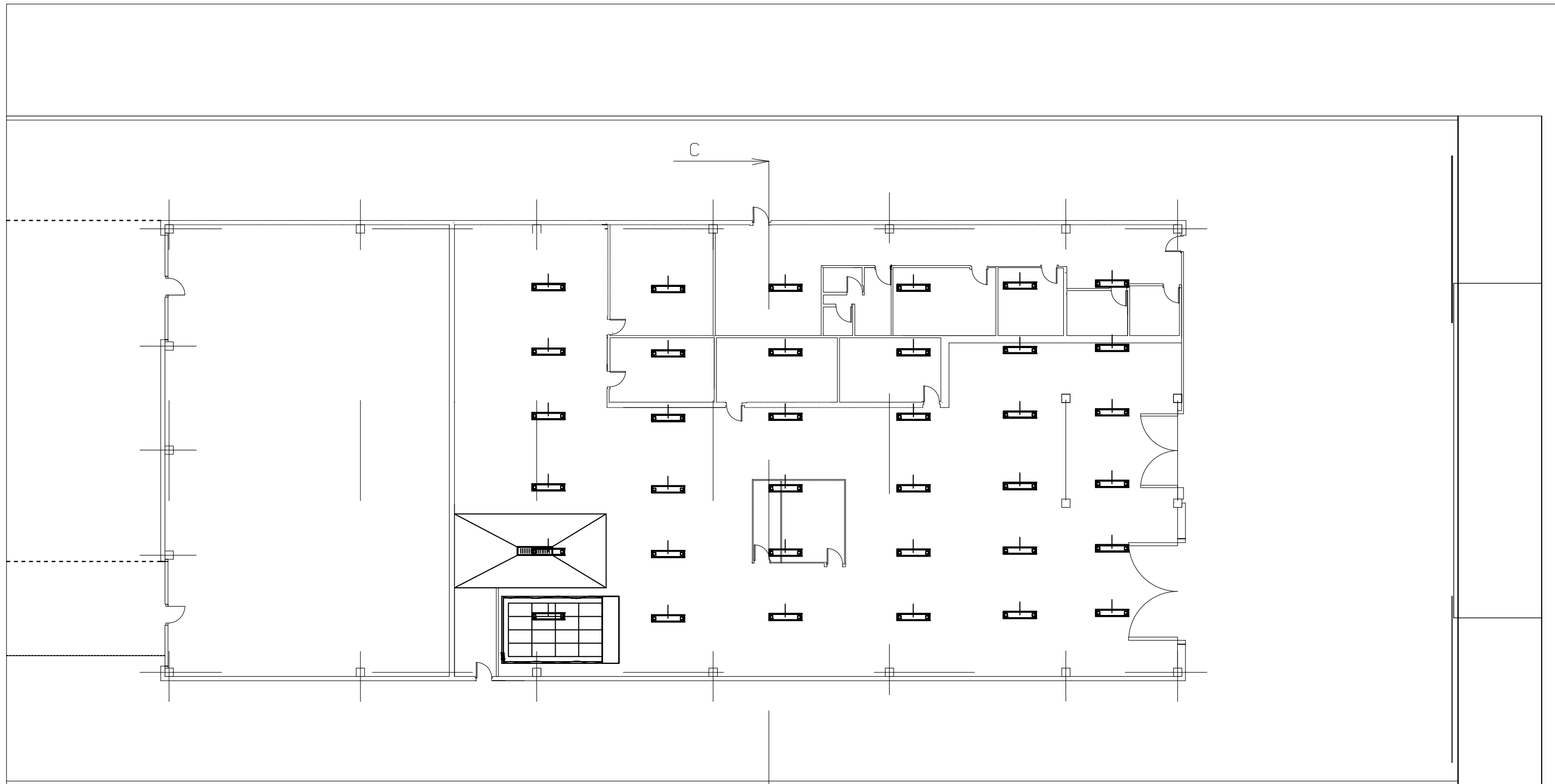
El Centro de Transformación, definido posteriormente en el plano 12, queda situado a 17 metros de las puertas que dan al aparcamiento


 Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	<b>E.T.S.I.I.T.</b>	DEPARTAMENTO: DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA RURAL
	INGENIERO INDUSTRIAL	REALIZADO: <b>PÉREZ SAN MARTÍN, ENRIQUE</b>
PROYECTO: <b>INSTALACIÓN DE UNA NAVE DE CHAPA Y PINTURA</b>		FIRMA:
PLANO: <b>PLANTA, USOS Y SUPERFICIES</b>	FECHA: Nov.2017	ESCALA: <b>1:200</b>
		N° PLANO: <b>3</b>




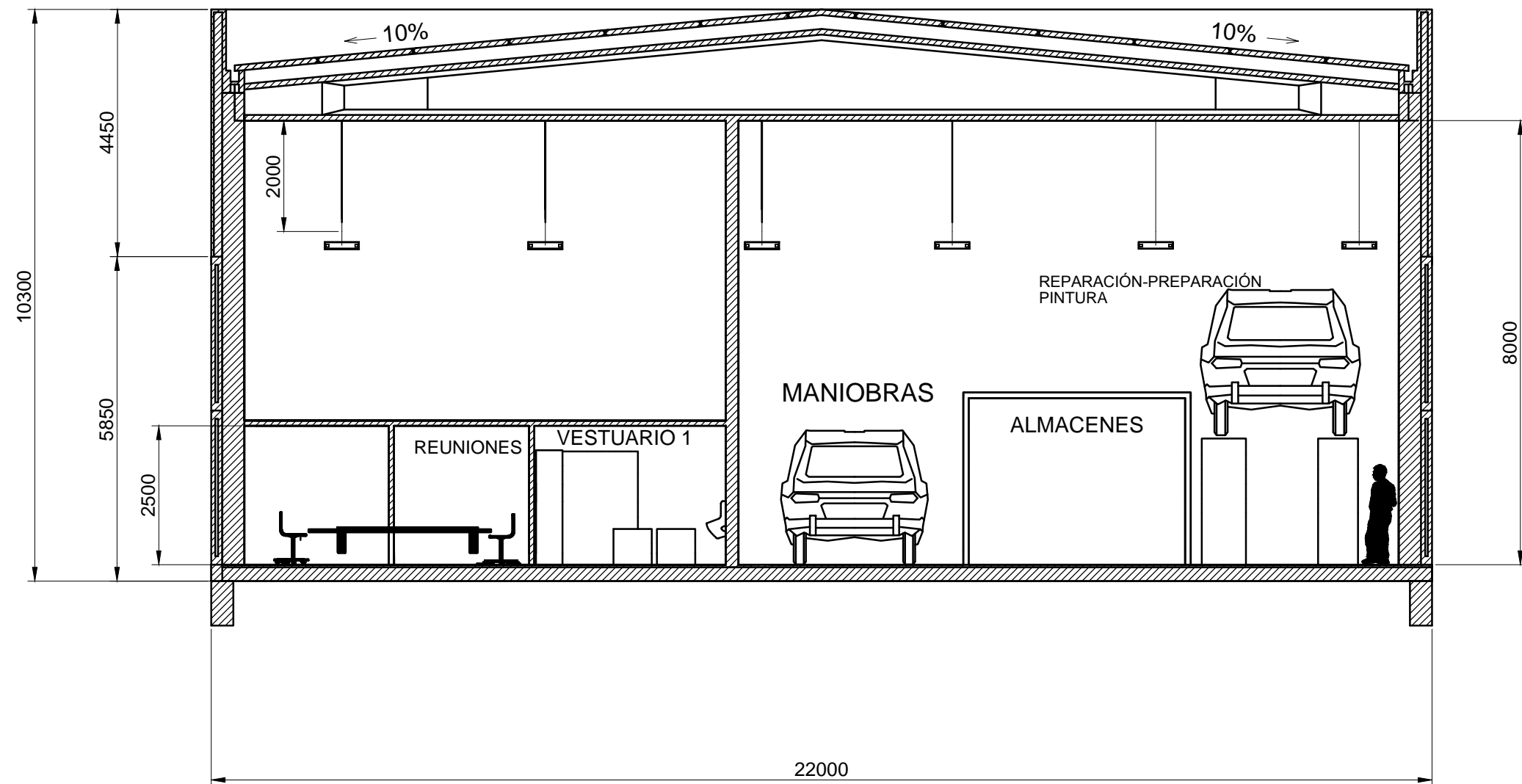
NÚMERO	MÁQUINA	Consumo (W)	F.P	Unidades
1	Compresor	4800	0.86	1
2	Equipo Soldadura	2800	0.86	2
3	Bancada	3500	0.87	2
4	Fresadora	13000	0.87	1
5	Brazo aspiración	1100	0.87	1
6	Plegadora	4050	0.88	2
7	Otros	1000	0.88	-
8	Cabina	15000	0.80	1


 Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	<b>E.T.S.I.I.T.</b>	DEPARTAMENTO:
	INGENIERO INDUSTRIAL	DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA RURAL
PROYECTO: <b>INSTALACIÓN DE UNA NAVE DE CHAPA Y PINTURA</b>		REALIZADO: <b>PÉREZ SAN MARTÍN, ENRIQUE</b>
PLANO: <b>DISTRIBUCIÓN DE LA NAVE, CONSUMOS</b>		FIRMA:  FECHA: <b>Nov.2017</b> ESCALA: <b>1:200</b> Nº PLANO: <b>4</b>

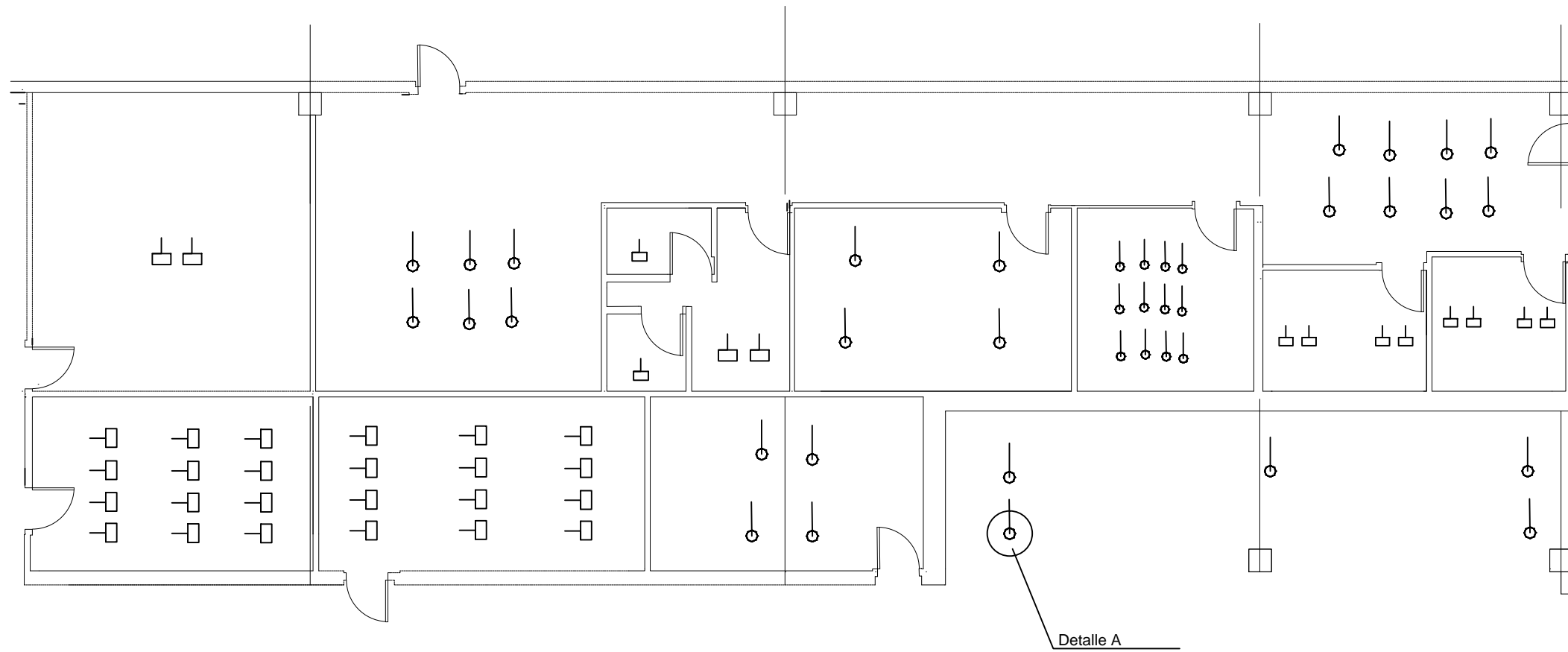


LEYENDA ELÉCTRICA	
COMPONENTE:	UNIDADES:
 PHILLIPS 4ME350	36

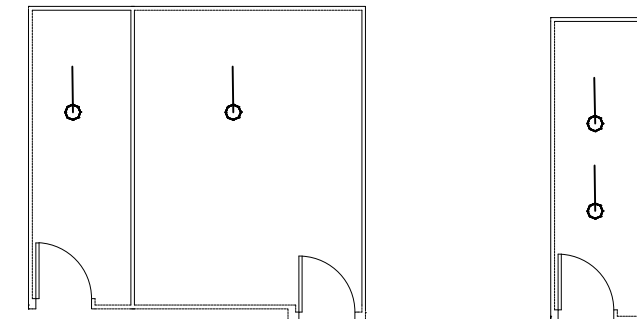
 Universidad Pública de Navarra <i>Nafarroako</i> <i>Unibertsitate Publikoa</i>	<b>E.T.S.I.I.T.</b>	DEPARTAMENTO:			
	INGENIERO INDUSTRIAL	DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA RURAL			
PROYECTO: <b>INSTALACIÓN DE UNA NAVE DE CHAPA Y PINTURA</b>		REALIZADO: <b>PÉREZ SAN MARTÍN, ENRIQUE</b>			
PLANO: <b>ILUMINACIÓN DE LA NAVE TRIFÁSICA</b>		FIRMA:	FECHA: Nov.2017	ESCALA: <b>1:200</b>	Nº PLANO: <b>5</b>



 Universidad Pública de Navarra <i>Nafarroako Unibertsitate Publikoa</i>	<b>E.T.S.I.I.T.</b>	DEPARTAMENTO:
	INGENIERO INDUSTRIAL	DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA RURAL
PROYECTO: <b>INSTALACIÓN DE UNA NAVE DE CHAPA Y PINTURA</b>		REALIZADO: PÉREZ SAN MARTÍN, ENRIQUE
		FIRMA:
PLANO: <b>SECCIÓN TRANSVERSAL C-C : ILUMINARIA</b>	FECHA: Nov.2017	ESCALA: <b>1:100</b>
		Nº PLANO: 6

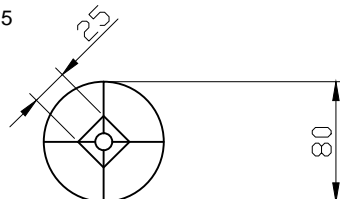



LEYENDA ELÉCTRICA	
COMPONENTE:	UNIDADES:
⬇ PHILLIPS LED 42S/840 (Monofásica)	36
⬇ PHILLIPS LED 12/WW (Monofásica)	34

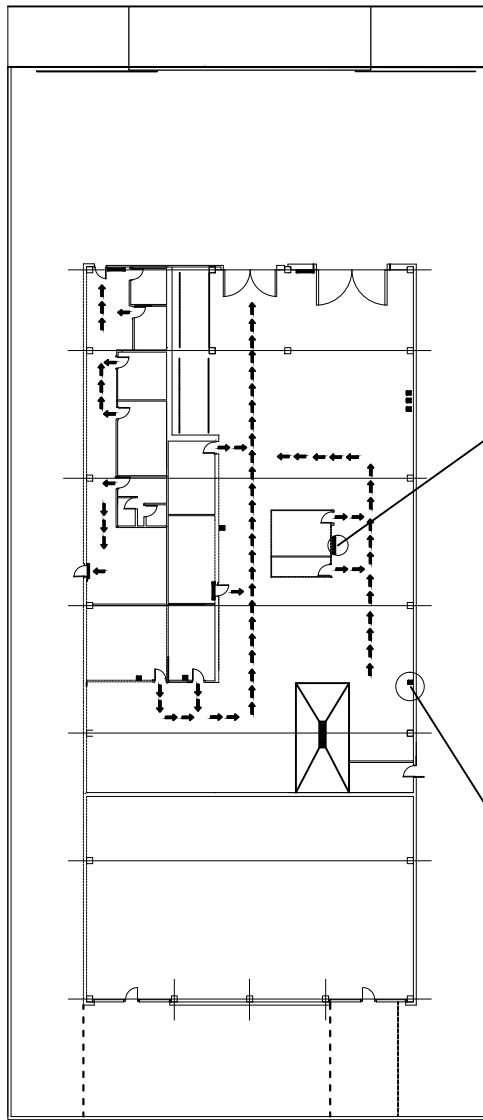


Se desarrolla a a escala 1:100 para reflejar en mayor detalle la iluminación de la zona de oficinas y almacenes

Detalle A : Lámpara monofásica vista en planta  
Escala 1:5






 Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	<b>E.T.S.I.I.T.</b>	DEPARTAMENTO:
	INGENIERO INDUSTRIAL	DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA RURAL
PROYECTO: <b>INSTALACIÓN DE UNA NAVE DE CHAPA Y PINTURA</b>		REALIZADO: <b>PÉREZ SAN MARTÍN, ENRIQUE</b>
PLANO: ILUMINACIÓN DE LA NAVE MONOFÁSICA		FIRMA:  FECHA: <b>Nov.2017</b> ESCALA: <b>1:100</b> Nº PLANO: <b>7</b>



Paquete de 5 BN 130C LED (emergencia)

BN 130C LED (emergencia)

### LEYENDA ELÉCTRICA

COMPONENTE:	UNIDADES:
 Paquete de 5 BN 130C LED (emergencia)	5
 BN 130C LED (emergencia)	6
 Camino de evacuación	



Universidad Pública  
de Navarra  
*Nafarroako*  
*Unibertsitate Publikoa*

REALIZADO:

**PÉREZ SAN MARTÍN, ENRIQUE**

DEPARTAMENTO:

**DEPARTAMENTO DE PROYECTOS  
E INGENIERÍA RURAL**

PROYECTO:

**INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN UN  
TALLER DE CHAPA Y PINTURA**

FIRMA:

PLANO:

**ALUMBRADO DE EMERGENCIA**

FECHA:

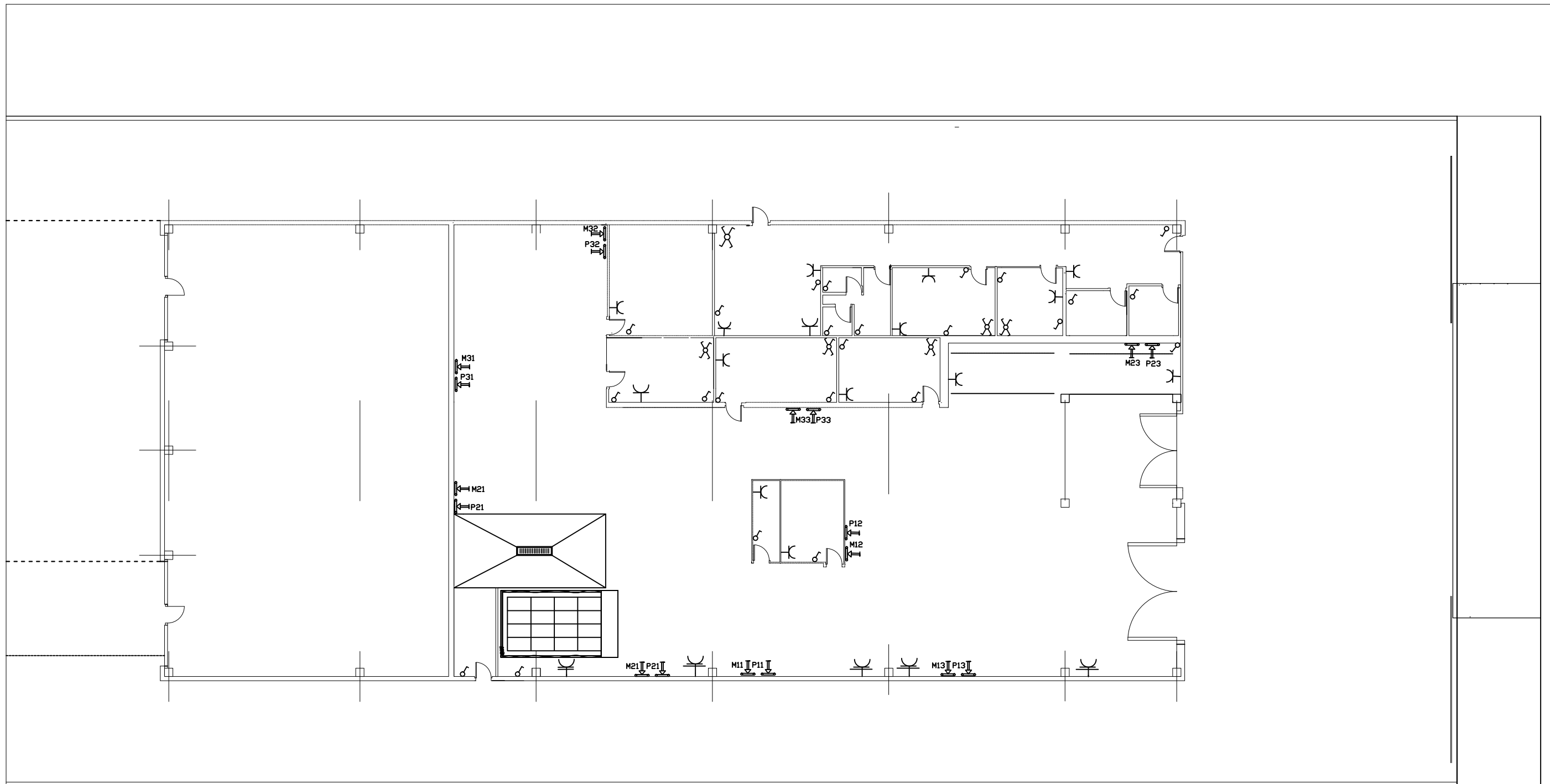
**Nov.2017**

ESCALA:








**1:500**

Nº PLANO:

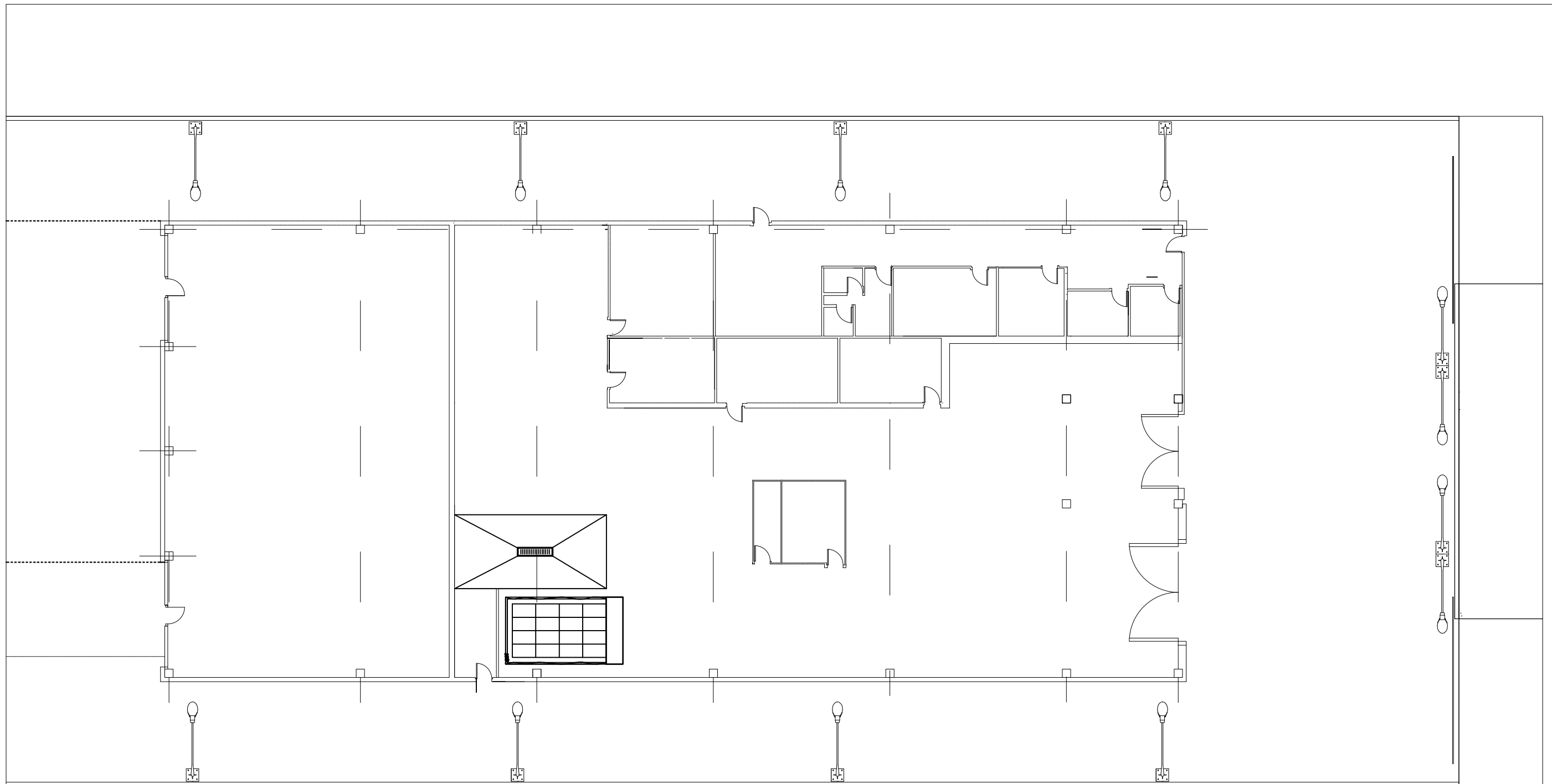
**8**





LEYENDA ELÉCTRICA

-  TOMA DE CORRIENTE 6 UD TRIFÁSICA
-  TOMA DE CORRIENTE 2 UD. MONOFÁSICA
-  INTERRUPTOR CRUZADO I DE 10 A DE CORRIENTE
-  INTERRUPTOR UNIPOLAR I DE 10 A DE CORRIENTE
-  CUADRO ELÉCTRICO DE DISTRIBUCIÓN
-  ARQUETA Y PICA DE COBRE DE DOS METROS DE LONGITUD
-  PULSADOR

 Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	<b>E.T.S.I.I.T.</b>	DEPARTAMENTO:
	INGENIERO INDUSTRIAL	DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA RURAL
PROYECTO: <b>INSTALACIÓN DE UNA NAVE DE CHAPA Y PINTURA</b>		REALIZADO: <b>PÉREZ SAN MARTÍN, ENRIQUE</b>
PLANO: <b>PULSADORES Y TOMAS DE CORRIENTE</b>		FIRMA:
	FECHA:	ESCALA: <b>1:200</b>
	Nov.2017	Nº PLANO: <b>9</b>



LEYENDA ELÉCTRICA	
COMPONENTE:	UNIDADES:
 Farolas con Philips HPI-T Plus 400W 645 E40.	12

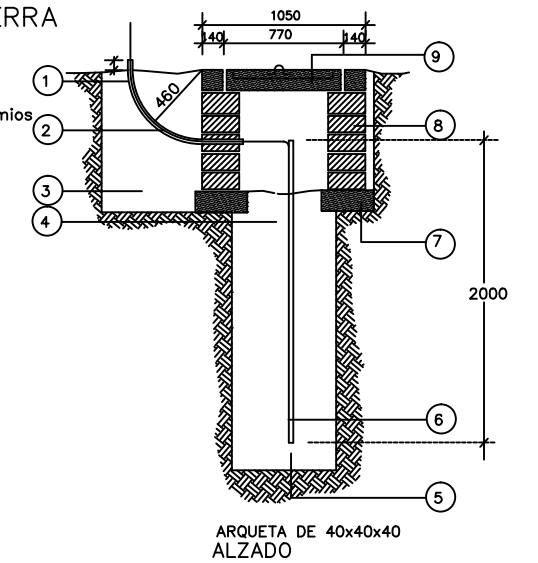
 Universidad Pública de Navarra <i>Nafarroako Unibertsitate Publikoa</i>	<b>E.T.S.I.I.T.</b>	DEPARTAMENTO:
	INGENIERO INDUSTRIAL	DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA RURAL
PROYECTO: <b>INSTALACIÓN DE UNA NAVE DE CHAPA Y PINTURA</b>		REALIZADO: <b>PÉREZ SAN MARTÍN, ENRIQUE</b>
PLANO: <b>ILUMINACIÓN EXTERIOR DE LA NAVE</b>		FIRMA:  FECHA: <b>05/09/17</b> ESCALA: <b>1:200</b> Nº PLANO: <b>10</b>



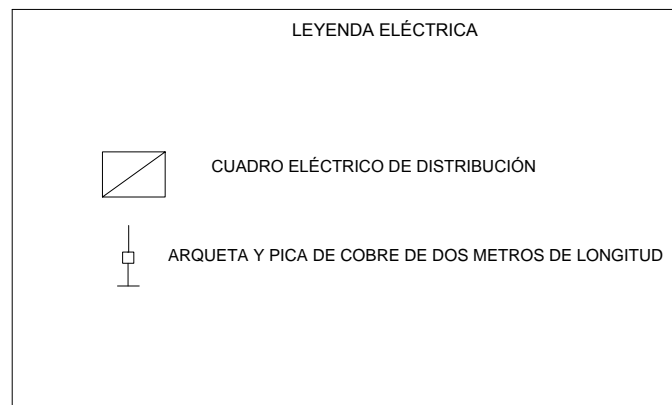
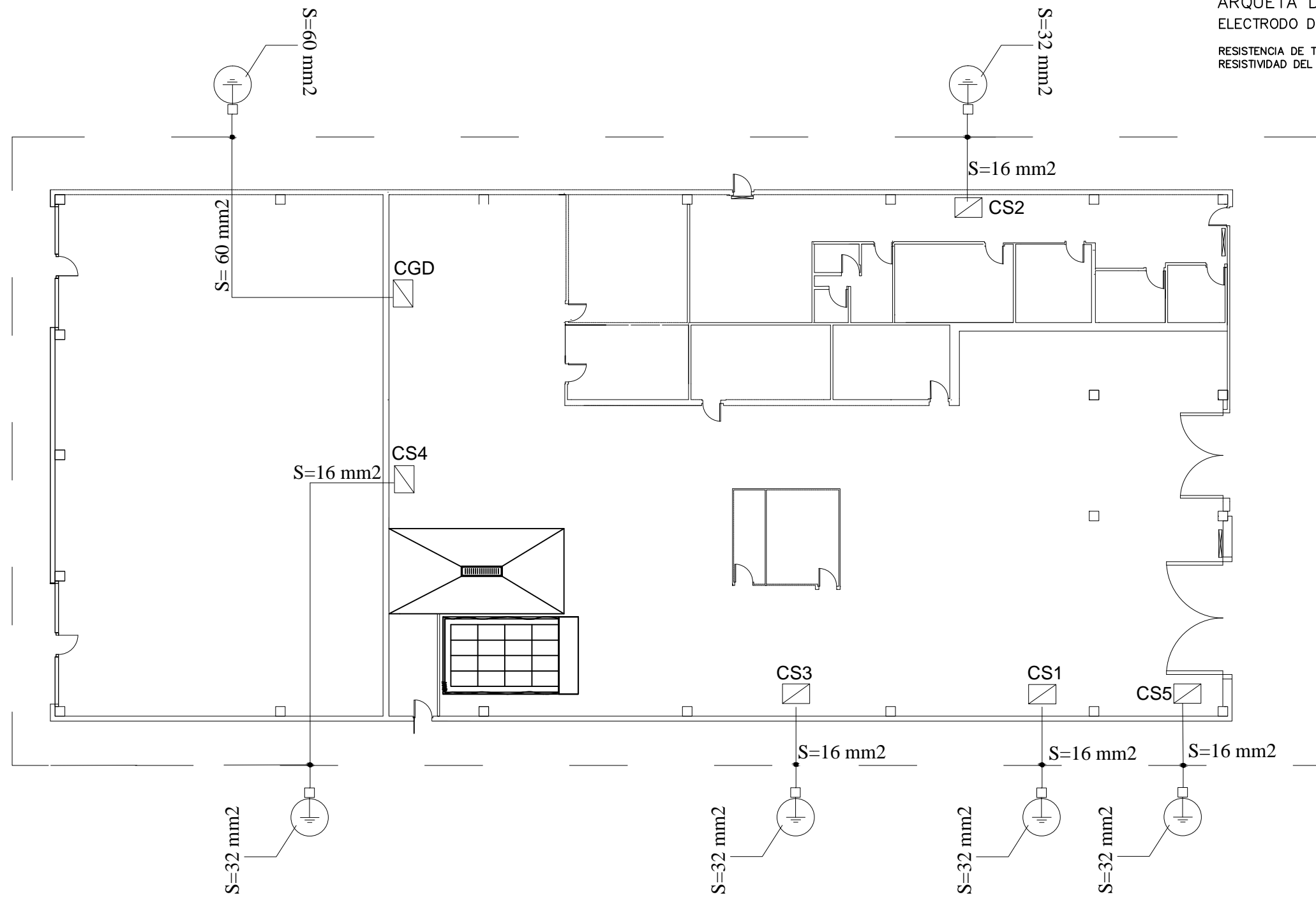
DETALLE B E:1:50

ARQUETA DE PUESTA A TIERRA  
ELECTRODO DE PICA VERTICAL

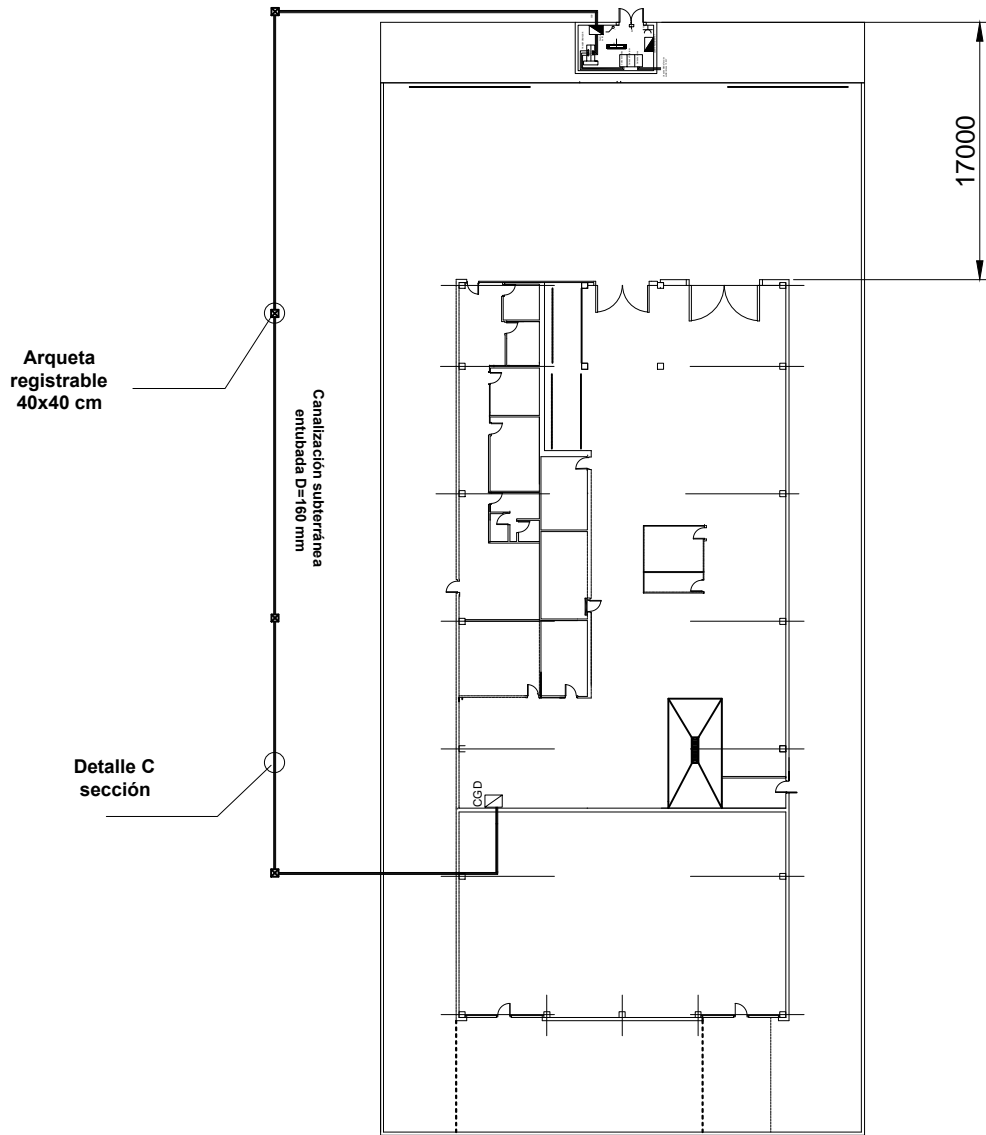
RESISTENCIA DE TIERRA  $R=18.5$  Ohmios  
RESISTIVIDAD DEL TERRENO  $r = 300$  miliohmios



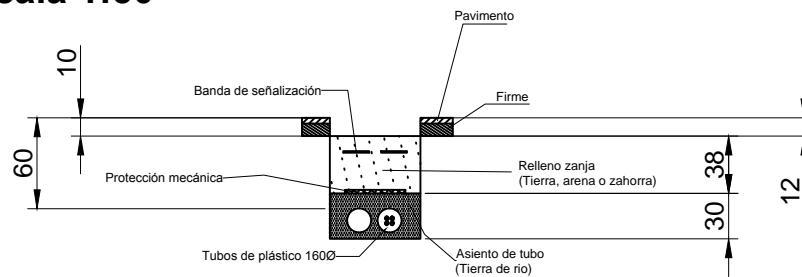
- 1 TUBO DE ACERO GALVANIZADO DE 40 mm DE SECCION
- 2 LINEA PRINCIPAL DE TIERRA, CON HILO DE COBRE DE 16 mm<sup>2</sup> DE SECCION
- 3 ZONA EXCAVADA
- 4 SOLDADURA DE COBRE DE ALTO PODER DE FUSION
- 5 RELLENO DE TIERRAS
- 6 ELECTRODO DE COBRE O DE ACERO GALVANIZADO.  $\phi=15$  mm<sup>2</sup>
- 7 BASE DE MORTERO
- 8 FABRICA DE LADRILLO MACIZO
- 9 TAPA DE HORMIGON ARMADO ARMADURA



 Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	<b>E.T.S.I.I.T.</b>	DEPARTAMENTO:
	INGENIERO INDUSTRIAL	DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E INGENIERÍA RURAL
PROYECTO: <b>INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN UN TALLER DE CHAPA Y PINTURA</b>		REALIZADO: <b>PÉREZ SAN MARTÍN, ENRIQUE</b>
PLANO: <b>PUESTA TIERRA</b>		FIRMA:
FECHA:	ESCALA:	Nº PLANO:
Nov.2017	1:200	11



**Detalle C: Zanja a Escala 1:50**



Universidad Pública  
de Navarra  
*Nafarroako*  
*Unibertsitate Publikoa*

REALIZADO:

**PÉREZ SAN MARTÍN, ENRIQUE**

DEPARTAMENTO:

**DEPARTAMENTO DE PROYECTOS  
E INGENIERÍA RURAL**

PROYECTO:

**INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN UN  
TALLER DE CHAPA Y PINTURA**

FIRMA:

PLANO:

**LOCALIZACIÓN DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN**

FECHA:

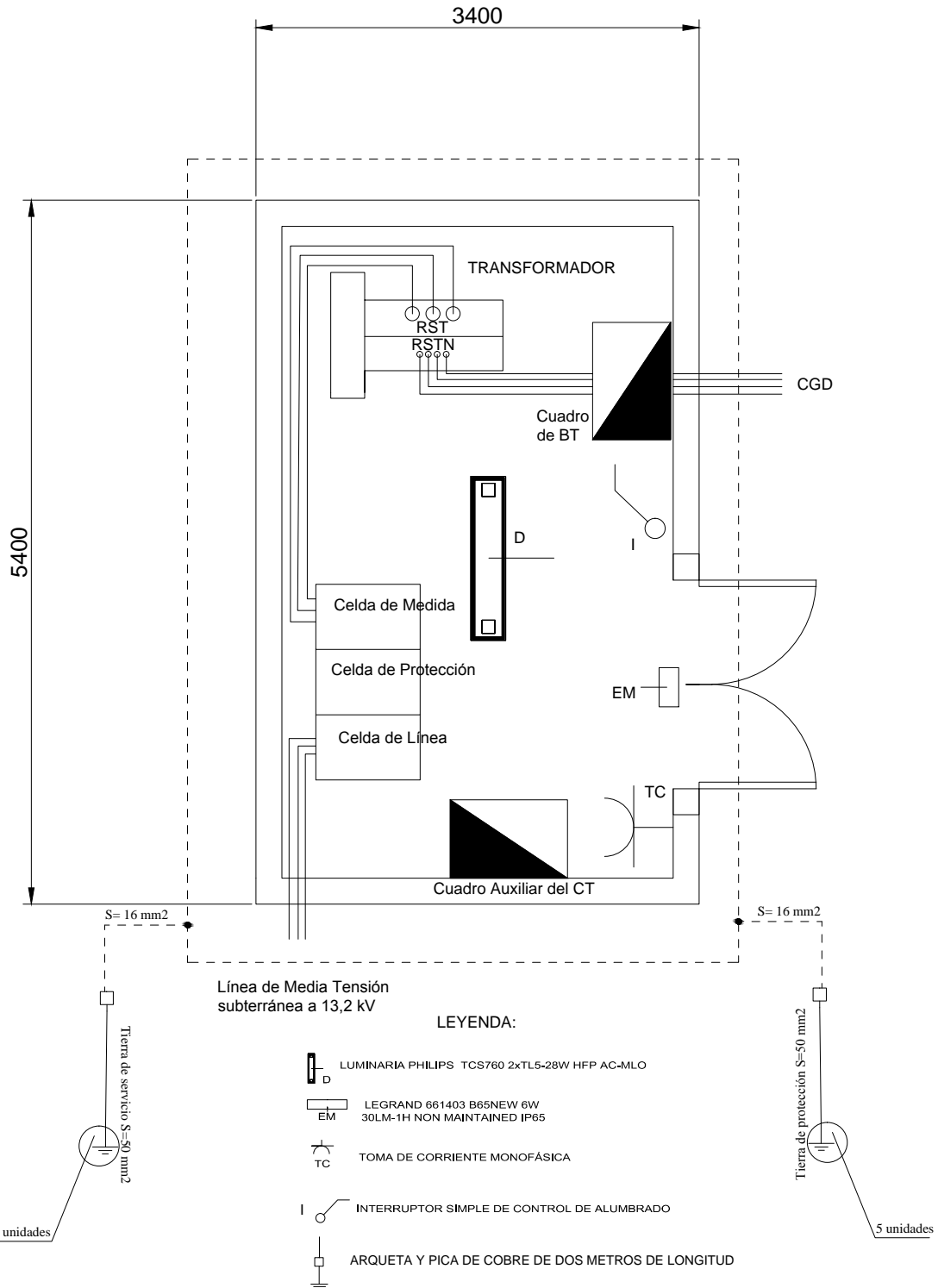
**Nov.2017**

ESCALA:

**1:500**

Nº PLANO:

**12**



Universidad Pública  
de Navarra  
Nafarroako  
Unibertsitate Publikoa

REALIZADO:

**PÉREZ SAN MARTÍN, ENRIQUE**

DEPARTAMENTO:

**DEPARTAMENTO DE PROYECTOS  
E INGENIERÍA RURAL**

PROYECTO:

**INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN UN  
TALLER DE CHAPA Y PINTURA**

FIRMA:

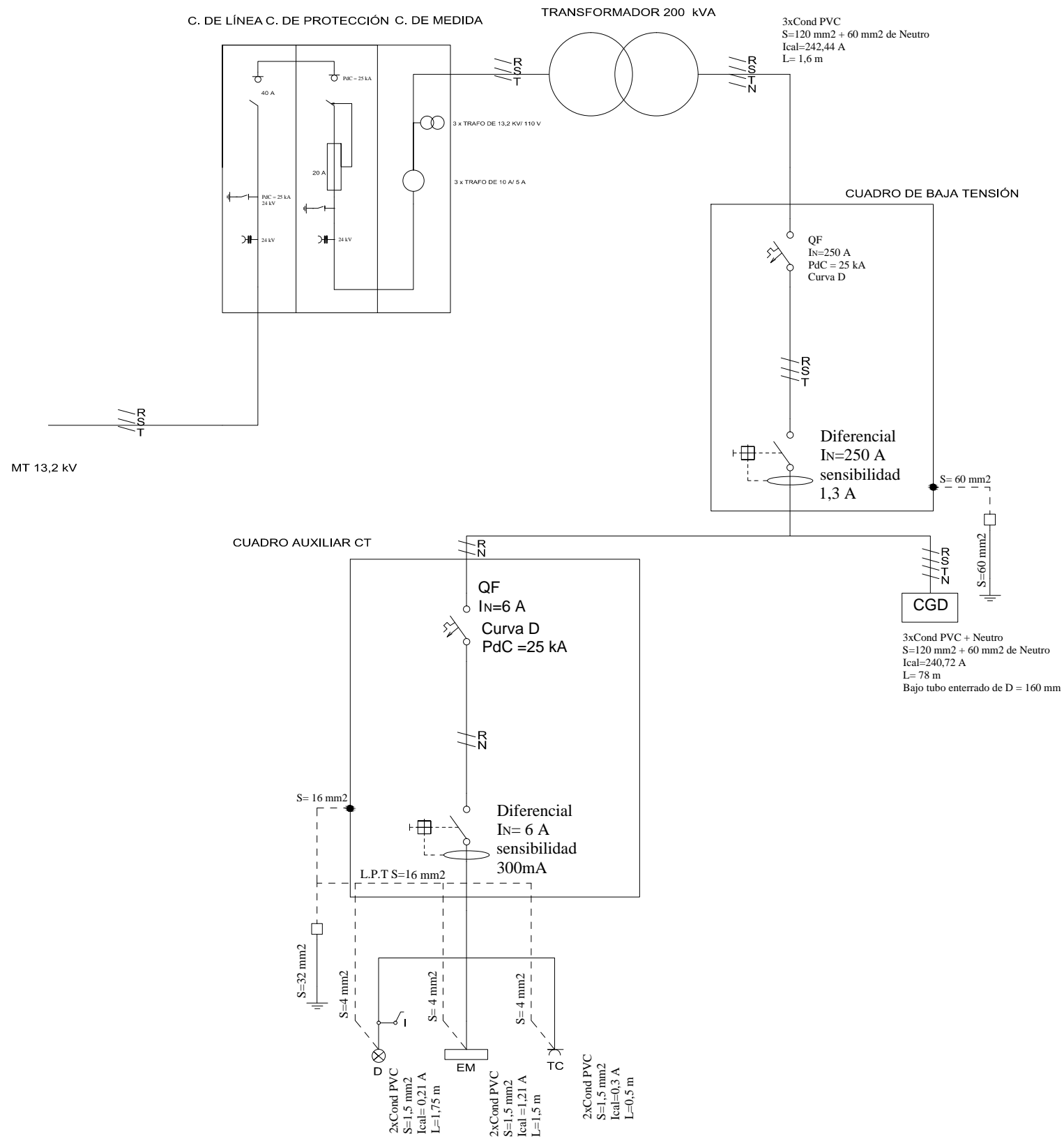
PLANO:

**CENTRO DE TRANSFORMACIÓN**


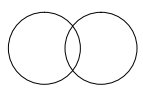



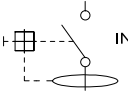







FECHA:  
**Nov.2017**

ESCALA:  
**1:50**

Nº PLANO:  
**13**

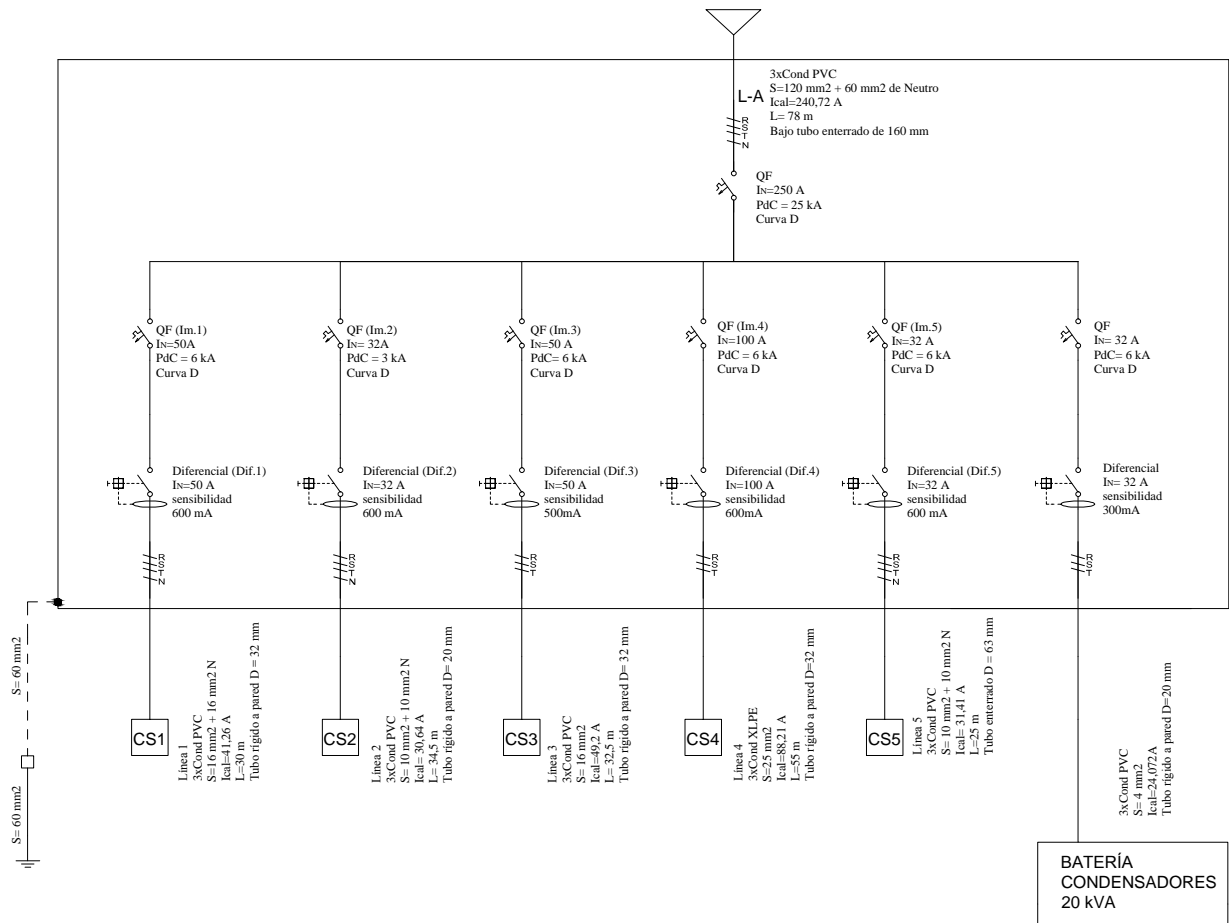


**LEYENDA:**

-  INTERRUPTOR SIMPLE DE CONTROL
-  TRANSFORMADOR DE TENSIÓN
-  LUMINARIA PHILIPS LED 12/WW
-  LEGRAND 661403 B65NEW 6W  
30LM-1H NON MAINTAINED IP65
-  TOMA DE CORRIENTE MONOFÁSICA
-  INTERRUPTOR DIFERENCIAL
-  INTERRUPTOR AUTOMÁTICO MAGNETOTÉRMICO
-  CABLE DE TIERRA (PE)
-  ARQUETA Y PICA DE TIERRA
-  INDICADOR DE PRESENCIA DE TENSIÓN
-  SECCIONADOR DE PUESTA A TIERRA
-  INTERRUPTOR AUTOMÁTICO DE CORTE CON FUSIBLE
-  TRANSFORMADOR DE CORRIENTE

 Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	<b>E.T.S.I.I.T.</b> INGENIERO INDUSTRIAL	DEPARTAMENTO: DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E INGENIERÍA RURAL
	PROYECTO: <b>INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN UN TALLER DE CHAPA Y PINTURA</b>	
PLANO: <b>ESQUEMA UNIFILAR CT</b>		REALIZADO: ,PÉREZ SAN MARTÍN, ENRIQUE FIRMA:
	FECHA: <b>Nov.2017</b>	ESCALA: <b>S/E</b>
	Nº PLANO: <b>14</b>	

# CUADRO BAJA TENSIÓN CENTRO DE TRANSFORMACIÓN



### LEYENDA:

- CUADRO SECUNDARIO**
- INTERRUPTOR DIFERENCIAL**
- INTERRUPTOR AUTOMÁTICO  
MAGNETOTÉRMICO**
- ARQUETA Y PICA DE  
COBRE DE 2 m DE LONGITUD**
- CABLE DE TIERRA (PE)**



Universidad Pública  
de Navarra  
*Nafarroako  
Unibertsitate Publikoa*

REALIZADO:

**PÉREZ SAN MARTÍN, ENRIQUE**

DEPARTAMENTO:

**DEPARTAMENTO DE PROYECTOS  
E INGENIERÍA RURAL**

PROYECTO:

**INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN UN  
TALLER DE CHAPA Y PINTURA**

FIRMA:

PLANO:

**CUADRO GENERAL DE DISTRIBUCIÓN**

FECHA:

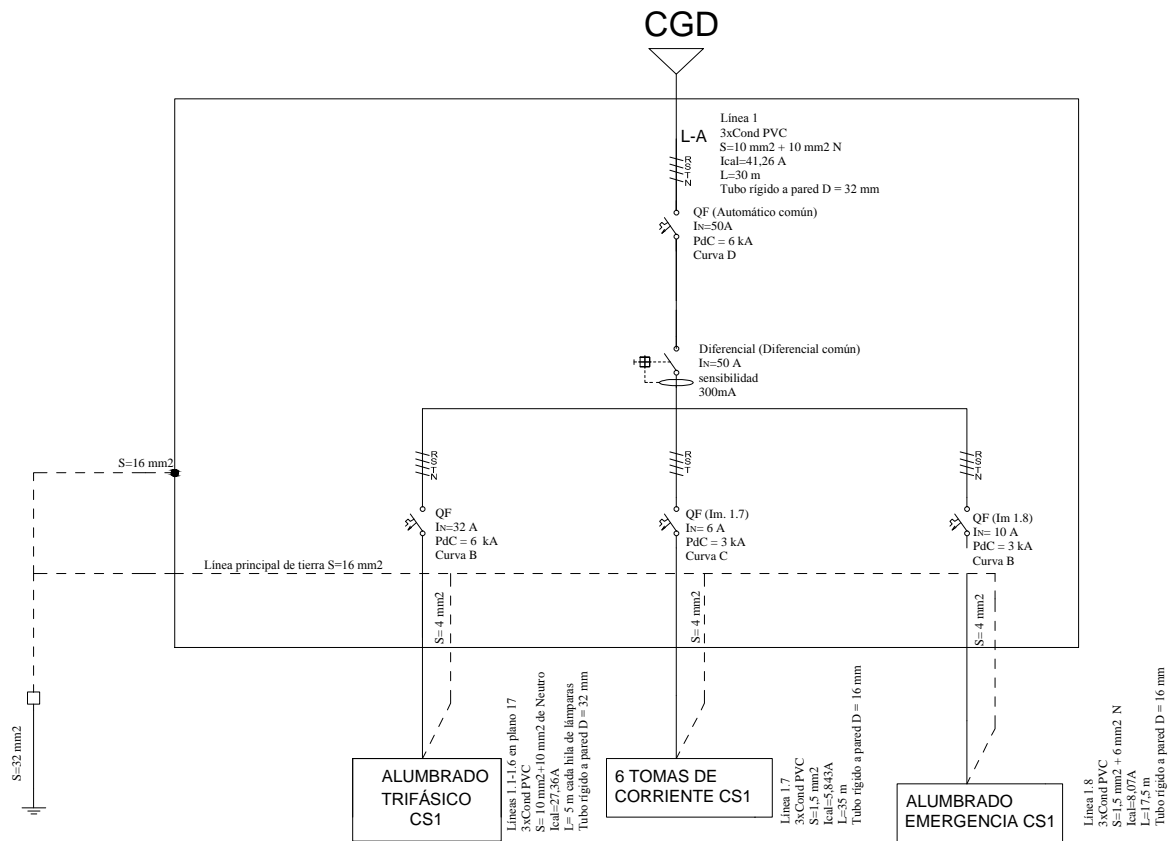
**Nov.2017**

ESCALA:

**S/E**

Nº PLANO:

**15**



**LEYENDA:**



**INTERRUPTOR DIFERENCIAL**



**INTERRUPTOR AUTOMÁTICO MAGNETOTÉRMICO**



**ARQUETA Y PICA DE COBRE DE 2 m DE LONGITUD**



**CABLE DE TIERRA (PE)**



Universidad Pública  
de Navarra  
*Nafarroako*  
*Unibertsitate Publikoa*

REALIZADO:

**PÉREZ SAN MARTÍN, ENRIQUE**

DEPARTAMENTO:

**DEPARTAMENTO DE PROYECTOS  
E INGENIERÍA RURAL**

PROYECTO:

**INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN UN  
TALLER DE CHAPA Y PINTURA**

FIRMA:

PLANO:

**CUADRO SECUNDARIO 1**

FECHA:

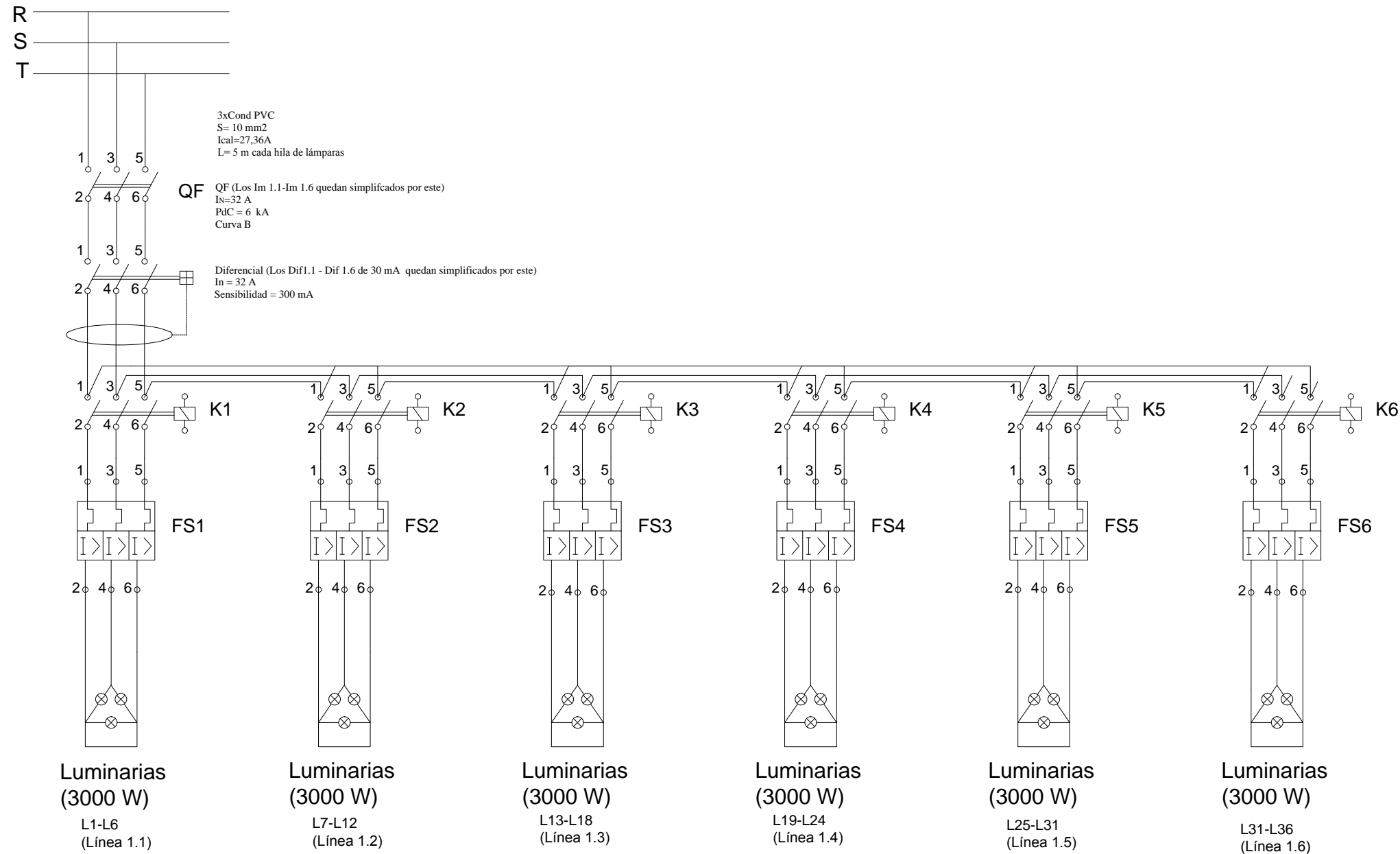
**Nov.2017**

ESCALA:

**S/E**

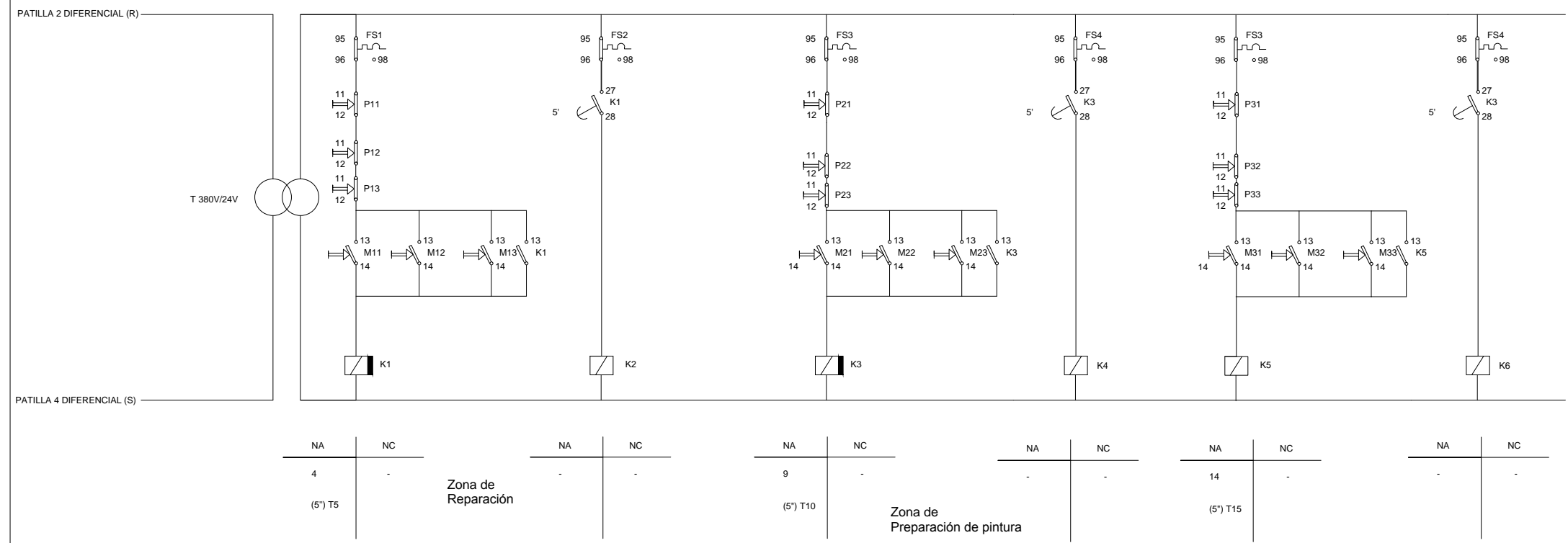
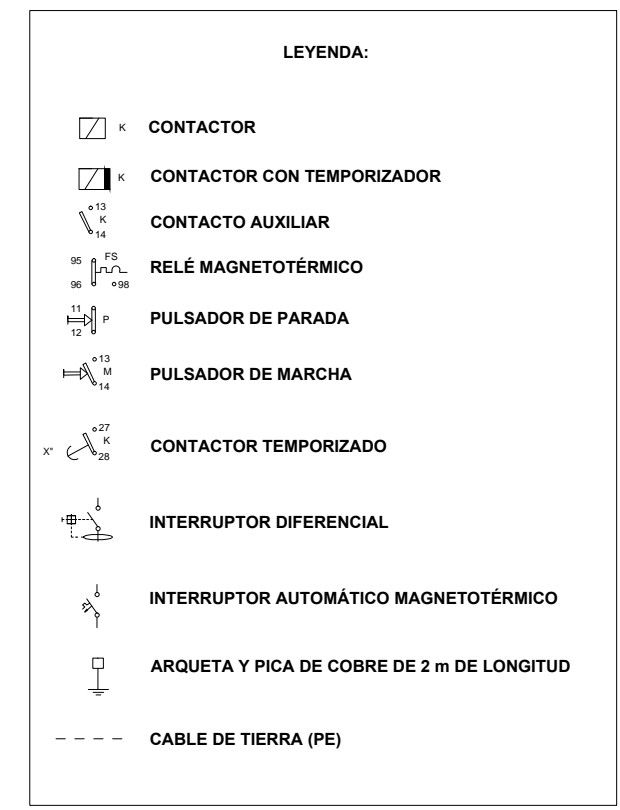
Nº PLANO:

**16**



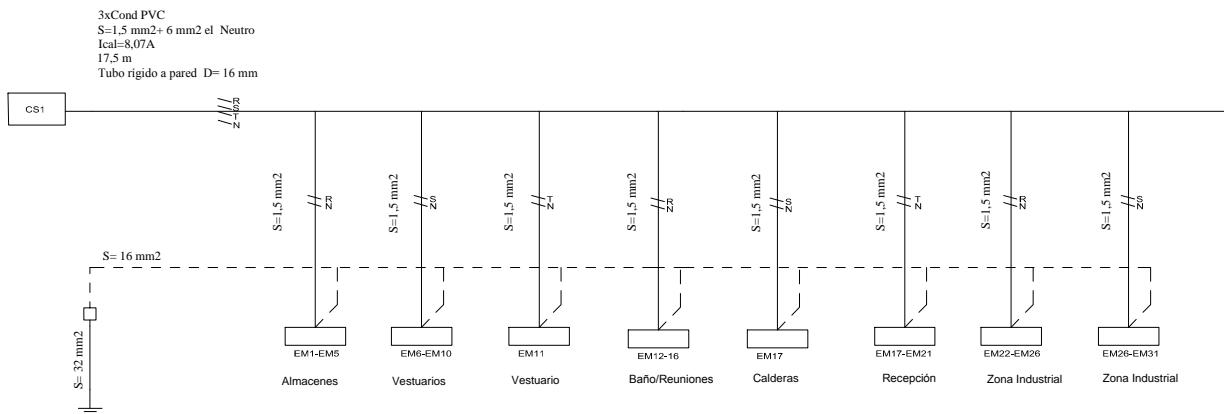
LEYENDA ELÉCTRICA	
	Interruptor automático magnetotérmico
	Interruptor diferencial
	Contactora
	Relé magnetotérmico

Universidad Pública de Navarra <i>Nafarroako Unibertsitate Publikoa</i>	<b>E.T.S.I.I.T.</b>	DEPARTAMENTO:
	INGENIERO INDUSTRIAL	DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E INGENIERIA RURAL
PROYECTO: <b>INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA NAVE INDUSTRIAL</b>		REALIZADO: <b>PÉREZ SAN MARTÍN, ENRIQUE</b>
PLANO: <b>ESQUEMA MULTIFILAR ALUMBRADO TALLER</b>		FIRMA:  FECHA: <b>Nov.2017</b> ESCALA: <b>S/E</b> Nº PLANO: <b>17</b>

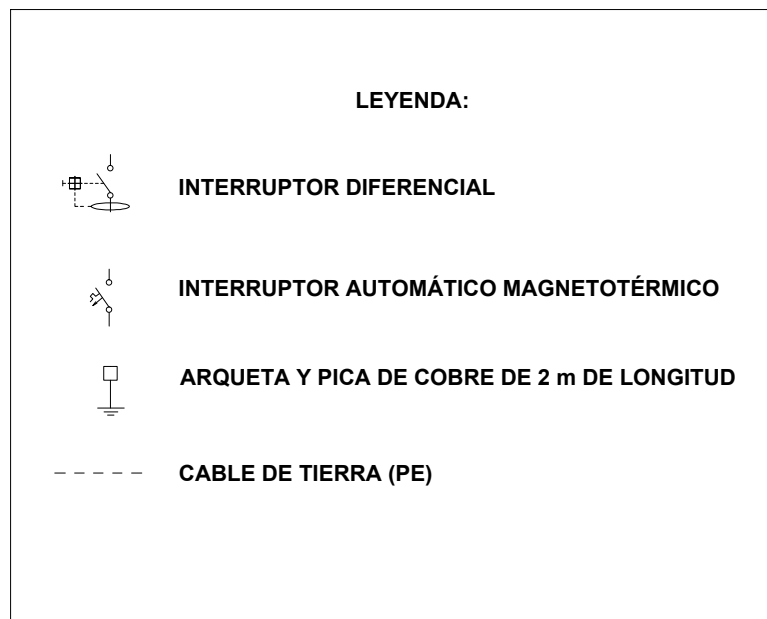


 <p>Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa</p>	E.T.S.I.I.T.	DEPARTAMENTO: DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E INGENIERÍA RURAL			
	INGENIERO INDUSTRIAL				
PROYECTO: <h2 style="text-align: center; margin: 0;">INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN UN TALLER DE CHAPA Y PINTURA</h2>		REALIZADO: <p style="text-align: center; font-weight: bold;">PÉREZ SAN MARTÍN, ENRIQUE</p>			
PLANO: <p style="text-align: center; font-weight: bold;">ESQUEMA DE MANDO DEL ALUMBRADO ZONA DE TRABAJO</p>		FIRMA:  <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 33%;">FECHA: Nov.2017</td> <td style="width: 33%;">ESCALA: <b>S/E</b></td> <td style="width: 33%;">Nº PLANO: <b>18</b></td> </tr> </table>	FECHA: Nov.2017	ESCALA: <b>S/E</b>	Nº PLANO: <b>18</b>
FECHA: Nov.2017	ESCALA: <b>S/E</b>	Nº PLANO: <b>18</b>			





La sección de todos los conductores de protección de las líneas será de 4 mm<sup>2</sup>



Universidad Pública  
 de Navarra  
*Nafarroako*  
*Unibertsitate Publikoa*

REALIZADO:

**PÉREZ SAN MARTÍN, ENRIQUE**

DEPARTAMENTO:

**DEPARTAMENTO DE PROYECTOS  
 E INGENIERÍA RURAL**

PROYECTO:

**INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN UN  
 TALLER DE CHAPA Y PINTURA**

FIRMA:

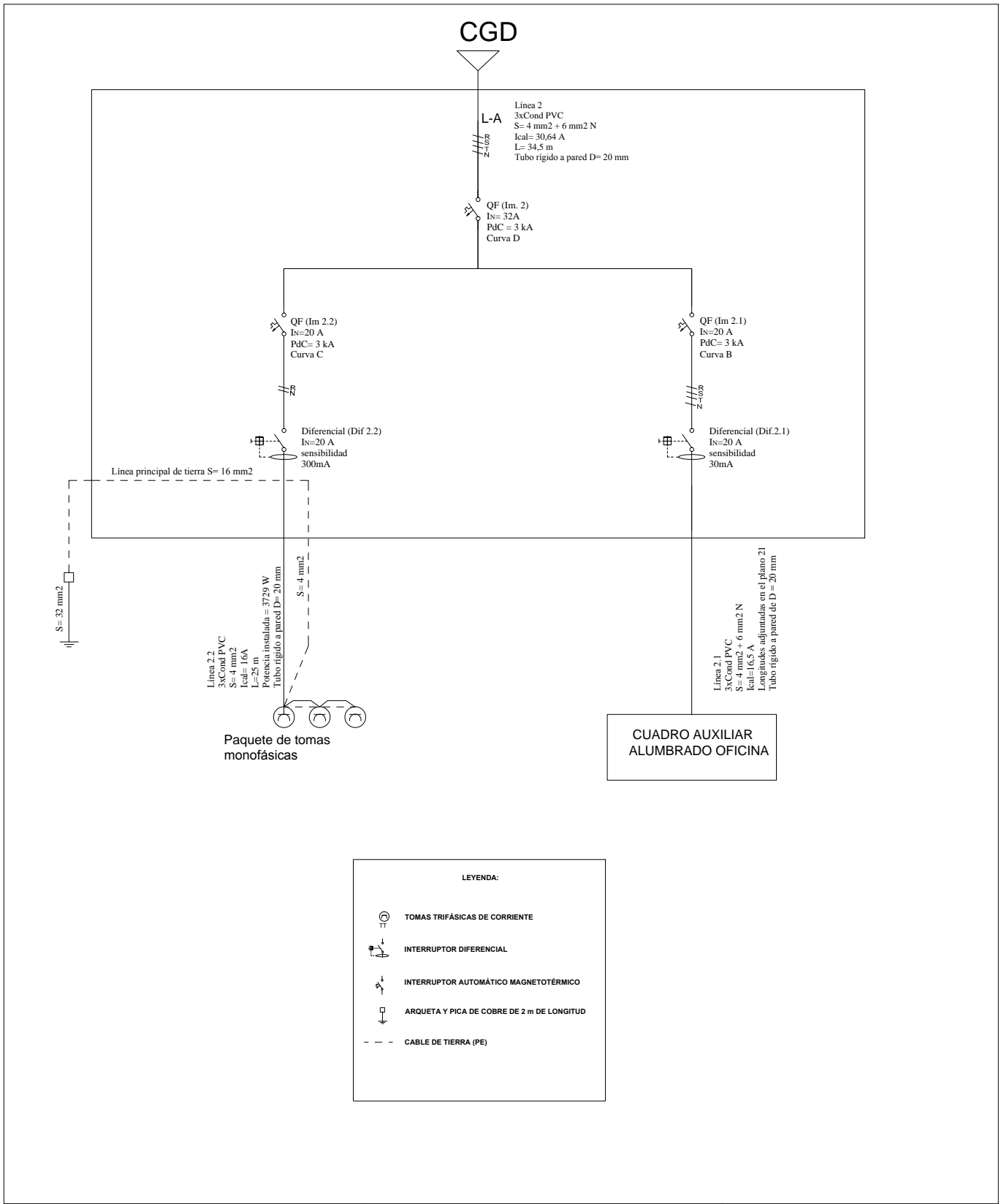
PLANO:

**ESQUEMA ALUMBRADO DE EMERGENCIA**

FECHA:  
**Nov.2017**







ESCALA:  
**S/E**

Nº PLANO:  
**19**

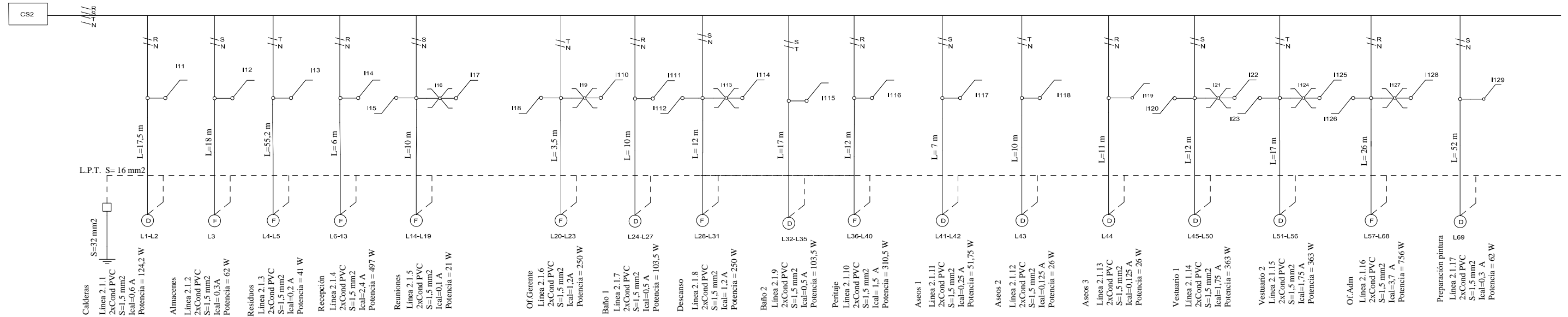


	<p>Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa</p>	<p>REALIZADO: <b>PÉREZ SAN MARTÍN, ENRIQUE</b></p>	<p>DEPARTAMENTO: DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E INGENIERÍA RURAL</p>
<p>PROYECTO: <b>INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN UN TALLER DE CHAPA Y PINTURA</b></p>		<p>FIRMA:</p>	
<p>PLANO: <b>CUADRO SECUNDARIO 2</b></p>	<p>FECHA: <b>Nov.2017</b></p>	<p>ESCALA: <b>S/E</b></p>	<p>Nº PLANO: <b>20</b></p>

**LEYENDA:**

-  **LUMINARIA PHILIPS LED 12/WW**
-  **LUMINARIA PHILIPS LED 42S/840**
-  **INTERRUPTOR SIMPLE**
-  **ARQUETA Y PICA DE COBRE DE 2 m DE LONGITUD**
-  **CABLE DE TIERRA (PE)**
-  **INTERRUPTOR CRUZADO**

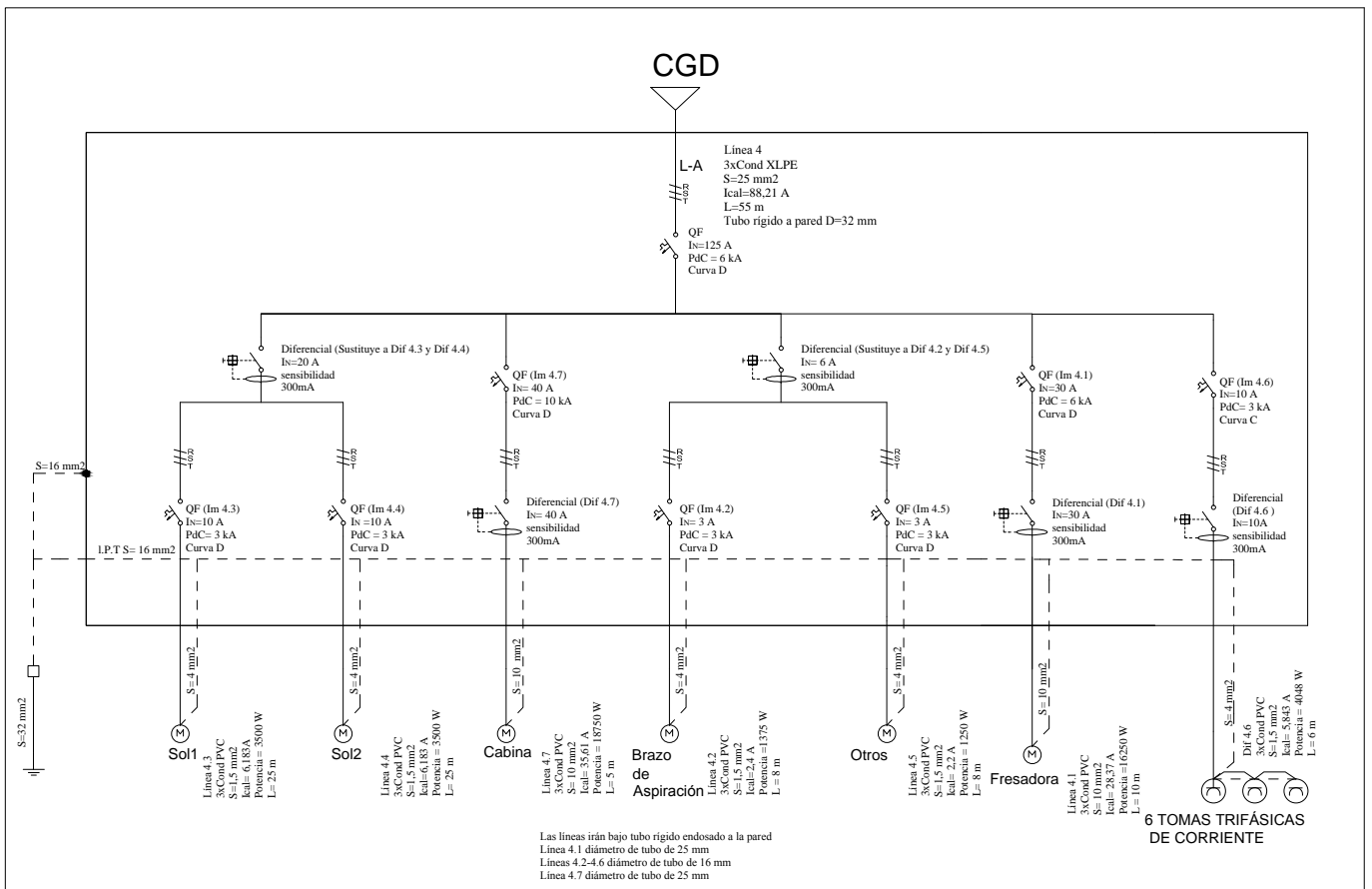
3xCond PVC  
S= 4 mm<sup>2</sup>+ 6 mm<sup>2</sup> de Neutro  
Ical= 16,5 A  
Tubo rígido a pared D=20 mm












La sección de los conductores de protección de todas las líneas será de 4 mm<sup>2</sup>

 Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	<b>E.T.S.I.I.T.</b> INGENIERO INDUSTRIAL	DEPARTAMENTO: DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E INGENIERÍA RURAL
	PROYECTO: <b>INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN UN TALLER DE CHAPA Y PINTURA</b>	
PLANO: ESQUEMA UNIFILAR ALUMBRADO CS2 (AUXILIAR)	REALIZADO: PÉREZ SAN MARTÍN, ENRIQUE	FIRMA:
FECHA: Nov.2017	ESCALA: S/E	Nº PLANO: 21





**LEYENDA:**

-  **SOLDADORA 1**
-  **SOLDADORA 2**
-  **CABINA DE PINTURA 1**
-  **FRESADORA**
-  **APARATOS COMO PISTOLAS DE LLENADO**
-  **INTERRUPTOR DIFERENCIAL**
-  **INTERRUPTOR AUTOMÁTICO MAGNETOTÉRMICO**
-  **ARQUETA Y PICA DE COBRE DE 2 m DE LONGITUD**
-  **CABLE DE TIERRA (PE)**



Universidad Pública  
de Navarra  
*Nafarroako*  
*Unibertsitate Publikoa*

REALIZADO:

**PÉREZ SAN MARTÍN, ENRIQUE**

DEPARTAMENTO:

**DEPARTAMENTO DE PROYECTOS  
E INGENIERÍA RURAL**

PROYECTO:

**INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN UN  
TALLER DE CHAPA Y PINTURA**

FIRMA:

PLANO:

**CUADRO SECUNDARIO 4**

FECHA:

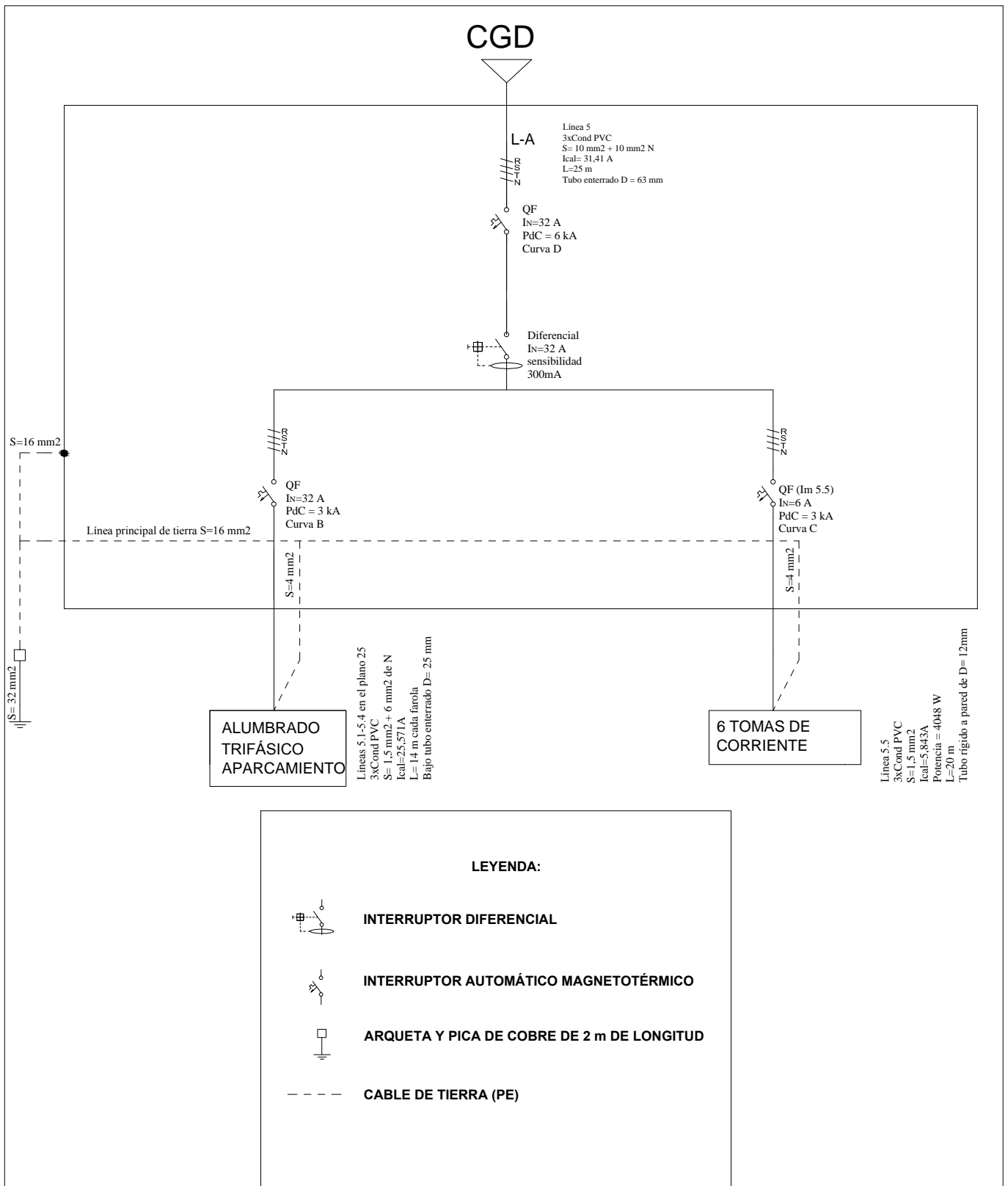
**Nov.2017**

ESCALA:

**S/E**

Nº PLANO:

**23**



Universidad Pública  
de Navarra  
Nafarroako  
Unibertsitate Publikoa

REALIZADO:

**PÉREZ SAN MARTÍN, ENRIQUE**

DEPARTAMENTO:

**DEPARTAMENTO DE PROYECTOS  
E INGENIERÍA RURAL**

PROYECTO:

**INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN UN  
TALLER DE CHAPA Y PINTURA**

FIRMA:

PLANO:

**CUADRO SECUNDARIO 5**

FECHA:

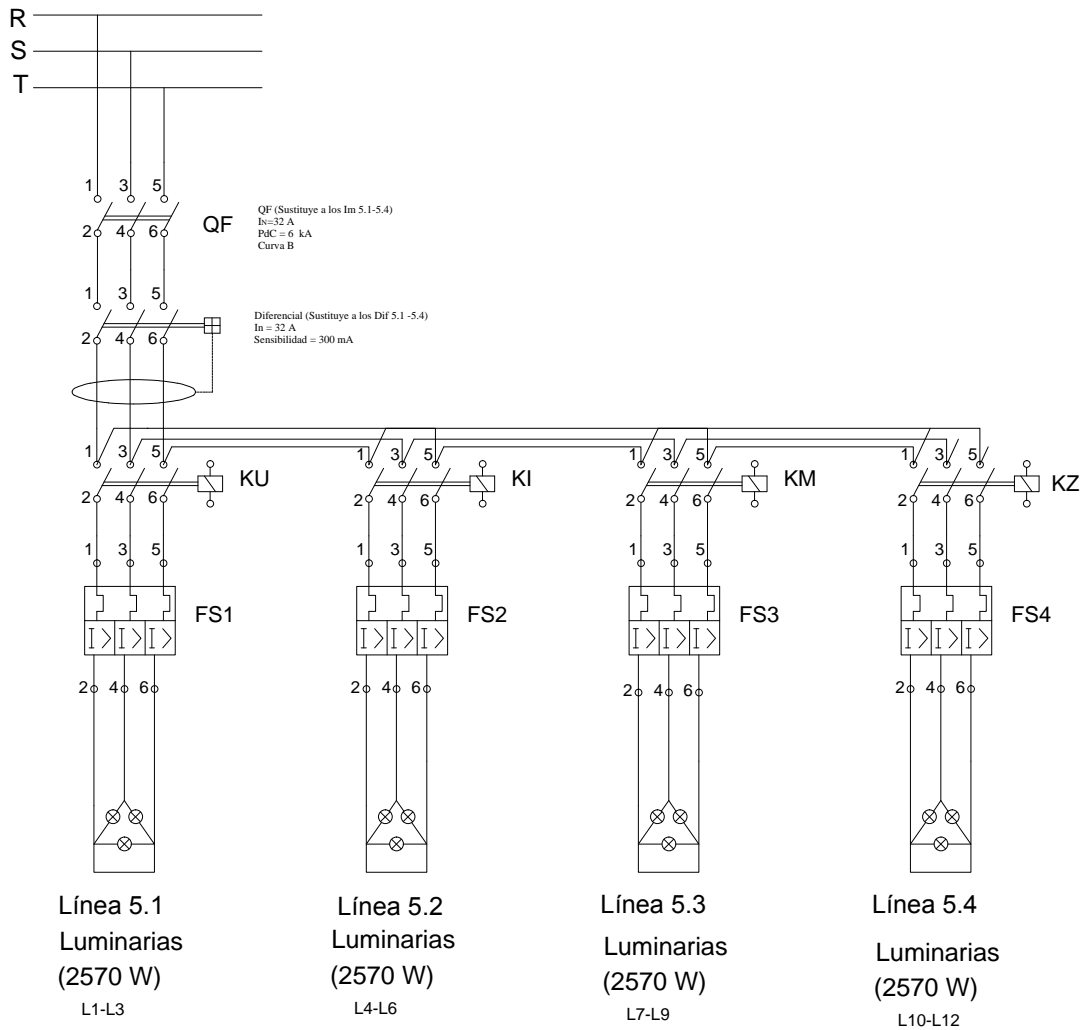
**05/09/2016**

ESCALA:

**S/E**

Nº PLANO:

**24**



LEYENDA:

	CONTACTOR
	CONTACTOR CON TEMPORIZADOR
	CONTACTO AUXILIAR
	RELÉ MAGNETOTÉRMICO
	PULSADOR DE PARADA
	PULSADOR DE MARCHA
	CONTACTOR TEMPORIZADO
	INTERRUPTOR DIFERENCIAL
	INTERRUPTOR AUTOMÁTICO MAGNETOTÉRMICO
	ARQUETA Y PICA DE COBRE DE 2 m DE LONGITUD
	RELOJ ASTRONÓMICO



Universidad Pública  
 de Navarra  
*Nafarroako*  
*Unibertsitate Publikoa*

REALIZADO:

**PÉREZ SAN MARTÍN, ENRIQUE**

DEPARTAMENTO:

**DEPARTAMENTO DE PROYECTOS  
E INGENIERÍA RURAL**

PROYECTO:

**INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN UN  
TALLER DE CHAPA Y PINTURA**

FIRMA:

PLANO:

**ESQUEMA DE FUERZA ILUMINACIÓN EXTERIOR**

FECHA:

**Nov.2017**

ESCALA:

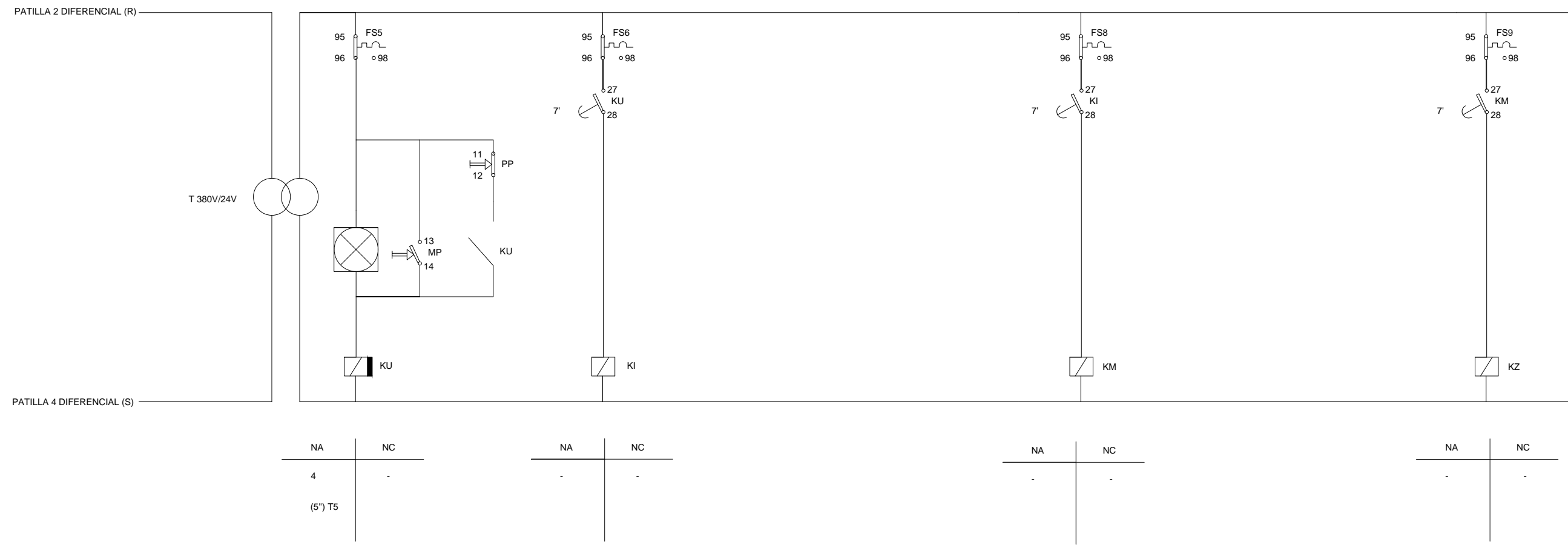
**S/E**

Nº PLANO:

**25**

LEYENDA:

	CONTACTOR
	CONTACTOR CON TEMPORIZADOR
	CONTACTO AUXILIAR
	RELÉ MAGNETOTÉRMICO
	PULSADOR DE PARADA
	PULSADOR DE MARCHA
	CONTACTOR TEMPORIZADO
	INTERRUPTOR DIFERENCIAL
	INTERRUPTOR AUTOMÁTICO MAGNETOTÉRMICO
	ARQUETA Y PICA DE COBRE DE 2 m DE LONGITUD
	RELOJ ASTRONÓMICO



Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	<b>E.T.S.I.I.T.</b> INGENIERO INDUSTRIAL	DEPARTAMENTO: DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E INGENIERÍA RURAL
	PROYECTO: <b>INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN UN TALLER DE CHAPA Y PINTURA</b>	
PLANO: <b>ESQUEMA DE MANDO ILUMINACIÓN EXTERIOR</b>		REALIZADO: <b>PÉREZ SAN MARTÍN, ENRIQUE</b> FIRMA:
	FECHA: <b>Nov.2017</b>	ESCALA: <b>S/E</b>
	N° PLANO: <b>26</b>	





## Escuela Superior de Ingenieros Industriales y de Telecomunicación

Titulación:

Ingeniería de Tecnologías industriales

Proyecto:

Instalación eléctrica en baja tensión de una nave industrial para el establecimiento de un negocio de chapa y pintura.

Tutor:

Javier Crespo Ganuza

Documento 4: Pliego de  
condiciones

Enrique Pérez San Martín  
Pamplona, noviembre de 2017.

## DOCUMENTO 4 PLIEGO DE CONDICIONES

<b>4.1 Objeto:</b> .....	<b>4</b>
<b>4.2 Condiciones facultativas:</b> .....	<b>4</b>
4.2.1 Técnico director de obra:.....	4
4.2.2 Instalador: .....	5
4.2.3 Verificación de los documentos del proyecto: .....	6
4.2.4 Plan de seguridad y salud en el trabajo: .....	6
4.2.5 Presencia del instalador o constructor en la obra: .....	6
4.2.6 Trabajos no estipulados expresamente: .....	7
4.2.7 Interpretaciones, aclaraciones y modificaciones de los documentos del proyecto: ....	7
4.2.8 Reclamaciones contra las órdenes de la dirección facultativa: .....	8
4.2.9 Faltas de personal: .....	8
4.2.10 Caminos y accesos: .....	8
4.2.11 Replanteo: .....	9
4.2.12 Comienzo de la obra, ritmo de ejecución de los trabajos: .....	9
4.2.13 Orden de los trabajos: .....	9
4.2.14 Facilidades para otros contratistas:.....	10
4.2.15 Ampliación del proyecto por causas imprevistas o de fuerza mayor: .....	10
4.2.16 Prórroga por causa de fuerza mayor: .....	10
4.2.17 Responsabilidad de la dirección facultativa en el retraso de la obra: .....	11
4.2.18 Condiciones generales de ejecución de los trabajos:.....	11
4.2.19 Obras Ocultas:.....	11
4.2.20 Trabajos defectuosos:.....	11
4.2.21 Vicios ocultos: .....	12
4.2.22 De los materiales y sus aparatos. Su procedencia .....	12
4.2.23 Materiales no utilizables:.....	13
4.2.24 Gastos ocasionados por pruebas y ensayos: .....	13
4.2.25 Limpieza de las obras:.....	13
4.2.26 Documentación final de la obra: .....	13
4.2.27 Plazo de garantía:.....	14
4.2.28 Conservación de las obras recibidas provisionalmente: .....	14
4.2.29 De la recepción definitiva: .....	14
4.2.30 Prórroga del plazo de garantía: .....	15
4.2.31 De las recepciones de trabajos cuya contrata ha sido rescindida: .....	15
<b>4.3 Condiciones económicas:</b> .....	<b>16</b>
4.3.1 Composición de los precios unitarios: .....	16
4.3.2 Precio de contrata: .....	17
4.3.3 Precios contradictorios: .....	17
4.3.4 Reclamaciones de aumento de precio por causas diversas:.....	18
4.3.5 De la revisión de los precios contratados: .....	18
4.3.6 Acopio de los materiales: .....	19
4.3.7 Responsabilidad del instalador en el bajo rendimiento de los trabajadores:.....	19
4.3.8 Mejoras de obra libremente ejecutadas:.....	19
4.3.9 Seguro de las obras: .....	20
4.3.10 Pagos: .....	20
4.3.11 Demora en los pagos: .....	20

<b>4.4 Condiciones técnicas para la ejecución y montaje de instalaciones eléctricas en baja tensión:</b>	<b>21</b>
<b>4.4.1 Condiciones generales:</b>	<b>21</b>
<b>4.4.2 Canalizaciones eléctricas:</b>	<b>21</b>
4.4.2.1 Conductores aislados bajo tubos protectores:	22
4.4.2.2. Conductores aislados fijamente sobre paredes:	26
4.4.2.3 Conductores aislados enterrados:	27
4.4.2.4 Conductores aislados directamente empotrados en estructuras:	27
4.4.2.5 Conductores aislados en el interior de la construcción:	27
4.4.2.6 Conductores aislados bajo canales protectoras:	28
4.2.4.7 Accesibilidad a las instalaciones:	29
<b>4.4.3 Conductores:</b>	<b>30</b>
4.4.3.1 Materiales:	30
4.4.3.2 Dimensionado:	31
4.4.3.3 Identificación de las instalaciones:	32
4.4.3.4 Resistencia de aislamiento y rigidez eléctrica:	32
<b>4.4.4 Cajas de empalme:</b>	<b>33</b>
<b>4.4.5 Mecanismos y tomas de corriente:</b>	<b>34</b>
<b>4.4.6 Aparata de mando y protección:</b>	<b>35</b>
4.4.6.1 Cuadros eléctricos:	35
4.4.6.2 Interruptores automáticos:	37
4.4.6.3 Guardamotores:	38
4.4.6.4 Fusibles:	38
4.4.6.5 Interruptores diferenciales:	39
4.4.6.6 Seccionadores:	41
4.4.6.7 Embarrados:	41
4.4.6.8 Prensaestopas y etiquetas:	42
<b>4.4.7 Receptores de alumbrado:</b>	<b>42</b>
<b>4.4.8 Receptores a motor:</b>	<b>44</b>
<b>4.4.9 Puestas a tierra:</b>	<b>49</b>
4.4.9.1 Uniones a tierra:	50
<b>4.4.10 Inspecciones y pruebas en fábrica:</b>	<b>53</b>
<b>4.4.11 Control:</b>	<b>54</b>
<b>4.4.12 Seguridad:</b>	<b>54</b>
<b>4.4.13 Limpieza:</b>	<b>55</b>
<b>4.4.14 Mantenimiento:</b>	<b>55</b>
<b>4.4.15 Criterios de medición:</b>	<b>56</b>

## 4.1 Objeto:

El objeto del pliego de condiciones es la de actuar como un documento contractual, de carácter exhaustivo en el que se establecen las condiciones y cláusulas que se aplican para el proyecto.

## 4.2 Condiciones facultativas:

### 4.2.1 Técnico director de obra:

El Técnico Director deberá:

- Asistir a las obras, cuantas veces se requiera a fin de resolver las contingencias que se produzcan e impartir las órdenes complementarias que sean precisas para conseguir la correcta solución técnica.
- Redactar cuando sea requerido el estudio de los sistemas adecuados a los riesgos del trabajo en la realización de la obra y aprobar el Plan de Seguridad y Salud para la aplicación del mismo.
- Efectuar el replanteo de la obra y preparar el acta correspondiente, suscribiéndola en unión del Constructor o Instalador.
- Comprobar las instalaciones provisionales, medios auxiliares y sistemas de seguridad e higiene en el trabajo, controlando su correcta ejecución.
- Ordenar y dirigir la ejecución material con arreglo al proyecto, a las normas técnicas y a las reglas de la buena construcción.
- Realizar o disponer las pruebas o ensayos de materiales, instalaciones y demás unidades de obra según las frecuencias de muestreo programadas en el plan de control, así como efectuar las demás comprobaciones que resulten necesarias para asegurar la calidad constructiva de acuerdo con el proyecto y la normativa técnica aplicable. De los

resultados informará puntualmente al Constructor o Instalador, impartándole, en su caso, las órdenes oportunas.

- Realizar las mediciones de obra ejecutada y dar conformidad, según las relaciones establecidas, a las certificaciones valoradas y a la liquidación de la obra.

- Suscribir el certificado final de la obra.

#### 4.2.2 Instalador:

En cuanto al Instalador, tiene la responsabilidad de:

- Organizar los trabajos, redactando los planes de obras que se precisen y proyectando o autorizando las instalaciones provisionales y medios auxiliares de la obra.

- Elaborar, cuando se requiera, el Plan de Seguridad e Higiene de la obra en aplicación del estudio correspondiente y disponer en todo caso la ejecución de las medidas preventivas, velando por su cumplimiento y por la observancia de la normativa vigente en materia de seguridad e higiene en el trabajo.

- Suscribir con el Técnico Director el acta de replanteo de la obra.

- Ostentar la jefatura de todo el personal que intervenga en la obra y coordinar las intervenciones de los subcontratistas.

- Asegurar la idoneidad de todos y cada uno de los materiales y elementos constructivos que se utilicen, comprobando los preparativos en obra y rechazando los suministros o prefabricados que no cuenten con las garantías o documentos de idoneidad requeridos por las normas de aplicación.

- Custodiar el Libro de órdenes y seguimiento de la obra, y dar el enterado a las anotaciones que se practiquen en el mismo.

- Facilitar al Técnico Director con antelación suficiente los materiales precisos para el cumplimiento de su cometido.

- Preparar las certificaciones parciales de obra y la propuesta de liquidación final.

- Suscribir con el Promotor las actas de recepción provisional y definitiva.
- Concertar los seguros de accidentes de trabajo y de daños a terceros durante la obra.

#### 4.2.3 Verificación de los documentos del proyecto:

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

#### 4.2.4 Plan de seguridad y salud en el trabajo:

El Constructor o instalador, a la vista del proyecto, conteniendo en su caso, el estudio de seguridad y salud, presentará el plan de seguridad y salud a la aprobación del técnico de la dirección facultativa.

#### 4.2.5 Presencia del instalador o constructor en la obra:

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

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

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

#### 4.2.6 Trabajos no estipulados expresamente:

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

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

#### 4.2.7 Interpretaciones, aclaraciones y modificaciones de los documentos del proyecto:

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

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

El constructor o instalador podrá requerir del técnico director, según sus respectivos cometidos, las instrucciones o aclaraciones que se precisen para la correcta interpretación y ejecución de lo proyectado.

#### 4.2.8 Reclamaciones contra las órdenes de la dirección facultativa:

Las reclamaciones que el contratista quiera hacer contra las órdenes o instrucciones dimanadas de la dirección facultativa, sólo podrá presentarlas ante la propiedad, si son de orden económico y de acuerdo con las condiciones estipuladas en los pliegos de condiciones correspondientes. Contra las disposiciones de orden técnico, no se admitirá reclamación alguna, pudiendo el contratista salvar su responsabilidad, si lo estima oportuno, mediante exposición razonada dirigida al técnico director, el cuál podrá limitar su contestación al acuse de recibo, que en todo caso será obligatoria para este tipo de reclamaciones.

#### 4.2.9 Faltas de personal:

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

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

#### 4.2.10 Caminos y accesos:

El Constructor dispondrá por su cuenta los accesos a la obra y el cerramiento o vallado de ésta y el técnico director podrá exigir su modificación o mejora.

Asimismo, el Constructor o Instalador se obligará a la colocación en lugar visible,



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

#### 4.2.11 Replanteo:

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

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

#### 4.2.12 Comienzo de la obra, ritmo de ejecución de los trabajos:

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

#### 4.2.13 Orden de los trabajos:

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

#### 4.2.14 Facilidades para otros contratistas:

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

#### 4.2.15 Ampliación del proyecto por causas imprevistas o de fuerza mayor:

Cuando sea preciso por motivo imprevisto o por cualquier accidente, ampliar el proyecto, no se interrumpirán trabajos, continuándose según las instrucciones dadas por el técnico director en tanto se formula o se tramita el proyecto reformado.

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

#### 4.2.16 Prórroga por causa de fuerza mayor:

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

#### 4.2.17 Responsabilidad de la dirección facultativa en el retraso de la obra:

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

#### 4.2.18 Condiciones generales de ejecución de los trabajos:

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

#### 4.2.19 Obras Ocultas:

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

#### 4.2.20 Trabajos defectuosos:

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

Por ello, y hasta que tenga lugar la recepción definitiva del edificio es responsable de la ejecución de los trabajos que ha contratado y de las faltas y defectos que en éstos puedan existir por su mala gestión o por la deficiente calidad de los

materiales empleados o aparatos colocados, sin que le exima de responsabilidad el control que compete al Técnico, ni tampoco el hecho de que los trabajos hayan sido valorados en las certificaciones parciales de obra, que siempre serán extendidas y abonadas a buena cuenta.

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

#### 4.2.21 Vicios ocultos:

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

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

#### 4.2.22 De los materiales y sus aparatos. Su procedencia

El constructor tiene la libertad de proveerse de los materiales y aparatos de todas las clases en los puntos que le parezca conveniente, excepto en los casos que el pliego particular de las condiciones técnicas preceptúe una procedencia determinada.

Obligatoriamente, y para proceder a su empleo o acopio, el constructor o instalador deberá presentar al técnico una lista completa de los materiales y aparatos

que vaya a utilizar en la que se indiquen todas las indicaciones sobre marcas, calidades, procedencia e idoneidad de cada uno de ellos.

#### 4.2.23 Materiales no utilizables:

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

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

#### 4.2.24 Gastos ocasionados por pruebas y ensayos:

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

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

#### 4.2.25 Limpieza de las obras:

Es obligación del Constructor o Instalador mantener limpias las obras y sus alrededores, tanto de escombros como de materiales sobrantes, hacer desaparecer las instalaciones provisionales que no sean necesarias, así como adoptar las medidas y ejecutar todos los trabajos que sean necesarios para que la obra ofrezca un buen aspecto.

#### 4.2.26 Documentación final de la obra:

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

#### 4.2.27 Plazo de garantía:

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

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

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

#### 4.2.28 Conservación de las obras recibidas provisionalmente:

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

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

#### 4.2.29 De la recepción definitiva:

La recepción definitiva se verificará después de transcurrido el plazo de garantía en igual forma y con las mismas formalidades que la provisional, a partir de cuya fecha cesará la obligación del constructor o instalador de reparar a su cargo aquellos desperfectos inherentes a la norma de conservación de los edificios y quedarán sólo subsistentes todas las responsabilidades que pudieran alcanzarle por vicios de la construcción.

#### 4.2.30 Prórroga del plazo de garantía:

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

#### 4.2.31 De las recepciones de trabajos cuya contrata ha sido rescindida:

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

## 4.3 Condiciones económicas:

### 4.3.1 Composición de los precios unitarios:

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

Se considerarán costes directos:

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

Se considerarán costes indirectos:

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

Se considerarán Gastos Generales:

- Los Gastos Generales de empresa, gastos financieros, cargas



fiscales y tasas de la administración legalmente establecidas. Se cifrarán como un porcentaje de la suma de los costes directos e indirectos.

Beneficio industrial:

- El Beneficio Industrial del Contratista se establece en el 10 por 100 sobre la suma de las anteriores partidas.

Precio de Ejecución del material:

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

Precio de contrata:

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

#### 4.3.2 Precio de contrata:

En el caso de que los trabajos a realizar en un edificio u obra aneja cualesquiera se contratasen a riesgo y ventura, se entiende por Precio de Contrata el que importa el coste total de la unidad de obra, es decir, el precio de Ejecución material, más el tanto por ciento (%) sobre este último precio en concepto de Gastos Generales y Beneficio Industrial del Contratista. Los Gastos Generales se estiman en un 13% y el beneficio en 10 por 100, salvo que en las condiciones particulares se establezca otro destino.

#### 4.3.3 Precios contradictorios:

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

El Contratista estará obligado a efectuar los cambios.

A falta de acuerdo, el precio se resolverá contradictoriamente entre el Técnico y el Contratista antes de comenzar la ejecución de los trabajos y en el plazo que determina el Pliego de Condiciones Particulares.

Si subsistiese la diferencia se acudirá en primer lugar, al concepto más análogo dentro del cuadro de precios del proyecto, y, en segundo lugar, al banco de precios de uso más frecuente en la localidad.

#### 4.3.4 Reclamaciones de aumento de precio por causas diversas:

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

#### 4.3.5 De la revisión de los precios contratados:

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

Caso de producirse variaciones en alza superiores a este porcentaje, se efectuará la correspondiente revisión de acuerdo con la fórmula establecida en el pliego de condiciones particulares, percibiendo el contratista la diferencia en más que resulta por la variación del IPC superior al 5 por 100.

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

#### 4.3.6 Acopio de los materiales:

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

#### 4.3.7 Responsabilidad del instalador en el bajo rendimiento de los trabajadores:

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

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

#### 4.3.8 Mejoras de obra libremente ejecutadas:

Cuando el Contratista, incluso con autorización del Técnico Director, emplease materiales de mayor tamaño que el señalado en el Proyecto o sustituyese una clase de fábrica con otra que tuviese asignado mayor precio, o ejecutase con mayores dimensiones cualquier parte de la obra, o, en general, introdujese en ésta y sin pedírsela, cualquiera otra modificación que sea beneficiosa a juicio del Técnico Director, no tendrá derecho, sin embargo, más que al abono de lo que pudiera corresponderle en el caso de que hubiese construido la obra con estricta sujeción a la proyectada y contratada o

adjudicada.

#### 4.3.9 Seguro de las obras:

El Contratista estará obligado a asegurar la obra contratada durante todo el tiempo que dure su ejecución hasta la recepción definitiva; la cuantía del seguro coincidirá en cada momento con el valor que tengan por contrata los objetos asegurados. El importe abonado por la Sociedad Aseguradora, en el caso de siniestro, se ingresará en cuenta a nombre del Propietario, para que con cargo a ella se abone la obra que se construya y a medida que ésta se vaya realizando.

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

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

#### 4.3.10 Pagos:

Se establecerán por el propietario en los plazos previamente establecidos, y su importe, corresponderá precisamente al de las certificaciones por el técnico director, en virtud de las cuales se verifican aquellos.

#### 4.3.11 Demora en los pagos:

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

## 4.4 Condiciones técnicas para la ejecución y montaje de instalaciones eléctricas en baja tensión:

### 4.4.1 Condiciones generales:

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

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

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

### 4.4.2 Canalizaciones eléctricas:

Los cables se colocarán dentro de tubos o canales, fijados directamente sobre las paredes, enterrados, directamente empotrados en estructuras, en el interior de huecos de la construcción, bajo molduras, en bandeja o soporte de bandeja, según se indica en Memoria, Planos y Mediciones.

Antes de iniciar el tendido de la red de distribución, deberán estar ejecutados los elementos estructurales que hayan de soportarla o en los que vaya a ser empotrada: forjados, tabiquería, etc. Salvo cuando al estar previstas se hayan dejado preparadas las necesarias canalizaciones al ejecutar la obra previa, deberá replantearse sobre ésta en

forma visible la situación de las cajas de mecanismos, de registro y protección, así como el recorrido de las líneas, señalando de forma conveniente la naturaleza de cada elemento.

#### 4.4.2.1 Conductores aislados bajo tubos protectores:

Los tubos protectores pueden ser:

- Tubo y accesorios metálicos.
- Tubo y accesorios no metálicos.
- Tubo y accesorios compuestos (constituidos por materiales metálicos y no metálicos).

Los tubos son clasificados según las normas siguientes:

- UNE-EN 50.086 -2-1: Sistemas de tubos rígidos.
- UNE-EN 50.086 -2-2: Sistemas de tubos curvables.
- UNE-EN 50.086 -2-3: Sistemas de tubos flexibles.
- UNE-EN 50.086 -2-4: Sistemas de tubos enterrados.

Las características de protección de la unión entre el tubo y sus accesorios no deben ser inferiores a los declarados para el sistema de tubos. La superficie interior de los tubos no deberá presentar en ningún punto aristas, asperezas o fisuras susceptibles de dañar los conductores o cables aislados o de causar heridas a instaladores o usuarios.

Las dimensiones de los tubos no enterrados y con unión roscada utilizados en las instalaciones eléctricas son las que se prescriben en la UNE-EN 60.423. Para los tubos enterrados, las dimensiones se corresponden con las indicadas en la norma UNE-EN 50.086 -2-4. Para el resto de los tubos, las dimensiones serán las establecidas en la norma correspondiente de las citadas anteriormente. La denominación se realizará en función del diámetro exterior. El diámetro interior mínimo deberá ser declarado por el fabricante.

En lo relativo a la resistencia a los efectos del fuego considerados en la norma particular para cada tipo de tubo, se seguirá lo establecido por la aplicación de la

Directiva de Productos de la Construcción (89/106/CEE).

Se considera suelo ligero aquel suelo uniforme que no sea del tipo pedregoso y con cargas superiores ligeras, como, por ejemplo, aceras, parques y jardines. Suelo pesado es aquel del tipo pedregoso y duro y con cargas superiores pesadas, como, por ejemplo, calzadas y vías férreas.

Instalación.

Los cables utilizados serán de tensión asignada no inferior a 450/750 V.

El diámetro exterior mínimo de los tubos, en función del número y la sección de los conductores a conducir, se obtendrá de las tablas indicadas en la ITC-BT-21, así como las características mínimas según el tipo de instalación.

Para la ejecución de las canalizaciones bajo tubos protectores, se tendrán en cuenta las prescripciones generales siguientes:

- El trazado de las canalizaciones se hará siguiendo líneas verticales y horizontales o paralelas a las aristas de las paredes que limitan el local donde se efectúa la instalación.
- Los tubos se unirán entre sí mediante accesorios adecuados a su clase que aseguren la continuidad de la protección que proporcionan a los conductores.
- Los tubos aislantes rígidos curvables en caliente podrán ser ensamblados entre sí en caliente, recubriendo el empalme con una cola especial cuando se precise una unión estanca.
- Las curvas practicadas en los tubos serán continuas y no originarán reducciones de sección inadmisibles. Los radios mínimos de curvatura para cada clase de tubo serán los especificados por el fabricante conforme a UNE-EN.

-Será posible la fácil introducción y retirada de los conductores en los tubos después de colocarlos y fijados éstos y sus accesorios, disponiendo para ello los registros que se consideren convenientes, que en tramos rectos no estarán separados entre sí más de 15 metros. El número de curvas en ángulo situadas entre dos registros consecutivos no será superior a 3. Los conductores se alojarán normalmente en los

tubos después de colocados éstos.

-Las conexiones entre conductores se realizarán en el interior de cajas apropiadas de material aislante y no propagador de la llama. Si son metálicas estarán protegidas contra la corrosión. Las dimensiones de estas cajas serán tales que permitan alojar holgadamente todos los conductores que deban contener. Su profundidad será al menos igual al diámetro del tubo mayor más un 50 % del mismo, con un mínimo de 40 mm. Su diámetro o lado interior mínimo será de 60 mm. Cuando se quieran hacer estancas las entradas de los tubos en las cajas de conexión, deberán emplearse prensaestopas o racores adecuados.

-En los tubos metálicos sin aislamiento interior, se tendrá en cuenta la posibilidad de que se produzcan condensaciones de agua en su interior, para lo cual se elegirá convenientemente el trazado de su instalación, previendo la evacuación y estableciendo una ventilación apropiada en el interior de los tubos mediante el sistema adecuado, como puede ser, por ejemplo, el uso de una "T" de la que uno de los brazos no se emplea.

-Los tubos metálicos que sean accesibles deben ponerse a tierra. Su continuidad eléctrica deberá quedar convenientemente asegurada. En el caso de utilizar tubos metálicos flexibles, es necesario que la distancia entre dos puestas a tierra consecutivas de los tubos no exceda de 10 metros.

- No podrán utilizarse los tubos metálicos como conductores de protección o de neutro.

Quando los tubos se instalen en montaje superficial, se tendrán en cuenta, además, las siguientes prescripciones:

-Los tubos se fijarán a las paredes o techos por medio de bridas o abrazaderas protegidas contra la corrosión y sólidamente sujeta. La distancia entre éstas será, como máximo, de 0,50 metros. Se dispondrán fijaciones de una y otra parte en los cambios de dirección, en los empalmes y en la proximidad inmediata de las entradas en cajas o aparatos.



-Los tubos se colocarán adaptándose a la superficie sobre la que se instalan, curvándose o usando los accesorios necesarios.

-En alineaciones rectas, las desviaciones del eje del tubo respecto a la línea que une los puntos extremos no serán superiores al 2 por 100.

- Es conveniente disponer los tubos, siempre que sea posible, a una altura mínima de 2,50 metros sobre el suelo, con objeto de protegerlos de eventuales daños mecánicos.

Cuando los tubos se coloquen empotrados, se tendrán en cuenta, además, las siguientes prescripciones:

- En la instalación de los tubos en el interior de los elementos de la construcción, las rozas no pondrán en peligro la seguridad de las paredes o techos en que se practiquen. Las dimensiones de las rozas serán suficientes para que los tubos queden recubiertos por una capa de 1 centímetro de espesor, como mínimo. En los ángulos, el espesor de esta capa puede reducirse a 0,5 centímetros.

-No se instalarán entre forjado y revestimiento tubos destinados a la instalación eléctrica de las plantas inferiores.

-Para la instalación correspondiente a la propia planta, únicamente podrán instalarse, entre forjado y revestimiento, tubos que deberán quedar recubiertos por una capa de hormigón o mortero de 1 centímetro de espesor, como mínimo, además del revestimiento.

-En los cambios de dirección, los tubos estarán convenientemente curvados o bien provistos de codos o "T" apropiados, pero en este último caso sólo se admitirán los provistos de tapas de registro.

-Las tapas de los registros y de las cajas de conexión quedarán accesibles y desmontables una vez finalizada la obra. Los registros y cajas quedarán enrasados con la superficie exterior del revestimiento de la pared o techo cuando no se instalen en el interior de un alojamiento cerrado y practicable.

-En el caso de utilizarse tubos empotrados en paredes, es conveniente disponer los recorridos horizontales a 50 centímetros como máximo, de suelo o techos y los verticales a una distancia de los ángulos de esquinas no superior a 20 centímetros.

#### 4.4.2.2. Conductores aislados fijamente sobre paredes:

Estas instalaciones se establecerán con cables de tensiones asignadas no inferiores a 0,6/1 kV, provistos de aislamiento y cubierta (se incluyen cables armados o con aislamiento mineral).

Para la ejecución de las canalizaciones se tendrán en cuenta las siguientes prescripciones:

- Se fijarán sobre las paredes por medio de bridas, abrazaderas, o collares de forma que no perjudiquen las cubiertas de los mismos.

- Con el fin de que los cables no sean susceptibles de doblarse por efecto de su propio peso, los puntos de fijación de los mismos estarán suficientemente próximos. La distancia entre dos puntos de fijación sucesivos, no excederá de 0,40 metros.

- Cuando los cables deban disponer de protección mecánica por el lugar y condiciones de instalación en que se efectúe la misma, se utilizarán cables armados. En caso de no utilizar estos cables, se establecerá una protección mecánica complementaria sobre los mismos.

- Se evitará curvar los cables con un radio demasiado pequeño y salvo prescripción en contra fijada en la Norma UNE correspondiente al cable utilizado, este radio no será inferior a 10 veces el diámetro exterior del cable.

- Los cruces de los cables con canalizaciones no eléctricas se podrán efectuar por la parte anterior o posterior a éstas, dejando una distancia mínima de 3 cm entre la superficie exterior de la canalización no eléctrica y la cubierta de los cables cuando el cruce se efectúe por la parte anterior de aquélla.

- Los extremos de los cables serán estancos cuando las características de los

locales o emplazamientos así lo exijan, utilizándose a este fin cajas u otros dispositivos adecuados. La estanqueidad podrá quedar asegurada con la ayuda de prensaestopas.

- Los empalmes y conexiones se harán por medio de cajas o dispositivos equivalentes provistos de tapas desmontables que aseguren a la vez la continuidad de la protección mecánica establecida, el aislamiento y la inaccesibilidad de las conexiones y permitiendo su verificación en caso necesario.

#### 4.4.2.3 Conductores aislados enterrados:

Las condiciones para estas canalizaciones, en las que los conductores aislados deberán ir bajo tubo salvo que tengan cubierta y una tensión asignada 0,6/1kV, se establecerán de acuerdo con lo señalado en la Instrucciones ITC-BT-07 e ITC-BT-21.

#### 4.4.2.4 Conductores aislados directamente empotrados en estructuras:

Para estas canalizaciones son necesarios conductores aislados con cubierta (incluidos cables armados o con aislamiento mineral). La temperatura mínima y máxima de instalación y servicio será de -5oC y 90oC respectivamente (polietileno reticulado o etileno-propileno).

#### 4.4.2.5 Conductores aislados en el interior de la construcción:

Los cables utilizados serán de tensión asignada no inferior a 450/750 V.

Los cables o tubos podrán instalarse directamente en los huecos de la construcción con la condición de que sean no propagadores de la llama.

Los huecos en la construcción admisibles para estas canalizaciones podrán estar dispuestos en muros, paredes, vigas, forjados o techos, adoptando la forma de conductos continuos o bien estarán comprendidos entre dos superficies paralelas como en el caso de falsos techos o muros con cámaras de aire.

La sección de los huecos será, como mínimo, igual a cuatro veces la ocupada por los cables o tubos, y su dimensión más pequeña no será inferior a dos veces el diámetro exterior de mayor sección de éstos, con un mínimo de 20 milímetros.

Las paredes que separen un hueco que contenga canalizaciones eléctricas de los locales inmediatos, tendrán suficiente solidez para proteger éstas contra acciones previsibles.

Se evitarán, dentro de lo posible, las asperezas en el interior de los huecos y los cambios de dirección de los mismos en un número elevado o de pequeño radio de curvatura. Los empalmes y derivaciones de los cables serán accesibles, disponiéndose para ellos las cajas de derivación adecuadas.

Se evitará que puedan producirse infiltraciones, fugas o condensaciones de agua que puedan penetrar en el interior del hueco, prestando especial atención a la impermeabilidad de sus muros exteriores, así como a la proximidad de tuberías de conducción de líquidos, penetración de agua al efectuar la limpieza de suelos, posibilidad de acumulación de aquella en partes bajas del hueco, etc.

#### 4.4.2.6 Conductores aislados bajo canales protectoras:

La canal protectora es un material de instalación constituido por un perfil de paredes perforadas o no, destinado a alojar conductores o cables y cerrado por una tapa desmontable. Los cables utilizados serán de tensión asignada no inferior a 450/750 V.

Las canales protectoras tendrán un grado de protección IP4X y estarán clasificadas como "canales con tapa de acceso que sólo pueden abrirse con herramientas". En su interior se podrán colocar mecanismos tales como interruptores, tomas de corriente, dispositivos de mando y control, etc., siempre que se fijen de acuerdo con las instrucciones del fabricante. También se podrán realizar empalmes de conductores en su interior y conexiones a los mecanismos.

El cumplimiento de estas características se realizará según los ensayos indicados en las normas UNE- EN 501085.

Las canales protectoras para aplicaciones no ordinarias deberán tener unas características mínimas de resistencia al impacto, de temperatura mínima y máxima de instalación y servicio, de resistencia a la penetración de objetos sólidos y de resistencia a la penetración de agua, adecuadas a las condiciones del emplazamiento al que se destina; asimismo las canales serán no propagadoras de la llama. Dichas características serán conformes a las normas de la serie UNE-EN 50.085.

El trazado de las canalizaciones se hará siguiendo preferentemente líneas verticales y horizontales o paralelas a las aristas de las paredes que limitan al local donde se efectúa la instalación.

Las canales con conductividad eléctrica deben conectarse a la red de tierra, su continuidad eléctrica quedará convenientemente asegurada.

La tapa de las canales quedará siempre accesible.

#### 4.2.4.7 Accesibilidad a las instalaciones:

En toda la longitud de los pasos de canalizaciones a través de elementos de la construcción, tales como muros, tabiques y techos, no se dispondrán empalmes o derivaciones de cables, estando protegidas contra los deterioros mecánicos, las acciones químicas y los efectos de la humedad.

Las cubiertas, tapas o envolventes, mandos y pulsadores de maniobra de aparatos tales como mecanismos, interruptores, bases, reguladores, etc., instalados en los locales húmedos o mojados, serán de material aislante.

### 4.4.3 Conductores:

#### 4.4.3.1 Materiales:

Los conductores serán de los siguientes tipos:

- De 450/750 V de tensión nominal.
  - Conductor: de cobre.
  - Formación: unipolares.
  - Aislamiento: policloruro de vinilo (PVC).
  - Tensión de prueba: 2.500 V.
  - Instalación: bajo tubo.
  - Normativa de aplicación: UNE 21.031.
  
- De 0,6/1 kV de tensión nominal.
  - Conductor: de cobre (o de aluminio, cuando lo requieran las especificaciones del proyecto).
  - Formación: uni-bi-tri-tetrapolares.
  - Aislamiento: policloruro de vinilo (PVC) o polietileno reticulado (XLPE).
  - Tensión de prueba: 4.000 V.
  - Instalación: al aire o en bandeja.
  - Normativa de aplicación: UNE 21.123.

Los conductores de cobre electrolítico se fabricarán de calidad y resistencia mecánica uniforme, y su coeficiente de resistividad a 20 °C será del 98 % al 100 %. Irán provistos de baño de recubrimiento de estaño, que deberá resistir la siguiente prueba: A una muestra limpia y seca de hilo estañado se le da la forma de círculo de diámetro equivalente a 20 o 30 veces el diámetro del hilo, a continuación de lo cual se sumerge durante un minuto en una solución de ácido hidrociorhídrico de 1,088 de peso específico a una temperatura de 20 °C. Esta operación se efectuará dos veces, después de lo cual

no deberán apreciarse puntos negros en el hilo. La capacidad mínima del aislamiento de los conductores será de 500 V.

Los conductores de sección igual o superior a 6 mm<sup>2</sup> deberán estar constituidos por cable obtenido por trenzado de hilo de cobre del diámetro correspondiente a la sección del conductor de que se trate.

#### 4.4.3.2 Dimensionado:

Para la selección de los conductores activos del cable adecuado a cada carga se usará el más desfavorable entre los siguientes criterios:

- Intensidad máxima admisible. Como intensidad se tomará la propia de cada carga. Partiendo de las intensidades nominales así establecidas, se elegirá la sección del cable que admita esa intensidad de acuerdo a las prescripciones del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión ITC-BT- 19 o las recomendaciones del fabricante, adoptando los oportunos coeficientes correctores según las condiciones de la instalación. En cuanto a coeficientes de mayoración de la carga, se deberán tener presentes las Instrucciones ITC-BT-44 para receptores de alumbrado e ITC-BT-47 para receptores de motor.

- Caída de tensión en servicio. La sección de los conductores a utilizar se determinará de forma que la caída de tensión entre el origen de la instalación y cualquier punto de utilización, sea menor del 3 % de la tensión nominal en el origen de la instalación, para alumbrado, y del 5 % para los demás usos, considerando alimentados todos los receptores susceptibles de funcionar simultáneamente. Para la derivación individual la caída de tensión máxima admisible será del 1,5 %. El valor de la caída de tensión podrá compensarse entre la de la instalación interior y la de la derivación individual, de forma que la caída de tensión total sea inferior a la suma de los valores límites especificados para ambas.

- Caída de tensión transitoria. La caída de tensión en todo el sistema durante el arranque de motores no debe provocar condiciones que impidan el arranque de los mismos, desconexión de los contactores, parpadeo de alumbrado, etc.

La sección del conductor neutro será la especificada en la Instrucción ITC-BT-07 en función de la sección de los conductores de la instalación.

Los conductores de protección serán del mismo tipo que los conductores activos especificados en el apartado anterior, y tendrán una sección mínima igual a la fijada por la tabla 2 de la ITC-BT-18, en función de la sección de los conductores de fase o polares de la instalación. Se podrán instalar por las mismas canalizaciones que éstos o bien en forma independiente, siguiéndose a este respecto lo que señalen las normas particulares de la empresa distribuidora de la energía.

#### 4.4.3.3 Identificación de las instalaciones:

Las canalizaciones eléctricas se establecerán de forma que por conveniente identificación de sus circuitos y elementos, se pueda proceder en todo momento a reparaciones, transformaciones, etc.

Los conductores de la instalación deben ser fácilmente identificables, especialmente por lo que respecta al conductor neutro y al conductor de protección. Esta identificación se realizará por los colores que presenten sus aislamientos. Cuando exista conductor neutro en la instalación o se prevea para un conductor de fase su pase posterior a conductor neutro, se identificarán éstos por el color azul claro. Al conductor de protección se le identificará por el color verde-amarillo. Todos los conductores de fase, o en su caso, aquellos para los que no se prevea su pase posterior a neutro, se identificarán por los colores marrón, negro o gris.

#### 4.4.3.4 Resistencia de aislamiento y rigidez eléctrica:

Las instalaciones deberán presentar una resistencia de aislamiento al menos igual a los valores indicados en la tabla siguiente:



Tensión nominal de la instalación	Tensión ensayo CC (V)	Resistencia de aislamiento (MΩ)
MBTS ó MBTP	250	≥ 0,25
≤ 500 V	500	≥ 0,5
> 500 V	1000	> 1,00

La rigidez dieléctrica será tal que, desconectados los aparatos de utilización (receptores), resista durante 1 minuto una prueba de tensión de  $2U + 1000$  V a frecuencia industrial, siendo U la tensión máxima de servicio expresada en voltios, y con un mínimo de 1.500 V.

Las corrientes de fuga no serán superiores, para el conjunto de la instalación o para cada uno de los circuitos en que ésta pueda dividirse a efectos de su protección, a la sensibilidad que presenten los interruptores diferenciales instalados como protección contra los contactos indirectos.

#### 4.4.4 Cajas de empalme:

Las conexiones entre conductores se realizarán en el interior de cajas apropiadas de material plástico resistente incombustible o metálicas, en cuyo caso estarán aisladas interiormente y protegidas contra la oxidación. Las dimensiones de estas cajas serán tales que permitan alojar holgadamente todos los conductores que deban contener. Su profundidad será igual, por lo menos, a una vez y media el diámetro del tubo mayor, con un mínimo de 40 mm; el lado o diámetro de la caja será de al menos 80 mm. Cuando se quieran hacer estancas las entradas de los tubos en las cajas de conexión, deberán emplearse prensaestopas adecuados. En ningún caso se permitirá la unión de conductores, como empalmes o derivaciones por simple retorcimiento o arrollamiento entre sí de los conductores, sino que deberá realizarse siempre utilizando bornes de

conexión.

Los conductos se fijarán firmemente a todas las cajas de salida, de empalme y de paso, mediante contratuercas y casquillos. Se tendrá cuidado de que quede al descubierto el número total de hilos de rosca al objeto de que el casquillo pueda ser perfectamente apretado contra el extremo del conducto, después de lo cual se apretará la contratuerca para poner firmemente el casquillo en contacto eléctrico con la caja.

Los conductos y cajas se sujetarán por medio de pernos de fiador en ladrillo hueco, por medio de pernos de expansión en hormigón y ladrillo macizo y clavos Split sobre metal. Los pernos de fiador de tipo tornillo se usarán en instalaciones permanentes, los de tipo de tuerca cuando se precise desmontar la instalación, y los pernos de expansión serán de apertura efectiva. Serán de construcción sólida y capaz de resistir una tracción mínima de 20 kg. No se hará uso de clavos por medio de sujeción de cajas o conductos.

#### 4.4.5 Mecanismos y tomas de corriente:

Los interruptores y conmutadores cortarán la corriente máxima del circuito en que estén colocados sin dar lugar a la formación de arco permanente, abriendo o cerrando los circuitos sin posibilidad de tomar una posición intermedia. Serán del tipo cerrado y de material aislante. Las dimensiones de las piezas de contacto serán tales que la temperatura no pueda exceder de 65 oC en ninguna de sus piezas. Su construcción será tal que permita realizar un número total de 10.000 maniobras de apertura y cierre, con su carga nominal a la tensión de trabajo. Llevarán marcada su intensidad y tensiones nominales, y estarán probadas a una tensión de 500 a 1.000 voltios.

Las tomas de corriente serán de material aislante, llevarán marcadas su intensidad y tensión nominales de trabajo y dispondrán, como norma general, todas ellas de puesta a tierra.

Todos ellos irán instalados en el interior de cajas empotradas en los paramentos, de forma que al exterior sólo podrá aparecer el mando totalmente aislado y la tapa embellecedora.

En el caso en que existan dos mecanismos juntos, ambos se alojarán en la misma caja, la cual deberá estar dimensionada suficientemente para evitar falsos contactos.

#### 4.4.6 Aparata de mando y protección:

##### 4.4.6.1 Cuadros eléctricos:

Todos los cuadros eléctricos serán nuevos y se entregarán en obra sin ningún defecto. Estarán diseñados siguiendo los requisitos de estas especificaciones y se construirán de acuerdo con el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión y con las recomendaciones de la Comisión Electrotécnica Internacional (CEI).

Cada circuito en salida de cuadro estará protegido contra las sobrecargas y cortocircuitos. La protección contra corrientes de defecto hacia tierra se hará por circuito o grupo de circuitos según se indica en el proyecto, mediante el empleo de interruptores diferenciales de sensibilidad adecuada, según ITC-BT-24.

Los cuadros serán adecuados para trabajo en servicio continuo. Las variaciones máximas admitidas de tensión y frecuencia serán del + 5 % sobre el valor nominal.

Los cuadros serán diseñados para servicio interior, completamente estancos al polvo y la humedad, ensamblados y cableados totalmente en fábrica, y estarán constituidos por una estructura metálica de perfiles laminados en frío, adecuada para el montaje sobre el suelo, y paneles de cerramiento de chapa de acero de fuerte espesor, o de cualquier

Alternativamente, la cabina de los cuadros podrá estar constituida por módulos de material plástico, con la parte frontal transparente.

Las puertas estarán provistas con una junta de estanquidad de neopreno o material similar, para evitar la entrada de polvo.

Todos los cables se instalarán dentro de canaletas provistas de tapa desmontable. Los cables de fuerza irán en canaletas distintas en todo su recorrido de las canaletas para los cables de mando y control.

Los aparatos se montarán dejando entre ellos y las partes adyacentes de otros elementos una distancia mínima igual a la recomendada por el fabricante de los aparatos, en cualquier caso, nunca inferior a la cuarta parte de la dimensión del aparato en la dirección considerada.

La profundidad de los cuadros será de 500 mm y su altura y anchura la necesaria para la colocación de los componentes e igual a un múltiplo entero del módulo del fabricante. Los cuadros estarán diseñados para poder ser ampliados por ambos extremos.

Los aparatos indicadores (lámparas, amperímetros, voltímetros, etc), dispositivos de mando (pulsadores, interruptores, conmutadores, etc), paneles sinópticos, etc, se montarán sobre la parte frontal de los cuadros.

Todos los componentes interiores, aparatos y cables, serán accesibles desde el exterior por el frente.

El cableado interior de los cuadros se llevará has a una regleta de bornas situada junto a las entradas de los cables desde el exterior.

Las partes metálicas de la envoltura de los cuadros se protegerán contra la corrosión por medio de una imprimación a base de dos manos de pintura anticorrosiva y una pintura de acabado de color que se especifique en las Mediciones o, en su defecto, por la Dirección Técnica durante el transcurso de la instalación.

La construcción y diseño de los cuadros deberán proporcionar seguridad al personal y garantizar un perfecto funcionamiento bajo todas las condiciones de servicio, y en particular:

-Los compartimentos que hayan de ser accesibles para accionamiento o mantenimiento estando el cuadro en servicio no tendrán piezas en tensión al descubierto.

-El cuadro y todos sus componentes serán capaces de soportar las corrientes de cortocircuito (kA) según especificaciones reseñadas en planos y mediciones.

#### 4.4.6.2 Interruptores automáticos:

En el origen de la instalación y lo más cerca posible del punto de alimentación a la misma, se colocará el cuadro general de mando y protección, en el que se dispondrá un interruptor general de corte omnipolar, así como dispositivos de protección contra sobrecargas de cada uno de los circuitos que parten de dicho cuadro.

La protección contra sobrecargas para todos los conductores (fases y neutro) de cada circuito se hará con interruptores magnetotérmicos o automáticos de corte omnipolar, con curva térmica de corte para la protección a sobrecargas y sistema de corte electromagnético para la protección a cortocircuitos.

En general, los dispositivos destinados a la protección de los circuitos se instalarán en el origen de éstos, así como en los puntos en que la intensidad admisible disminuya por cambios debidos a sección, condiciones de instalación, sistema de ejecución o tipo de conductores utilizados. No obstante, no se exige instalar dispositivos de protección en el origen de un circuito en que se presente una disminución de la intensidad admisible en el mismo, cuando su protección quede asegurada por otro dispositivo instalado anteriormente.

Los interruptores serán de ruptura al aire y de disparo libre y tendrán un indicador de posición. El accionamiento será directo por polos con mecanismos de cierre por energía acumulada. El accionamiento será manual o manual y eléctrico, según se indique en el esquema o sea necesario por necesidades de automatismo. Llevarán marcadas la intensidad y tensiones nominales de funcionamiento, así como el signo indicador de su desconexión.

El interruptor de entrada al cuadro, de corte omnipolar, será selectivo con los interruptores situados aguas abajo, tras él.

Los dispositivos de protección de los interruptores serán relés de acción directa.

#### 4.4.6.3 Guardamotores:

Los contactores guardamotores serán adecuados para el arranque directo de motores, con corriente de arranque máxima del 600 % de la nominal y corriente de desconexión igual a la nominal.

La longevidad del aparato, sin tener que cambiar piezas de contacto y sin mantenimiento, en condiciones de servicio normales (conecta estando el motor parado y desconecta durante la marcha normal) será de al menos 500.000 maniobras.

La protección contra sobrecargas se hará por medio de relés térmicos para las tres fases, con rearme manual accionable desde el interior del cuadro.

En caso de arranque duro, de larga duración, se instalarán relés térmicos de característica retardada.

La verificación del relé térmico, previo ajuste a la intensidad nominal del motor, se hará haciendo girar el motor a plena carga en monofásico; la desconexión deberá tener lugar al cabo de algunos minutos.

Cada contactor llevará dos contactos normalmente cerrados y dos normalmente abiertos para enclavamientos con otros aparatos.

#### 4.4.6.4 Fusibles:

Los fusibles serán de alta capacidad de ruptura, limitadores de corriente y de acción lenta cuando vayan instalados en circuitos de protección de motores.

Los fusibles de protección de circuitos de control o de consumidores óhmicos serán de alta capacidad ruptura y de acción rápida.

Se dispondrán sobre material aislante e incombustible, y estarán contruidos de tal forma que no se pueda proyectar metal al fundirse. Llevarán marcadas la intensidad y tensión nominales de trabajo.

No serán admisibles elementos en los que la reposición del fusible pueda suponer un peligro de accidente. Estará montado sobre una empuñadura que pueda ser retirada fácilmente de la base.

#### 4.4.6.5 Interruptores diferenciales:

1º/ La protección contra contactos directos se asegurará adoptando las siguientes medidas: Protección por aislamiento de las partes activas.

Las partes activas deberán estar recubiertas de un aislamiento que no pueda ser eliminado más que destruyéndolo.

Protección por medio de barreras o envolventes.

Las partes activas deben estar situadas en el interior de las envolventes o detrás de barreras que posean, como mínimo, el grado de protección IP XXB, según UNE20.324. Si se necesitan aberturas mayores para la reparación de piezas o para el buen funcionamiento de los equipos, se adoptarán precauciones apropiadas para impedir que las personas o animales domésticos toquen las partes activas y se garantizará que las personas sean conscientes del hecho de que las partes activas no deben ser tocadas voluntariamente.

Las superficies superiores de las barreras o envolventes horizontales que son fácilmente accesibles, deben responder como mínimo al grado de protección IP4X o IPXXD.

Las barreras o envolventes deben fijarse de manera segura y ser de una robustez y durabilidad suficientes para mantener los grados de protección exigidos, con una separación suficiente de las partes activas en las condiciones normales de servicio, teniendo en cuenta las influencias externas.

Cuando sea necesario suprimir las barreras, abrir las envolventes o quitar partes de éstas, esto no debe ser posible más que:

- O bien con la ayuda de una llave o de una herramienta;

- bien, después de quitar la tensión de las partes activas protegidas por estas barreras o estas envolventes, no pudiendo ser restablecida la tensión hasta después de volver a colocar las barreras o las envolventes;
- bien, si hay interpuesta una segunda barrera que posee como mínimo el grado de protección IP2X o IP XXB, que no pueda ser quitada más que con la ayuda de una llave o de una herramienta y que impida todo contacto con las partes activas.

Protección complementaria por dispositivos de corriente diferencial-residual.

Esta medida de protección está destinada solamente a complementar otras medidas de protección contra los contactos directos.

El empleo de dispositivos de corriente diferencial-residual, cuyo valor de corriente diferencial asignada de funcionamiento sea inferior o igual a 30 mA, se reconoce como medida de protección complementaria en caso de fallo de otra medida de protección contra los contactos directos o en caso de imprudencia de los usuarios.

2º/ La protección contra contactos indirectos se conseguirá mediante "corte automático de la alimentación". Esta medida consiste en impedir, después de la aparición de un fallo, que una tensión de contacto de valor suficiente se mantenga durante un tiempo tal que pueda dar como resultado un riesgo. La tensión límite convencional es igual a 50 V, valor eficaz en corriente alterna, en condiciones normales y a 24 V en locales húmedos.

Todas las masas de los equipos eléctricos protegidos por un mismo dispositivo de protección, deben ser interconectadas y unidas por un conductor de protección a una misma toma de tierra. El punto neutro de cada generador o transformador debe ponerse a tierra.

Se cumplirá la siguiente condición:  $R_a \times I_a \leq U$  donde:

- $R_a$  es la suma de las resistencias de la toma de tierra y de los conductores de protección de masas.



- $I_{\Delta n}$  es la corriente que asegura el funcionamiento automático del dispositivo de protección. Cuando el dispositivo de protección es un dispositivo de corriente diferencial-residual es la corriente diferencial-residual asignada.

- $U$  es la tensión de contacto límite convencional (50 ó 24V).

#### 4.4.6.6 Seccionadores:

Los seccionadores en carga serán de conexión y desconexión brusca, ambas independientes de la acción del operador.

Los seccionadores serán adecuados para servicio continuo y capaces de abrir y cerrar la corriente nominal a tensión nominal con un factor de potencia igual o inferior a 0,7.

#### 4.4.6.7 Embarrados:

El embarrado principal constará de tres barras para las fases y una, con la mitad de la sección de las fases, para el neutro. La barra de neutro deberá ser seccionable a la entrada del cuadro.

Las barras serán de cobre electrolítico de alta conductividad y adecuadas para soportar la intensidad de plena carga y las corrientes de cortocircuito que se especifiquen en memoria y planos.

Se dispondrá también de una barra independiente de tierra, de sección adecuada para proporcionar la puesta a tierra de las partes metálicas no conductoras de los aparatos, la carcasa del cuadro y, si los hubiera, los conductores de protección de los cables en salida.

#### 4.4.6.8 Prensaestopas y etiquetas:

Los cuadros irán completamente cableados hasta las regletas de entrada y salida.

Se proveerán prensaestopas para todas las entradas y salidas de los cables del cuadro; los prensaestopas serán de doble cierre para cables arados y de cierre sencillo para cables sin armar.

Todos los aparatos y bornes irán debidamente identificados en el interior del cuadro mediante números que correspondan a la designación del esquema. Las etiquetas serán marcadas de forma indeleble y fácilmente legible.

En la parte frontal del cuadro se dispondrán etiquetas de identificación de los circuitos, constituidas por placas de chapa de aluminio firmemente fijadas a los paneles frontales, impresos al horno, con fondo negro mate y letreros y zonas de estampación en aluminio pulido. El fabricante podrá adoptar cualquier solución para el material de las etiquetas, su soporte y la impresión, con tal de que sea duradera y fácilmente legible.

En cualquier caso, las etiquetas estarán marcadas con letras negras de 10 mm de altura sobre fondo blanco.

#### 4.4.7 Receptores de alumbrado:

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

La masa de las luminarias suspendidas excepcionalmente de cables flexibles no debe exceder de 5 kg. Los conductores, que deben ser capaces de soportar este peso, no deben presentar empalmes intermedios y el esfuerzo deberá realizarse sobre un elemento distinto del borne de conexión.

Las partes metálicas accesibles de las luminarias que no sean de Clase II o Clase III, deberán tener un elemento de conexión para su puesta a tierra, que irá conectado de manera fiable y permanente al conductor de protección del circuito.

El uso de lámparas de gases con descargas a alta tensión (neón, etc), se permitirá cuando su ubicación esté fuera del volumen de accesibilidad o cuando se instalen barreras o envolventes separadoras.

En instalaciones de iluminación con lámparas de descarga realizadas en locales en los que funcionen máquinas con movimiento alternativo o rotatorio rápido, se deberán tomar las medidas necesarias para evitar la posibilidad de accidentes causados por ilusión óptica originada por el efecto estroboscópico.

Los circuitos de alimentación estarán previstos para transportar la carga debida a los propios receptores, a sus elementos asociados y a sus corrientes armónicas y de arranque. Para receptores con lámparas de descarga, la carga mínima prevista en voltiamperios será de 1,8 veces la potencia en vatios de las lámparas. En el caso de distribuciones monofásicas, el conductor neutro tendrá la misma sección que los de fase. Será aceptable

un coeficiente diferente para el cálculo de la sección de los conductores, siempre y cuando el factor de potencia de cada receptor sea mayor o igual a 0,9 y si se conoce la carga que supone cada uno de los elementos asociados a las lámparas y las corrientes de arranque, que tanto éstas como aquéllos puedan producir. En este caso, el coeficiente será el que resulte.

En el caso de receptores con lámparas de descarga será obligatoria la compensación del factor de potencia hasta un valor mínimo de 0,9.

En instalaciones con lámparas de muy baja tensión (p.e. 12 V) debe preverse la utilización de transformadores adecuados, para asegurar una adecuada protección térmica, contra cortocircuitos y sobrecargas y contra los choques eléctricos.

Para los rótulos luminosos y para instalaciones que los alimentan con tensiones asignadas de salida en vacío comprendidas entre 1 y 10 kV se aplicará lo dispuesto en la norma UNE-EN 50.107.

#### 4.4.8 Receptores a motor:

Los motores deben instalarse de manera que la aproximación a sus partes en movimiento no pueda ser causa de accidente. Los motores no deben estar en contacto con materias fácilmente combustibles y se situarán de manera que no puedan provocar la ignición de estas.

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

Los motores deben estar protegidos contra cortocircuitos y contra sobrecargas en todas sus fases, debiendo esta última protección ser de tal naturaleza que cubra, en los motores trifásicos, el riesgo de la falta de tensión en una de sus fases. En el caso de motores con arrancador estrella-triángulo, se asegurará la protección, tanto para la conexión en estrella como en triángulo.

Los motores deben estar protegidos contra la falta de tensión por un dispositivo de corte automático de la alimentación, cuando el arranque espontáneo del motor, como consecuencia del restablecimiento de la tensión, pueda provocar accidentes, o perjudicar el motor, de acuerdo con la norma UNE 20.460 -4-45.

Los motores deben tener limitada la intensidad absorbida en el arranque, cuando se pudieran producir efectos que perjudicasen a la instalación u ocasionasen perturbaciones inaceptables al funcionamiento de otros receptores o instalaciones.

En general, los motores de potencia superior a 0,75 kilovatios deben estar provistos de reóstatos de arranque o dispositivos equivalentes que no permitan que la relación de corriente entre el período de arranque y el de marcha normal que corresponda a su plena carga, según las características del motor que debe indicar su placa, sea superior a la señalada en el cuadro siguiente:

-De 0,75 kW a 1,5 kW: 4,5

-De 1,50 kW a 5 kW: 3,0

-De 5 kW a 15 kW: 2

-Más de 15 kW: 1,5

Todos los motores de potencia superior a 5 kW tendrán seis bornes de conexión, con tensión de la red correspondiente a la conexión en triángulo del bobinado (motor de 230/400 V para redes de 230 V entre fases y de 400/693 V para redes de 400 V entre fases), de tal manera que será siempre posible efectuar un arranque en estrella-triángulo del motor.

Los motores deberán cumplir, tanto en dimensiones y formas constructivas, como en la asignación de potencia a los diversos tamaños de carcasa, con las recomendaciones europeas IEC y las normas UNE, DIN y VDE. Las normas UNE específicas para motores son la 20.107, 20.108, 20.111, 20.112, 20.113, 20.121, 20.122 y 20.324.

Para la instalación en el suelo se usará normalmente la forma constructiva B-3, con dos platos de soporte, un extremo de eje libre y carcasa con patas. Para montaje vertical, los motores llevarán cojinetes previstos para soportar el peso del rotor y de la polea.

La clase de protección se determina en las normas UNE 20.324 y DIN 40.050. Todos los motores deberán tener la clase de protección IP 44 (protección contra contactos accidentales con herramienta y contra la penetración de cuerpos sólidos con diámetro mayor de 1 mm, protección contra salpicaduras de agua proveniente de cualquier dirección), excepto para instalación a la intemperie o en ambiente húmedo o polvoriento y dentro de unidades de tratamiento de aire, donde se usarán motores con clase de protección IP 54 (protección total contra contactos involuntarios de cualquier clase, protección contra depósitos de polvo, protección contra salpicaduras de agua proveniente de cualquier dirección).

Los motores con protecciones IP 44 e IP 54 son completamente cerrados y con refrigeración de superficie.

Todos los motores deberán tener, por lo menos, la clase de aislamiento B, que admite un incremento máximo de temperatura de 80 oC sobre la temperatura ambiente de referencia de 40 oC, con un límite máximo de temperatura del devanado de 130 oC.

El diámetro y longitud del eje, las dimensiones de las chavetas y la altura del eje sobre la base estarán de acuerdo a las recomendaciones IEC.

La calidad de los materiales con los que están fabricados los motores serán las que se indican a continuación:

- carcasa: de hierro fundido de alta calidad, con patas solidarias y con aletas de refrigeración.
- estator: paquete de chapa magnética y bobinado de cobre electrolítico, montados en estrecho contacto con la carcasa para disminuir la resistencia térmica al paso del calor hacia el exterior de la misma. La impregnación del bobinado para el aislamiento eléctrico se obtendrá evitando la formación de burbujas y deberá resistir las sollicitaciones térmicas y dinámicas a las que viene sometido.
- rotor: formado por un paquete ranurado de chapa magnética, donde se alojará el devanado secundario en forma de jaula de aleación de aluminio, simple o doble.
- eje: de acero duro.
- ventilador: interior (para las clases IP 44 e IP 54), de aluminio fundido, solidario con el rotor, o de plástico inyectado.
- rodamientos: de esfera, de tipo adecuado a las revoluciones del rotor y capaces de soportar ligeros empujes axiales en los motores de eje horizontal (se seguirán las instrucciones del fabricante en cuanto a marca, tipo y cantidad de grasa necesaria para la lubricación y su duración).

- cajas de bornes y tapa: de hierro fundido con entrada de cables a través de orificios roscados con prensa-estopas.

Para la correcta selección de un motor, que se hará par servicio continuo, deberán considerarse todos y cada uno de los siguientes factores:

- potencia máxima absorbida por la máquina accionada, incluidas las pérdidas por transmisión.
- velocidad de rotación de la máquina accionada.
- características de la acometida eléctrica (número de fases, tensión y frecuencia).
- clase de protección (IP 44 o IP 54).
- clase de aislamiento (B o F).
- forma constructiva.
- temperatura máxima del fluido refrigerante (aire ambiente) y cota sobre el nivel del mar del lugar de emplazamiento.
- momento de inercia de la máquina accionada y de la transmisión referido a la velocidad de rotación del motor.
- curva del par resistente en función de la velocidad.

Los motores podrán admitir desviaciones de la tensión nominal de alimentación comprendidas entre el 5 % en más o menos. Si son de preverse desviaciones hacia la baja superiores al mencionado valor, la potencia del motor deberá "deratarse" de forma proporcional, teniendo en cuenta que, además, disminuirá también el par de arranque proporcional al cuadrado de la tensión.

Antes de conectar un motor a la red de alimentación, deberá comprobarse que la resistencia de aislamiento del bobinado estático sea superior a 1,5 megohmios. En caso de que sea inferior, el motor será rechazado por la DO y deberá ser secado en un taller especializado, siguiendo las instrucciones del fabricante, o sustituido por otro.

El número de polos del motor se elegirá de acuerdo a la velocidad de rotación de la máquina accionada.

En caso de acoplamiento de equipos (como ventiladores) por medio de poleas y correas trapezoidales, el número de polos del motor se escogerá de manera que la relación entre velocidades de rotación del motor y del ventilador sea inferior a 2,5.

Todos los motores llevarán una placa de características, situada en lugar visible y escrita de forma indeleble, en la que aparecerán, por lo menos, los siguientes datos:

- potencia del motor.
- velocidad de rotación.
- intensidad de corriente a la(s) tensión(es) de funcionamiento.
- intensidad de arranque.
- tensión(es) de funcionamiento.
- nombre del fabricante y modelo.



#### 4.4.9 Puestas a tierra:

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

La puesta o conexión a tierra es la unión eléctrica directa, sin fusibles ni protección alguna, de una parte, del circuito eléctrico o de una parte conductora no perteneciente al mismo, mediante una toma de tierra con un electrodo o grupo de electrodos enterrados en el suelo.

Mediante la instalación de puesta a tierra se deberá conseguir que en el conjunto de instalaciones, edificios y superficie próxima del terreno no aparezcan diferencias de potencial peligrosas y que, al mismo tiempo, permita el paso a tierra de las corrientes de defecto o las de descarga de origen atmosférico.

La elección e instalación de los materiales que aseguren la puesta a tierra deben ser tales que:

- El valor de la resistencia de puesta a tierra esté conforme con las normas de protección y de funcionamiento de la instalación y se mantenga de esta manera a lo largo del tiempo.
- Las corrientes de defecto a tierra y las corrientes de fuga puedan circular sin peligro, particularmente desde el punto de vista de solicitaciones térmicas, mecánicas y eléctricas.
- La solidez o la protección mecánica quede asegurada con independencia de las condiciones estimadas de influencias externas.
- Contemplen los posibles riesgos debidos a electrólisis que pudieran afectar a otras partes metálicas.

4.4.9.1 Uniones a tierra:

Tomas de tierra. Para la toma de tierra se pueden utilizar electrodos formados por:

- barras, tubos;
- pletinas, conductores desnudos;
- placas;
- anillos o mallas metálicas constituidos por los elementos anteriores o sus combinaciones;
- armaduras de hormigón enterradas; con excepción de las armaduras pretensadas;
- otras estructuras enterradas que se demuestre que son apropiadas. Los conductores de cobre utilizados como electrodos serán de construcción y resistencia eléctrica según la clase 2 de la norma UNE 21.022. El tipo y la profundidad de enterramiento de las tomas de tierra deben ser tales que la posible pérdida de humedad del suelo, la presencia del hielo u otros efectos climáticos, no aumenten la resistencia de la toma de tierra por encima del valor previsto. La profundidad nunca será inferior a 0,50 m.

Conductores de tierra.

Tipo	Protegido mecánicamente	No protegido mecánicamente
Protegido contra la corrosión	Igual a conductores protección aptado 7.7.1	16 mm <sup>2</sup> de Cu 16 mm <sup>2</sup> de acero

		galvanizado
No protegido contra la corrosión	25 mm <sup>2</sup> de Cu 25 mm <sup>2</sup> de Hierro	25 mm <sup>2</sup> de Cu 50 mm <sup>2</sup> de Hierro

La sección de los conductores de tierra, cuando estén enterrados, deberá estar de acuerdo con los valores indicados en la tabla siguiente. La sección no será inferior a la mínima exigida para los conductores de protección.

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

Durante la ejecución de las uniones entre conductores de tierra y electrodos de tierra debe extremarse el cuidado para que resulten eléctricamente correctas. Debe cuidarse, en especial, que las conexiones, no dañen ni a los conductores ni a los electrodos de tierra.

Bornes de puesta a tierra.

En toda instalación de puesta a tierra debe preverse un borne principal de tierra, al cual deben unirse los conductores siguientes:

- Los conductores de tierra.
- Los conductores de protección.
- Los conductores de unión equipotencial principal.
- Los conductores de puesta a tierra funcional, si son necesarios.

Debe preverse sobre los conductores de tierra y en lugar accesible, un dispositivo que permita medir la resistencia de la toma de tierra correspondiente. Este dispositivo puede estar combinado con el borne principal de tierra, debe ser desmontable necesariamente por medio de un útil, tiene que ser mecánicamente

seguro y debe asegurar la continuidad eléctrica.

- Conductores de protección

Los conductores de protección sirven para unir eléctricamente las masas de una instalación con el borne de tierra, con el fin de asegurar la protección contra contactos indirectos.

Los conductores de protección tendrán una sección mínima igual a la fijada en la tabla siguiente:

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

En todos los casos, los conductores de protección que no forman parte de la canalización de alimentación serán de cobre con una sección, al menos de:

- 4 mm<sup>2</sup>, si los conductores de protección no disponen de una protección mecánica. Como conductores de protección pueden utilizarse:
  - conductores en los cables multiconductores, o
  - conductores aislados o desnudos que posean una envolvente común con los conductores activos, o
  - conductores separados desnudos o aislados.

Ningún aparato deberá ser intercalado en el conductor de protección. Las

masas de los equipos a unir con los conductores de protección no deben ser conectadas en serie en un circuito de protección.

#### 4.4.10 Inspecciones y pruebas en fábrica:

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

En particular se harán por lo menos las siguientes comprobaciones:

- Se medirá la resistencia de aislamiento con relación a tierra y entre conductores, que tendrá un valor de al menos 0,50 MOhm.

- Una prueba de rigidez dieléctrica, que se efectuará aplicando una tensión igual a dos veces la tensión nominal más 1.000 voltios, con un mínimo de 1.500 voltios, durante 1 minuto a la frecuencia nominal. Este ensayo se realizará estando los aparatos de interrupción cerrados y los cortocircuitos instalados como en servicio normal.

- Se inspeccionarán visualmente todos los aparatos y se comprobará el funcionamiento mecánico de todas las partes móviles.

- Se pondrá el cuadro de baja tensión y se comprobará que todos los relés actúan

- Se calibrarán y ajustarán todas las protecciones de acuerdo con los valores suministrados por el fabricante. Estas pruebas podrán realizarse, a petición de la DO, en presencia del técnico encargado por la misma. Cuando se exijan los certificados de ensayo, la EIM enviará los protocolos de ensayo, debidamente certificados por el fabricante, a la DO.

#### 4.4.11 Control:

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

#### 4.4.12 Seguridad:

En general, basándonos en la Ley de Prevención de Riesgos Laborales y las especificaciones de las normas NTE, se cumplirán, entre otras, las siguientes condiciones de seguridad:

- Siempre que se vaya a intervenir en una instalación eléctrica, tanto en la ejecución de la misma como en su mantenimiento, los trabajos se realizarán sin tensión, asegurándonos la inexistencia de ésta mediante los correspondientes aparatos de medición y comprobación.
- En el lugar de trabajo se encontrará siempre un mínimo de dos operarios.

- Se utilizarán guantes y herramientas aislantes.
- Cuando se usen aparatos o herramientas eléctricos, además de conectarlos a tierra cuando así lo precisen, estarán dotados de un grado de aislamiento II, o estarán alimentados con una tensión inferior a 50 V mediante transformadores de seguridad.
- Serán bloqueados en posición de apertura, si es posible, cada uno de los aparatos de protección, seccionamiento y maniobra, colocando en su mando un letrero con la prohibición de maniobrarlo.
- No se restablecerá el servicio al finalizar los trabajos antes de haber comprobado que no exista peligro alguno.
- En general, mientras los operarios trabajen en circuitos o equipos a tensión o en su proximidad, usarán ropa sin accesorios metálicos y evitarán el uso innecesario de objetos de metal o artículos inflamables; llevarán las herramientas o equipos en bolsas y utilizarán calzado aislante, al menos, sin herrajes ni clavos en las suelas.
- Se cumplirán asimismo todas las disposiciones generales de seguridad de obligado cumplimiento relativas a seguridad, higiene y salud en el trabajo, y las ordenanzas municipales que sean de aplicación.

#### 4.4.13 Limpieza:

Antes de la recepción provisional, los cuadros se limpiarán de polvo, pintura, cascarillas y de cualquier material que pueda haberse acumulado durante el curso de la obra en su interior o al exterior.

#### 4.4.14 Mantenimiento:

Cuando sea necesario intervenir nuevamente en la instalación, bien sea por causa de averías o para efectuar modificaciones en la misma, deberán tenerse en cuenta todas las especificaciones reseñadas en los apartados de ejecución, control y seguridad,

en la misma forma que si se tratara de una instalación nueva. Se aprovechará la ocasión para comprobar el estado general de la instalación, sustituyendo o reparando aquellos elementos que lo precisen, utilizando materiales de características similares a los reemplazados.

#### 4.4.15 Criterios de medición:

Las unidades de obra serán medidas con arreglo a lo especificado en la normativa vigente, o bien, en el caso de que ésta no sea suficiente explícita, en la forma reseñada en el Pliego Particular de Condiciones que les sea de aplicación, o incluso tal como figuren dichas unidades en el Estado de Mediciones del Proyecto. A las unidades medidas se les aplicarán los precios que figuren en el Presupuesto, en los cuales se consideran incluidos todos los gastos de transporte, indemnizaciones y el importe de los derechos fiscales con los que se hallen gravados por las distintas Administraciones, además de los gastos generales de la contrata. Si hubiera necesidad de realizar alguna unidad de obra no comprendida en el Proyecto, se formalizará el correspondiente precio contradictorio.

Los cables, bandejas y tubos se medirán por unidad de longitud (metro), según tipo y dimensiones.

En la medición se entenderán incluidos todos los accesorios necesarios para el montaje (grapas, terminales, bornes, prensaestopas, cajas de derivación, etc.), así como la mano de obra para el transporte en el interior de la obra, montaje y pruebas de recepción.

Los cuadros y receptores eléctricos se medirán por unidades montadas y conexionadas. La conexión de los cables a los elementos receptores (cuadros, motores, resistencias, aparatos de control, etc.) será efectuada por el suministrador del mismo elemento receptor. El transporte de los materiales en el interior de la obra estará a cargo de la EIM.



Fdo:

Enrique Pérez San Martín

Pamplona, a noviembre de 2017.



## Escuela Superior de Ingenieros Industriales y de Telecomunicación

Titulación:

Ingeniería de Tecnologías industriales

Proyecto:

Instalación eléctrica en baja tensión de una nave industrial para el establecimiento de un negocio de chapa y pintura.

Tutor:

Javier Crespo Ganuza

Documento 5: Estudio de  
seguridad y salud

Enrique Pérez San Martín  
Pamplona, noviembre de 2017.

## DOCUMENTO 5: ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

<b>5.1 Objeto:</b> .....	<b>3</b>
<b>5.2. Plan de seguridad y salud básico:</b> .....	<b>4</b>
<b>5.2.1 Normas de seguridad y salud aplicables a la obra:</b> .....	<b>6</b>
<b>5.2.2 Principios generales aplicables durante la ejecución de obra:</b> .....	<b>6</b>
<b>5.2.3 Identificación de riesgos:</b> .....	<b>9</b>
5.2.3.1 Instalaciones:.....	9
5.2.3.2 Movimiento de tierras: .....	10
5.2.3.3 Cimentación y estructuras: .....	10
5.2.3.4 Cubiertas: .....	11
5.2.3.5 Albañilería y cerramientos: .....	12
5.2.3.6 Terminaciones: .....	12
<b>5.2.4 Medidas de prevención y protección:</b> .....	<b>13</b>
5.2.4.1 Medidas de protección colectivas:.....	13
5.2.4.2 Medidas de protección colectivas:.....	14
5.2.4.3 Medidas de protección a terceros: .....	15
5.2.4.4 Primeros auxilios: .....	15

## 5.1 Objeto:

Según el Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y de salud en las obras de construcción:

El promotor estará obligado a que en la fase de redacción del proyecto se elabore un estudio de seguridad y salud en los proyectos de obras en que se den alguno de los supuestos siguientes:

- Que el presupuesto de ejecución por contrata incluido en el proyecto sea igual o superior a 75 millones de pesetas (450.759,08 €)
- Que la duración estimada sea superior a 30 días laborables, empleándose en algún momento a más de 20 trabajadores simultáneamente
- Que el volumen de mano de obra estimada, entendiéndose por tal la suma de los días de trabajo del total de los trabajadores en la obra, sea superior a 500. En los

En los proyectos de obra restantes, el promotor estará obligado a que en la fase de redacción del proyecto se realice un estudio básico de seguridad y salud.

Este Estudio Básico de Seguridad y Salud establece, durante la ejecución de esta obra, las previsiones respecto a la prevención de riesgos de accidentes y enfermedades profesionales, así como información útil para efectuar en su día, en las debidas condiciones de seguridad y salud, los previsibles trabajos posteriores de mantenimiento.

Servirá para dar unas directrices básicas a la empresa constructora para llevar a cabo sus obligaciones en el terreno de la prevención de riesgos profesionales, facilitando su desarrollo.

## 5.2. Plan de seguridad y salud básico:

El Plan de Seguridad y Salud deberá ser aprobado antes del inicio de la obra por el Coordinador de Seguridad y Salud durante la ejecución de la obra o, cuando no haya, por la Dirección facultativa. En caso de obras de las Administraciones Públicas se deberá someter a la aprobación de esta Administración.

Se recuerda la obligatoriedad de que a cada centro de trabajo haya un Libro de Incidencias por el seguimiento del Plan. Cualquier anotación hecha al Libro de Incidencias deberá ponerse en conocimiento de la Inspección de Trabajo y Seguridad Social en el plazo de 24 horas.

Aun así se recuerda que, según el artículo 15 del Real decreto, los contratistas y subcontratistas habrán de garantizar que los trabajadores reciban la información adecuada de todas las medidas de seguridad y salud en la obra.

Antes del comienzo de los trabajos el promotor habrá de efectuar un aviso a la autoridad laboral competente, según modelo incluido al anexo III del Real decreto.

La comunicación de apertura del centro de trabajo a la autoridad laboral competente habrá de incluir el Plan de Seguridad y Salud.

El Coordinador de Seguridad y Salud durante la ejecución de la obra o cualquier integrante de la Dirección facultativa, en caso de apreciar un riesgo grave inminente para la seguridad de los trabajadores, podrá parar la obra parcialmente o totalmente, comunicándolo a la Inspección de Trabajo y Seguridad Social, al contratista, subcontratistas y representantes de los trabajadores.

Las responsabilidades de los coordinadores, de la Dirección facultativa y del promotor no eximirán de sus responsabilidades a los contratistas y a los subcontratistas.

El estudio básico de seguridad y salud debe cumplir:

1. Las normas de seguridad y salud aplicables en la obra
2. La identificación de los riesgos laborales que puedan ser evitados, indicando las medidas técnicas necesarias
3. Relación de los riesgos laborales que no pueden eliminarse conforme a lo señalado anteriormente especificando las medidas preventivas y protecciones técnicas.
4. Previsiones e informaciones útiles para efectuar en su día, en las debidas condiciones de seguridad y salud, previsibles a trabajos posteriores.

### 5.2.1 Normas de seguridad y salud aplicables a la obra:

Las normas de seguridad y salud a seguir son las siguientes:

- Ley 31/ 1.995 de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales.
- Real Decreto 485/1.997 de 14 de abril, sobre Señalización de seguridad en el trabajo. Real Decreto 486/1.997 de 14 de abril, sobre Seguridad y Salud en los lugares de trabajo.
- Real Decreto 487/1.997 de 14 de abril, sobre Manipulación de cargas.
- Real Decreto 773/1.997 de 30 de mayo, sobre Utilización de Equipos de Protección Individual.
- Real Decreto 39/1.997 de 17 de enero, Reglamento de los Servicios de Prevención.
- Real Decreto 1215/1.997 de 18 de julio, sobre Utilización de Equipos de Trabajo.
- Real Decreto 1627/1.997 de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción.
- Estatuto de los Trabajadores (Ley 8/1.980, Ley 32/1.984, Ley 11/1.994).
- Ordenanza de Trabajo de la Construcción, Vidrio y Cerámica (O.M. 28-08-70, O.M. 28-07-77, O.M. 4-07-83, en los títulos no derogados).

### 5.2.2 Principios generales aplicables durante la ejecución de obra:

Los principios generales a aplicar en dicho estudio son los siguientes:

Dentro de la **Ley 31/ 1.995 de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales**, el artículo 10 del R.D.1627/1997 establece que se aplicarán los principios de acción preventiva recogidos en el artículo 15 de la "Ley de Prevención de Riesgos

Laborales (Ley 31/1995, de 8 de noviembre)" durante la ejecución de la obra y en particular en las siguientes actividades:

1. El mantenimiento de la obra en buen estado de orden y limpia
2. La elección del emplazamiento de los lugares y áreas de trabajo,
3. teniendo en cuenta sus condiciones de acceso y la determinación de las vías o zonas de desplazamiento o circulación.
4. La manipulación de los diferentes materiales y la utilización de los medios auxiliares.
5. El mantenimiento, el control previo a la puesta en servicio y el control de
6. las instalaciones y dispositivos necesarios para la ejecución de la obra, con objeto de corregir los defectos que pudieran afectar a la seguridad y salud de los trabajadores.
7. La delimitación y condicionamiento de las zonas de almacenamiento y depósito de los diferentes materiales, en particular si se trata de materias y sustancias peligrosas.
8. La recogida de los materiales peligrosos utilizados.
9. La cooperación entre los contratistas, sub-contratistas y trabajadores autónomos.
10. Las interacciones e incompatibilidades con cualquier otro tipo de trabajo
11. actividad que se realice a la obra o cerca de la obra.

En cuanto a los principios de acción preventiva establecidos en el artículo 15 de la Ley 31/95, son los que se describen a continuación.

El empresario aplicará las medidas que integran el deber general de prevención, de acuerdo con los siguientes principios generales:

- Evitar riesgos.
- Evaluar los riesgos que no se puedan evitar.
- Combatir los riesgos en su origen.



- Adaptar el trabajo a la persona, en particular con el que respeta a la concepción de los puestos de trabajo, la elección de los equipos y los métodos de trabajo y de producción, por tal de reducir el trabajo monótono y repetitivo y reducir los efectos del mismo a la salud.
- Tener en cuenta la evolución de la técnica.
- Sustituir aquello que es peligroso por aquello que tenga poco o ningún peligro
- Planificar la prevención, buscando un conjunto coherente que integre la técnica, la organización del trabajo, las condiciones de trabajo, las relaciones sociales y la influencia de los factores ambientales en el trabajo.
- Adoptar medidas que pongan por ante la protección colectiva a la individual.
- Dar las debidas instrucciones a los trabajadores

El empresario tendrá en consideración las capacidades profesionales de los trabajadores en materia de seguridad y salud en el momento de encomendar los trabajos.

El empresario adoptará las medidas necesarias para garantizar que sólo los trabajadores que hayan recibido información suficiente y adecuada puedan acceder a las zonas de riesgo grave y específico.

La efectividad de las medidas preventivas deberá prever las distracciones e imprudencias no temerarias que pudiera cometer el trabajador. Para su aplicación se tendrán en cuenta los riesgos adicionales que pudieran implicar determinadas medidas preventivas, que sólo podrán adoptarse cuando la magnitud de los mencionados riesgos sea substancialmente inferior a las de los que se pretende controlar y no existan alternativas más seguras.

Podrán concertar operaciones de seguros que tengan como finalidad garantizar como ámbito de cobertura la previsión de riesgos derivados del trabajo, la empresa respecto de sus trabajadores, los trabajadores autónomos respecto de ellos mismos y las sociedades cooperativas respecto los socios, la actividad de los cuales consista en la prestación de su trabajo personal.

### 5.2.3 Identificación de riesgos:

Se enumeran a continuación los riesgos particulares de diferentes trabajos de obra, considerando que algunos de ellos se pueden dar durante todo el proceso de ejecución de la obra o bien ser aplicables a otros trabajos.

Se deberá tener especial cuidado en los riesgos más habituales en las obras, como por ejemplo son, caídas, cortes, quemaduras, erosiones y golpes, habiéndose de adoptar en cada momento la postura más adecuada por el trabajo que se realice.

Además, se debe tener en cuenta las posibles repercusiones a las estructuras de edificación vecinas y tener cuidado en minimizar en todo momento el riesgo de incendio.

#### 5.2.3.1 Instalaciones:

En este apartado quedan incluidos las diferentes áreas como pueden ser la electricidad, la fontanería, la calefacción, etc.

Como riesgos frecuentes nos encontramos:

- Interferencias con Instalaciones suministro público (agua, luz, gas...)
- Caídas desde puntos altos/y o desde elementos provisionales de acceso (escaleras, plataformas)
- Cortes y pinchazos
- Golpes y tropiezos

- Caída de materiales, rebotes
- Emanaciones de gases en aperturas de pozos muertos
- Contactos eléctricos directos o indirectos
- Sobreesfuerzos por posturas incorrectas
- Caídas de palos y antenas

#### 5.2.3.2 Movimiento de tierras:

- Interferencias con Instalaciones de suministro público (agua, luz, gas...)
- Generación excesiva de polvo o emanación de gases tóxicos
- Caídas desde puntos altos/y o desde elementos provisionales de acceso (escaleras, plataformas.
  - Golpes y tropiezos
  - Desprendimiento y/o desplome de tierras y/o rocas
  - Caída de materiales, rebotes
  - Ambiente excesivamente ruidoso
  - Desplome y o/caída de las paredes de contención, pozos y zanjas
  - Desplome y o/caída de las edificaciones vecinas
  - Accidentes derivados de condiciones atmosféricas
  - Sobreesfuerzos por posturas incorrectas
  - Riesgos derivados del desconocimiento del suelo a excavar

#### 5.2.3.3 Cimentación y estructuras:

- Interferencias con Instalaciones de suministro público (agua, luz, gas...)
- Proyección de partículas durante los trabajos
- Caídas desde puntos altos/y o desde elementos provisionales de acceso (escaleras, plataformas)
  - Contactos con materiales agresivos
  - Cortes y pinchazos
  - Golpes y tropiezos

- Caída de materiales, rebotes
- Ambiente excesivamente ruidoso
- Desplome y o/caída de las paredes de contención, pozos y zanjás
- Desplome y o/caída de las edificaciones vecinas
- Desprendimiento y/o desplome de tierras y/o rocas
- Contactos eléctricos directos o indirectos
- Sobreesfuerzos por posturas incorrectas
- Fallo de encofrados
- Fallo de calzadas
- Generación excesiva de polvo o emanación de gases tóxicos
- Vuelco de material
- Riesgos derivados del almacenamiento de materiales (temperatura,
  - humedad, reacciones químicas)

#### 5.2.3.4 Cubiertas:

En esta sección quedan incluidos los riesgos posibles tanto en las cubiertas planas, inclinadas, así como todo riesgo relacionado con los materiales ligeros:

- Proyección de partículas durante los trabajos
- Caídas desde puntos altos/y o desde elementos provisionales de acceso (escaleras, plataformas)
- Contactos con materiales agresivos
- Cortes y pinchazos
- Golpes y tropiezos
- Caída de materiales, rebotes
- Ambiente excesivamente ruidoso
- Sobreesfuerzos por posturas incorrectas
- Generación excesiva de polvo o emanación de gases tóxicos
- Caídas de palos y antenas
- Volcada de material

- Riesgos derivados del almacenamiento de materiales (temperatura, humedad, reacciones químicas)

#### 5.2.3.5 Albañilería y cerramientos:

- Caídas de operarios a distinto nivel
- Caídas de operarios al vacío
- Caídas de materiales transportados
- Caídas de objetos sobre operarios
- Lesiones en manos y pies
- Sobreesfuerzos
- Ruidos
- Vibraciones
- Atrapamientos y aplastamientos
- Dermatitis por contacto con el cemento y la cal

#### 5.2.3.6 Terminaciones:

Queda incluido en esta sección todos los riesgos posibles que se pueden encontrar en la realización de falsos techos, alicatados, pinturas, cerrajería, etc.

- Caídas de operarios al mismo nivel
- Caídas de operarios al interior de la excavación
- Caídas de operarios al vacío
- Caídas de materiales transportados
- Caídas de objetos sobre operarios
- Atrapamientos y aplastamientos
- Atropellos, colisiones, vuelcos de camiones
- Lesiones en manos y pies
- Sobreesfuerzos
- Ruidos
- Vibraciones

- Elementos en los ojos
- Trabajos en zonas húmedas o mojadas
- Explosiones o incendios
- Quemaduras
- Derivados del almacenamiento inadecuado de productos de combustibles

#### 5.2.4 Medidas de prevención y protección:

Una vez enunciados e identificados los posibles riesgos, se procede a enunciar las distintas medidas preventivas y protecciones individuales:

##### 5.2.4.1 Medidas de protección colectivas:

- Organización y planificación de los trabajos para evitar interferencias entre los diferentes trabajos y circulaciones dentro de la obra.
- Señalización de las zonas de peligro.
- Prever el sistema de circulación de vehículos y su señalización, tanto al interior de la obra como en relación con los viales exteriores.
- Dejar una zona libre en torno a la zona excavada por el paso de maquinaria
- Inmovilización de camiones intermediando falcas y/o topes durante las tareas de carga y descarga.
- Respetar las distancias de seguridad con las Instalaciones existentes.
- Los elementos de las Instalaciones deben estar con las debidas protecciones aislantes.
- Fundamentación correcta de la maquinaria de obra.
- Montaje de grúas hecho por una empresa especializada, con revisiones periódicas, control de la carga máxima, delimitación del radio de acción, frenada, bloqueo, etc.
- Revisión periódica y mantenimiento de maquinaria y equipos de obra.

- Sistema de riego que impida la emisión de polvo en grandes cantidades.
- Comprobación de la adecuación de las soluciones de ejecución al estado real de los elementos (subsuelo, edificaciones vecinas).
- Comprobación de apuntalamientos, condiciones de estribadas y pantallas de protección de zanjas.
- Utilización de pavimentos antideslizantes.
- Colocación de barandillas de protección en lugares con peligro de caída.
- Colocación de redes en agujeros horizontales.
- Protección de agujeros y fachadas para evitar la caída de objetos (redes, lonas)
- Uso de canalizaciones de evacuación de runas, correctamente instaladas
- Uso de escaleras de mano, plataformas de trabajo y andamios
- Colocación de plataformas de recepción de materiales en plantas altas

#### 5.2.4.2 Medidas de protección colectivas:

- Utilización de caretas y gafas homologadas contra el polvo y/o proyección de partículas.
- Utilización de calzado de seguridad.
- Utilización de casco homologado.
- En todas las zonas elevadas dónde no haya sistemas fijos de protección hará falta establecer puntos de anclaje seguros para poder sujetar el cinturón de seguridad homologado, la utilización del cual será obligatoria

- Utilización de guantes homologados para evitar el contacto directo con materiales agresivos y minimizar el riesgo de cortes y pinchazos
- Utilización de protectores auditivos homologados en ambientes excesivamente ruidosos
- Utilización de mandiles
- Sistemas de sujeción permanente y de vigilancia por más de un operario en los trabajos con peligro de intoxicación. Utilización de equipos de suministro de aire

#### 5.2.4.3 Medidas de protección a terceros:

- Cierre, señalización y alumbrado de la obra. Caso que el cierre invada la calzada se debe prever un pasillo protegido por el paso de peatones. El cierre ha de impedir que personas ajenas a la obra puedan entrar.
- Prever el sistema de circulación de vehículos tanto al interior de la obra como en relación con los viales exteriores.
- Inmovilización de camiones mediante falcas y/o topes durante las tareas de carga y descarga.
- Comprobación de la adecuación de las soluciones de ejecución al estado real de los elementos (subsuelo, edificaciones vecinas).
- Protección de agujeros y fachadas por evitar la caída de objetos (redes, lonas).

#### 5.2.4.4 Primeros auxilios:

Se dispondrá de un botiquín con el contenido de material especificado a la normativa vigente. Se informará al inicio de la obra, de la situación de los diferentes centros médicos a los cuales se habrán de trasladar los accidentados.

Es conveniente disponer en la obra y en lugar bien visible, de una lista con los teléfonos y direcciones de los centros asignados para urgencias, ambulancias, taxis, etc. Para de esta forma garantizar el rápido traslado de los posibles accidentados.



Fdo:  
Enrique Pérez San Martín  
Pamplona, a noviembre de 2017.



## Escuela Superior de Ingenieros Industriales y de Telecomunicación

Titulación:

Ingeniería de Tecnologías industriales

Proyecto:

Instalación eléctrica en baja tensión de una nave industrial para el establecimiento de un negocio de chapa y pintura.

Tutor:

Javier Crespo Ganuza

Documento 6: Presupuesto

Enrique Pérez San Martín  
Pamplona, noviembre de 2017.

## DOCUMENTO 6: PRESUPUESTO

<b>6.1 Presupuesto general de la instalación:</b> .....	<b>3</b>
<b>6.1.1 Iluminación:</b> .....	<b>3</b>
<b>6.1.2 Mecanismos:</b> .....	<b>4</b>
<b>6.1.3 Cuadros eléctricos:</b> .....	<b>4</b>
<b>6.1.4 Interruptores magnetotérmicos:</b> .....	<b>5</b>
<b>6.1.5 Interruptores diferenciales:</b> .....	<b>6</b>
<b>6.1.6 Batería de condensadores:</b> .....	<b>7</b>
<b>6.1.7 Puesta a tierra:</b> .....	<b>7</b>
<b>6.1.8 Automatismos:</b> .....	<b>8</b>
<b>6.1.9 Centro de Transformación:</b> .....	<b>8</b>
<b>6.1.10 Tubos protectores:</b> .....	<b>9</b>
<b>6.1.11 Conductores eléctricos:</b> .....	<b>11</b>
<b>6.1.12 Seguridad:</b> .....	<b>13</b>
<b>6.2 Presupuesto por ejecución de material:</b> .....	<b>14</b>
<b>6.3 Presupuesto por ejecución de contrata:</b> .....	<b>15</b>

## 6.1 Presupuesto general de la instalación:

### 6.1.1 Iluminación:

Descripción	Cantidad	Unidad	Precio unitario (Euros/ud)	Importe (Euros)
<b>Materiales</b>				
4ME350 1XCDM-TPMW210W EB	36	ud	456	16416
LED42S/840	33	ud	325	10725
LED12/WW	36	ud	49,5	1782
Philips HPI-T Plus 400W 645 E40	20	ud	34,29	685,8
BN130C philips	31	ud	35,44	1098,64
			<b>Subtotal materiales</b>	<b>29608,8</b>
<b>Mano de obra</b>				
Oficial 1ª electricidad	30	h	18	540
Ayudante electricista	30	h	15	450
			<b>Subtotal mano de obra</b>	<b>990</b>
<b>Costes directos complementarios</b>				
costes directos complementarios	2	%	296,09	592,176
			<b>Subtotal costes complementarios</b>	<b>592,176</b>
			<b>Total</b>	<b>31190,976</b>

En lo referente a la instalación del alumbrado exterior, se tiene:

Descripción	Cantidad	Unidad	Precio unitario (Euros/ud)	Importe (Euros)
<b>Materiales</b>				
Cimentación con hormigón HM-20/P/20/I para anclaje de columna de 3 a 6 m de altura, incluso placa y pernos de anclaje	12	m <sup>3</sup>	83,5	1002
Arqueta de paso y derivación de 40x40x60 cm, provista de cerco y tapa de hierro fundido	12	ud	73,9	886,8
Caja de conexión y protección, con fusibles	12	ud	6,01	72,12
Farola con distribución de luz radialmente simétrica, con cuerpo de aluminio inyectado, aluminio y acero inoxidable, cilindro de plástico blanco,	12	ud	1546,2	30924
			<b>Subtotal materiales</b>	<b>32884,92</b>
<b>Equipo y maquinaria</b>				
Camión con grúa de hasta 12 toneladas	10	h	34,48	344,8
			<b>Subtotal Equipo</b>	<b>344,8</b>
<b>Mano de obra</b>				
Oficial de primera de construcción de obra civil	10	h	34	340
Ayudante construcción	10	h	32	320
Oficial primera electricista	10	h	35,64	356,4
Ayudante electricista	10	h	32,2	322
			<b>Subtotal Mano de obra</b>	<b>1338,4</b>
<b>Costes complementarios</b>				
Costes complementarios	2	%	328,85	657,70
			<b>Subtotal costes complementarios</b>	<b>657,70</b>
			<b>Total</b>	<b>35225,82</b>

### 6.1.2 Mecanismos:

Descripción	Cantidad	Unidad	Precio unitario (Euros/ud)	Importe (Euros)
<b>Materiales</b>				
Toma trifásica (400 V)	24	ud	8,86	212,64
Toma monofásica (230 V)	30	ud	4,12	123,6
Pulsador	18	ud	3,15	56,7
Conmutador simple	23	ud	5,43	124,89
Conmutador cruzado	6	ud	25,02	150,12
			<b>Subtotal materiales</b>	<b>667,95</b>
<b>Mano de obra</b>				
Oficial primera electricista	12	h	18	216
Ayudante electricista	12	h	15	180
			<b>Subtotal mano de obra</b>	<b>396</b>
<b>Costes complementarios</b>				
Costes complementarios	2	%	6,68	13,36
			<b>Subtotal costes complementarios</b>	<b>13,36</b>
			<b>Total</b>	<b>1077,31</b>

### 6.1.3 Cuadros eléctricos:

Descripción	Cantidad	Unidad	Precio unitario (Euros/ud)	Importe (Euros)
<b>Materiales</b>				
Cuadro eléctrico para iluminación	3	ud	429,88	1289,64
Cuadro eléctrico para maquinaria	2	ud	386,86	773,72
Cuadro general de distribución	1	ud	750	750
			<b>Subtotal materiales</b>	<b>2813,36</b>
<b>Mano de obra</b>				
Oficial primera electricista	11	h	18	198
Ayudante electricista	11	h	15	165
			<b>Subtotal mano de obra</b>	<b>363</b>
<b>Costes complementarios</b>				
Costes complementarios	2	%	28,13	56,27
			<b>Subtotal costes complementarios</b>	<b>56,27</b>
			<b>Total</b>	<b>3232,63</b>

### 6.1.4 Interruptores magnetotérmicos:

Descripción	Cantidad	Unidad	Precio unitario (Euros/ud)	Importe (Euros)
<b>Materiales</b>				
Interruptor de control de potencia, de 4 módulos, tetrapolar (4P), intensidad nominal 50 A, poder de corte 6 kA,	3	ud	380,25	1140,75
Interruptor de control de potencia, de 4 módulos, tetrapolar (4P), intensidad nominal 32 A, poder de corte 3 kA,	2	ud	157,4	314,8
Interruptor de control de potencia, de 4 módulos, tetrapolar (4P), intensidad nominal de 125 A, PdC 6 kA	1	ud	409,23	409,23
Interruptor automático magnetotérmico, poder de corte 3 kA, curva C, tetrapolar (4P), intensidad nominal 6 A	1	ud	120,41	120,41
Interruptor automático magnetotérmico, poder de corte 3 kA, curva B, tetrapolar (4P), intensidad nominal de 32 A	1	ud	115,49	115,49
Interruptor automático magnetotérmico, poder de corte 6 kA, curva B, tetrapolar (4P), intensidad nominal de 32 A	2	ud	130,59	261,18
Interruptor automático magnetotérmico, poder de corte 3 kA, curva B, tetrapolar (4P), intensidad nominal de 20 A	2	ud	120,49	240,98
Interruptor automático magnetotérmico, poder de corte 3 kA, curva C, tetrapolar (4P), intensidad nominal 20 A	1	ud	120,49	120,49
Interruptor magnetotérmico Schneider, Calibre:10,	7	ud	129,54	906,78
Interruptor magnetotérmico Schneider, Calibre:20,	1	ud	138,15	138,15
Interruptor magnetotérmico Schneider, Calibre:6,	2	ud	105,89	211,78
Interruptor magnetotérmico Schneider, Calibre:30,	1	ud	145,67	145,67
Interruptor automático magnetotérmico, poder de corte 6 kA, curva C, tetrapolar (4P), intensidad nominal 40 A,	1	ud	154,79	154,79
Interruptor magnetotérmico Schneider, Calibre:3,	2	ud	154,61	309,22
Interruptor magnetotérmico Schneider, Calibre:3,	1	ud	154,61	154,61
			<b>Subtotal materiales</b>	<b>4744,33</b>
<b>Mano de obra</b>				
Oficial 1ª electricista	5	h	18	90
Ayudante electricista	4	h	15	60
			<b>Subtotal mano de obra</b>	<b>150</b>
<b>Costes complementarios</b>				
Costes complementarios	2	%	47,44	94,89
			<b>Subtotal costes complementarios</b>	<b>94,89</b>
			<b>Total</b>	<b>4989,22</b>

6.1.5 Interruptores diferenciales:

Descripción	Cantidad	Unidad	Precio unitario (Euros/ud)	Importe (Euros)
<b>Materiales</b>				
interruptor diferencial instantáneo, clase AC, tetrapolar (3P+N), intensidad nominal 50 A, Sensibilidad 500 mA, 5SM3744-0 "SIEMENS",	3	ud	333,43	1000,29
Interruptor diferencial instantáneo, clase AC, tetrapolar (3P+N), Intensidad nominal 125 A, sensibilidad 500 mA, 5SM3745-0 "SIEMENS",	1	ud	805,59	805,59
Interruptor diferencial instantáneo, clase AC, tetrapolar (3P+N), intensidad nominal 32 A, sensibilidad 500 mA, 5SM3744-0 "SIEMENS",	2	ud	284,85	569,7
Interruptor diferencial instantáneo, clase AC, tetrapolar (3P+N), intensidad nominal 32 A, sensibilidad 300 mA, 5SM3644-0 "SIEMENS",	1	ud	300,55	300,55
Interruptor diferencial instantáneo, clase AC, tetrapolar (3P+N), intensidad nominal 50 A, sensibilidad 300 mA, 5SM3644-0 "SIEMENS",	2	ud	349,365	698,73
Interruptor diferencial instantáneo, clase AC, tetrapolar (3P+N), intensidad nominal 25 A, sensibilidad 300 mA, 5SM3642-0 "SIEMENS"	3	ud	290,8	872,4
Interruptor diferencial instantáneo, clase AC, tetrapolar (3P+N), intensidad nominal 25 A, sensibilidad 30 mA, 5SM3342-0 "SIEMENS",	1	ud	341,44	341,44
Interruptor diferencial 10A, tetrapolar, Sensibilidad:300	4	ud	97,98	391,92
Interruptor diferencial 40A, tetrapolar, Sensibilidad:300	1	ud	146,07	146,07
Interruptor diferencial 30A, tetrapolar, Sensibilidad:300	1	ud	130,93	130,93
Interruptor diferencial 6 A, tetrapolar, Sensibilidad:300	1	ud	86,47	86,47
			<b>Subtotal materiales</b>	<b>5344,09</b>
<b>Mano de obra</b>				
Oficial electricista de primera	10	h	18	180
Ayudante electricista	10	h	15	150
			<b>Subtotal mano de obra</b>	<b>330</b>
<b>Costes complementarios</b>				
Costes complementarios	2	%	53,44	106,88
			<b>Subtotal costes complementarios</b>	<b>106,88</b>
			<b>Total</b>	<b>5780,97</b>

### 6.1.6 Batería de condensadores:

Descripción	Cantidad	Unidad	Precio unitario (Euros/ud)	Importe (Euros)
<b>Materiales</b>				
Batería automática de condensadores, para 21 kVAr de potencia reactiva, para alimentación trifásica a 400 V de tensión y 50 Hz de frecuencia	1	ud	970,23	970,23
Material auxiliar para la instalación	1	ud	2,5	2,5
			<b>Subtotal materiales</b>	<b>972,73</b>
<b>Mano de obra</b>				
Oficial 1º electricista	2	h	20	40
Ayudante electricista	2	h	16	32
			<b>Subtotal mano de obra</b>	<b>72</b>
<b>Costes directos complementarios</b>				
Costes directos complementarios	2	%	9,7273	19,45
			<b>Subtotal costes complementarios</b>	<b>19,45</b>
			<b>Total</b>	<b>1064,18</b>

### 6.1.7 Puesta a tierra:

Descripción	Cantidad	Unidad	Precio unitario (Euros)	Importe
<b>Materiales</b>				
Pica de acero cobreado de 2 m de longitud, hincada en el terreno, conectada a puente para comprobación, dentro de una arqueta de registro de polipropileno de 30x30 cm	19	Ud	142,02	2698,38
Arqueta registrable polipropileno 40x40 cm	19	ud	74	1406
Electrodo cobreado de 300 micrómetros	19	ud	18	342
			<b>Subtotal materiales</b>	<b>4446,38</b>
<b>Mano de obra</b>				
Oficial 1º electricista	3	h	18	54
Ayudante electricista	3	h	17	51
Peón 2º obra	1	h	15	15
			<b>Subtotal mano de obra</b>	<b>120</b>
<b>Costes directos complementarios</b>				
Costes directos complementarios	2	%	44,4638	88,9276
			<b>Subtotal costes</b>	<b>88,9276</b>
			<b>Total</b>	<b>4655,3076</b>



### 6.1.8 Automatismos:

Descripción	Cantidad	Unidad	Precio unitario (Euros/ud)	Importe (Euros)
<b>Materiales</b>				
Transformador de marca Centronic 400/24 V, 100 VA	2	ud	57,11	114,22
Contactador Modular ICT 25A 4 NA SCHNEIDER	26	ud	42,03	1092,78
			<b>Subtotal materiales</b>	<b>1207</b>
<b>Mano de obra</b>				
Oficial 1ª. Electricista	2	h	18	36
Ayudante electricista	5	h	17	85
			<b>Subtotal mano de obra</b>	<b>121</b>
<b>Costes directos complementarios</b>				
Costes directos complementarios	2	%	12,07	24,14
			<b>Subtotal costes complementarios</b>	<b>24,14</b>
			<b>Total</b>	<b>1352,14</b>

### 6.1.9 Centro de Transformación:

Descripción	Cantidad	Unidad	Precio unitario (Euros/ud)	Importe (Euros)
<b>Materiales</b>				
Cuadro de Baja tensión	1	ud	1312,35	1312,35
Centro de transformación prefabricado, monobloque, de hormigón armado, de 6080x2380x3045 mm, apto para contener hasta dos transformadores y la aparamenta necesaria.	1	ud	9058,58	9058,58
Transformador trifásico en baño de aceite, con refrigeración natural, de 200 kVA de potencia	1	ud	4475,76	4475,76
Celda de protección con interruptor automático de corte con fusible de 24kV y 40A, dispositivo de presencia de tensión	1	ud	2008,43	2008,43
Celda de línea con dispositivo de presencia de tensión, seccionador de puesta a tierra, seccionador rotativo	1	ud	2437,98	2437,98
Pica de acero cobreado de 2 m de longitud, hincada en el terreno, conectada a puente para comprobación, dentro de una arqueta de registro de polipropileno de 30x30 cm	2	ud	142,92	285,84
Transformador de intensidad 10/5 A	3	ud	15,95	47,85
Celda de medida	1	ud	4787,56	4787,56
			<b>Subtotal materiales</b>	<b>24414,35</b>
<b>Mano de obra</b>				
Oficial 1ª electricidad	5	h	18	90
Ayudante electricista	5	h	15	75
Oficial 1ª construcción	3	h	18	54
Peón 2ª obra	3	h	15	45
			<b>Subtotal mano de obra</b>	<b>264</b>
<b>Costes directos complementarios</b>				
Costes directos complementarios	2	%	244,14	488,287
			<b>Subtotal costes directos complementarios</b>	<b>488,287</b>
			<b>Total</b>	<b>25166,637</b>

### 6.1.10 Tubos protectores:

Descripción	Cantidad	Unidad	Precio unitario (Euros/ud)	Importe (Euros)
<b>Materiales</b>				
Tubo curvable, suministrado en rollo, de polietileno de doble pared (interior lisa y exterior corrugada), de 160 mm de diámetro nominal, para canalización enterrada, resistencia a la compresión 450 N, resistencia al impacto 28 julios, con grado de protección IP 549 según UNE 20324	78	m	6,92	539,76
Tubo curvable, suministrado en rollo, de polietileno de doble pared (interior lisa y exterior corrugada), de 25 mm de diámetro nominal, para canalización enterrada, resistencia a la compresión 450 N, resistencia al impacto 28 julios, con grado de protección IP 549 según UNE 20324	163	m	9,94	1620,22
Tubo curvable de PVC, corrugado, de color negro, de 63 mm de diámetro nominal, para canalización empotrada en obra de fábrica (paredes y techos).	25	m	0,39	9,75
Tubo curvable de PVC, corrugado, de color negro, de 32 mm de diámetro nominal, para canalización empotrada en obra de fábrica (paredes y techos).	257,5	m	0,39	100,425
Tubo curvable de PVC, corrugado, de color negro, de 25 mm de diámetro nominal, para canalización empotrada en obra de fábrica (paredes y techos).	15	m	0,26	3,9

Tubo curvable de PVC, corrugado, de color negro, de 20 mm de diámetro nominal, para canalización empotrada en obra de fábrica (paredes y techos).	74,5	m	0,16	11,92
Tubo curvable de PVC, corrugado, de color negro, de 16 mm de diámetro nominal, para canalización empotrada en obra de fábrica (paredes y techos)	462,13	m	0,19	87,80
Tubo curvable de PVC, corrugado, de color negro, de 12 mm de diámetro nominal, para canalización empotrada en obra de fábrica (paredes y techos)	20	m	0,14	2,8
			<b>Subtotal materiales</b>	<b>2376,5797</b>
<b>Mano de obra</b>				
Oficial 1ª electricidad	25	h	23,25	581,25
Oficial 1ª construcción	20	h	24	480
Ayudante electricidad	32	h	17	544
Ayudante construcción	34	h	15	510
			<b>Subtotal mano de obra</b>	<b>2115,25</b>
<b>Costes directos complementarios</b>				
Costes directos complementarios	2	%	23,766	47,53
			<b>Subtotal costes directos complementarios</b>	<b>47,53</b>
			<b>Total</b>	<b>4539,36</b>

### 6.1.11 Conductores eléctricos:

Descripción	Cantidad	Unidad	Precio unitario (Euros/ud)	Importe (Euros)
<b>Materiales</b>				
Cable multipolar H07ZZ-F (AS) con conductor de cobre clase 5 (-F) de 4G4 mm cuadrados de sección, con aislamiento de compuesto reticulado a base de poliolefina libre de halógenos (Z) y cubierta de compuesto reticulado a base de poliolefina libre de halógenos (Z)	25	m	4,11	102,75
Cable multipolar H07ZZ-F (AS) con conductor de cobre clase 5 (-F) de 3G1,5 mm cuadrados de sección, con aislamiento de compuesto reticulado a base de poliolefina libre de halógenos (Z) y cubierta de compuesto reticulado a base de poliolefina libre de halógenos (Z)	164,93	m	3,16	521,179
Cable multipolar H07ZZ-F (AS) con conductor de cobre clase 5 (-F) de 4G1,5 mm cuadrados de sección, con aislamiento de compuesto reticulado a base de poliolefina libre de halógenos (Z) y cubierta de compuesto reticulado a base de poliolefina libre de halógenos (Z)	200,5	m	3,92	785,96
Cable eléctrico Wirepol Gas "PRYSMIAN", de fácil pelado y alta flexibilidad, con conductores de cobre recocido, de 1,5 mm <sup>2</sup> de sección, aislamiento de policloruro de vinilo (PVC)	296,2	m	0,59	174,76
Cable multipolar H07ZZ-F (AS), con conductor de cobre de clase 5 (-F) DE 3G16 mm cuadrados de sección, con aislamiento de compuesto reticulado a base de poliolefina libre de halógenos /Z)	55	m	10	550

Cable multipolar H07ZZ-F (AS), con conductor de cobre de clase 5 (-F) DE 3G10 mm cuadrados de sección, con aislamiento de compuesto reticulado a base de poliolefina libre de halógenos /Z)	49,2	m	8	393,6
Cable multipolar H07ZZ-F (AS), con conductor de cobre de clase 5 (-F) DE 4G10 mm cuadrados de sección, con aislamiento de compuesto reticulado a base de poliolefina libre de halógenos /Z)	44,5	m	9	400,5
Cable multipolar H07ZZ-F (AS), con conductor de cobre de clase 5 (-F) DE 4G16 mm cuadrados de sección, con aislamiento de compuesto reticulado a base de poliolefina libre de halógenos /Z)	30	m	13	390
Cable multipolar H07ZZ-F (AS), con conductor de cobre de clase 5 (-F) DE 4G120 mm cuadrados de sección, con aislamiento de compuesto reticulado a base de poliolefina libre de halógenos /Z)	78	m	21,47	1674,66
			<b>Subtotal materiales</b>	<b>4993,41</b>
<b>Mano de obra</b>				
Oficial de 1ª electricista	12	h	18	216
Ayudante electricista	12	h	17	204
			<b>Subtotal mano de obra</b>	<b>420</b>
<b>Costes directos complementarios</b>				
Costes directos complementarios	2	%	49,93	99,87
			Subtotal costes directos complementarios	99,87
			<b>Total</b>	<b>5513,27</b>

### 6.1.12 Seguridad:

Para la instalación de los distintos componentes en los que se fundamenta el trabajo se contratará a los siguientes profesionales:

1. Cuatro oficiales de primera electricista: Uno se encargará de la instalación de los distintos conductores, otro del centro de transformación, otro de los interruptores y otro de los automatismos y cuadros eléctricos.
2. Ocho ayudantes electricistas que colaborarán en las diferentes tareas que los oficiales les encomienden.
3. Dos oficiales de construcción y dos ayudantes que trabajarán en la cimentación del centro de transformación y de la colocación de las distintas farolas para el alumbrado público.

Es por ello que el equipo necesario se estima en un máximo 12 unidades, puesto que no todos los trabajadores realizarán sus labores de forma sincronizada, ya que el proyecto se desarrollará por fases.

Descripción	Cantidad	Unidad	Precio unitario (Euros/ud)	Importe (Euros)
<b>Materiales</b>				
Gafas de seguridad	12	ud	8,83	105,96
Calzado de seguridad	12	ud	32,45	389,4
Casco de seguridad	12	ud	6,05	72,6
Protector de oídos	12	ud	12,45	149,4
Guantes aislantes	12	ud	7,13	85,56
Arnés de seguridad	12	ud	59,55	714,6
Traje aislante	12	ud	42,59	511,08
			<b>Subtotal materiales</b>	<b>2028,6</b>
			<b>Total</b>	<b>2028,6</b>

## 6.2 Presupuesto por ejecución de material:

El presupuesto total causado por la ejecución de material queda anotado en la siguiente tabla:

Concepto	Coste total
Iluminación	66416,796
Mecanismos	1077,31
Cuadros eléctricos	3232,63
Interruptores magnetotérmicos	4989,22
Interruptores diferenciales	5780,97
Batería de condensadores	1064,18
Puesta a tierra	4655,31
Automatismos	1352,14
Centro de transformación	25166,637
Tubos protectores	4539,36
Conductores eléctricos	5513,27
Seguridad	2028,6
<b>Total</b>	<b>125816,42</b>

Siendo la suma total la correspondiente a **125816,42 euros**.

### 6.3 Presupuesto por ejecución de contrata:

El presupuesto por ejecución del material queda completado con los siguientes apartados que se incluyen a continuación.

En esta sección quedan incluidos los gastos generales (13% sobre el PEM) y el beneficio industrial (6% sobre el PEM). Por último, se incluye una suma que será del 1,5% del PEM dirigida al estudio básico de seguridad y salud descrito en el documento anterior.

Además de esto, hay que tener en cuenta los honorarios, en los que se incluye a los proyectistas y a la dirección de obra, correspondiéndoles a cada uno el 5% del presupuesto de ejecución de contrata.

<b>Presupuesto de ejecución de material (PEM)</b>	<b>125816,423</b>
Gastos generales	16356,13
Beneficio industrial	7548,99
Estudio básico de seguridad y salud	1887,25
Honorarios del ingeniero	6290,82
Dirección de obra	6290,82
<b>PRESUPUESTO BRUTO</b>	<b>164190,43</b>

<b>PRESUPUESTO BRUTO</b>	<b>164190,43</b>
IVA	34479,99
<b>PRESUPUESTO POR EJECUCIÓN DE CONTRATA</b>	<b>198670,42</b>

Al aplicarle el IVA, que es el 21% del presupuesto bruto, se obtiene una cantidad de 34479,99 euros, siendo, por lo tanto, **el presupuesto por ejecución de contrata la suma de ciento noventa y ocho mil seiscientos setenta euros con cuarenta y dos euros.**

Fdo:  
Enrique Pérez San Martín  
Pamplona, Noviembre de 2017





## Escuela Superior de Ingenieros Industriales y de Telecomunicación

Titulación:

Ingeniería de Tecnologías industriales

Proyecto:

Instalación eléctrica en baja tensión de una nave industrial para el establecimiento de un negocio de chapa y pintura.

Tutor:

Javier Crespo Ganuza

Documento 7: Bibliografía

Enrique Pérez San Martín  
Pamplona, noviembre de 2017.

## DOCUMENTO 7: BIBLIOGRAFÍA

<b>7.1 Bibliografía:</b> .....	<b>3</b>
<b>7.1.1 Normativa:</b> .....	<b>3</b>
7.1.1.1 Urbanística: .....	3
7.1.1.2 Electricidad: .....	3
7.1.1.3 Iluminación: .....	3
7.1.1.4 Proceso productivo: .....	3
7.1.1.5 Seguridad:.....	4
7.1.1.6 Precaución contra incendios .....	4
7.1.1.7 Seguridad Social: .....	4
7.1.1.8 Seguridad medioambiental: .....	4
<b>7.2.1 Documentación:</b> .....	<b>4</b>
7.2.1.1 Potencia requerida por la maquinaria: .....	4
7.2.1.2 Iluminación de la nave industrial: .....	5
7.2.1.3 En relación con la mejora del factor de potencia: .....	5
7.2.1.4 Diseño del centro de transformación: .....	6
7.2.1.5 Variación de la resistencia de un elemento conductor .....	6
7.2.1.6 Instalaciones de puesta a tierra: .....	7
7.2.1.7 Elementos de protección: .....	7
7.2.1.8 Alumbrado exterior: .....	8
7.2.1.9 Cálculo del presupuesto: .....	8
7.2.1.10 Pliego de condiciones:.....	8
7.2.1.11 Estudio de seguridad y salud:.....	9

## 7.1 Bibliografía:

### 7.1.1 Normativa:

Para la correcta instalación y adecuación de la nave industrial, se han tenido en cuenta ciertas normativas reguladas desde el ayuntamiento hasta por el mismo gobierno: (Unas se les dio mayor importancia que a otras y se ha hecho un mayor o menor inciso)

#### 7.1.1.1 Urbanística: Plan Sectorial del Incidencia supramunicipal COMARCA -2

#### 7.1.1.2 Electricidad:

- Real Decreto 337/2014, de 9 de mayo: Reglamento electrotécnico de alta tensión
- Real Decreto 842/2002 de 2 de agosto: Reglamento electrotécnico de baja tensión
- Real Decreto 223/2008 de 15 de febrero: Por el que se aprueban el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión y sus instrucciones técnicas complementarias ITC-LAT 01 a 09.
- NORMA UNE 12464: Normativa europea sobre la iluminación para interiores

#### 7.1.1.3 Iluminación: Anexo IV del RD 486/97 de 14 de abril

#### 7.1.1.4 Proceso productivo: Decreto Foral 123/1997

#### 7.1.1.5 Seguridad:

- Real Decreto 485/1997, 14 de abril
- Real Decreto 1215/1997
- Orden 16 de abril de 1988
- Ley 31/1995

#### 7.1.1.6 Precaución contra incendios: Real Decreto 1627-1997 del 24 de octubre

#### 7.1.1.7 Seguridad Social: Real Decreto 1627 del 24 de octubre

7.1.1.8 Seguridad medioambiental: Se tienen en cuenta la Directiva de 2008/98/CE del parlamento europeo y del consejo de 19 de noviembre

#### 7.2.1 Documentación:

##### 7.2.1.1 Potencia requerida por la maquinaria:

- [Disponible en informe dado por Serca] , (s.f) ,  
Recuperado de sitio web el 27/10/2016:  
[http://www.recambiosochoa.com/descargas/maquinaria\\_serca.pdf](http://www.recambiosochoa.com/descargas/maquinaria_serca.pdf)
- Universidad Politécnica de Cataluña (Escola Tècnica Superior d'Enginyeries industrial i aeronàutica de Terrassa) , 2012. [Fecha de consulta: 27/10/2016 ]:  
<http://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/13767/ANEXO%20I%20-%3Fsequence=2>

7.2.1.2 Iluminación de la nave industrial:

- [Disponible en empresa Phillips] (s.f) Recuperado del sitio web el 29/10//2016: [http://www.philips.es/c-m-li/escoge-una-lampara/novedades#filters=CONCEPT ECOMOODS SU%2CCONCEPT LIVINGS COLORS SU%2CCONCEPT DISNEY SU%2CFRIENDS OF HUE SU%2CCONCEPT CANDLES SU%2CCONCEPT LIGHTSTRIPS SU%2CCONCEPT ACCENTS SU%2CCONCEPT MYLIVING SU%2CCONCEPT INSTYLE SU%2CCONCEPT MYBATHROOM SU%2CCONCEPT MYKITCHEN SU%2CCONCEPT KIDSROOM SU%2CCONCEPT MYGARDEN SU%2CCONCEPT SMARTSPOT SU%2CCONCEPT LIRIO SU%2CFK CL TYPE SPOT LIGHT&sliders=&support=&price=&priceBoxes=&page=&layout=](http://www.philips.es/c-m-li/escoge-una-lampara/novedades#filters=CONCEPT%20ECOMOODS%20CONCEPT%20LIVINGS%20COLORS%20CONCEPT%20DISNEY%20FRIENDS%20OF%20HUE%20CONCEPT%20CANDLES%20CONCEPT%20LIGHTSTRIPS%20CONCEPT%20ACCENTS%20CONCEPT%20MYLIVING%20CONCEPT%20INSTYLE%20CONCEPT%20MYBATHROOM%20CONCEPT%20MYKITCHEN%20CONCEPT%20KIDSROOM%20CONCEPT%20MYGARDEN%20CONCEPT%20SMARTSPOT%20CONCEPT%20LIRIO%20CFK%20CL%20TYPE%20SPOT%20LIGHT&sliders=&support=&price=&priceBoxes=&page=&layout=)
- [Empresa Saltoki] (s.f) recuperado del sitio web el 26/11/2016: <http://www.saltoki.es/iluminacion/docs/03-UNE-12464.1.pdf>

7.2.1.3 En relación con la mejora del factor de potencia:

- [Disponible en empresa LedBox ] (s.f) Recuperado del sitio web el 02/11/2016: <http://blog.ledbox.es/informacion-led/la-importancia-del-factor-de-potencia-en-las-led>
- [Disponible en informe dado por Wikipedia] , (s.f) , recuperado de sitio web: [https://es.wikipedia.org/wiki/Factor\\_de\\_potencia](https://es.wikipedia.org/wiki/Factor_de_potencia)
- [Disponible en empresa Schneider electric], (s.f), recuperado del sitio web el 13/05/2017: [http://www.schneider-electric.com.ar/documents/recursos/myce/capitulo02\\_1907.pdf](http://www.schneider-electric.com.ar/documents/recursos/myce/capitulo02_1907.pdf)
- Universidad Autónoma de Occidente de Cali, 2013. [Fecha de consulta: 17/03/2017]: <http://www.si3ea.gov.co/Portals/0/Gie/Tecnologias/factor.pdf>

#### 7.1.2.4 Diseño del centro de transformación:

- [Disponible en empresa Schneider electric] ,(s.f), recuperado del sitio web el 03/11/2016:  
[http://www2.schneiderelectric.com/resources/sites/SCHNEIDER ELECTRIC/content/live/FAQS/1730 00/FA173828/es ES/JLJ3SE0250FZ.pdf](http://www2.schneiderelectric.com/resources/sites/SCHNEIDER_ELECTRIC/content/live/FAQS/1730_00/FA173828/es_ES/JLJ3SE0250FZ.pdf)
- [Disponible en empresa Zhejiang Shanghu Electrical], (s.f) recuperado del sitio web e. 03/11/2016: <https://saghu.en.alibaba.com>
- [Disponible en empresa RTE de México S.A]: (s.f) recuperado del sitio web 07/11/2016: <http://rte.mx/remates/PromoTransformadoresNov2015.pdf>
- [Disponible en empresa energiza], (s.f), recuperado del sitio web 13/05/2017:  
<http://energiza.org/index.php/104-noviembre-13/680-centros-de-transformacion>
- [Disponible en empresa Schneider electric], (s.f), recuperado del sitio web el 13/05/2017: <https://www.schneider-electric.es/es/product-range/61082-tricast/?parent-category-id=3600>
- [Disponible en empresa Ormazábal], (s.f), recuperado del sitio web el 13/05/2017: <https://www.ormazabal.com/sites/default/files/descargas/CA-109-ES-1311.pdf>

#### 7.1.2.5 Variación de la resistencia de un elemento conductor:

[Disponible en empresa Electrónica Unicrom], (s.f), recuperado del sitio web el 21/06/2017:  
<http://unicrom.com/variacion-resistencia-material-con-temperatura/>

#### 7.2.1.6 Instalaciones de puesta a tierra:

- Universidad Politécnica del País Vasco, 2014. [Fecha de consulta: 02/11/2016]:  
[http://www.upv.es/electrica/material\\_tecno/Transparencias\\_PDF/T3/te\\_ma3.pdf](http://www.upv.es/electrica/material_tecno/Transparencias_PDF/T3/te_ma3.pdf)
- Edición técnica Marcombo, recuperado del sitio web el 01/11/2016:  
<http://www.marcombo.com/Descargas/8496334147-INSTALACIONES%20ELÉCTRICAS%20DE%20INTERIOR/UNIDAD%2010.pdf>
- [Disponible en empresa Prysmian], (s.f), recuperado del sitio web el 13/05/2017: <http://www.prysmianclub.es/es/articulo/conductores-de-tierra-y-de-proteccion>

#### 7.2.1.7 Elementos de protección:

- [Empresa Saltoki] (s.f) recuperado del sitio web el 29/11/2016:  
<http://www.saltoki.es/productos/material-electrico/protecciones-electricas>
- [Disponible en informe dado por Wikipedia], (s.f) recuperado del sitio web el 05/11/2016:  
[https://es.wikipedia.org/wiki/Interrupcion\\_magnetotermica](https://es.wikipedia.org/wiki/Interrupcion_magnetotermica)
- [Disponible en informe dado por Wikipedia], (s.f) recuperado del sitio web el 05/11/2016:  
[https://es.wikipedia.org/wiki/Interrupcion\\_diferencial](https://es.wikipedia.org/wiki/Interrupcion_diferencial)
- [Disponible en informe dado en empresa Schneider Electric] (s.f), recuperado del sitio web el 13/05/2017: <http://www.schneider-electric.com.ar/documents/recursos/cuadernostecnicos/ct1581.pdf>

#### 7.2.1.8 Alumbrado exterior:

- [Empresa GrupoEco] (s.f), recuperado del sitio web el 22/04/2017:  
<http://www.grupoeco.net/pt/proyectos/mejora-del-sistema-de-iluminacion-exterior-de-poligono-industrial-en-madrid>
- Universitat Rovira i Virgili, 2003, Javier Vargas Guerrero. [Fecha de consulta: 22/04/2017]:  
<http://sauron.etse.urv.es/public/PROPOSTES/pub/pdf/346pub.pdf>

#### 7.2.1.9 Cálculo del presupuesto:

- [Disponible en informe dado por Presupuestate] (s.f), recuperado del sitio web el 28/04/2017:  
<http://www.presupuestate.com/presupuestos.php?presupuesto=electricista&p=&multi=>
- [Disponible en informe dado por generadordeprecios], (s.f), recuperado del sitio web el 28/04/2017:  
[http://www.generadordeprecios.info/obra\\_nueva/Urbanizacion\\_interior\\_de\\_la\\_parcela/Iluminacion\\_exterior/UII\\_Alumbrado\\_de\\_zonas\\_peatonales\\_/Farola.html](http://www.generadordeprecios.info/obra_nueva/Urbanizacion_interior_de_la_parcela/Iluminacion_exterior/UII_Alumbrado_de_zonas_peatonales_/Farola.html)
- [Empresa Schneider Electric] (s.f), recuperado del sitio web el 28/04/2017:  
[http://www.schneiderelectric.com.pe/documents/local/list\\_de\\_precio\\_2015.pdf](http://www.schneiderelectric.com.pe/documents/local/list_de_precio_2015.pdf)

#### 7.2.1.10 Pliego de condiciones:

- Universitat Politècnica de València, 2016, Alba Añón Alonso [Fecha de consulta: 02/05/2017]:  
[https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/73413/TFM%20Alba%20Anon%20Alonso\\_1474011015171438893269509066668.pdf?sequence=2](https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/73413/TFM%20Alba%20Anon%20Alonso_1474011015171438893269509066668.pdf?sequence=2)
- Universidad de Cantabria, 2013, Hugo Fernández Cagigas [Fecha de consulta: 29/04/2017]: <https://ingemecanica.com/ingenieria/proyectos/proyecto58.pdf>



7.2.1.11 Estudio de seguridad y salud:

- Universitat Politècnica de València, 2016, Alba Añón Alonso [Fecha de consulta: 02/05/2017]:  
[https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/73413/TFM%20Alba%20Anon%20Alonso\\_1474011015171438893269509066668.pdf?sequence=2](https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/73413/TFM%20Alba%20Anon%20Alonso_1474011015171438893269509066668.pdf?sequence=2)
- Universidad de Cantabria, 2013, Hugo Fernández Cagigas [Fecha de consulta: 29/04/2017]: <https://ingemecanica.com/ingenieria/proyectos/proyecto58.pdf>

Fdo:

Enrique Pérez San Martín

Pamplona, Noviembre de 2017