

Universidad de **Cádiz**

Proyectos de fin de carrera de **Ingeniería Técnica Naval**

**Instalación eléctrica en nave industrial
de apoyo al sector naval**

Elisa FABREGAT HIDALGO



Centro: **E. U. I. T. NAVAL**
Titulación: **I. T. NAVAL**
Fecha: **Marzo 2010**





INDICE

1-MEMORIA

1.1.-GENERALIDADES

1.1.1.- Objeto del proyecto

1.1.2.- Situación y características estructurales de la nave

1.1.3.- Descripción general de la nave y superficies

1.1.4.-Actividad y maquinaria de la nave

1.1.5.- Normas y reglamentos aplicados

1.1.6.- Recursos Web

1.1.7.- Bibliografía

1.2.-RED ELÉCTRICA

1.2.1.- Generalidades

1.2.2.- Tipo de suministro eléctrico

1.2.3.- Potencia contratada

1.2.3.1- Maquinaria

1.2.3.2- Alumbrado

1.2.3.3- Tomas de corriente en la zona del taller

1.2.3.4- Tomas de corriente en la zona de oficinas

1.2.4.- Acometida

1.2.5.- Derivación individual

1.2.6.- Caja general de protección y equipo de medida

1.2.7.- Cuadros de mando y protección

1.2.7.1.- Cuadro general



1.2.7.2.- Cuadros secundarios

1.2.7.2.1.- Cuadro secundario de fuerza F1

1.2.7.2.2.- Cuadro secundario de fuerza F2

1.2.7.2.3.- Cuadro secundario de fuerza F3

1.2.7.2.4.- Cuadro secundario de fuerza F4

1.2.7.2.5.- Cuadro secundario de fuerza F5

1.2.7.2.6.- Cuadro secundario de alumbrado A1

1.2.7.2.7.- Cuadro secundario de alumbrado A2

1.2.8.- Líneas de distribución

1.2.8.1.- Conductores

1.2.8.2.- Bandejas

1.2.8.3.- Tubos protectores

1.2.8.4.- Cajas de derivación

1.2.8.5.- Tomas de corriente

1.2.8.5.1- Tomas de corriente de oficinas

1.2.8.5.2- Tomas de corriente del taller

1.2.9.- Condiciones generales de la instalación de fuerza

1.2.10.- Condiciones generales de la instalación de alumbrado

1.2.11.- Instalación de puesta de tierra

1.2.11.1.- Conductores de protección

1.2.11.2.- Conductor de tierra

1.2.11.3.- Punto de puesta de tierra

1.2.11.4.- Toma de tierra



1.3.-MAQUINARIA

1.3.1.- Sierra de cinta automática

1.3.2.- Torno

1.3.3.- Mandrinadora

1.3.4.- Taladro vertical

1.3.5.- Rectificadora

1.3.6.- Prensa hidráulica

1.3.7.- Puente grúa

1.3.8.- Equipos de soldadura y otras maquinarias de mano

2-CÁLCULOS ELÉCTRICOS

2.1.-CÁLCULO DE LINEAS

2.1.1- Acometida

2.1.1.1- Cálculo de la acometida

2.1.2- Instalaciones de enlace

2.1.2.1- Derivación individual

2.1.3- Calculo de las líneas de fuerza de la maquinaria

2.1.4- Calculo de las líneas de fuerza de las tomas de corrientes en el taller

2.1.5- Cálculo de las líneas de fuerza de las tomas de corrientes de oficinas

2.1.6- Tablas de las líneas de fuerza calculadas

2.1.7- Cálculo de las líneas de alumbrado

2.1.7.1- Cálculo de las luminarias que necesita cada estancia

2.1.7.2- Tablas de las luminarias calculadas

2.1.7.3- Elección de las líneas de alumbrado



2.1.8- Tablas de las líneas de alumbrado

2.1.9- Protección de la instalación

2.1.9.1- Protección contra contactos directos

2.1.9.2- Protección contra contactos indirectos

2.1.9.3- Protección de las instalaciones contra sobrecargas

2.1.9.4- Protección de las instalaciones contra cortocircuitos

2.1.9.4.1- Cálculos de cortocircuito

2.1.9.5- Protección de las instalaciones contra sobretensiones

2.1.9.6- Protecciones utilizadas

2.1.9.6.1- Interruptor automático

2.1.9.6.2- Interruptor diferencial

2.1.9.6.3- Limitador de sobretensión

2.1.9.7- Tablas de protecciones calculadas

2.1.10- Instalación de puesta de tierra

2.1.10.1- Descripción

2.1.10.1.1- Terreno

2.1.10.1.2- Puesta a tierra en conductor desnudo

2.1.10.1.3- Puesta a tierra en conductor desnudo y pica

2.1.10.1.4- Conclusión sobre la elección de la puesta a tierra

2.1.10.1.5- Conductores de puesta a tierra

2.1.10.1.6- Puntos de puesta de tierra



3-PRESUPUESTO Y MEDICIONES

Capítulo 01 – Obra Civil

Capítulo 02 – Instalación eléctrica

Capítulo 03 – Iluminación

4-ANEXO

5-PLANOS

1. Plano de planta de distribución y cotas generales de la nave
2. Plano de alzados y sección de la nave
3. Plano de acometida y alimentación de cuadros
4. Plano de líneas de fuerza de oficinas
5. Plano de líneas de fuerza del taller
6. Plano de líneas de alumbrado de oficinas y almacén
7. Plano de líneas de alumbrado del taller
8. Plano de esquema unifilar: Cuadro General de Mando y Protección
9. Plano de esquema unifilar: Sub – Cuadro F1
10. Plano de esquema unifilar: Sub – Cuadro F2
11. Plano de esquema unifilar: Sub – Cuadro F3
12. Plano de esquema unifilar: Sub – Cuadro F4
13. Plano de esquema unifilar: Sub – Cuadro F5
14. Plano de esquema unifilar: Sub – Cuadro A1
15. Plano de esquema unifilar: Sub – Cuadro A2
16. Plano de esquema multifilar: Cuadro General de Mando y Protección
17. Plano de esquema multifilar: Sub – Cuadro F1
18. Plano de esquema multifilar: Sub – Cuadro F2
19. Plano de esquema multifilar: Sub – Cuadro F3
20. Plano de esquema multifilar: Sub – Cuadro F4
21. Plano de esquema multifilar: Sub – Cuadro F5
22. Plano de esquema multifilar: Sub – Cuadro A1
23. Plano de esquema multifilar: Sub – Cuadro A2



1-MEMORIA

AUTOR: Elisa Fabregat Hidalgo

Marzo 2010



1-MEMORIA

1.1.-GENERALIDADES

1.1.1.- Objeto del proyecto

El proyecto que se lleva a cabo tiene como finalidad describir la actividad que se realiza en una nave destinada al sector naval, así como la proyección y ejecución de las obras de la instalación eléctrica para poder alimentar la maquinaria y los elementos auxiliares que precise, cumpliendo las normas establecidas y aplicando toda serie de reglamentos.

En todo momento, se justificaran e indicaran las características de la instalación eléctrica que en nuestro caso es de Baja Tensión.

1.1.2.- Situación y características estructurales de la nave

Esta nave situada en un astillero en Cádiz esta dedicada al sector naval.

La nave está construida sobre una cimentación por zapatas de hormigón armado con solera de hormigón armado sobre capa de terreno mejorado e independiente de la cimentación.

La estructura es portante y sustentante con perfiles conformados metálicos de acero estructural y queda definida por tres pórticos rectos, uno central y dos laterales. Proyectada con una cubierta curva inclinada construida con tejas autoportantes curvadas de acero galvanizado lacado sin apoyos intermedios de vigas, cerchas o correas, en doble pared con aislamiento térmico intermedio incorporado.

Los cerramientos de la nave son de bloques de hormigón y la tabiquería interior de paneles de Placas de Yeso Laminado (PYL) montados sobre perfiles galvanizados.

Las dos entreplantas con las que cuenta la nave están proyectadas para una estructura mixta, es decir pilares y vigas de perfiles metálicos de acero estructural y forjados de hormigón armado con bovedillas aligeradas, para reducir el peso de esta estructura.



1.1.3.- Descripción general de la nave y superficies

La nave tiene forma poligonal sus dimensiones son 45 x 30 m. En la parte delantera se encuentra la zona de oficinas que es el acceso principal de los empleados y en la parte posterior, esta la zona del taller que tiene acceso al exterior a través de un gran portón para la carga y descarga del material. La nave de 45x30m en total está formada por dos partes bien diferenciadas una es el taller de 33x30m y otra es las oficinas de 12x30m, cada zona tiene su acceso independiente en cada extremo de la nave.

-Taller: Es el área de producción que a su vez se divide en dos zonas:

- Zona de maquinaria: taller
- Zona de almacenamiento: almacén

-Oficinas: Es el área de administración y servicios, formada por:

- Sala de espera
- Recepción y administración
- Archivo
- Oficina del jefe de taller
- Pasillo
- Aseo de señoras y minusválidos
- Aseo de caballeros
- Vestuario femenino
- Vestuario masculino
- Oficina Técnica
- Despacho - 1
- Despacho - 2
- Comedor
- Sala de reuniones y formación

La nave en general cuenta con dos entreplantas que separan y aíslan dos zonas muy concretas del resto de la nave estas dos zonas son por un lado las oficinas y por otro el almacén. Siendo la parte alta de estas entreplantas dos zonas sin uso, para posibles futuras ampliaciones. El acceso a esta parte alta, para el mantenimiento, se hace a través de escaleras metálicas verticales. Tanto dicha escalera como toda la entreplanta estará protegida contra posibles caídas con la colocación de barandillas y estructuras metálicas. La altura entre el forjado de la entreplanta y el suelo de planta baja es de 3,50 m. En la zona de oficinas se dejará una altura libre de 3,00 m y 50 cm para falso techo, para las instalaciones. Mientras que que en el almacén al no existir falso techo se cuenta con una altura libre de 3,50 m. Es preciso aclarar que estas dos zonas altas de las entreplantas no serán objeto de este proyecto, al ser zonas sin uso.



-Superficie construida total de la nave **1.350 m²**

-Cuadro de superficies útiles:

Zonas	Superficies útiles (m²)
Sala de espera	17,43
Recepción y administración	23,02
Archivo	18,92
Oficina del jefe de taller	21,55
Pasillo	33,45
Aseo de señoras y minusválidos	6,31
Aseo de caballeros	2,82
Vestuario femenino	15,87
Vestuario masculino	35,36
Oficina Técnica	42,65
Despacho - 1	19,40
Despacho - 2	17,37
Comedor	28,92
Sala de reuniones y formación	40,70
Almacén	167,73
Taller	790,80
Superficie útil total de la nave	1282,30

Tabla 1-1. Superficies útiles

-Cuadro de dimensiones generales:

Dimensiones	metros
Longitud total de la nave	45 m
Anchura total de la nave	30 m
Altura máxima en taller	13,70 m
Altura mínima en taller	11 m
Altura libre en almacén	3,50 m
Altura libre en oficinas	3,00 m

Tabla 1-2. Dimensiones



1.1.4.-Actividad y maquinaria de la nave

La principal actividad de la nave será la reparaciones navales, fabricando, reparando y montando tanto piezas como estructuras metálicas, destinadas a este sector. Para ello cuenta en el taller con la siguiente maquinaria:

- 1 Sierra de corte automático
- 2 Tornos
- 2 Mandrinadoras
- 2 Taladros
- 1 Rectificadora
- 1 Prensa
- 1 Puente grúa de 10Tn
- 3 maquinas de soldadura manual y otra maquinaria de mano de poca potencia como pueden ser radiales y taladros de mano (para todo ello el taller-almacén contará con 18 tomas de corriente)

1.1.5.- Normas y reglamentos aplicados

Para la redacción del siguiente proyecto se han tenido en cuenta las siguientes disposiciones legales:

- Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión: que fue aprobado por el Consejo de Ministros, reflejado en el Real Decreto 842 / 2002 del 2 de Agosto de 2002 y publicado en el BOE nº 224 de fecha 18 de septiembre de 2002.
- La guía técnica de aplicación del REBT(a continuación mencionaré las más referidas en este proyecto)
 - **GUÍA-BT-26**: se ha utilizado principalmente en este proyecto en el cálculo de la puesta de tierra.
 - **GUÍA-BT-23**: se ha utilizado principalmente en este proyecto para la elección e instalación de las protecciones contra sobretensiones.
- ITC BT: Instrucciones Técnicas Complementarias del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión. Orden del 2 de Agosto de 2002 del Ministerio de Ciencia y Tecnología. (a continuación mencionaré las más referidas en este proyecto)



- **ITC-BT-07:** que nos habla de las redes subterráneas para distribución en baja tensión y es utilizada principalmente en el proyecto en los apartados “1.2.4.- *Acometida*” y “2.1.1- *Acometida*”
- **ITC-BT-10:** que nos habla de la previsión de cargas para suministros en baja tensión y es utilizada principalmente en el proyecto en el apartado “1.2.3.- *Potencia contratada*”.
- **ITC-BT-12:** que nos habla de los esquemas de la instalaciones de enlace y es utilizada principalmente en el proyecto en los apartados “1.2.6.- *Caja general de protección y equipo de medida*” y “2.1.2- *Instalaciones de enlace*”.
- **ITC-BT-15:** que nos habla de las instalaciones de enlace y es utilizada principalmente en el proyecto en el apartado “1.2.5.- *Derivación individual*”.
- **ITC-BT-18:** que nos habla de la instalación de puesta de tierra y es utilizada principalmente en el proyecto en los apartados “1.2.11.- *Instalación de puesta de tierra*” y “2.1.10- *Instalación de puesta de tierra*”.
- **ITC-BT-19:** que nos habla de prescripciones generales de las instalaciones interiores o receptoras. Esta instrucción nos ayudará a escoger el conductor utilizado a partir de las caídas de tensión permitidas dependiendo de los diferentes receptores. También nos ayuda a escoger el conductor de protecciones dependiendo del conductor de fase. Es utilizada principalmente en el proyecto en todos los apartados de cálculo de líneas, tanto de fuerza como de alumbrado.
- **ITC-BT-21:** que nos habla de los tubos y canales protectores de las instalaciones interiores y es utilizada principalmente en el proyecto en el apartado “1.2.8.3.- *Tubos protectores*” y en todos los apartados de cálculo de líneas, tanto de fuerza como de alumbrado, para hallar la sección y características de los tubos de protección utilizados.
- **ITC-BT-23:** que nos habla de las protecciones contra sobretensiones y es utilizada principalmente en el proyecto en el apartado “1.2.7.- *Cuadros de mando y protección*” y “2.1.9- *Protección de la instalación*”.



- **ITC-BT-24:** que nos habla de la protección contra los contactos directos e indirectos y es utilizada principalmente en el proyecto en los apartados “1.2.7.- Cuadros de mando y protección” y “2.1.9- Protección de la instalación”.
- **ITC-BT-44:** que nos habla de los receptores para alumbrado y es utilizada principalmente en el proyecto en el apartado “1.2.10.- Condiciones generales de la instalación de alumbrado” y “2.1.7.3- Elección de las líneas de alumbrado”
- **ITC-BT-47:** que nos habla de la instalación de los motores y es utilizada principalmente en el proyecto en los apartados “1.2.9.- Condiciones generales de la instalación de fuerza”y “2.1.3- Calculo de las líneas de fuerza de la maquinaria”.
- Normas UNE (a continuación mencionaré las referidas en este proyecto)
 - **La norma UNE 211435** (Titulo: “*Guía para la elección de cables eléctricos de tensión asignada superior o igual a 0,6/1 kV para circuitos de distribución de energía eléctrica*”, Diciembre del 2007), que nos ayuda a escoger la sección del conductor para las instalaciones de distribución enterradas, aplicando los factores de corrección correspondientes a la intensidad y posteriormente aplicando la tabla llamada en el proyecto “*Tabla 2-4*”, para seleccionar la sección.
 - **La norma UNE 20460-5-523** (Titulo: “*Instalaciones eléctricas en edificios. Selección e instalación de los materiales eléctricos. Intensidades admisibles en sistemas de conducción de cables.*” Noviembre 2004), que nos ayuda a escoger la sección del conductor para las instalaciones interiores o receptoras aplicando la tabla llamada en el proyecto “*Tabla 2-8*”.
 - **Las normas UNE 20.451, UNE-EN 60.493-3 y UNE 20.324**, nos habla sobre el grado de protección de los cuadros de mando y protección.
 - **La norma UNE 20.431**, que nos habla de las propiedad de los conductores para no propagar llama ni incendios.
 - **La norma UNE-EN 61.537**, que nos habla de las propiedad de las bandejas para no propagar llama ni incendios.



- **La norma UNE EN 60.309**, que nos habla de las características que deben tener las bases de tomas de corriente y de los colores de las diferentes tomas para su rápido reconocimiento.
- **La norma UNE 20.460**, que nos habla de las prescripciones para la instalación de los motores y sobre los dispositivos de protección.
- **La norma UNE 21.022**, que nos habla sobre la puesta de tierra.
- **La norma UNE-EN 60.898**, que nos habla sobre los dispositivos de protección.
- Normas DIN: La norma DIN 5035, sobre los niveles de iluminación mínimos en áreas de trabajo.
- La normas NTE: Normas Tecnológicas de la Edificación, utilizada en el cálculo de puesta de tierra.

1.1.6.- Recursos Web

- http://www.ffii.nova.es/puntoinfomcyt/rebt_itcs.asp
- http://www.ffii.nova.es/puntoinfomcyt/rebt_guia.asp
- <http://www.directindustry.es>
- <http://www.logismarket.es>
- <http://www.maincasacatalogo.com>
- <http://www.hidrogarne.com>
- <http://www.istria.cl>
- <http://www.lighting.philips.com>
- <http://www.unex.biz/Documentos/Gamas/Catalogo11.pdf>
- <http://biblioteca.schneiderelectric.es/nbd-update/cont2/010006K03.pdf>

1.1.7.- Bibliografía

- Título: Motores eléctricos. Accionamiento de máquinas 30 tipos de motores. (3ª edición)
Editorial: Paraninfo
Autor: José Roldán Vilora
- Título: Manual electrotécnico
Autor: Telemecanique



1.2.-RED ELÉCTRICA

1.2.1.- Generalidades

La presente instalación esta diseñada de acuerdo a las condiciones técnicas establecidas por el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión (REBT) con la finalidad de una buena distribución de la energía eléctrica, preservar la seguridad de las personas y los bienes y el normal funcionamiento de la instalación.

1.2.2.- Tipo de suministro eléctrico

El suministro se realiza en baja tensión por parte de la compañía suministradora ELÉCTRICA DE CÁDIZ, S.L., deberá satisfacer las necesidades de la instalación eléctrica objeto de este proyecto, cuyo consumo estará regido por receptores de alumbrado y de fuerza.

La instalación de Baja Tensión de la presente nave está compuesta por los elementos que se enumeran a continuación:

- 1 Cuadro General
- 7 Cuadros Secundarios
- 10 Circuitos de fuerza (maquinas)
- 10 Circuitos de fuerza de tomas de corriente
- 15 Circuitos de alumbrado

La naturaleza de la corriente eléctrica demandada deberá tener las siguientes características:

- Sistema de corriente alterna trifásica (3 fases)
- Tensión entre fases: 400 V
- Tensión entre neutro y fase: 230 V
- Frecuencia: 50 Hz

Desde el transformador se alimentará el cuadro general de baja tensión mediante una línea de conductor único de una sección de 400 mm² y por lo tanto según la tabla-1 de la ITC-BT-07 de una sección del neutro de 185 mm². Los conductores serán unipolares de aluminio y su tensión nominal será no inferior a 0,6/1 kV con un aislamiento de polietileno reticulado (XLPE) e irán enterrados directamente bajo tierra a una profundidad de 0,80 m, según marca la ITC-BT-07.



1.2.3.- Potencia contratada

La previsión de la carga necesaria para la nave se calculará según el Reglamento de Baja Tensión en concreto con la ITC-BT-10 con el apartado 4.2. dedicado a edificios destinados a concentración de industrias, que nos dice que se considera un mínimo de 125W por metro cuadrado y planta, con un mínimo por local de 10.350W a 230V y coeficiente de simultaneidad 1.

$$P = \frac{W}{m^2} S = 125 \frac{W}{m^2} 1.350m^2 = 168750 W = 168,75 KW$$

Ahora se debe comparar con la potencia calculada que requiere la nave, si esta es menor se tomará como definitiva la del Reglamento Electrotécnico.

P que requiere la nave \geq 168,75 kW

Los resultados de los cuadros que se representan a continuación son obtenidos de los cálculos de los apartados “1.3- Maquinarias eléctricas” y “2-Cálculos eléctricos”.

1.2.3.1- Maquinaria

Maquinaria	Unidades	Potencia de la máquina por unidad (kW)	Potencia Total (kW)
Sierra de cinta automática	1	6,22	6,22
Torno-1	1	22,13	22,13
Torno-2	1	47,49	47,49
Mandrinadora-1	1	42,10	42,10
Mandrinadora-2	1	21,77	21,77
Taladro-1	1	3,43	3,43
Taladro-2	1	4,35	4,35
Rectificadora	1	13,31	13,31
Prensa	1	12,72	12,72
Puente grúa	1	50,81	50,81
POTENCIA TOTAL (kW)			224,33

Tabla 1-3. Potencia de la maquinaria



Es preciso comentar que también se dispone de tres máquinas de soldadura manual, que se han englobado en el grupo de aparatos que se alimentan de las tomas de corriente. Esto es así ya que es necesario que cuenten con cierta movilidad para soldar las grandes estructuras.

1.2.3.2- Alumbrado

Zona	Tipo de lámpara	Potencia de la lámpara por unidad (kW)	Unidades	Potencia Total (kW)
Taller	Lámpara de vapor de sodio de alta presión	0,400	28	11,200
Almacén	Tubo fluorescente	0,018	36	0,648
Sala de espera	Tubo fluorescente	0,036	2	0,072
Recepción	Tubo fluorescente	0,036	4	0,144
Archivo	Tubo fluorescente	0,036	2	0,072
Oficina del jefe del taller	Tubo fluorescente	0,036	4	0,144
Pasillo	Tubo fluorescente	0,036	6	0,216
Aseo de señoras	Tubo fluorescente	0,018	1	0,018
Aseo de caballeros	Tubo fluorescente	0,018	1	0,018
Vestuario femenino	Tubo fluorescente	0,018	4	0,072
Vestuario masculino	Tubo fluorescente	0,018	8	0,144
Oficina técnica	Tubo fluorescente	0,036	18	0,648
Despacho-1	Lámpara halógena	0,050	6	0,300
Despacho-2	Lámpara halógena	0,050	4	0,200
Comedor	Tubo fluorescente	0,018	8	0,144
Sala de reuniones	Lámpara halógena	0,050	6	0,000
POTENCIA TOTAL (kW))				13,97

Tabla 1-4. Potencia consumida por el alumbrado



1.2.3.3- Tomas de corriente en la zona del taller

Elementos alimentados	Cantidad	Potencia consumida individual (kW)	Total
Equipo de soldadura	3	19,20	57,60
Radiales	1	0,37	0,37
Taladros de mano	2	0,37	0,74
Luminarias	3	0,06	0,18
POTENCIA TOTAL (kW)			58,89

Tabla 1-5. Potencia consumida por las tomas de corriente

Las tomas de corriente de esta zona serán trifásicas y estarán protegidas con enclavamiento mecánico. La línea de tomas de corriente estará diseñada para conectar máquinas de soldar.

1.2.3.4- Tomas de corriente en la zona de oficinas

Elementos alimentados	Cantidad	Potencia consumida individual (kW)	Total
Ordenadores y periféricos	9	0,35	3,15
Impresoras	6	0,22	1,32
Fotocopiadora	1	0,60	0,60
Lámparas de mesa	8	0,06	0,48
Televisor	1	0,30	0,30
Nevera	1	1,00	1,00
Microondas	1	0,60	0,60
Secador de manos	2	1,00	2,00
Otros usos (relojes, cargadores, etc...)	-	5,00	5,00
POTENCIA TOTAL (kW)			14,45

Tabla 1-6. Potencia consumida por las tomas de corriente



En el cuadro siguiente se representa la potencia total consumida, aplicándole el correspondiente coeficiente de simultaneidad, que en este caso sera de 0,7 para maquinaria y las tomas de corriente del taller, de 0,9 para alumbrado y tomas de corriente de las oficinas, y de 1 para instalaciones ajenas al proyecto (llamamos instalaciones ajenas al proyecto por ejemplo a las instalaciones de climatización, ventilación, etc).

Instalación	Potencia calculada (kW)	Coeficiente de simultaneidad	Total (kW)
Maquinaria	224,33	0,70	157,03
Tomas de corriente del taller	58,89	0,70	41,22
Alumbrado	13,97	0,90	12,57
Tomas de corriente de las oficinas	14,45	0,90	13,01
Instalaciones ajenas al proyecto	20,00	1,00	20,00
POTENCIA TOTAL (kW)			243,83

Tabla 1-7. Potencia contratada

Por lo tanto comprobamos que:

$$P \text{ que requiere la nave} = 243,83 \text{ kW} \geq 168,75 \text{ kW}$$

Como la potencia que requiere la nave es mayor que la que propone el Reglamento de Baja Tensión, se contratará la potencia que es necesaria en la nave y para la cual están diseñadas las instalaciones, por lo tanto la potencia contratada será de 250 kW.

La potencia contratada será de 250 kW en suministro trifásico formado por tres fases más el neutro con una tensión entre fases de 400 V y una tensión entre fase y neutro de 230 V, con una frecuencia de 50 Hz.



1.2.4.- Acometida

Es la parte de la instalación de la red de distribución que alimenta la caja general de protección (CGPM). Se seguirá lo establecido en la ICT-BT-07.

Desde el transformador se alimentará el cuadro principal de baja tensión mediante un conductor de sección de 400 mm² y una sección de neutro de 185 mm². Dichos conductores tendrán un nivel de aislamiento de 0,6 / 1 kV. Los cuales irán directamente enterrados bajo calzada y tal como marca el reglamento en su ICT-BT-07 irán a una profundidad de 0,8 m. El cable debe quedar correctamente instalado y para que ofrezca seguridad frente a excavaciones hechas por terceros, se seguirán las siguientes instrucciones (tal como marca ITC-BT-07):

- El lecho de la zanja que va a recibir el cable será liso y estará libre de aristas vivas, cantos, piedras, etc.. . En el mismo se dispondrá una capa de arena de mina o de río lavada, de espesor mínimo 0,05 m sobre la que se colocará el cable. Por encima del cable irá otra capa de arena o tierra cribada de unos 0,10 m de espesor. Ambas capas cubrirán la anchura total de la zanja, la cual será suficiente para mantener 0,05 m entre el cable y las paredes laterales.
- Por encima de la arena se colocará unas placas protectoras como protecciones mecánicas. Se colocará también una cinta de señalización que advierta de la existencia del cable eléctrico de baja tensión. Su distancia mínima al suelo será de 0,10 m, y a la parte superior del cable de 0,25 m.
- Además se dispondrá de una arqueta de registro, para facilitar el tendido de los cables.

1.2.5.- Derivación individual

Derivación individual es la parte de la instalación que, partiendo de la línea general de alimentación suministra energía eléctrica a una instalación de usuario, según marca la ITC-BT-15, en nuestro caso al ser abonado único (el transformador únicamente alimenta a nuestra nave), no dispondrá de línea general de alimentación y la acometida alimenta directamente a los receptores a través del cuadro general de protección y equipo de medida.



1.2.6.- Caja general de protección y equipo de medida

Como se trata de un suministro para un único usuario, conforme al esquema 2.1 de la instrucción ICT-BT-12, y por lo tanto no existe la línea general de alimentación, la caja general de protección y el equipo de medida se alimenta directamente de la acometida.

Esta caja está situada en la entrada principal de la nave, en un lugar fácilmente accesible y la vamos a llamar comúnmente CGPM (Caja General de Protección y equipo de Medida).

En la CGPM se instalarán los contadores y el interruptor general automático magnetotérmico, tetrapolar de instalación nominal de 400 A y regulable hasta los 300 A y corte omnipolar, con poder de corte de 13 kA. El cual protege todos los circuitos interiores.

1.2.7.- Cuadros de mando y protección

Los cuadros de mando y protección, cuya situación se refleja en los planos, serán estancos, irán aislados de la solera para evitar la entrada humedad. Estarán provistos de dispositivos de cierre para evitar el acceso a su interior de personal ajeno a las instalaciones y estarán provistos de las siguientes protecciones:

- Contra contactos indirectos: Se ha adoptado un sistema de puesta de tierra de las masas, tal y como se describe más adelante en el apartado de toma de tierra. Este sistema de protección está asociado a interruptores automáticos de corte omnipolar, sensibles a la corriente por defecto. Para ello se instalarán en el origen de cada circuito interruptores diferenciales.
- Contra sobrecargas: El límite de intensidad de corriente de los conductores se fijará por medio de interruptores automáticos provistos de reles térmicos para sobrecargas (magneto-térmicos) ajustados a la intensidad admisible en cada circuito.
- Contra cortocircuitos: Las derivaciones estarán protegidas por interruptores automáticos con desconexión electromagnética (magneto-térmico), elegidos en función de la intensidad de cortocircuito de cada línea.
- Contra sobretensiones: Se han dispuesto de limitadores de sobretensión, para evitar las sobretensiones en las diferentes líneas producidas fundamentalmente por descargas atmosféricas.



Estarán dotadas cada una de las líneas que partan del cuadro general de dichas protecciones, cuyas capacidades se definen a continuación, así como su sensibilidad que en todo momento se ajustará a las prescripciones de la ITC-BT-24 y de la ITC-BT-23. Llevarán una placa indicadora del circuito al que pertenecen, con indicación de la intensidad y la sensibilidad del mismo.

Los dispositivos generales de mando y protección se ubicarán en el interior de uno o varios cuadros de distribución de donde partirán los circuitos interiores. Las envolventes de los cuadros de distribución se ajustarán a las normas UNE 20 451 y UNE-EN 60 493-3, con grado de protección IP 55 según UNE 20 324. Las masas metálicas de los cuadros de la instalación se conectarán a tierra.

La instalación llevará su correspondiente puesta de tierra tal como marca la ITC-BT-18.

1.2.7.1.- Cuadro general

El cuadro general estará alimentado por un conductor de 400 mm² de sección procedente de la Caja de General de Protección y equipo de Medida (CGPM), debido a que se trata de un suministro individual, y otro conductor de protección procedente de la instalación de puesta de tierra.

Desde este cuadro principal se alimentan los cuadros secundarios, tal y como se recoge en el esquema unifilar representados en los planos del proyecto.

Este cuadro estará compuesto por los siguientes dispositivos de mando y protección:

- 1 interruptor general automático magneto-térmico de maniobra de corte tetrapolar de intensidad nominal (4 x 400 A) regulables hasta 300 A, con poder de corte de 13 kA.
- 1 limitador de sobretensión conectado en paralelo a la instalación, con su correspondiente interruptor automático de desconexión de corte tetrapolar, con un nivel de protección de U_p de 1,5 kV y una I_n de 5 kA.
- 1 interruptor automático magneto-térmico de corte tetrapolar de intensidad nominal (4 x 80 A), con poder de corte de 13 kA, para la protección de la alimentación del sub-cuadro F-1.



- 1 interruptor diferencial de corte tetrapolar de intensidad nominal (4 x 80 A), con una sensibilidad de 30 mA, para la protección de la alimentación del sub-cuadro F-1.
- 1 interruptor automático magneto-térmico de corte tetrapolar de intensidad nominal (4 x 125 A), con poder de corte de 13 kA, para la protección de la alimentación del sub-cuadro F-2.
- 1 interruptor diferencial de corte tetrapolar de intensidad nominal (4 x 125 A), con una sensibilidad de 300 mA, para la protección de la alimentación del sub-cuadro F-2.
- 1 interruptor automático magneto-térmico de corte tetrapolar de intensidad nominal (4 x 100 A), con poder de corte de 13 kA, para la protección de la alimentación del sub-cuadro F-3.
- 1 interruptor diferencial de corte tetrapolar de intensidad nominal (4 x 100 A), con una sensibilidad de 300 mA, para la protección de la alimentación del sub-cuadro F-3.
- 1 interruptor automático magneto-térmico de corte tetrapolar de intensidad nominal (4 x 125 A), con poder de corte de 13 kA, para la protección de la alimentación del sub-cuadro F-4.
- 1 interruptor diferencial de corte tetrapolar de intensidad nominal (4 x 125 A), con una sensibilidad de 300 mA, para la protección de la alimentación del sub-cuadro F-4.
- 1 interruptor automático magneto-térmico de corte tetrapolar de intensidad nominal (4 x 100 A), con poder de corte de 13 kA, para la protección de la alimentación del sub-cuadro F-5.
- 1 interruptor diferencial de corte tetrapolar de intensidad nominal (4 x 100 A), con una sensibilidad de 300 mA, para la protección de la alimentación del sub-cuadro F-5.
- 1 interruptor automático magneto-térmico de corte tetrapolar de intensidad nominal (4 x 25 A), con poder de corte de 13 kA, para la protección de la alimentación del sub-cuadro A-1.
- 1 interruptor diferencial de corte tetrapolar de intensidad nominal (4 x 25 A), con una sensibilidad de 30 mA, para la protección de la alimentación del sub-cuadro A-1.



- 1 interruptor automático magneto-térmico de corte tetrapolar de intensidad nominal (4 x 125 A), con poder de corte de 13 kA, para la protección de la alimentación del sub-cuadro A-2.
- 1 interruptor diferencial de corte tetrapolar de intensidad nominal (4 x 125 A), con una sensibilidad de 30 mA, para la protección de la alimentación del sub-cuadro A-2.

CUADRO GENERAL		
Elementos alimentados por el cuadro principal	Nombre de la línea	Longitud (m)
SUB-CUADRO-F1	L-F1	13
SUB-CUADRO-F2	L-F2	33
SUB-CUADRO-F3	L-F3	32
SUB-CUADRO-F4	L-F4	18
SUB-CUADRO-F5	L-F5	23
SUB-CUADRO-A1	L-A1	16
SUB-CUADRO-A2	L-A2	13

Tabla 1-8. Elementos alimentados por el cuadro principal

1.2.7.2- Cuadros secundarios

Las instalaciones se subdividirán tal como marca la ICT-BT 19, es decir de forma que las perturbaciones originadas por averías que puedan producirse en un punto de ellas, afecten solamente a ciertas partes de la instalación, para lo cual los dispositivos de protección de cada circuito estarán adecuadamente coordinados y serán selectivos con los dispositivos generales de protección que les precedan.

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

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

En las medidas de las distancias correspondientes a cada línea, se ha tenido en cuenta de manera aproximada tanto el ascenso a una altura determinada para su distribución, como el descenso a los dispositivos receptores.



1.2.7.2.1.- Cuadro secundario de fuerza F1

Este cuadro estará alimentado por cable de sección de 16 mm² para las fases y el neutro, e irán sobre bandeja perforada.

Este cuadro estará compuesto por los siguientes dispositivos de mando y protección:

- 1 limitador de sobretensión conectado en paralelo a la instalación, con su correspondiente interruptor automático de desconexión de corte tetrapolar, con un nivel de protección de U_p de 1,5 kV y una I_n de 5 kA.
- 1 interruptor automático magneto-térmicos de corte bipolar de intensidad nominal (2 x 20 A), con poder de corte de 8 kA, para la protección de la alimentación de la línea de las tomas de corriente de la sala de espera y la recepción (L-FT1-a).
- 1 interruptor automático magneto-térmicos de corte bipolar de intensidad nominal (2 x 16 A), con poder de corte de 8 kA, para la protección de la alimentación de la línea de tomas de corriente de pasillo y aseos (L-FT1-b).
- 1 interruptor automático magneto-térmicos de corte bipolar de intensidad nominal (2 x 16 A), con poder de corte de 8 kA, para la protección de la alimentación de la línea de las tomas de corriente del archivo y de la oficina del jefe del taller (L-FT1-c).
- 1 interruptor automático magneto-térmicos de corte bipolar de intensidad nominal (2 x 16 A), con poder de corte de 8 kA, para la protección de la alimentación de la línea de las tomas de corriente de la oficina técnica (L-FT1-d).
- 1 interruptor automático magneto-térmicos de corte bipolar de intensidad nominal (2 x 20A), con poder de corte de 8 kA, para la protección de la alimentación de la línea de las tomas de corriente de despachos (L-FT1-e).
- 1 interruptor automático magneto-térmicos de corte bipolar de intensidad nominal (2 x 25 A), con poder de corte de 8 kA, para la protección de la alimentación de la línea de las tomas de corriente de la sala de reuniones y el comedor (L-FT1-f).
- 1 interruptor automático magneto-térmicos de corte bipolar de intensidad nominal (2 x 20 A), con poder de corte de 8 kA, para la protección de la alimentación de la línea de las tomas de corriente de vestuarios (L-FT1-g).



SUB-CUADRO-F1		
Elementos alimentados por el CUADRO-F1	Nombre de la línea	Longitud (m)
Tomas de corriente de sala de espera y recepción	L-FT1-a	30
Tomas de corriente de pasillo y aseos	L-FT1-b	29
Tomas de corriente de archivo y oficina del jefe-taller	L-FT1-c	30
Tomas de corriente de oficina técnica	L-FT1-d	24
Tomas de corriente de despachos	L-FT1-e	35
Tomas de corriente de sala de reuniones y comedor	L-FT1-f	53
Tomas de corriente de vestuarios	L-FT1-g	47

Tabla 1-9. Elementos alimentados por el sub-cuadro-F1

1.2.7.2.2.- Cuadro secundario de fuerza F2

Este cuadro estará alimentado por cable de sección de 35 mm² para las fases y de 16 mm² para el neutro, e irán sobre bandeja perforada.

Este cuadro estará compuesto por los siguientes dispositivos de mando y protección:

- 1 limitador de sobretensión conectado en paralelo a la instalación, con su correspondiente interruptor automático de desconexión de corte tetrapolar, con un nivel de protección de U_p de 1,5 kV y una I_n de 5 kA.
- 1 interruptor automático magneto-térmicos de corte tetrapolar de intensidad nominal (4 x 25 A), con poder de corte de 7 kA, para la protección de la alimentación de la línea de maquinaria L-F2-a, en concreto de la sierra de cinta.
- 1 interruptor diferencial de corte tetrapolar de intensidad nominal (4 x 25 A), con una sensibilidad de 300 mA, para la protección de la alimentación de la línea de maquinaria L-F2-a, en concreto de la sierra de cinta.
- 1 interruptor automático magneto-térmicos de corte tetrapolar de intensidad nominal (4 x 63 A), con poder de corte de 7 kA, para la protección de la alimentación de la línea de maquinaria L-F2-b, en concreto del torno-1.
- 1 interruptor diferencial de corte tetrapolar de intensidad nominal (4 x 63 A), con una sensibilidad de 300 mA, para la protección de la alimentación de la línea de maquinaria L-F2-b, en concreto del torno-1.



- 1 interruptor automático magneto-térmicos de corte tetrapolar de intensidad nominal (4 x 100 A), con poder de corte de 7 kA, para la protección de la alimentación de la línea de maquinaria L-F2-c, en concreto de la mandrinadora-1.
- 1 interruptor diferencial de corte tetrapolar de intensidad nominal (4 x 100 A), con una sensibilidad de 300 mA, para la protección de la alimentación de la línea de maquinaria L-F2-c, en concreto de la mandrinadora-1.

SUB-CUADRO-F2		
Elementos alimentados por el CUADRO-F2	Nombre de la línea	Longitud (m)
Sierra de corte automático	L-F2-a	15
Torno-1	L-F2-b	11
Mandrinadora-1	L-F2-c	7

Tabla 1-10. Elementos alimentados por el sub-cuadro-F2

1.2.7.2.3.- Cuadro secundario de fuerza F3

Este cuadro estará alimentado por cable de sección de 25 mm² para las fases y de 16 mm² para el neutro, e irán sobre bandeja perforada.

Este cuadro estará compuesto por los siguientes dispositivos de mando y protección:

- 1 limitador de sobretensión conectado en paralelo a la instalación, con su correspondiente interruptor automático de desconexión de corte tetrapolar, con un nivel de protección de U_p de 1,5 kV y una I_n de 5 kA.
- 1 interruptor automático magneto-térmicos de corte tetrapolar de intensidad nominal (4 x 100 A), con poder de corte de 6 kA, para la protección de la alimentación de la línea de maquinaria L-F3-a, en concreto del puente grúa.
- 1 interruptor diferencial de corte tetrapolar de intensidad nominal (4 x 100 A), con una sensibilidad de 300 mA, para la protección de la alimentación de la línea de maquinaria L-F3-a, en concreto del puente grúa.
- 1 interruptor automático magneto-térmicos de corte tetrapolar de intensidad nominal (4 x 50 A), con poder de corte de 6 kA, para la protección de la alimentación de la línea de tomas de corriente L-FT3-b, en concreto para siete tomas de corriente trifásicas del taller.



- 1 interruptor diferencial de corte tetrapolar de intensidad nominal (4 x 50 A), con una sensibilidad de 300 mA, para la protección de la alimentación de la línea de tomas de corriente L-FT3-b, en concreto para siete tomas de corriente trifásicas del taller.

SUB-CUADRO-F3		
Elementos alimentados por el CUADRO-F3	Nombre de la línea	Longitud (m)
Puente grúa de 10 Tn	L-F3-a	17
Tomas de corriente del taller (7 tomas)	L-FT3-b	30

Tabla 1-11. Elementos alimentados por el sub-cuadro-F3

1.2.7.2.4.- Cuadro secundario de fuerza F4

Este cuadro estará alimentado por cable de sección de 35 mm² para las fases y de 16 mm² para el neutro, e irán sobre bandeja perforada.

Este cuadro estará compuesto por los siguientes dispositivos de mando y protección:

- 1 limitador de sobretensión conectado en paralelo a la instalación, con su correspondiente interruptor automático de desconexión de corte tetrapolar, con un nivel de protección de U_p de 1,5 kV y una I_n de 5 kA.
- 1 interruptor automático magneto-térmicos de corte tetrapolar de intensidad nominal (4 x 100 A), con poder de corte de 9 kA, para la protección de la alimentación de la línea de maquinaria L-F4-a, en concreto del torno-2.
- 1 interruptor diferencial de corte tetrapolar de intensidad nominal (4 x 100 A), con una sensibilidad de 300 mA, para la protección de la alimentación de la línea de maquinaria L-F4-a, en concreto del torno-2.
- 1 interruptor automático magneto-térmicos de corte tetrapolar de intensidad nominal (4 x 63 A), con poder de corte de 9 kA, para la protección de la alimentación de la línea de maquinaria L-F4-b, en concreto de la mandrinadora-2.
- 1 interruptor diferencial de corte tetrapolar de intensidad nominal (4 x 63 A), con una sensibilidad de 300 mA, para la protección de la alimentación de la línea de maquinaria L-F4-b, en concreto de la mandrinadora-2.



- 1 interruptor automático magneto-térmicos de corte tetrapolar de intensidad nominal (4 x 25 A), con poder de corte de 9 kA, para la protección de la alimentación de la línea de maquinaria L-F4-c, en concreto del taladro-1.
- 1 interruptor diferencial de corte tetrapolar de intensidad nominal (4 x 25 A), con una sensibilidad de 300 mA, para la protección de la alimentación de la línea de maquinaria L-F4-c, en concreto del taladro-1.

SUB-CUADRO-F4		
Elementos alimentados por el CUADRO-F4	Nombre de la línea	Longitud (m)
Torno-2	L-F4-a	14
Mandrinadora-2	L-F4-b	10
Taladro-1	L-F4-c	6

Tabla 1-12. Elementos alimentados por el sub-cuadro-F4

1.2.7.2.5.- Cuadro secundario de fuerza F5

Este cuadro estará alimentado por cable de sección de 25 mm² para las fases y 16 mm² el neutro, e irán sobre bandeja perforada.

Este cuadro estará compuesto por los siguientes dispositivos de mando y protección:

- 1 limitador de sobretensión conectado en paralelo a la instalación, con su correspondiente interruptor automático de desconexión de corte tetrapolar, con un nivel de protección de U_p de 1,5 kV y una I_n de 5 kA.
- 1 interruptor automático magneto-térmicos de corte tetrapolar de intensidad nominal (4 x 32 A), con poder de corte de 7 kA, para la protección de la alimentación de la línea de maquinaria L-F5-a, en concreto de la prensa.
- 1 interruptor diferencial de corte tetrapolar de intensidad nominal (4 x 32 A), con una sensibilidad de 300 mA, para la protección de la alimentación de la línea de maquinaria L-F5-a, en concreto de la prensa.
- 1 interruptor automático magneto-térmicos de corte tetrapolar de intensidad nominal (4 x 32 A), con poder de corte de 7 kA, para la protección de la alimentación de la línea de maquinaria L-F5-b, de la rectificadora.



- 1 interruptor diferencial de corte tetrapolar de intensidad nominal (4 x 32 A), con una sensibilidad de 300 mA, para la protección de la alimentación de la línea de maquinaria L-F5-b, en concreto de la rectificadora.
- 1 interruptor automático magneto-térmicos de corte tetrapolar de intensidad nominal (4 x 25 A), con poder de corte de 7 kA, para la protección de la alimentación de la línea de maquinaria L-F5-c, en concreto del taladro-2.
- 1 interruptor diferencial de corte tetrapolar de intensidad nominal (4 x 25 A), con una sensibilidad de 300 mA, para la protección de la alimentación de la línea de maquinaria L-F5-c, en concreto del taladro-2.
- 1 interruptor automático magneto-térmicos de corte tetrapolar de intensidad nominal (4 x 32 A), con poder de corte de 7 kA, para la protección de la alimentación de la línea de tomas de corriente L-FT5-d, en concreto para cinco tomas de corriente trifásicas del taller.
- 1 interruptor diferencial de corte tetrapolar de intensidad nominal (4 x 32 A), con una sensibilidad de 300 mA, para la protección de la alimentación de la línea de tomas de corriente L-FT5-d, en concreto para cinco tomas de corriente trifásicas del taller.
- 1 interruptor automático magneto-térmicos de corte tetrapolar de intensidad nominal (4 x 50 A), con poder de corte de 7 kA, para la protección de la alimentación de la línea de tomas de corriente L-FT5-e, en concreto para seis tomas de corriente trifásicas del taller.
- 1 interruptor diferencial de corte tetrapolar de intensidad nominal (4 x 50 A), con una sensibilidad de 300 mA, para la protección de la alimentación de la línea de tomas de corriente L-FT5-e, en concreto para seis tomas de corriente trifásicas del taller.
-

SUB-CUADRO-F5		
Elementos alimentados por el CUADRO-F5	Nombre de la línea	Longitud (m)
Prensa	L-F5-a	17
Rectificadora	L-F5-b	14
Taladro-2	L-F5-c	12
Tomas de corriente del taller (5 tomas)	L-FT5-d	17
Tomas de corriente del taller (6 tomas)	L-FT5-e	51

Tabla 1-13. Elementos alimentados por el sub-cuadro-F5



1.2.7.2.6.- Cuadro secundario de alumbrado A1

Este cuadro estará alimentado por cable de sección de 2,5 mm² para las fases y el neutro, e irán sobre bandeja perforada.

Este cuadro estará compuesto por los siguientes dispositivos de mando y protección:

- 1 limitador de sobretensión conectado en paralelo a la instalación, con su correspondiente interruptor automático de desconexión de corte tetrapolar, con un nivel de protección de U_p de 1,5 kV y una I_n de 5 kA.
- 12 interruptores automáticos magneto-térmicos de corte bipolar de intensidad nominal (2 x 16 A), con poder de corte de 2 kA, para la protección de la alimentación de las líneas de alumbrado de las oficinas (L-A1-a, L-A1-b, L-A1-c, L-A1-d, L-A1-e, L-A1-f, L-A1-g, L-A1-h, L-A1-i, L-A1-j, L-A1-k y L-A1-l).

SUB-CUADRO-A1		
Elementos alimentados por el CUADRO-A1	Nombre de la línea	Longitud (m)
Alumbrado de sala de espera y recepción	L-A1-a	21
Alumbrado de pasillo	L-A1-b	20
Alumbrado de archivo	L-A1-c	16
Alumbrado de oficina del jefe-taller	L-A1-d	20
Alumbrado aseos	L-A1-e	15
Alumbrado de oficina técnica	L-A1-f	23
Alumbrado de despacho-1	L-A1-g	13
Alumbrado de despacho-2	L-A1-h	14
Alumbrado de sala de reuniones	L-A1-i	24
Alumbrado de comedor	L-A1-j	19
Alumbrado de vestuarios masculinos	L-A1-k	16
Alumbrado de vestuarios femeninos	L-A1-l	11

Tabla 1-14. Elementos alimentados por el sub-cuadro-A1

1.2.7.2.7.- Cuadro secundario de alumbrado A2

Este cuadro estará alimentado por cable de sección de 35 mm² para las fases y 16 mm² para el neutro, e irán sobre bandeja perforada.



Este cuadro estará compuesto por los siguientes dispositivos de mando y protección:

- 1 limitador de sobretensión conectado en paralelo a la instalación, con su correspondiente interruptor automático de desconexión de corte tetrapolar, con un nivel de protección de U_p de 1,5 kV y una I_n de 5 kA.
- 2 interruptores automáticos magneto-térmicos de corte bipolar de intensidad nominal (2 x 100 A), con poder de corte de 10 kA, para la protección de la alimentación de las líneas de alumbrado del taller (L-A2-a y L-A2-b).
- 1 interruptor automático magneto-térmico de corte bipolar de intensidad nominal (2 x 25 A), con poder de corte de 10 kA, para la protección de la alimentación de la línea de alumbrado del almacén (L-A2-c).

SUB-CUADRO-A2		
Elementos alimentados por el CUADRO-A2	Nombre de la línea	Longitud (m)
Alumbrado de taller	L-A2-a	115
Alumbrado de taller	L-A2-b	115
Alumbrado de almacén	L-A2-c	97

Tabla 1-15. Elementos alimentados por el sub-cuadro-A2

1.2.8.- Líneas de distribución

1.2.8.1.- Conductores

La sección de los conductores se ha calculado teniendo en cuenta las cargas y sobrecargas producidas por la maquinaria, alumbrado y demás aparatos eléctricos de la actividad, no sobrepasando los valores de intensidad máxima y caídas de tensión admitidos por el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión en su ITC-BT-19.

Todos los conductores utilizados serán no propagadores de llama ni de incendios, según la norma UNE 20431.

Las secciones de los conductores serán las indicadas en los planos de esquema correspondiente, según lo establecido en las instrucciones del REBT y las normas UNE, tal como se justifica el apartado “2-CÁLCULOS ELÉCTRICOS”

Todos los conductores estarán debidamente identificados con los colores reglamentarios: negro, marrón o gris para la fase, azul para el neutro y bicolor verde-amarillo para la tierra.



conductor	coloración		
neutro (o previsión de que un conductor de fase pase posteriormente a neutro)	azul 		
protección	verde-amarillo 		
fase	marrón 	negro 	gris 

Tabla 1-16. Identificación de conductores

1.2.8.2.- Bandejas

El sistema de repartición de los cables más habitual en la nave se efectuará por medio de bandejas. Estas serán metálicas y estarán protegidas contra la corrosión, reuniendo las características de resistencia contra impacto y no propagadoras de llama según la norma UNE-EN 61.537.

Las bandejas serán perforadas, las cuales tendrán agujeros en más de un 30% de su superficie, la bandeja perforada permite una mejor evacuación del calor generado en los cables. Las bandejas irán provistas de su tapa correspondiente, colocada directamente a presión sin necesidad de tornillos. Las bandejas irán adosadas a la pared mediante soportes adecuados de forma horizontal. Los cambios de nivel y de dirección, derivaciones cruzadas y reducciones, se realizarán mediante accesorios adecuados. Las bandejas irán provistas de un cable de protección (verde-amarillo), para derivar a tierra posibles tensiones.

El dimensionamiento de las bandejas se realiza en función del número de cables que aloja la bandeja. Es necesario pues conocer la sección total de cables y se aplica un factor de mayoramiento, normalmente dos. Dado la escasa diferencia de precios entre las diferentes bandejas en cuanto dimensiones, se optará por la colocación de una de las más grandes y así prevenimos futuras ampliaciones. Las bandejas colocadas serán de 500 mm de ancho por 100 mm de alto de ala.



1.2.8.3.- Tubos protectores

Los tubos de protección irán sobre la superficie de la nave ya sean en canalizaciones fijas en superficies o en canalizaciones empotradas (paredes, falsos techos o en canales protectoras de obra).

Los tubos de protección cumplirán con las características y dimensiones establecidas en la ITC-BT-21 del REBT, tanto si son canalizaciones fijas en superficies como si son canalizaciones empotradas.

Los tubos deberán tener un diámetro tal que permita un fácil alojamiento y extracción de los cables o conductores, cumpliendo lo marcado en la ITC-BT-21 del REBT.

Como norma general un tubo protector sólo contendrá conductores de un mismo y único circuito, no obstante, podrá contener conductores pertenecientes a circuitos diferentes si todos los conductores están aislados para la máxima tensión de servicio. No se utilizará en ningún caso un neutro para varios circuitos.

Las derivaciones de los conductores y canalizaciones, se realizarán en cajas de material aislante alojándose en su interior bornes para derivación y prolongación de los conductos.

Los conductores de protección irán por la misma canalización que los conductores de fase, serán de cobre y se reconocerán por el doble color amarillo-verde.

1.2.8.4.- Cajas de derivación

Serán aislantes, de las dimensiones adecuadas para alojar los conductores y conexiones a realizar. Estarán unidas a los tubos protectores mediante doble tuerca para asegurar la estanqueidad de la unión. Las conexiones se realizan mediante fichas de calibre suficiente.

1.2.8.5.- Tomas de corriente

Las tomas de corriente, cuya instalación se indica en el apartado de planos eléctricos, debe cumplir con lo especificado en el vigente Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión y con la norma UNE EN 60309 para bases de tomas de corriente para instalaciones distintas a viviendas.



1.2.8.5.1- Tomas de corriente de oficinas

Las tomas de corrientes en las oficinas serán monofásicas y quedan indicadas en el plano eléctrico número 4. Las tomas de corriente monofásicas serán de intensidad nominal 16 A. La instalación queda definida por cuatro tomas de corriente por cada puesto de trabajo, dos de ellas se utilizan para la conexión de aparatos auxiliares (lámparas, impresoras, etc...) que le denominamos red auxiliar, y dos tomas más para elementos principales (pantalla y PC) para el desarrollo del puesto de trabajo, siendo esta última línea la llamada principal.

1.2.8.5.2- Tomas de corriente del taller

Las tomas de corrientes en el taller serán trifásicas y quedan indicadas en el plano eléctrico número 5. Las tomas de corriente del taller y del almacén serán trifásicas y estarán protegidas con enclavamiento mecánico, es decir que la maquinaria de mano del taller deberá de ser apagada antes de ser desenchufada de la toma de corriente. Las tomas de corriente trifásicas serán de intensidad nominal 32 A.

1.2.9.- Condiciones generales de la instalación de fuerza

La instalación se llevará a cabo teniendo en cuenta los requisitos de la ITC-BT-47 de los motores y herramientas portátiles de uso exclusivamente profesional. La instalación de los motores debe ser conforme a las prescripciones de la norma UNE 20.460.

Los motores deben instalarse de manera que la proximidad de sus partes móviles no pueda causar accidentes. Los motores no deben estar en contacto con materiales fácilmente combustibles y se situarán de manera que no puedan provocar la ignición de éstas.

La sección mínima que deben tener los conductores de conexión con objeto de que no se produzca en ellos un calentamiento excesivo, deben cumplir las siguientes características:

- Los conductores de conexión que alimentan a un único motor deben estar dimensionados para una intensidad de un 125% de la intensidad a plena carga.
- 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.



- La caída de tensión entre el origen de la instalación interior y cualquier punto de utilización debe ser como máximo del 5%, según marca la ITC-BT-19.

Los motores instalados en la nave poseen sistemas internos contra arranques intempestivos después de cualquier corte de alimentación. Por lo tanto para que una máquina arranque es necesario que el operario la ponga en funcionamiento. La maquinaria utilizada posee en cada caso los sistemas de adecuación de intensidad de arranque con respecto a la plena carga según la potencia nominal de cada motor.

1.2.10.- Condiciones generales de la instalación de alumbrado

La ITC-BT-44 establece las prescripciones a cumplir por las instalaciones receptoras de alumbrado.

Los conductores de las luminarias suspendidas deben ser capaces de soportar este peso sin presentar empalmes internos y el esfuerzo deberá realizarse sobre un elemento distinto al borne de conexión.

Los circuitos de alimentación estarán provistos para transportar la carga debida a los propios receptores, a sus elementos asociados y a sus corrientes armónicas y de arranque. Por esa razón, y según la instrucción ITC-BT-44, la carga mínima prevista en voltiamperios será de 1,8 veces la potencia en vatios de los receptores.

Para el cálculo de las luminarias fluorescentes y halógenas se considerará que cada luminaria posee los elementos necesarios para compensar el factor de potencia, y que por ello se considera el factor de potencia igual a uno ($\cos\phi = 1$), sin embargo para las lampara de vapor de sodio de alta presión se considera que el factor de potencia es igual a 0,8 ($\cos\phi = 0,8$).

Para el cálculo de la sección mínima que deben tener los conductores de conexión, se determina de forma que la caída de tensión entre el origen de la instalación interior y cualquier punto de utilización debe ser como máximo del 3%, según marca la ITC-BT-19.

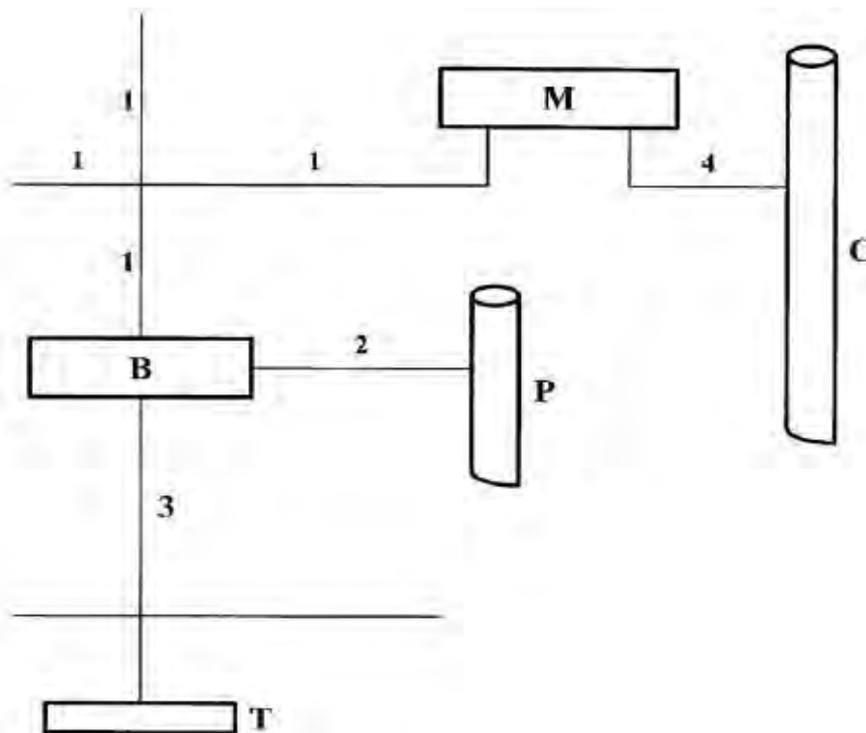
1.2.11.- Instalación de puesta de tierra

La función de dicha instalación es conseguir que entre determinados elementos o partes de la instalación no existan diferencias de potencial peligrosas, ocasionadas por corrientes de defecto o de falta y al mismo tiempo permitir el paso de estas corrientes a tierra, así como las descargas de origen atmosférico.



Tal como marca la ITC-BT-18, 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 grupos de electrodos enterrados en el suelo.

Para conocer mejor las partes típicas de una instalación de puesta de tierra la ITC-BT-18 nos facilita la siguiente figura:



Leyenda

- 1 Conductor de protección.
- 2 Conductor de unión equipotencial principal.
- 3 Conductor de tierra o línea de enlace con el electrodo de puesta a tierra.
- 4 Conductor de equipotencialidad suplementaria.
- B Borne principal de tierra, o punto de puesta a tierra
- M Masa.
- C Elemento conductor.
- P Canalización metálica principal de agua.
- T Toma de tierra.

1.2.11.1.- Conductores de protección (1)

Los conductores de protección unen eléctricamente las masas (los distintos cuadros) con los puntos de puesta de tierra con el fin de asegurar la protección contra contactos indirectos.



Tendrá una sección mínima calculada según la tabla 2 de la ITC-BT-18 del reglamento electrotécnico de baja tensión.

TABLA-2 (ITC-BT 18)

Sección de los conductores de fase de la instalación S (mm ²)	Secciones mínimas de los conductores de protección S_p (mm ²)
$S \leq 16$ $16 < S \leq 35$ $S > 35$	$S_p = S$ $S_p = 16$ $S_p = S/2$

Tabla 1-17. Relación entre las secciones de los conductores de protección y los de fase

1.2.11.2.- Conductor de tierra (3)

Está formado por el conductor que une el electrodo con el punto de puesta a tierra. Su sección mínima viene dada en función de las características del conductor, en este caso escogemos un conductor de cobre de 35 mm² al igual que el conductor desnudo.

1.2.11.3.- Punto de puesta de tierra (B)

Son elementos que forman parte de la toma a tierra y se encargan de canalizar y disipar en el terreno las corrientes de defecto originadas. La sección será la misma que la del conductor desnudo, es decir 35 mm².

1.2.11.4.- Toma de tierra (T)

La instrucción ITC-BT-26 nos dice que para edificaciones de nueva construcción, antes de empezar la fase de hormigonado de la cimentación, se debe colocar en el fondo de la zanja de cimentación un cable rígido de cobre desnudo rodeando todo el edificio, formando un anillo. Al electrodo se conectará la estructura metálica del edificio o las armaduras metálicas que forman parte del hormigón armado, así como la masa metálica importante existente en la zona de la instalación.

En este caso la sección de este cable en forma de anillo será de 35 mm² e irán enterrado a una profundidad no inferior a 0,8 m según la UNE 21.022 y la NTE 1973, teniendo la longitud del perímetro de la nave es decir 150 m.



1.3.-MAQUINARIA

1.3.1.- Sierra de cinta automática

Sirve para el corte de todo tipo de materiales (acero, hierro, etc..) y consiste principalmente en separar un trozo de pieza mediante una herramienta lineal llamada sierra de cinta. Esta herramienta efectúa los dos movimientos de la máquina el giratorio y el lineal, avanzando hacia la pieza que permanece fija.

En este caso tomaremos una sierra de cinta automática cuyas principales características son las siguientes:

- Doble columna cilíndrica
- 2 cilindros hidráulicos de accionamiento
- Los vástagos de los cilindros son las columnas de la máquina
- Curso del carro de avance: 500mm
- Longitudes mayores de 500mm pudiendo trabajar con múltiplos
- Velocidad de corte de 12 a 100m/min, controlada por inversor de frecuencia
- Ajuste vertical hidráulico, prensa flejes
- Morsas accionadas hidráulicamente dotadas con dispositivo de centralización para barras torcidas
- Alimentador de piezas con un motor de 1,1kW
- Sistema dinamométrico para tensado de la cinta
- Guías combinadas con rodamientos y pastillas de metal duro
- Guía fija apoyada en la válvula de compensación automática de presión de corte
- Válvula hidráulica de control de presión y velocidad del arco
- Bomba de refrigeración
- Motor de la bomba de refrigeración de 0,09 kW
- Cepillo de acero para remoción de virutas
- Alimentación: 380v / 60Hz
- Altura de trabajo: 850mm
- Dimensión de la cinta: 5370mm x 41mm x 1,3mm
- Peso: 1650kg
- Potencia del motor principal: 5,4Hp / 4,0Kw
- Dimensión: 2800mm x 2320mm x 2000mm

DATOS Y CARACTERÍSTICAS DE LOS MOTORES DE LA SIERRA DE CINTA AUTOMÁTICA

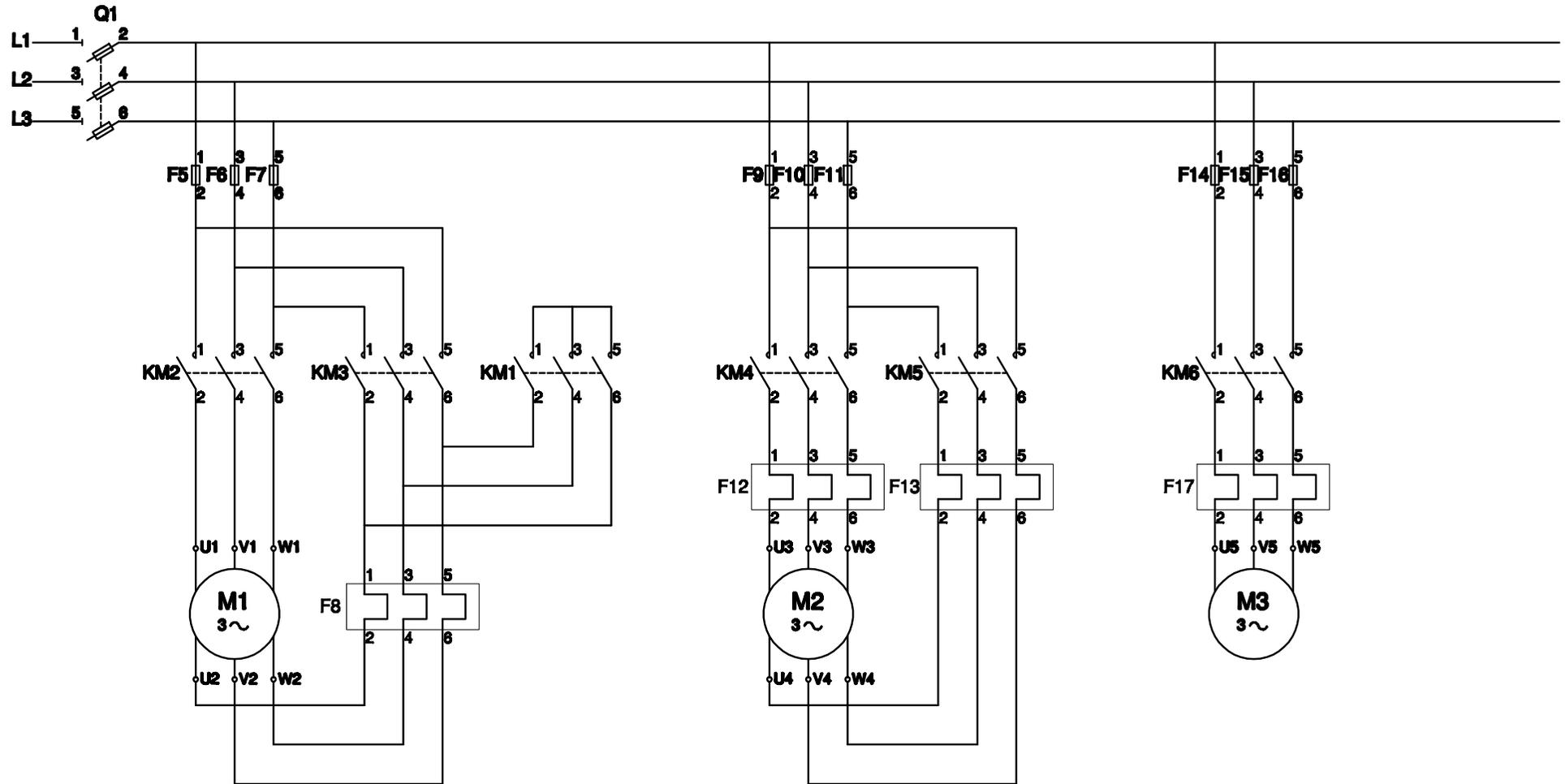
Motores	U(V)	η	Tipo de Arranque	Cos ϕ	P _{util} (kW)	P _{abs} (kW)	Fact.corr x P _{abs} (kW)	I(A)	Fact.corr x I(A)	I _a (A)	I _r (A)
M1 Principal	400	0,87	Estrella-Triángulo	0,83	4,00	4,60	5,75	8,00	9,99	8,30	5,57
M2 Alimentador piezas	400	0,75	Part-Winding	0,81	1,10	1,47	1,47	2,61	2,61	2,12	1,53
M3 Refrigeración	400	0,59	Directo	0,74	0,09	0,15	0,15	0,30	0,30	0,22	0,20
TOTALES						6,22				10,63	7,31
TOTALES DE LA MAQUINA				0,82	Σ P_{abs}(kW): 7,37		Σ I(A): 12,90				

Sierra de cinta automática

Motor Principal

Alimentador de Piezas

Refrigeración





1.3.2.- Torno

Los tornos permiten la transformación de un sólido indefinido, haciéndole girar alrededor de un eje y arrancándole periféricamente material, a fin de transformarlo en una pieza bien definida, lo mismo en la forma que en las dimensiones. Esta operación que consiste en perfilar un sólido en revolución, alrededor de un eje, se llama torneado. Con el torneado se puede obtener principalmente: superficies cilíndricas, planas, cónicas, esféricas, perfiladas, roscadas, etc. En el proceso de torneado existen dos fases, la primera es el torneado de desbaste que consiste en alcanzar rápidamente medidas y formas próximas a las definitivas y la segunda fase es el torneado de acabado donde lo que interesa es la calidad de la superficie obtenida y la exactitud de las medidas solicitadas para la pieza.

El sólido a trabajar se fija sobre la parte giratoria de la máquina (plato), mientras la herramienta se fija en la parte móvil de traslación longitudinal y transversal (carro). El cabezal proporciona al plato el movimiento principal de rotación y los carros asumen el movimiento de avance y traslación.

En este caso tenemos dos tipos de torno horizontal el torno-1 de 6m y el torno-2 de 8m cuyas principales características son las siguientes:

Torno-1

- Distancia entre puntos 1-6 mts
- Diámetro sobre bancada 800 mm
- Diámetro sobre carro transversal 600 mm
- Diámetro del agujero del eje principal 104 mm
- Motor principal 17 KW
- Motor de avance rápido de carro longitudinal: 1.5 kW
- Motor de la bomba de lubricación: 0,75 kW
- Motor de refrigeración: 0,25 kW
- Anchura de la bancada 800 mm
- Peso entre puntos 2.560 kg



Torno-2

- Distancia entre puntos 1-8 mts
- Diámetro sobre bancada 1.300 mm
- Diámetro sobre carro transversal 940 mm
- Diámetro del agujero del eje principal 104 mm
- Motor principal 37 KW
- Motor de avance rapido de carro longitudinal: 3 kW
- Motor de la bomba de lubricación: 1,50 kW
- Motor de refrigeración: 0,50 kW
- Diámetro de la caña del contrapunto 180 mm
- Anchura de la bancada 800 mm
- Peso entre puntos 10.000 kg

DATOS Y CARACTERÍSTICAS DE LOS MOTORES DEL TORNO-1

Motores	U(V)	η	Tipo de Arranque	$\cos \phi$	$P_{util}(kW)$	$P_{abs}(kW)$	Fact.corr x $P_{abs}(kW)$	I(A)	Fact.corr x I(A)	$I_a(A)$	$I_r(A)$
M1 Principal	400	0,91	Estrella-Triángulo	0,84	17,00	18,68	23,35	32,10	40,13	33,71	21,77
M2 Avance del carro	400	0,75	Inversor Directo	0,82	1,50	2,00	2,00	3,52	3,52	2,89	2,02
M3 Lubricación	400	0,74	Directo	0,80	0,75	1,01	1,01	1,83	1,83	1,46	1,10
M4 Refrigeración	400	0,58	Directo	0,75	0,25	0,43	0,43	0,83	0,83	0,62	0,55
TOTALES						22,13				38,68	25,43
TOTALES DE LA MAQUINA				0,84	$\sum P_{abs}(kW):$		26,80	$\sum I(A):$		46,29	

DATOS Y CARACTERÍSTICAS DE LOS MOTORES DEL TORNO-2

Motores	U(V)	η	Tipo de Arranque	Cos ϕ	$P_{util}(kW)$	$P_{abs}(kW)$	Fact.corr x $P_{abs}(kW)$	I(A)	Fact.corr x I(A)	$I_a(A)$	$I_r(A)$
M1 Principal	400	0,91	Estrella-Triángulo	0,86	37,00	40,66	50,82	68,24	85,30	73,36	43,53
M2 Avance del carro	400	0,75	Inversor Directo	0,83	3,00	4,00	4,00	6,96	6,96	5,77	3,88
M3 Lubricación	400	0,75	Directo	0,82	1,50	2,00	2,00	3,52	3,52	2,89	2,02
M4 Refrigeración	400	0,60	Directo	0,78	0,50	0,83	0,83	1,54	1,54	1,2	0,97
TOTALES						47,49				83,22	50,39
TOTALES DE LA MAQUINA				0,86	$\Sigma P_{abs}(kW):$ 57,66		$\Sigma I(A):$ 97,29				

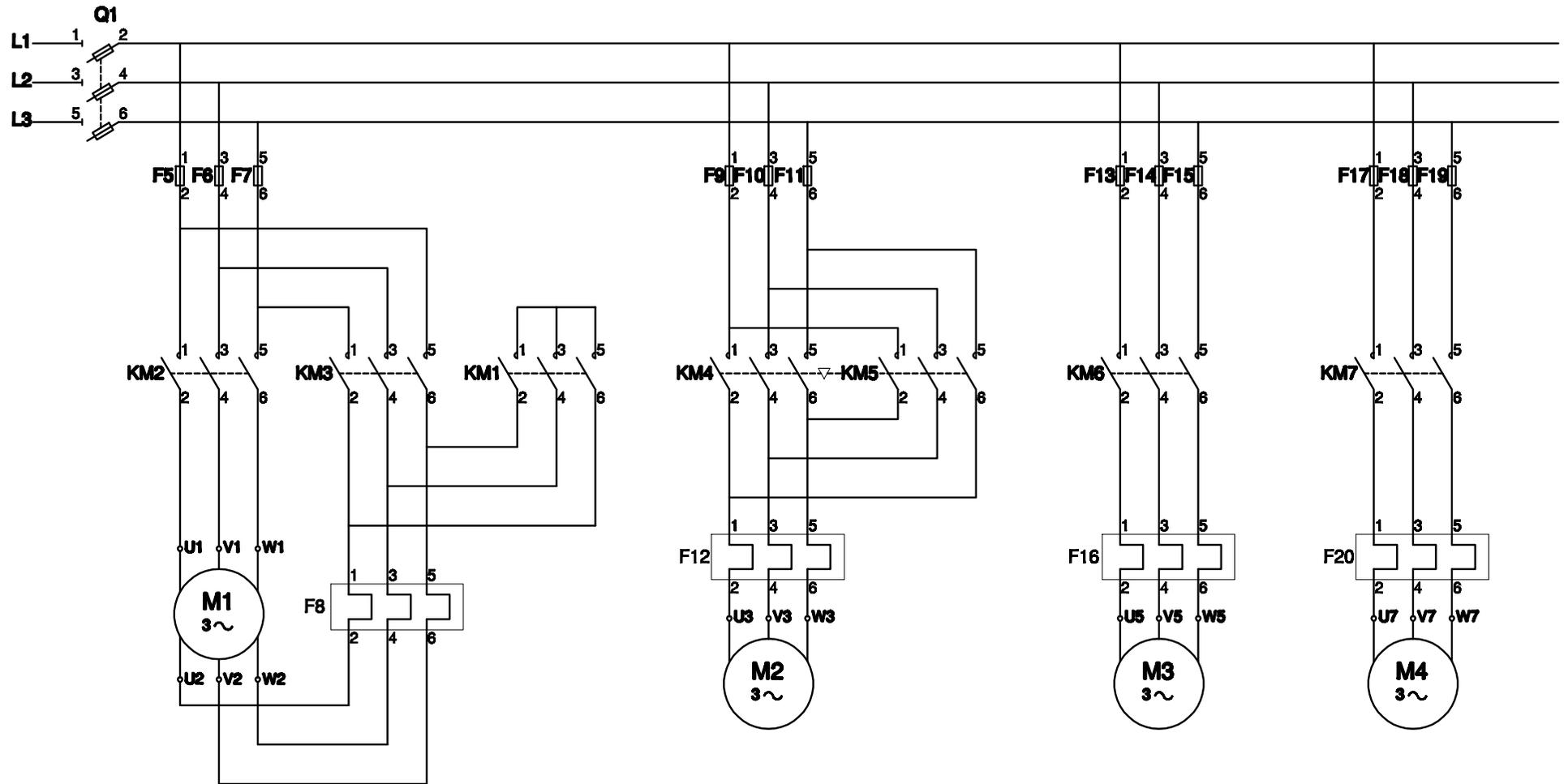
Torno

Motor Principal

Avance del carro

Lubricación

Refrigeración





1.3.3.- Mandrinadora

La función de la mandrinadora consiste en ensanchar un orificio a fin de dejarlo exactamente con el diámetro deseado. Existen diferentes tipos de mandrinadoras pero la clásica efectúa su función arrancando con la herramienta la viruta con un movimiento circular mientras que el movimiento rectilíneo de avance lo hace la pieza o la herramienta. Con el mandrinado se obtienen superficies cilíndricas o cónicas internas (agujeros, cámaras, etc.)

El mandrinado presenta muchas analogías con el torneado, por el hecho de que la herramienta arranca la viruta según una trayectoria circular, pero a los efectos del movimiento fundamental, colocación de la herramienta y de la pieza, presenta notables diferencias ya que el movimiento fundamental lo tiene la herramienta mientras que el movimiento de avance rectilíneo y constante lo tiene la pieza o la herramienta. Por esta importante diferencia, respecto al torneado, la herramienta va montada sobre un mandril especial giratorio mientras que la pieza está fijada sobre la bancada de la máquina. El mandrinado también se asemeja al taladro, debido a que la herramienta gira alrededor de su eje y la pieza es fijada sobre la mesa, pero mientras que en el taladro la herramienta es la que gira y avanza hacia la pieza que permanece fija en el mandrinado es la pieza la que avanza hacia la herramienta que gira.

Las operaciones en las mandrinadoras están especialmente indicadas para aquellos elementos de gran volumen y por tanto poco manejables, como cabezales de máquinas, bancadas de motores, etc., ya que sería dificultoso y peligroso su montaje en los platos giratorios de los tornos.

En este caso tenemos dos mandrinadoras, cuyas principales características son las siguientes:

Mandrinadora-1

- Diámetro de Husillo: $\Phi 130$ mm
- Cono de sujeción de la herramienta: ISO 50
- Gama de revoluciones: 10 \square 3000 rpm
- Par máximo (S1): 2000 Nm
- Sección del RAM: 400 x 400 mm
- Potencia del motor principal: 37 Kw
- Potencia del motor de lubricación: 0,75 kW
- Potencia del motor de refrigeración: 0.25 kW
- Recorrido transversal de la mesa (ejeX): 2400 - 6100 mm
- Recorrido vertical del cabezal (ejeY): 2500 – 3500mm



- Recorrido de la columna (Z-axis): 2100 – 3900 mm
- Salida del Husillo (W-axis): 730 mm
- Recorrido Ram (eje V): 900 mm
- Recorrido operacional, todos los ejes: 1 – 8000 mm/min
- Traslación rápida eje X, Y, Z, W: 1 – 15000 mm/min
- Traslación rápida eje V: 1 – 10000 mm/min
- Traslación rápida eje B: 1.8 rpm
- Fuerza máxima de la traslación ejes X, Y, Z: 25 kN
- Fuerza máxima de la traslación ejes V, W: 30 kN
- Precisión de posicionamiento ejes X, Y, Z, W: ± 0.01 mm
- Precisión de posicionamiento repetida ejes X, Y, Z, W: ± 0.005 mm
- Tamaño de la mesa: 2500 x 3000 mm
- Ranuras en T : con un tamaño de 28 H8, una distancia de 160 mm y un número de 13
- Peso máximo de la pieza de trabajo: 25000 kg
- Presión de cambio de herramientas: 10 – 15 Mpa
- Circuito adicional de presión: 8 Mpa
- Tipo de ajuste de la herramienta: hidráulica
- Presión del aire afluente: 0,6 Mpa
- Volumen del aire afluente: 400 l/min
- Refrigeración de baja presión - volumen máximo: 50 l/min
- Refrigeración de baja presión - presión de líquido: 4 bar
- Refrigeración de baja presión - tanque: 2000 l
- Ruido máximo en el puesto de operador: 80 dB

Mandrinadora-2

- Cono del husillo: ISO 50
- Tamaño de la mesa: 2000 x 1800 mm
- Peso de la mesa: 10000 kg
- Recorrido transversal (ejeX): 3000 mm y más
- Recorrido vertical (ejeY): 2000 mm
- Recorrido a través del eje Z: 1600 mm
- Velocidad del husillo: 2000 rpm
- Potencia del motor principal: 18,50 Kw
- Potencia del motor de lubricación: 0,75 kW
- Potencia del motor de refrigeración: 0.25 kW
- Avance rápido (ejes X, Y): 8 m/min
- Avance rápido (eje Z): 8 m/min

DATOS Y CARACTERÍSTICAS DE LOS MOTORES DE LA MANDRINADORA-1

Motores	U(V)	η	Tipo de Arranque	$\cos \varphi$	$P_{\text{util}}(\text{kW})$	$P_{\text{abs}}(\text{kW})$	Fact.corr x $P_{\text{abs}}(\text{kW})$	I(A)	Fact.corr x I(A)	$I_a(\text{A})$	$I_r(\text{A})$
M1 Principal	400	0,91	Estrella-Triángulo	0,86	37,00	40,66	50,82	68,24	85,30	73,36	43,53
M2 Lubricación	400	0,74	Directo	0,80	0,75	1,01	1,01	1,83	1,83	1,46	1,10
M3 Refrigeración	400	0,58	Directo	0,75	0,25	0,43	0,43	0,83	0,83	0,62	0,55
TOTALES						42,10				75,45	45,18
TOTALES DE LA MAQUINA				0,86	$\sum P_{\text{abs}}(\text{kW}):$		52,27	$\sum I(\text{A}):$		87,94	

DATOS Y CARACTERÍSTICAS DE LOS MOTORES DE LA MANDRINADORA-2

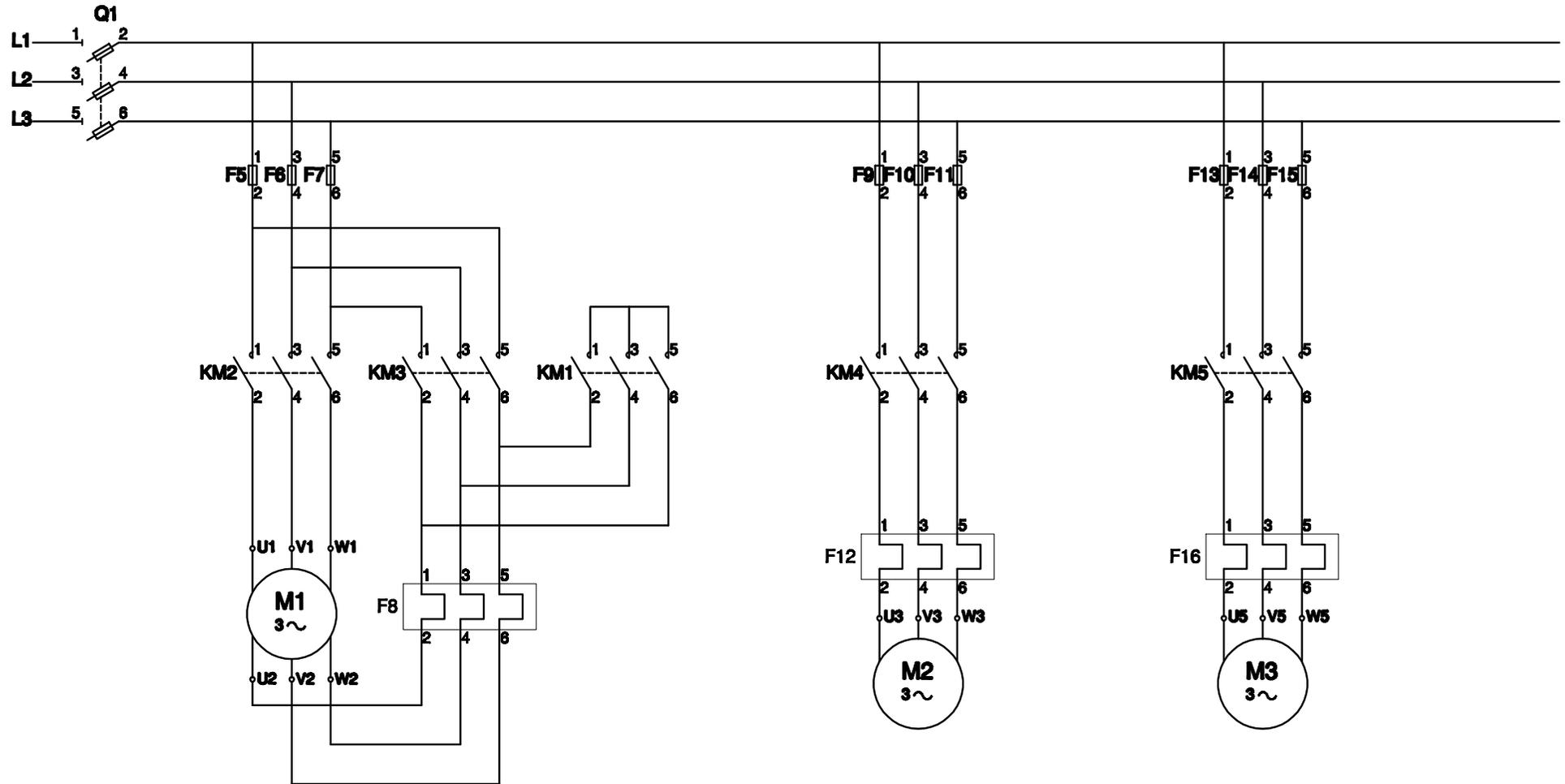
Motores	U(V)	η	Tipo de Arranque	Cos φ	P _{útil} (kW)	P _{abs} (kW)	Fact.corr x P _{abs} (kW)	I(A)	Fact.corr x I(A)	I _a (A)	I _r (A)
M1 Principal	400	0,91	Estrella-Triángulo	0,84	18,50	20,33	25,41	34,93	43,67	36,68	23,69
M2 Lubricación	400	0,74	Directo	0,80	0,75	1,01	1,01	1,83	1,83	1,46	1,1
M3 Refrigeración	400	0,58	Directo	0,75	0,25	0,43	0,43	0,83	0,83	0,62	0,55
TOTALES						21,77				38,77	25,34
TOTALES DE LA MAQUINA				0,84	Σ P_{abs}(kW): 26,86		Σ I(A): 46,31				

Mandrinadora

Motor Principal

Lubricación

Refrigeración





1.3.4.- Taladro vertical

La función del taladro vertical consiste en practicar un orificio cilíndrico en un cuerpo metálico. El movimiento principal de rotación y el secundario de alimentación, avance rectilíneo, son asumidos por la herramienta que gira alrededor de su eje mientras que la pieza permanece fija.

Las herramientas utilizadas se llaman brocas y son herramientas de doble filo, de esta forma a medida que se arranca la viruta de la pieza va descargándose por los mismos dos orificios helicoidales practicados en la misma broca.

En este caso tenemos dos taladros verticales, cuyas principales características son las siguientes:

Taladro vertical-1

- Máxima capacidad de perforación en el acero R50: 40 Ø mm
- Velocidad del motor de hasta 2150 rpm
- Potencia del motor principal: 2,2 Kw
- Potencia del motor de lubricación: 0,25 kW
- Potencia del motor de refrigeración: 0.12 kW

Taladro vertical-2

- Máxima capacidad de perforación en el acero R50: 50 Ø mm
- Movimiento de la canilla: 145 mm
- Potencia del motor principal: 3 Kw
- Potencia del motor de lubricación: 0,25 kW
- Potencia del motor de refrigeración: 0.12 kW

DATOS Y CARACTERÍSTICAS DE LOS MOTORES DEL TALADRO-1

Motores	U(V)	η	Tipo de Arranque	$\text{Cos } \varphi$	$P_{\text{util}}(\text{kW})$	$P_{\text{abs}}(\text{kW})$	Fact.corr x $P_{\text{abs}}(\text{kW})$	I(A)	Fact.corr x I(A)	$I_a(\text{A})$	$I_r(\text{A})$
M1 Principal	400	0,79	Directo	0,82	2,20	2,78	3,48	4,90	6,13	5,02	3,51
M2 Lubricación	400	0,58	Directo	0,75	0,25	0,43	0,43	0,83	0,83	0,62	0,55
M3 Refrigeración	400	0,56	Directo	0,75	0,12	0,21	0,21	0,41	0,41	0,31	0,27
TOTALES						3,43				5,96	4,33
TOTALES DE LA MAQUINA				0,81	$\sum P_{\text{abs}}(\text{kW}):$		4,13	$\sum I(\text{A}):$		7,36	

DATOS Y CARACTERÍSTICAS DE LOS MOTORES DEL TALADRO-2

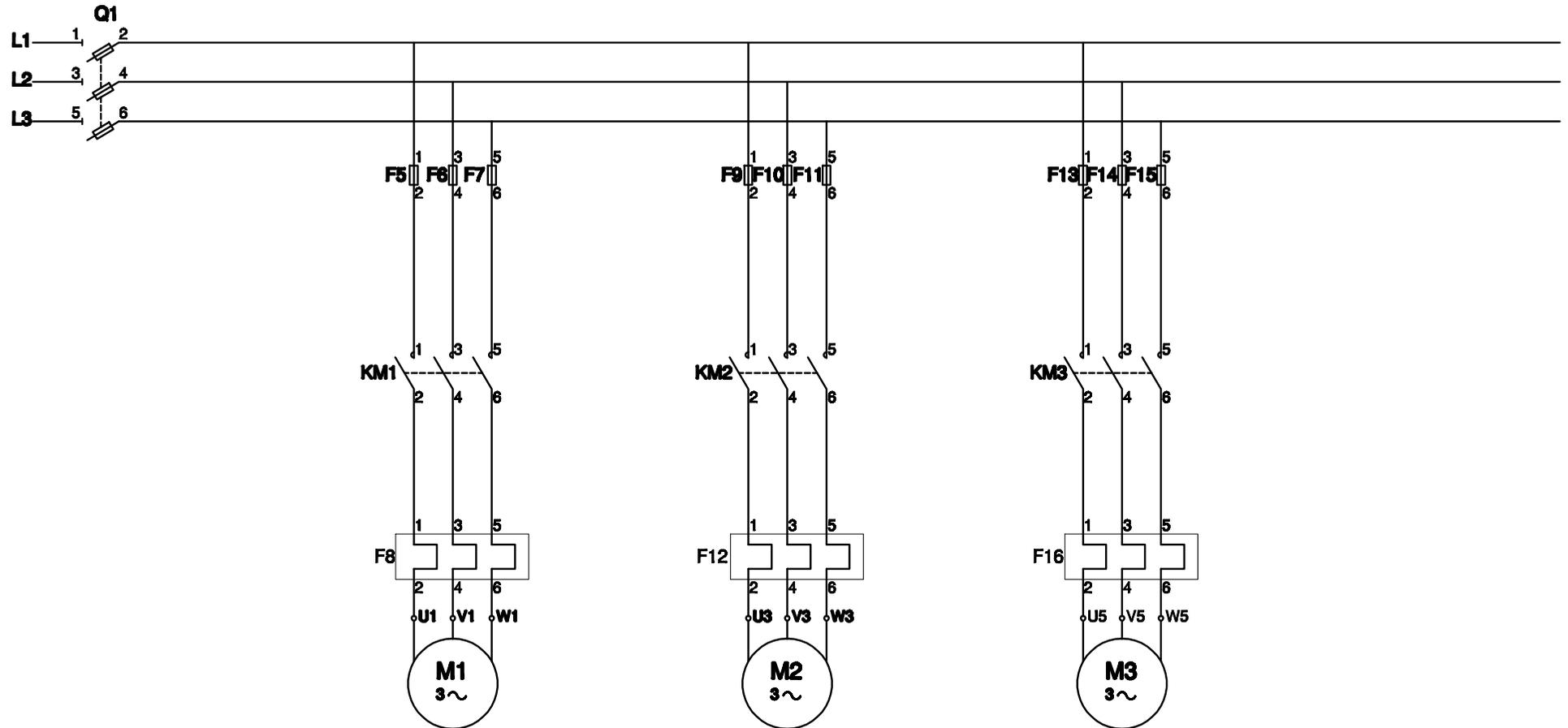
Motores	U(V)	η	Tipo de Arranque	Cos φ	$P_{\text{util}}(\text{kW})$	$P_{\text{abs}}(\text{kW})$	Fact.corr x $P_{\text{abs}}(\text{kW})$	I(A)	Fact.corr x I(A)	$I_a(\text{A})$	$I_r(\text{A})$
M1 Principal	400	0,81	Directo	0,81	3,00	3,70	4,63	6,60	8,25	6,68	4,84
M2 Lubricación	400	0,58	Directo	0,75	0,25	0,43	0,43	0,83	0,83	0,62	0,55
M3 Refrigeración	400	0,56	Directo	0,75	0,12	0,21	0,21	0,41	0,41	0,31	0,27
TOTALES						4,35				7,61	5,66
TOTALES DE LA MAQUINA				0,80	$\Sigma P_{\text{abs}}(\text{kW}):$		5,27	$\Sigma I(\text{A}):$		9,49	

Taladro

Motor Principal

Lubricación

Refrigeración





1.3.5.- Rectificadora

La función de la rectificadora consiste en corregir todas aquellas imperfecciones causadas por el temple tales como rugosidades de una superficie, excentricidades de una pieza cilíndrica, etc... Es imprescindible en particular para los elementos de acero templado, ya que por haber sido sumergidos en un baño de enfriamiento han sufrido deformaciones.

A parte de su principal cometido con la rectificadora es posible pulir y llevar a dimensiones de una pieza según medidas que entren en el orden de las milésimas de milímetro, también corrige superficies pertenecientes a elementos de acero sin templear o de materiales diversos, como aluminio, bronce, etc. Es decir que el rectificado consiste en corregir las irregularidades geométricas que se producen durante las operaciones precedentes en una superficie, operaciones que pueden ser tanto de tratamiento térmico como por máquina-herramienta.

En el rectificado el movimiento principal de rotación y el de avance está asumido por la herramienta, la muela, que se desplaza gradualmente contra la pieza girando velozmente alrededor de su eje, mientras que la pieza junto a la mesa describe un movimiento de traslación longitudinal alternativo de ida y vuelta de modo que se pueda rectificar toda la superficie de la pieza.

La herramienta a utilizar en el rectificado son las fabricadas con material abrasivos, para poder arrancar bien las virutas. Esta herramienta es conocida con el nombre de muela y presenta una forma geométrica representadas por los sólidos en revolución que giran alrededor de un eje. Para poder satisfacer la gran variedad de trabajos que se pueden presentar en el rectificado, se ha puesto a disposición en el mercado un vasto surtido de muelas que se diferencian entre si por el perfil, grano y dureza, existiendo tablas normalizadas para la elección de la muela según los perfiles y las dimensiones.

En este caso contamos con una rectificadora para superficies plana, cuyas principales características son las siguientes:



Rectificadora

- Máxima longitud rectificable: 500 mm
- Máxima anchura rectificable: 250 mm
- Máxima altura rectificable: 300 mm
- Peso admitido sobre la mesa: 250 Kg
- Velocidad periférica: 32 m/s
- Dimensiones de la muela: 225 x 25 x 50,8 mm
- Dimensiones del plato magnético: 500 x 180 mm
- Potencia del motor de la muela: 5 Kw
- Potencia del motor del cabezal: 3 Kw
- Potencia del motor de la bomba hidráulica: 2,25 Kw
- Potencia del motor de lubricación: 0,25 Kw
- Potencia del motor de refrigeración: 0,12 Kw
- Dimensiones de la máquina: 3000 x 2000 x 1800 mm
- Peso de la máquina: 1300 Kg

DATOS Y CARACTERÍSTICAS DE LOS MOTORES DE LA RECTIFICADORA

Motores	U(V)	η	Tipo de Arranque	Cos φ	$P_{\text{util}}(\text{kW})$	$P_{\text{abs}}(\text{kW})$	Fact.corr x $P_{\text{abs}}(\text{kW})$	I(A)	Fact.corr x I(A)	$I_a(\text{A})$	$I_r(\text{A})$
M1 Muela	400	0,83	Estrella-Triángulo	0,80	5,00	6,02	7,53	10,87	13,59	10,87	8,15
M2 Cabezal	400	0,79	Directo	0,82	3,00	3,80	3,80	6,68	6,68	5,48	3,83
M3 Bomba-hidráulica	400	0,79	Part-Winding	0,82	2,25	2,85	2,85	5,01	5,01	4,11	2,87
M4 Lubricación	400	0,58	Directo	0,75	0,25	0,43	0,43	0,83	0,83	0,62	0,55
M5 Refrigeración	400	0,56	Directo	0,75	0,12	0,21	0,21	0,41	0,41	0,31	0,27
TOTALES						13,31				21,39	15,67
TOTALES DE LA MAQUINA				0,81	$\Sigma P_{\text{abs}}(\text{kW}):$		14,82	$\Sigma I(\text{A}):$		26,52	

Rectificadora

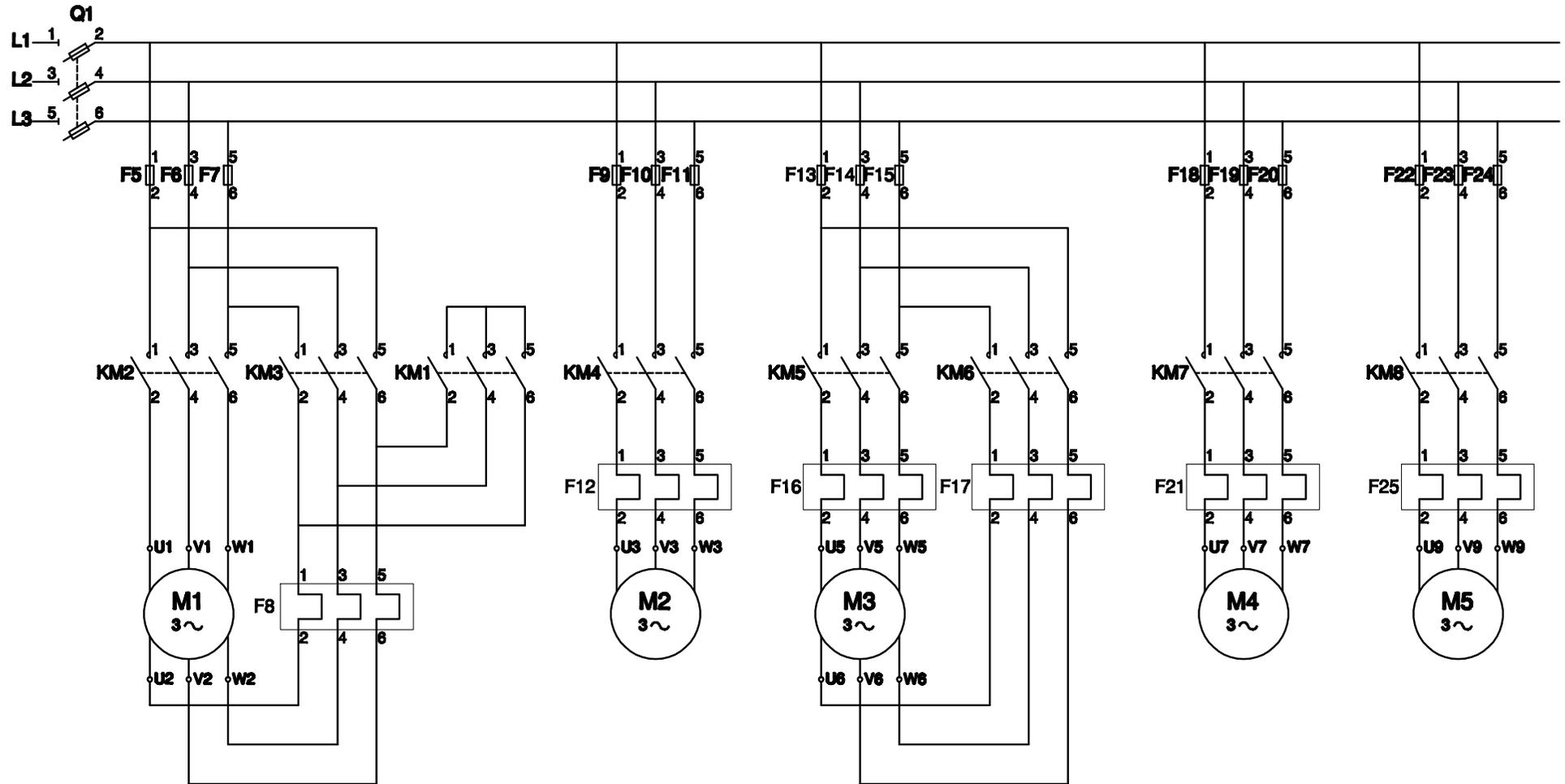
Motor Principal

Cabezal

Bomba Hidráulica

Lubricación

Refrigeración





1.3.6.- Prensa hidráulica

La prensa hidráulica es un mecanismo conformado por vasos comunicantes impulsados por pistones de diferente área que, mediante pequeñas fuerzas, permite obtener otras mayores, en este caso estas fuerzas obtenidas son utilizadas para prensar las diferentes piezas. Los pistones son llamados pistones de agua porque son hidráulicos. Estos hacen funcionar conjuntamente a las prensas hidráulicas por medio de motores.

En este caso contamos con una prensa hidráulica, cuyas principales características son las siguientes:

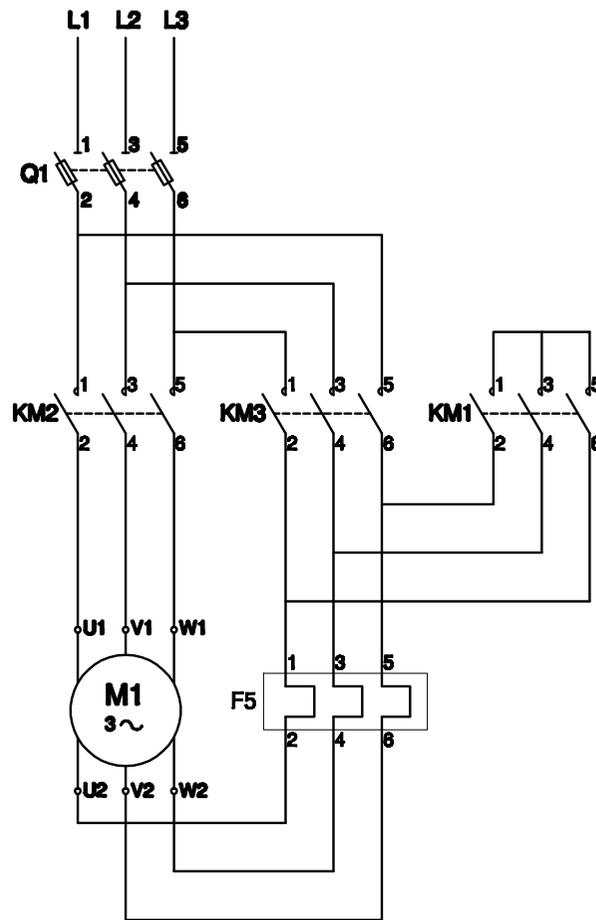
- Presión de cierre: 100T
- Fuerza de expulsión: 19,8 T
- Fuerza de regreso: 16,5 T
- Carrera del carro: 500 mm
- Carrera de expulsión: 200 mm
- Máxima apertura: 800 mm
- Velocidad del carro en vacío: 200 mm/s
- Velocidad del carro en prensado: 8-30 mm/s
- Velocidad del carro en regreso: 150 mm/s
- Velocidad del expulsor en expulsión: 120 mm/s
- Velocidad del expulsor en regreso: 250 mm/s
- Tamaño de la mesa: 630 x 630 mm
- Dimensiones totales: 2500 x 1430 x 3215
- Potencia del motor : 15 hp (11.19 Kw)

DATOS Y CARACTERÍSTICAS DEL MOTOR DE LA PRENSA

Motor	U(V)	η	Tipo de Arranque	$\text{Cos } \varphi$	$P_{\text{util}}(\text{kW})$	$P_{\text{abs}}(\text{kW})$	Fact.corr x $P_{\text{abs}}(\text{kW})$	I(A)	Fact.corr x I(A)	$I_a(\text{A})$	$I_r(\text{A})$
M1 Principal	400	0,88	Estrella-Triángulo	0,85	11,19	12,72	15,89	21,59	26,99	22,94	14,22
TOTALES DE LA MAQUINA				0,85	$\sum P_{\text{abs}}(\text{kW}):$ 15,89		$\sum I(\text{A}):$ 26,99				

Prensa

Motor Principal





1.3.7.- Puente grúa

En general podemos decir que un puente grúa es un tipo de aparato de elevación compuesto por una viga, simple o doble, biapoyada sobre dos carriles elevados sobre unos postes, o dispuestos a tal efecto.

El movimiento longitudinal se lleva a cabo mediante traslación de la viga principal o puente a través de los carriles elevados. En la mayoría de los casos, la rodadura es por ruedas metálicas sobre carriles también metálicos.

El movimiento transversal se realiza mediante el desplazamiento de un carro sobre uno o dos carriles dispuestos sobre la viga principal. También aquí la rodadura es con ruedas y carriles metálicos.

El movimiento vertical se efectúa a través del mecanismo de elevación llamado carro.

El puente grúa se compone principalmente de las siguientes partes: mecanismo de elevación, viga principal, viga testero y camino de rodadura.

A continuación hablaremos más detenidamente desde el punto de vista de la automatización del puente grúa, teniendo en cuenta los diferentes accionamientos y variables a considerar.

Existen tres tipos de accionamientos en todo puente grúa: elevación de carga, traslación del carro y traslación del pórtico, cada accionamiento eléctrico se corresponde con uno de los movimientos explicados anteriormente.

Teniendo en cuenta que la carga a elevar es variable dependiendo de las condiciones de trabajo. Con objeto de elevar las cargas más ligeras con mayor rapidez, se dispone de dos velocidades de elevación.

Para que durante el movimiento de traslación se eviten choques a gran velocidad las grúas dispondrán de interruptores fin de carrera que garanticen la parada automática del sistema. Los interruptores se deben instalar de modo que en el instante en el que se produce la desconexión de la corriente la grúa se encuentre a una distancia de los topes superior a la que recorre durante el frenado. Tras la parada del sistema de traslación a causa del interruptor fin de carrera, dicho sistema no podrá ponerse nuevamente en movimiento salvo en sentido inverso.

Para estas máquinas de elevación los motores más empleados son los motores trifásico, por su velocidad de sincronismo.



Otras características de los puentes grúa es la necesidad de disponer de elementos de seguridad para evitar un manejo inadecuado de la carga, para ello debe poseer de sistemas de alarma y emergencia.

Además de todos los elementos descritos anteriormente es muy importante en el puente grúa la labor del freno, que se utilizan para detener el movimiento de la carga, carro, pórtico, puente, etc. Presentan la particularidad de que empiezan a frenar cuando dejamos de alimentarlos eléctricamente. Es decir que si el equipo se queda sin tensión el freno actúa por medio de un resorte. Al cortar la tensión se produce una parada brusca, a menos que usemos sistemas especiales que retarden el frenado.

En la parada de emergencia el freno cae inmediatamente al eliminar la tensión, produciendo una punta de intensidad elevada. Sin embargo en la parada normal se espera que el frenado regenerativo haya reducido suficientemente su velocidad para dejar caer los frenos, siendo en este caso la punta de intensidad más pequeña. En el caso de parada normal si transcurrido un tiempo fijado no se reduce la velocidad lo suficiente se producirá una parada de emergencia.

Para el cálculo del freno se parte del par máximo desarrollado por el motor eléctrico. El freno debe ser capaz de detener el movimiento venciendo el par motor y la inercia de la carga si es en elevación o de la masa trasladada si es de traslación. En elevación debe equilibrar además el par debido al peso de la carga.

A continuación describiremos los diferentes frenos escogidos para los tres movimientos principales: elevación del carga, traslación de puente y traslación del carro.

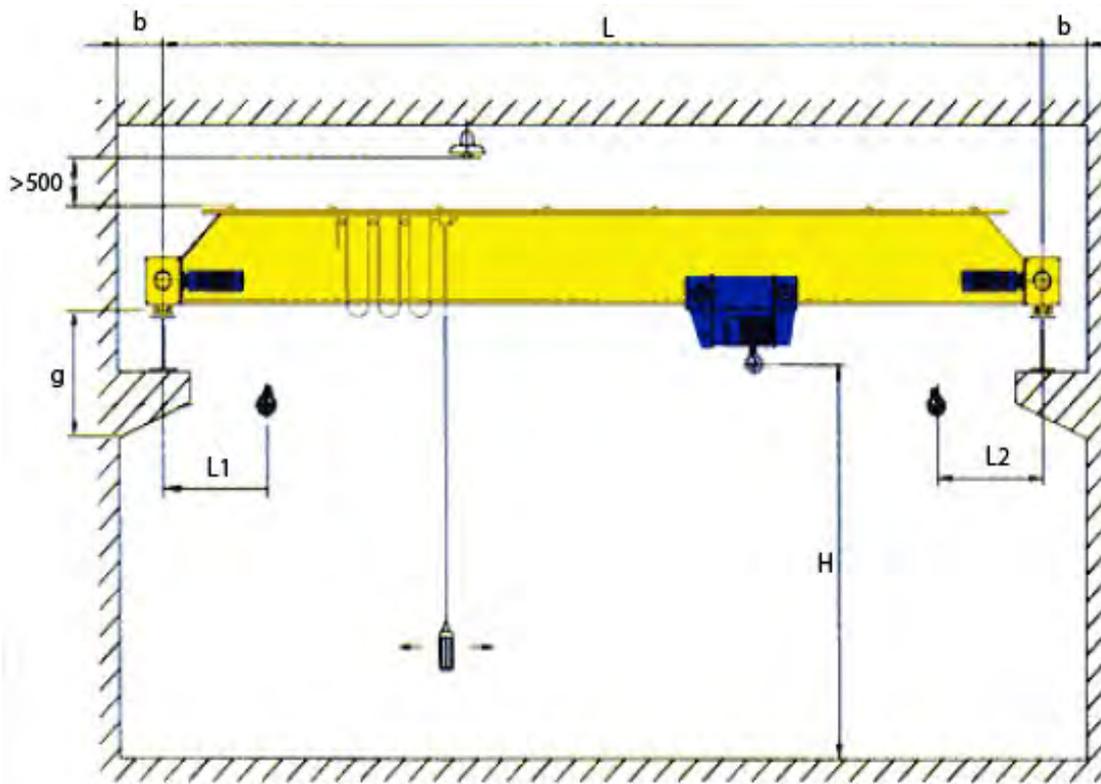
- Freno para la elevación de la carga: Se ha escogido un freno electrohidráulico, llamado freno “Eldro”. Este sistema de frenado es similar al electrofrenado por imán, solamente se diferencia en el elemento que acciona las zapatas, ya que mientras en un caso es un electroimán, en otro es un elemento más complejo llamado generalmente “Eldro”. Este actuador es alimentado por corriente alterna y consta de un motor de jaula de ardilla (llamado M4, cuyo sentido de giro es independiente del orden de conexión de las fases), una bomba movida por el motor y un pistón lleno de aceite.

Las ventajas más significativas de este tipo de levanta frenos electrohidráulico con respecto al electroimán, son su trabajo suave y silencioso, así como su seguridad de servicio y bajo consumo, por lo cual puede ser empleado en todo tipo de motores, principalmente en los de mediana y gran potencia. Han desplazado a los levanta frenos de electroimán, debido al gran tamaño, consumo de energía y calentamiento de estos últimos. Además el freno “Eldro” puede ser conectado a la placa de bornes del motor, sobre todo si este es de gran tamaño.



- Freno para la traslación del puente: El procedimiento para este frenado se consigue alimentando dos fases del bobinado con corriente continua rectificada por medio de un equipo rectificador trifásico en puente. Contando este tipo de frenado con una resistencia que regula la corriente de frenado. Con el fin de evitar calentamientos inútiles, es recomendable prever un dispositivo que corte la corriente en el estator una vez realizado el frenado. Para la protección de la persona que accione la caja de pulsadores se ha colocado un transformador para reducir la tensión.
- Frenado para la traslación del carro: En este caso hemos optado por el frenado por contracorriente. El principio consiste en que después de haber aislado el motor de la red y este siga girando en sentido normal, sea conectado a la red pero esta vez en sentido contrario. Es una forma de frenado muy eficaz que debe ser desconectado antes que el motor gire en sentido inverso. Existen diversos dispositivos automáticos que se utilizan para desconectarlo cuando la velocidad se aproxima a cero. Con este sistema, en el momento de frenado la punta de corriente es mayor a la producida durante el arranque. Se puede reducir la punta de corriente intercalando una resistencia por fase en el momento de frenado, que además sirve para disminuir la brusquedad del mismo.

A continuación y con la ayuda de un esquema describiremos las dimensiones más características de este puente grúa de 10 T que hemos escogido.





DIMENSIONES DEL PUENTE GRÚA

Carga (T)	H (mm)	L (mm)	g (mm)	L1 (mm)	L2 (mm)	b (mm)
10	8000	13900	600	1100	730	354

Tabla 1-18. Dimensiones del puente grúa

En este caso contamos con una grúa puente de 10 toneladas, cuyas principales características son las siguientes:

– **Dimensiones:**

- Altura de elevación: 8 m
- Luz: 13,90 m

– **Elevación de la carga:**

- Potencia del motor: 30 kW
- Tensión de trabajo: 400 V
- Velocidad de elevación: 12,5 m/min.

– **Traslación del puente:**

- Potencia del motor: 11 kW
- Tensión de trabajo: 400 V
- Velocidad de translación del puente: 60 m/min.

– **Traslación del carro:**

- Potencia del motor: 3 kW
- Tensión de trabajo: 400 V
- Velocidad de translación del carro: 32 m/min.

– **Freno:**

- Potencia del motor: 1,5 kW
- Tensión de trabajo: 400 V

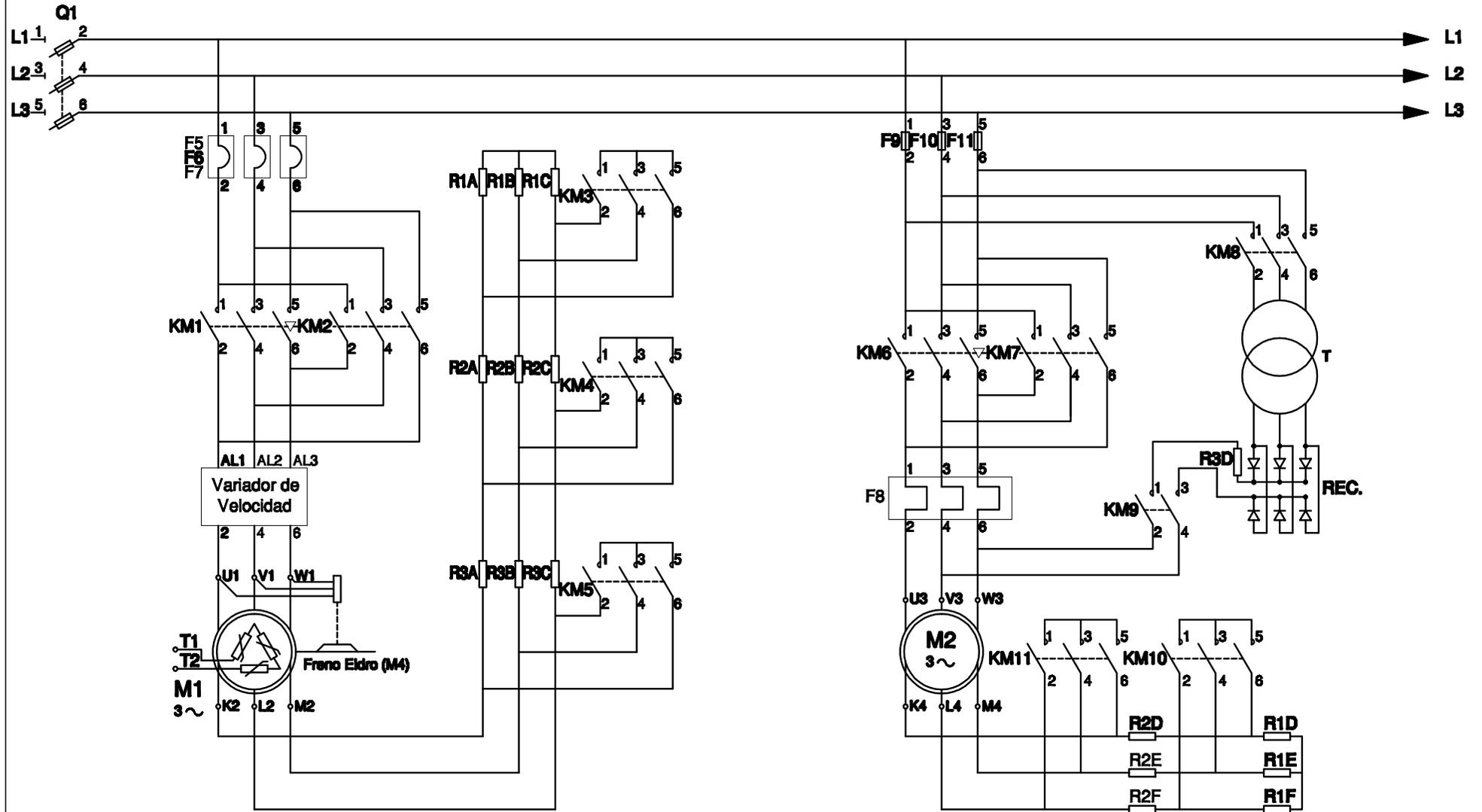
DATOS Y CARACTERÍSTICAS DE LOS MOTORES DEL PUENTE GRÚA

Motores	U(V)	η	Tipo de Arranque	$\text{Cos } \varphi$	$P_{\text{util}}(\text{kW})$	$P_{\text{abs}}(\text{kW})$	Fact.corr x $P_{\text{abs}}(\text{kW})$	I(A)	Fact.corr x I(A)	$I_a(\text{A})$	$I_r(\text{A})$
M1 Elevación carga	400	0,92	Arrancador-Inversor Rotórico 4 tiempos	0,86	30,00	32,61	40,76	54,73	68,41	58,83	34,91
M2 Traslación del Puente	400	0,88	Arrancador-Inversor Rotórico 3 tiempos	0,85	11,00	12,50	12,50	21,23	21,23	18,04	11,18
M3 Traslación del Carro	400	0,81	Estrella-Triángulo	0,81	3,00	3,70	3,70	6,60	6,60	5,35	3,87
M4 Freno	400	0,75	Directo	0,82	1,50	2,00	2,00	3,52	3,52	2,89	2,02
TOTALES						50,81				85,11	51,98
TOTALES DE LA MAQUINA				0,85	$\Sigma P_{\text{abs}}(\text{kW}):$ 58,96		$\Sigma I(\text{A}):$ 99,73				

Puente grúa

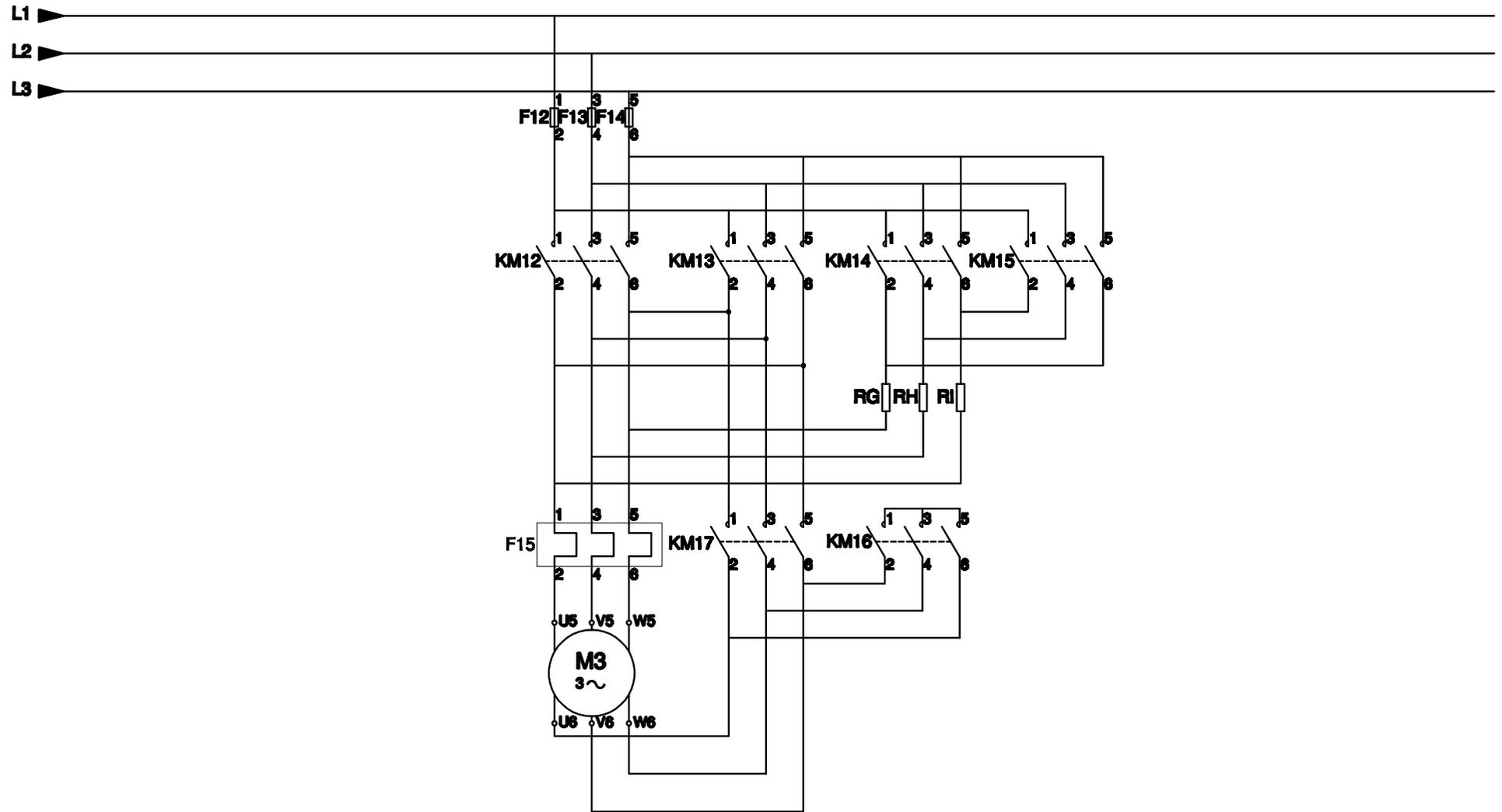
Elevación de carga

Traslación del puente



Puente grúa

Traslación de carro





1.3.8.- Equipos de soldadura y otras maquinarias de mano

– Equipos de soldadura:

Los equipos de los que dispone la nave son de tipo manual para soldeo con electrodos recubiertos. El proceso de soldadura con arco eléctrico con electrodos revestidos consiste en un arco eléctrico que se forma cuando el electrodo hace contacto con la pieza que se va a soldar; el electrodo entonces se va consumiendo a medida que se forma el cordón de soldadura, cuya protección contra contaminaciones del aire se hace por atmósfera gaseosa y escoria, provenientes de la fusión de su revestimiento. Los equipos de soldadura son máquinas que funcionan con corriente continua para provocar el arco, pero se alimentan de corriente alterna y mediante rectificadores la transforman en continua.

Las máquinas para soldar con las que contamos son de tipo móviles, esta movilidad es necesaria debido a que se utilizan en toda la nave para poder soldar con comodidad las grandes y pesadas estructuras. Es por esto que los equipos de soldadura se han englobado en el grupo de aparatos que se alimentan de las diferentes tomas de corrientes de la nave. La nave cuenta con tres equipos de soldadura manual.

También se dispone de otras máquinas de mano en el taller como pueden ser radiales y taladros mano. A continuación describiré brevemente estas máquinas.

– Radiales:

La principal aplicación de este tipo de máquinas, consiste en el taladrado de piezas de grandes dimensiones y de mucho peso, lo que hace difícil su desplazamiento. Consta de una gran base en la cual va apoyada la columna; sobre esta se desplaza en sentido vertical y circular un brazo radial en el que a su vez va montado el carro porta-herramienta; este carro tiene un movimiento longitudinal sobre el brazo. Estos movimientos combinados permiten a la herramienta alcanzar cualquier punto en una gran superficie que depende directamente de la longitud del brazo. La nave cuenta con una máquina radial.



– **Taladros de mano:**

Al igual que los taladros verticales los taladros de mano sirven para practicar orificios cilíndrico en cuerpos metálico. Son portátiles y permiten realizar agujeros de pequeño diámetro. Básicamente tienen un motor en cuyo eje se acopla el portabrocas y tienen varias velocidades de giro. Son presionadas en su fase de trabajo con la fuerza del operario que las maneja. Algunas de estas taladradoras de mano cuentan con un soporte de columna con una bancada para fijar las piezas a taladrar. La nave cuenta con dos taladros de mano.

Maquinaria de mano	Cantidad	Potencia consumida individual (kW)	Total
Equipo de soldadura	3	19,20	57,60
Radiales	1	0,37	0,37
Taladros de mano	2	0,37	0,74
POTENCIA TOTAL (kW)			58,71

Tabla 1-19. Potencia consumida por la maquinaria de mano



2-CÁLCULOS ELÉCTRICOS

AUTOR: Elisa Fabregat Hidalgo

Marzo 2010



2-CÁLCULOS ELÉCTRICOS

2.1.-CÁLCULO DE LÍNEAS

Para calcular las secciones de los conductores, se establecerán los criterios de cálculo y normativa vigente en el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión.

Una vez calculada la potencia total consumida se obtiene la intensidad máxima admisible para la elección de la sección del conductor, con la ayuda de las diferentes ITC y con las normas UNE correspondientes.

Las formulas utilizadas son:

	LINEAS TRIFASICAS	LINEAS MONOFÁSICAS
INTENSIDAD (I)	$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos\varphi}$	$I = \frac{P}{U \cdot \cos\varphi}$
CAIDA DE TENSION (e)	$e = \frac{\sqrt{3} \cdot I \cdot L \cdot \cos\varphi}{K \cdot S}$	$e = \frac{2 \cdot P \cdot L}{K \cdot S \cdot U}$

Tabla 2-1. Fórmulas utilizadas para el cálculo de líneas

I = intensidad de la linea en amperios (A)

P = potencia de calculo en vatios (W)

U = tensión en voltios (V)

cosφ = factor de potencia

e = caída de tensión en voltios (V)

L = longitud de la linea en metros (m)

S = sección del conductor en milímetros cuadrados (mm^2)

K= conductividad (56 para el cobre) (35 para el aluminio) $(\frac{m}{\Omega \cdot mm^2})$



Según el tipo de consumo de potencia, sea de alumbrado u otro, hay una serie de consideraciones a tener en cuenta marcadas por el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión. Dichas consideraciones varían en función de los receptores, tipo de instalación, etc. Estando indicados en el apartado de cálculo correspondiente.

2.1.1- Acometida

La acometida será considerada como parte de la red de distribución, que alimenta la caja general de protección que alimenta el cuadro general de protección y mando. El cálculo de la acometida se hará considerando que la nave se alimenta de una estación transformadora, de la cual ella es la única instalación que se alimenta.

2.1.1.1- Cálculo de la acometida

Para el cálculo de la acometida se tomará como potencia a suministrar, aquella que resulte de la suma de las potencias que requiere la instalación, aplicando los coeficientes de simultaneidad. Esto viene reflejado en el apartado de este documento “1.2.3.- Potencia contratada”.

- Potencia. La calculada en dicho apartado es de: 243,83 kW
- Factor de potencia. Se considera que es de 0,9
- Tensión. La tensión de alimentación es la que corresponde por las características de la nave, 400 V.
- La acometida sera un conductor de aluminio.

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos\phi} = \frac{243,83}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0,9} = 391,05 \text{ A}$$

Las instalaciones deben cumplir con ciertas condiciones para poder aplicarse la tabla para la elección de cable según la intensidad máxima admisible (tabla de la norma UNE 211435), estas condiciones tipo vienen especificadas a continuación, si no se cumple alguna de esas condiciones tipo se deberá de aplicar el factor de corrección correspondiente a la intensidad máxima admisible.



Temperatura del aire ambiente	40 °C (sea en galerías o al aire libre).
Temperatura del terreno	25 °C
Profundidad de soterramiento	0,7 m para 0,6/1 kV; 1 m para tensiones superiores
Radiación solar	Los cables en galerías están protegidos del sol. Los cables de red aérea están expuestos a una radiación solar de 1 000 W/m ²
Agrupamiento de circuitos	Un solo circuito trifásico alejado de otras fuentes de calor
Conexión de las pantallas	Directamente a tierra en ambos extremos de la línea
Sección de la pantalla	16 mm ² formada por 20 alambres de 1mm de diámetro aproximadamente
Resistividad térmica del terreno	1,5 K · m/W

Tabla 2-2. Condiciones de instalación tipo.

Como podemos observar se cumple con todas las condiciones menos con la de la profundidad de soterramiento, que para nuestra instalación quedará enterrado a una profundidad no inferior a 0,8 m según indica la ITC-BT-07, ya que en cables subterráneos directamente enterrados en calzada la profundidad mínima será de 0,8 m. Por lo tanto hay que aplicar un factor de corrección a la intensidad el que viene dado por la profundidad de instalación de la acometida la cual queda definida por la tabla de la norma UNE 211435.

Tabla A.8 – Factores de corrección para distintas profundidades de soterramiento

Cables de 3,6/6 kV a 18/30 kV. Profundidad tipo 1 m				
Profundidad m	Soterrados		En tubular	
	≤185 mm ²	>185 mm ²	≤185 mm ²	>185 mm ²
0,50	1,06	1,09	1,06	1,08
0,60	1,04	1,07	1,04	1,06
0,80	1,02	1,03	1,02	1,03
1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
1,25	0,98	0,98	0,98	0,98
1,50	0,97	0,96	0,97	0,96
1,75	0,96	0,94	0,96	0,95
2,00	0,95	0,93	0,95	0,94
2,50	0,93	0,91	0,93	0,92
3,00	0,92	0,89	0,92	0,91
Cables de 0,6/1 kV. Profundidad tipo 0,7 m				
Profundidad, m	Soterrados	En tubular		
0,50	1,04	1,03		
0,60	1,02	1,01		
0,70	1,00	1,00		
0,80	0,99	0,99		
1,00	0,97	0,97		
1,25	0,95	0,96		
1,50	0,93	0,95		
1,75	0,92	0,94		
2,00	0,91	0,93		
2,50	0,89	0,91		
3,00	0,88	0,90		

Tabla 2-3. Factor de corrección para diferentes profundidades de instalación.



Por lo tanto la intensidad se multiplicará por factor de corrección: 0,99

$$I' = I \times \text{Fact.correc} = 391,05 \times 0,99 = 387,14 \text{ A}$$

A continuación aplicaremos la tabla para la elección de la sección del cable de aluminio según la intensidad máxima admisible (tabla de la norma UNE 211435).

4. INTENSIDAD ADMISIBLE EN CABLES DE TENSIÓN ASIGNADA HASTA 0,6/1 KV, PARA INSTALACIONES DE DISTRIBUCIÓN SEGÚN NORMA UNE 211435.

Tabla 4:			
INTENSIDAD ADMISIBLE (EN AMPERIOS), PARA CABLES SOTERRADOS, EN TUBULAR SOTERRADA O AL AIRE PROTEGIDOS DEL SOL, CON CONDUCTOR DE ALUMINIO O COBRE (TENSIÓN ASIGNADA 0,6/1 KV)			
Intensidad máxima admisible en A Aislamiento de XLPE. Conductor de Cu o de Al Cables en triangulo en contacto			
Sección mm²	Directamente soterrados	En tubular soterrada	Al aire protegidos del sol
Conductor de Aluminio			
16	74	62	65
25	95	82	88
35	110	98	100
50	135	115	125
70	165	140	160
95	200	175	200
120	225	200	235
150	260	230	290
185	295	260	335
240	340	305	390
300	385	350	455
400	445	405	540
Conductor de Cobre			
16	100	82	88
25	125	105	115
35	150	130	145
50	185	155	185
70	225	185	235
95	260	225	285
120	300	260	335
150	340	300	390
185	380	335	445
240	445	400	540
300	500	455	610
400	590	530	720

Temperatura del terreno: 25°C
 Temperatura del aire: 40°C
 Resistividad térmica terreno: 1,5 K-m/W
 Profundidad soterramiento: 700 mm

Tabla 2-4. Intensidad máxima admisible para instalaciones de distribución.



Entonces si escogemos un cable tetrapolar con conductores de aluminio y aislamiento XLPE (Polietileno reticulado), para una intensidad de: 387,14 A. Nos corresponde una sección de 400 mm², por lo tanto el cable de acometida será de: **3 (1 x 400)mm² + 1(1 x 185)mm²**, siendo la intensidad máxima admisible de dicho conductor de 445 A.

El neutro se ha elegido teniendo en cuenta la tabla 1 de la ITC-BT-07, en la cual se elegirá el neutro en función del conductor de fase.

TABLA-1 (ITC-BT 07)

Conductores fase (mm ²)	Sección neutro (mm ²)
6 (Cu)	6
10 (Cu)	10
16 (Cu)	10
16 (Al)	16
25	16
35	16
50	25
70	35
95	50
120	70
150	70
185	95
240	120
300	150
400	185

Tabla 2-5. Sección mínima del conductor neutro

El recorrido y la longitud de la acometida viene indicado en el apartado de planos, por lo tanto (sabiendo que $I = 387,65$ A, $L = 32$ m, $\cos\varphi = 0,9$, $S = 400$ mm² y $K = 35$ ($\frac{m}{\Omega \cdot mm^2}$)), la caída de tensión en la acometida será:

$$e = \frac{\sqrt{3} \cdot I \cdot L \cdot \cos\varphi}{K \cdot S} = \frac{\sqrt{3} \cdot 387,14 \cdot 32 \cdot 0,9}{35 \cdot 400} = 1,38 \text{ V}$$

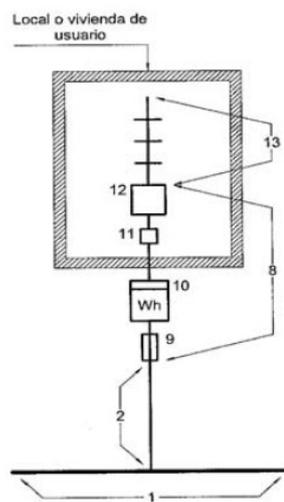
La caída de tensión está dentro del margen establecido por la empresa distribuidora, por lo tanto la caja general de protección está dentro de los límites establecidos por el Reglamento Electrotécnico.



2.1.2- Instalaciones de enlace

Son aquellos que unen la caja general de protección y equipo de medida, incluyendo esta, con las instalaciones interiores o receptoras. Comenzará pues en el final de la acometida y terminará en los dispositivos generales de mando y protección (cuadro general).

Nuestra instalación es denominada “para un solo usuario” según la ITC- BT-12, por lo que en esta caso se puede simplificar las instalaciones de enlace al coincidir en el mismo lugar, la CGP y la situación del equipo de medida y no existir, por lo tanto, la línea general de alimentación.



Siendo:

- 1 - Red de distribución (no utilizado en nuestro caso, ya que del transformador sólo se alimenta nuestra nave)
- 2- Acometida
- 8- Derivación individual
- 9- Fusibles de seguridad
- 10- Contadores
- 11- Caja para interruptor de control de potencia
- 12- Dispositivos generales de mando y protección
- 13- Instalación interior



2.1.2.1- Derivación individual

Es la parte de la instalación que partiendo desde la caja general de protección y mando finalizará en los dispositivos generales de mando y protección. Para el cálculo de la sección de los conductores se tendrá en cuenta la demanda de potencia prevista y que en nuestro caso al ser un único usuario, la intensidad de la derivación individual es igual a la de la acometida.

Las intensidades máximas admisibles se tendrán en cuenta según lo indicado en la ITC-BT-19 y en la norma 20460-5-523. Su longitud será de 5 m, a pesar de que se encuentra en el mismo lugar, ya que es necesario para las conexiones interiores.

El cable escogido es tetrapolar con conductores de cobre y aislamiento de XLPE. El neutro se ha escogido teniendo en cuenta la ITC-BT-19, según la cual el neutro debe ser como mínimo igual al conductor de fase. Por lo tanto el conductor de la derivación individual es de: **4 x 400 mm²**.

Para calcular la caída de tensión en la derivación individual teniendo en cuenta que el suministro es para un único usuario, la caída de tensión permitida es de 1,5 %.

$$e_{adm} = 1,5\% \text{ de } 400 = 6 \text{ V}$$

$$e = \frac{\sqrt{3} \cdot I \cdot L \cdot \cos\varphi}{K \cdot S} = \frac{\sqrt{3} \cdot 387,14 \cdot 5 \cdot 0,9}{56 \cdot 400} = 0,13 \text{ V} < 6 \text{ V} \quad \text{OK}$$

El tubo que alojará al conductor de la derivación individual debe cumplir las características mínimas de la tabla 1 de la ITC-BT-21, al ser una canalización fija en superficie.

TABLA-1 (ITC-BT 21)

Característica	Código	Grado
Resistencia a la compresión	4	Fuerte
Resistencia al impacto	3	Media
Temperatura mínima de instalación y servicio	2	-5°C
Temperatura máxima de instalación y servicio	1	+60°C
Resistencia al curvado	1-2	Rígido/curvable
Propiedades eléctricas	1-2	Continuidad eléctrica/aislante
Resistencia a la penetración de objetos sólidos	4	Contra objetos D > 1 mm
Resistencia a la penetración del agua	2	Contra gotas de agua cayendo verticalmente cuando el sistema de tubos está inclinado 15°
Resistencia a la corrosión de tubos metálicos y compuestos	2	Protección interior y exterior media
Resistencia a la tracción	0	No declarada
Resistencia a la propagación de la llama	1	No propagador
Resistencia a las cargas suspendidas	0	No declarada

Tabla 2-6. Características mínimas para tubos fijos en superficies



Para la elección de la sección del tubo de protección se tomará la tabla 2 de la ITC-BT-21, ya que es una canalización fija en superficie.

TABLA-2 (ITC-BT 21)

Sección nominal de los conductores unipolares (mm ²)	Diámetro exterior de los tubos (mm)				
	Número de conductores				
	1	2	3	4	5
1,5	12	12	16	16	16
2,5	12	12	16	16	20
4	12	16	20	20	20
6	12	16	20	20	25
10	16	20	25	32	32
16	16	25	32	32	32
25	20	32	32	40	40
35	25	32	40	40	50
50	25	40	50	50	50
70	32	40	50	63	63
95	32	50	63	63	75
120	40	50	63	75	75
150	40	63	75	75	--
185	50	63	75	--	--
240	50	75	--	--	--

Tabla 2-7. Diámetro exterior mínimo de los tubos fijos en superficies

En este caso los valores establecidos (400 mm²) se salen de la tabla, por lo tanto, teniendo en cuenta que alojará a cinco conductores (tres fases, el neutro y el cable de protección) para una sección de 400 mm² cada uno, se seguirá lo marcado en la ITC-BT-21, que nos dice lo siguiente, que la sección interior será como mínimo igual a 2,5 veces la sección ocupada por los conductores, por lo tanto se deduce la siguiente fórmula:

$$S_{interior} = 2,50 \times S_{conductores} \times N_{conductores} = 2,50 \times 400 \times 5 = 5000 \text{ mm}^2$$

$$\varnothing_{tubo} = \sqrt{\frac{4 \cdot S_{int}}{3,14}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 5000}{3,14}} = 79,81 \text{ mm} \approx 80 \text{ mm}$$

Por lo tanto el tubo tendrá la dimensión establecida. El cálculo se ha considerado para la instalación fija en superficie, montaje en pared.



2.1.3- Cálculo de las líneas de fuerza de la maquinaria

El cálculo de las diferentes líneas de fuerza se comenzará partiendo de los requisitos de las diferentes máquinas a las que alimentará la línea, es decir potencia absorbida, intensidades admisibles, etc, (estos datos se pueden ver más detalladamente en el apartado “1.3.-*MAQUINARIA*” de la memoria de este proyecto). Seguidamente y con estos datos obtenidos se escogerá el conductor que cumpla el cálculo para la máxima intensidad soportable por el cable, según la tabla correspondiente, por un lado y con el cálculo por caída de tensión por otro lado. Todo esto siempre teniendo en cuenta la normativa vigente en el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, sus diferentes instrucciones complementarias, principalmente la ITC-BT-47, y las normas UNE correspondientes.

Comenzaremos calculando y explicando paso por paso las diferentes líneas del cuadro-F2, después las otras líneas se calcularán de forma similar pero más resumidamente, con la ayuda de una hoja de cálculo, aplicando los mismos razonamientos que en el cuadro-F2.

-Cálculo de la línea L-F2-a (L=15m)

Sierra de cinta:

La sierra de cinta cuenta con tres motores: motor principal (M1), motor de alimentación de piezas (M2) y el motor de refrigeración (M3). Empezaremos calculando los valores del motor M1.

Datos del motor M1: $P_{\text{util}}: 4 \text{ kW}$, $\eta: 0,87$, $\cos\varphi: 0,83$, $U: 400\text{V}$

$$P_{\text{abs}} = \frac{P_{\text{util}}}{\eta} = \frac{4}{0,87} = 4,60 \text{ kW}$$

$$I = \frac{P_{\text{abs}}}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos\varphi} = \frac{4,60 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0,83} = 8,00 \text{ A}$$



Según marca específicamente la instrucción ITC-BT 47, los circuitos de las maquinas o circuitos de fuerza que alimentan a varios motores, serán 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, según esto al ser el motor M1 el de mayor potencia se multiplicara tanto la potencia como la intensidad por un factor de corrección ($F_{\text{act.correc}} = 1,25$), obteniendo P' e I' :

$$P' = 1,25 \cdot 4,60 = 5,75 \text{ kW}$$

$$I' = 1,25 \cdot 8,00 = 9,99 \text{ A}$$

Ahora calculamos la I activa y reactiva

$$I_a = I' \cdot \cos\varphi = 9,99 \cdot 0,83 = 8,30 \text{ A}$$

$$I_r = I' \cdot \sin\varphi = I' \cdot \sqrt{1 - \cos^2\varphi} = 5,57 \text{ A}$$

Realizamos el mismo procedimientos para el resto de de motores, M2 y M3. En estos casos al no ser los motores de mayor potencia no se aplica la instrucción ITC-BT 47, es decir no se multiplicara por el factor de corrección ($F_{\text{act.correc}} = 1,25$).

Datos del motor M2: $P_{\text{util}}: 1,10 \text{ kW}$, $\eta: 0,75$, $\cos\varphi: 0,81$, $U: 400\text{V}$

$$P_{\text{abs}} = \frac{P_{\text{util}}}{\eta} = \frac{1,10}{0,75} = 1,47 \text{ kW}$$

$$I = \frac{P_{\text{abs}}}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos\varphi} = \frac{1,47 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0,81} = 2,61 \text{ A}$$

$$I_a = I \cdot \cos\varphi = 2,61 \cdot 0,81 = 2,12 \text{ A}$$

$$I_r = I' \cdot \sin\varphi = I' \cdot \sqrt{1 - \cos^2\varphi} = 1,53 \text{ A}$$

Datos del motor M3: $P_{\text{util}}: 0,09 \text{ kW}$, $\eta: 0,59$, $\cos\varphi: 0,74$, $U: 400\text{V}$

$$P_{\text{abs}} = \frac{P_{\text{util}}}{\eta} = \frac{0,09}{0,59} = 0,15 \text{ kW}$$



$$I = \frac{P_{abs}}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos\varphi} = \frac{0,15 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0,74} = 0,30 \text{ A}$$

$$I_a = I \cdot \cos\varphi = 0,30 \cdot 0,75 = 0,22 \text{ A}$$

$$I_r = I' \cdot \sin\varphi = I' \cdot \sqrt{1 - \cos^2\varphi} = 0,20 \text{ A}$$

A continuación obtendremos las características de la máquina en su conjunto.

$$P_t = \sum P_{asb} = 5,75 + 1,47 + 0,15 = 7,37 \text{ kW}$$

$$\sum I_a = 8,30 + 2,12 + 0,22 = 10,63 \text{ A}$$

$$\sum I_r = 5,57 + 1,53 + 0,20 = 7,31 \text{ A}$$

$$I_t = \sqrt{\sum I_a^2 + \sum I_r^2} = \sqrt{10,63^2 + 7,31^2} = 12,90 \text{ A}$$

$$\cos\varphi = \frac{P_{abs}}{\sqrt{3} \cdot U \cdot I_t} = \frac{7,37 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 12,90} = 0,82$$

$$\sin\varphi = \sqrt{1 - \cos^2\varphi} = 0,57$$

$$Q = \sum P_{asb} \cdot \tan\varphi = \sum P_{asb} \frac{\sin\varphi}{\cos\varphi} = 7,37 \frac{0,57}{0,82} = 5,14 \text{ kVAr}$$

-Cálculo para máxima intensidad soportable por el cable

Sabiendo que se trata de un circuito trifásico instalado al aire con conductores de cobre con un tipo de aislamiento XLPE (Polietileno reticulado) y el circuito será colocado en bandeja perforada podemos obtener la sección mínima necesaria para la intensidad calculada.

Teniendo en cuenta que se trata de instalaciones receptoras utilizaremos la tabla de la norma UNE 20460-5-523 para seleccionar la sección de cable adecuado para soportar como mínimo esta intensidad: $I_t = 12,90 \text{ A}$



3. INTENSIDAD ADMISIBLE EN CABLES DE TENSIÓN ASIGNADA HASTA 0,6/1 kV, PARA INSTALACIONES RECEPTORAS SEGÚN NORMA UNE 20460-5-523.

Tabla 1:

INTENSIDAD ADMISIBLE (EN AMPERIOS), PARA CABLES AL AIRE, CON CONDUCTOR DE COBRE (TENSIÓN ASIGNADA HASTA 0,6/1 kV)

Método de Instalación ^a	Número de conductores cargados y tipo aislamiento												
	3x PVC	2x PVC		3x XLPE	2x XLPE								
A1 Conductores aislados en tubos empotrados en paredes aislantes													
A2 Cables multiconductores en tubos empotrados en paredes aislantes													
B1 Conductores aislados en tubos en montaje superficial o empotrados en obra													
B2 Cables multiconductores en tubos en montaje superficial o empotrados en obra													
C Cables multiconductores directamente sobre la pared													
E Cables multiconductores al aire libre. Distancia a la pared no inferior a 0,3 D													
F Cables unipolares en contacto mútuo. Distancia a la pared no inferior a D													
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
Sesión mm² COBRE													
1,5	11	11,5	13	13,5	15	16	17,5	19	20	21	24		
2,5	15	16	17,5	18,5	21	22	23	26	26,5	29	33		
4	20	21	23	24	27	30	31	34	36	38	45		
6	25	27	30	32	36	37	40	44	46	49	57		
10	34	37	40	44	50	52	54	60	65	68	76		
16	45	49	54	59	66	70	73	81	87	91	105		
25	59	64	70	77	84	88	95	103	110	116	123	140	
35		77	86	96	104	110	119	127	137	144	154	174	
50		94	103	117	125	133	145	155	167	175	188	210	
70				149	160	171	185	199	214	224	244	269	
95				180	194	207	224	241	259	271	296	327	
120				208	225	240	260	280	301	314	348	380	
150				236	260	278	299	322	343	363	404	438	
185				268	297	317	341	368	391	415	464	500	
240				315	350	374	401	435	468	490	552	590	
300				360	401	430	461	500	538	563	638	678	
400				431	480	515	552	599	645	674	770	812	
500				493	551	592	633	687	741	774	889	931	
630				565	632	681	728	790	853	890	1028	1071	
Temperatura del aire: 40°C													

Se indican como 3x los circuitos trifásicos y como 2x los monofásicos. A efecto de las intensidades admisibles los cables con aislamiento termoplástico a base de poliolefina (Z1) son equivalentes a los cables con aislamiento de policloruro de vinilo (V).

Tabla 2-8. Intensidad máxima admisible para instalaciones receptoras.

Entonces según la intensidad máxima soportada por el conductor podemos escoger un cable de 1,5 mm².



-Cálculo por caída de tensión

El valor máximo de la caída de tensión viene fijado en la instrucción ITC-BT 19, la cual nos marca que la caída de tensión entre el origen de la instalación interior y cualquier punto de utilización sea menor del 5%, para maquinaria. En este caso, como se trata de una línea trifásica, con una tensión entre fases de 400V, la caída de tensión máxima admisible es de:

$$e_{adm} = 5\% \text{ de } 400 = 20V$$

Si probamos con un cable de 1,5mm²

$$e = \frac{\sqrt{3} \cdot I \cdot L \cdot \cos\phi}{K \cdot S} = \frac{\sqrt{3} \cdot 12,90 \cdot 15 \cdot 0,82}{56 \cdot 1,5} = 3,27 V < 20V \quad \text{OK}$$

Según la caída de tensión comprobamos también que podemos escoger un cable de 1,5 mm². Aún así preferimos sobre dimensionar esta línea, para maquinaria tomaremos como mínimo un cable de 2,5 mm². Por lo tanto el conductor tendrá una sección de 4(1 x 2,5)mm² + 1(1 x 2,5)mm² · TT, será un cable tetrapolar ya que se necesita una alimentación trifásica y con una toma de tierra, según marca la tabla 2 de la ITC-BT 19, con una sección mínima igual a la del conductor de fase.

TABLA-2 (ITC-BT 19)

Secciones de los conductores de fase o polares de la instalación (mm ²)	Secciones mínimas de los conductores de protección (mm ²)
$S \leq 16$ $16 < S \leq 35$ $S > 35$	$S (*)$ 16 S/2
(*) Con un mínimo de: 2,5 mm ² si los conductores de protección no forman parte de la canalización de alimentación y tienen una protección mecánica 4 mm ² si los conductores de protección no forman parte de la canalización de alimentación y no tienen una protección mecánica	

Tabla 2-9. Elección de la sección del conductor de protección

Comprobamos la caída de tensión para un cable de 2,5mm²

$$e = \frac{\sqrt{3} \cdot I \cdot L \cdot \cos\phi}{K \cdot S} = \frac{\sqrt{3} \cdot 12,90 \cdot 15 \cdot 0,82}{56 \cdot 2,5} = 1,96 V < 20V \quad \text{OK}$$

ES DECIR QUE LA LÍNEA L-F2-a TIENE UNA SECCIÓN DE 4 (1 x 2,5) mm² + 1(1 x 2,5) mm² · TT. E IRÁ COLOCADO SOBRE BANDEJA PERFORADA, SIENDO LA INTENSIDAD MÁXIMA ADMISIBLE DE DICHO CONDUCTOR DE 26,50 A.



-Cálculo de la línea L-F2-b (L=11m)

Torno-1:

El torno-1 cuenta con cuatro motores: motor principal (M1), motor de avance rápido del carro (M2), el motor de lubricación (M3) y el motor de refrigeración (M4). Empezaremos calculando los valores del motor M1.

Datos del motor M1: $P_{\text{util}}: 17,00 \text{ kW}$, $\eta: 0,91$, $\cos\varphi: 0.84$, $U: 400\text{V}$

$$P_{\text{abs}} = \frac{P_{\text{util}}}{\eta} = \frac{17,00}{0,91} = 18,68 \text{ kW}$$

$$I = \frac{P_{\text{abs}}}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos\varphi} = \frac{18,68 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0,84} = 32,10 \text{ A}$$

Según marca específicamente la instrucción ITC-BT 47, los circuitos de las maquinas o circuitos de fuerza que alimentan a varios motores, serán 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, según esto al ser el motor M1 el de mayor potencia se multiplicara tanto la potencia como la intensidad por un factor de corrección ($F_{\text{act.correc}} = 1,25$), obteniendo P' e I' :

$$P' = 1,25 \cdot 18,68 = 23,35 \text{ kW}$$

$$I' = 1,25 \cdot 32,10 = 40,13 \text{ A}$$

Ahora calculamos la I activa y reactiva

$$I_a = I' \cdot \cos\varphi = 40,13 \cdot 0,84 = 33,71 \text{ A}$$

$$I_r = I' \cdot \sin\varphi = I' \cdot \sqrt{1 - \cos^2\varphi} = 21,77 \text{ A}$$

Realizamos el mismo procedimientos para el resto de de motores, M2, M3 y M4. En estos casos al no ser los motores de mayor potencia no se aplica la instrucción ITC-BT 47, es decir no se multiplicara por el factor de corrección ($F_{\text{act.correc}} = 1,25$).



Datos del motor M2: $P_{\text{util}}: 1,50 \text{ kW}$, $\eta: 0,75$, $\cos\varphi: 0,82$, $U: 400\text{V}$

$$P_{\text{abs}} = \frac{P_{\text{util}}}{\eta} = \frac{1,50}{0,75} = 2,00 \text{ kW}$$

$$I = \frac{P_{\text{abs}}}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos\varphi} = \frac{2,00 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0,82} = 3,52 \text{ A}$$

$$I_a = I \cdot \cos\varphi = 3,52 \cdot 0,82 = 2,89 \text{ A}$$

$$I_r = I' \cdot \sin\varphi = I' \cdot \sqrt{1 - \cos^2\varphi} = 2,02 \text{ A}$$

Datos del motor M3: $P_{\text{util}}: 0,75 \text{ kW}$, $\eta: 0,74$, $\cos\varphi: 0,80$, $U: 400\text{V}$

$$P_{\text{abs}} = \frac{P_{\text{util}}}{\eta} = \frac{0,75}{0,74} = 1,01 \text{ kW}$$

$$I = \frac{P_{\text{abs}}}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos\varphi} = \frac{1,01 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0,80} = 1,83 \text{ A}$$

$$I_a = I \cdot \cos\varphi = 1,83 \cdot 0,80 = 1,46 \text{ A}$$

$$I_r = I' \cdot \sin\varphi = I' \cdot \sqrt{1 - \cos^2\varphi} = 1,10 \text{ A}$$

Datos del motor M4: $P_{\text{util}}: 0,25 \text{ kW}$, $\eta: 0,58$, $\cos\varphi: 0,75$, $U: 400\text{V}$

$$P_{\text{abs}} = \frac{P_{\text{util}}}{\eta} = \frac{0,25}{0,58} = 0,43 \text{ kW}$$

$$I = \frac{P_{\text{abs}}}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos\varphi} = \frac{0,43 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0,75} = 0,83 \text{ A}$$

$$I_a = I \cdot \cos\varphi = 0,83 \cdot 0,75 = 0,62 \text{ A}$$

$$I_r = I' \cdot \sin\varphi = I' \cdot \sqrt{1 - \cos^2\varphi} = 0,55 \text{ A}$$



A continuación obtendremos las características de la máquina en su conjunto.

$$P_t = \sum P_{asb} = 23,35 + 2,00 + 1,01 + 0,43 = 26,80 \text{ kW}$$

$$\sum I_a = 33,71 + 2,89 + 1,46 + 0,62 = 38,68 \text{ A}$$

$$\sum I_r = 21,77 + 2,02 + 1,10 + 0,55 = 25,43 \text{ A}$$

$$I_t = \sqrt{\sum I_a^2 + \sum I_r^2} = \sqrt{38,68^2 + 25,43^2} = 46,29 \text{ A}$$

$$\cos\varphi = \frac{P_t}{\sqrt{3} \cdot U \cdot I_t} = \frac{26,80 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 46,29} = 0,84$$

$$\sin\varphi = \sqrt{1 - \cos^2\varphi} = 0,54$$

$$Q = \sum P_{asb} \cdot \tan\varphi = \sum P_{asb} \frac{\sin\varphi}{\cos\varphi} = 26,80 \frac{0,54}{0,84} = 17,31 \text{ kVAr}$$

-Cálculo para máxima intensidad soportable por el cable

Sabiendo que se trata de un circuitos trifásico instalado al aire con conductores de cobre con un tipo de aislamiento XLPE (Polietileno reticulado) y que el circuito será colocado en bandeja perforada podemos obtener la sección mínima necesaria para la intensidad calculada.

Teniendo en cuenta que se trata de instalaciones receptoras utilizaremos la tabla de la norma UNE 20460-5-523 para seleccionar la sección de cable adecuado para soportar como mínimo esta intensidad: $I_t = 46,29 \text{ A}$



3. INTENSIDAD ADMISIBLE EN CABLES DE TENSIÓN ASIGNADA HASTA 0,6/1 kV, PARA INSTALACIONES RECEPTORAS SEGÚN NORMA UNE 20460-5-523.

Tabla 1:

INTENSIDAD ADMISIBLE (EN AMPERIOS), PARA CABLES AL AIRE, CON CONDUCTOR DE COBRE (TENSIÓN ASIGNADA HASTA 0,6/1 kV)

Método de Instalación ^a	Número de conductores cargados y tipo aislamiento												
	3x PVC	2x PVC	3x XLPE	2x XLPE									
A1 Conductores aislados en tubos empotrados en paredes aislantes													
A2 Cables multiconductores en tubos empotrados en paredes aislantes													
B1 Conductores aislados en tubos en montaje superficial o empotrados en obra													
B2 Cables multiconductores en tubos en montaje superficial o empotrados en obra													
C Cables multiconductores directamente sobre la pared													
E Cables multiconductores al aire libre. Distancia a la pared no inferior a 0,3 D													
F Cables unipolares en contacto mútuo. Distancia a la pared no inferior a D													
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
Sesión mm² COBRE													
1,5	11	11,5	13	13,5	15	16	16,5	19	20	21	24		
2,5	15	16	17,5	18,5	21	22	23	26	26,5	29	33		
4	20	21	23	24	27	30	31	34	36	38	45		
6	25	27	30	32	36	37	40	44	46	49	57		
10	34	37	40	44	50	52	57	60	65	68	76		
16	45	49	54	59	66	70	73	81	87	91	105		
25	59	64	70	77	84	88	95	103	110	116	123	140	
35		77	86	96	104	110	119	127	137	144	154	174	
50		94	103	117	125	133	145	155	167	175	188	210	
70				149	160	171	185	199	214	224	244	269	
95				180	194	207	224	241	259	271	296	327	
120				208	225	240	260	280	301	314	348	380	
150				236	260	278	299	322	343	363	404	438	
185				268	297	317	341	368	391	415	464	500	
240				315	350	374	401	435	468	490	552	590	
300				360	401	430	461	500	538	563	638	678	
400				431	480	515	552	599	645	674	770	812	
500				493	551	592	633	687	741	774	889	931	
630				565	632	681	728	790	853	890	1028	1071	

Temperatura del aire: 40°C

Se indican como 3x los circuitos trifásicos y como 2x los monofásicos. A efecto de las intensidades admisibles los cables con aislamiento termoplástico a base de poliolefina (Z1) son equivalentes a los cables con aislamiento de policloruro de vinilo (V).

Tabla 2-8. Intensidad máxima admisible para instalaciones receptoras.

Entonces según la intensidad máxima soportada por el conductor podemos escoger un cable de 10 mm².



-Cálculo por caída de tensión

El valor máximo de la caída de tensión viene fijado en la instrucción ITC-BT 19, la cual nos marca que la caída de tensión entre el origen de la instalación interior y cualquier punto de utilización sea menor del 5%, para maquinaria. En este caso, como se trata de una línea trifásica, con una tensión entre fases de 400V, la caída de tensión máxima admisible es de:

$$e_{adm} = 5\% \text{ de } 400 = 20V$$

Si probamos con un cable de 10mm²

$$e = \frac{\sqrt{3} \cdot I \cdot L \cdot \cos\phi}{K \cdot S} = \frac{\sqrt{3} \cdot 46,29 \cdot 11 \cdot 0,84}{56 \cdot 10} = 1,32 V < 20V \quad \mathbf{OK}$$

Según la caída de tensión comprobamos también que podemos escoger un cable de 10 mm². Por lo tanto el conductor tendrá una sección de 4(1 x 10)mm² + 1(1 x 10)mm² · TT, será un cable tetrapolar ya que se necesita una alimentación trifásica y con una toma de tierra, según marca la tabla 2 de la ITC-BT 19, con una sección mínima igual a la del conductor de fase.

TABLA-2 (ITC-BT 19)

Secciones de los conductores de fase o polares de la instalación (mm ²)	Secciones mínimas de los conductores de protección (mm ²)
$S \leq 16$ $16 < S \leq 35$ $S > 35$	$S (*)$ 16 S/2
(*) Con un mínimo de: 2,5 mm ² si los conductores de protección no forman parte de la canalización de alimentación y tienen una protección mecánica 4 mm ² si los conductores de protección no forman parte de la canalización de alimentación y no tienen una protección mecánica	

Tabla 2-9. Elección de la sección del conductor de protección

ES DECIR QUE QUE LA LÍNEA L-F2-b TIENE UNA SECCIÓN DE 4 (1 x 10) mm² + 1(1 x 10) mm² · TT. E IRÁ COLOCADO SOBRE BANDEJA PERFORADA SIENDO LA INTENSIDAD MÁXIMA ADMISIBLE DE DICHO CONDUCTOR DE 65 A.



-Cálculo de la línea L-F2-c (L=7m)

Mandrinadora-1:

La mandrinadora-1 cuenta con tres motores: motor principal (M1), motor de lubricación (M2) y el motor de refrigeración (M3). Empezaremos calculando los valores del motor M1.

Datos del motor M-1: $P_{\text{util}}: 37 \text{ kW}$, $\eta: 0,91$, $\cos\phi: 0.86$, $U: 400\text{V}$

$$P_{\text{abs}} = \frac{P_{\text{util}}}{\eta} = \frac{37}{0,91} = 40,66 \text{ kW}$$

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos\phi} = \frac{40,66 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0.86} = 68,24 \text{ A}$$

Según marca específicamente la instrucción ITC-BT 47, los circuitos de las maquinas o circuitos de fuerza que alimentan a varios motores, serán 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, según esto al ser el motor M1 el de mayor potencia se multiplicara tanto la potencia como la intensidad por un factor de corrección ($F_{\text{fact.correc}} = 1,25$), obteniendo P' e I' :

$$P' = 1,25 \cdot 40,66 = 50,82 \text{ kW}$$

$$I' = 1,25 \cdot 68,24 = 85,30 \text{ A}$$

Ahora calculamos la I activa y reactiva

$$I_a = I' \cdot \cos\phi = 85,30 \cdot 0,86 = 73,36 \text{ A}$$

$$I_r = I' \cdot \sin\phi = I' \cdot \sqrt{1 - \cos^2\phi} = 43,53 \text{ A}$$

Realizamos el mismo procedimientos para el resto de de motores, M2 y M3. En estos casos al no ser los motores de mayor potencia no se aplica la instrucción ITC-BT 47, es decir no se multiplicara por el factor de corrección ($F_{\text{fact.correc}} = 1,25$).

Datos del motor M2: $P_{\text{util}}: 0,75 \text{ kW}$, $\eta: 0,74$, $\cos\phi: 0,80$, $U: 400\text{V}$

$$P_{\text{abs}} = \frac{P_{\text{util}}}{\eta} = \frac{0,75}{0,74} = 1,01 \text{ kW}$$

$$I = \frac{P_{\text{abs}}}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos\phi} = \frac{1,01 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0,80} = 1,83 \text{ A}$$

$$I_a = I \cdot \cos\phi = 1,83 \cdot 0,80 = 1,46 \text{ A}$$



$$I_r = I' \cdot \operatorname{sen}\varphi = I' \cdot \sqrt{1 - \cos^2\varphi} = 1,10 \text{ A}$$

Datos del motor M3: $P_{\text{util}}: 0,25 \text{ kW}$, $\eta: 0,58$, $\cos\varphi: 0,75$, $U: 400\text{V}$

$$P_{\text{abs}} = \frac{P_{\text{util}}}{\eta} = \frac{0,25}{0,58} = 0,43 \text{ kW}$$

$$I = \frac{P_{\text{abs}}}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos\varphi} = \frac{0,43 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0,75} = 0,83 \text{ A}$$

$$I_a = I \cdot \cos\varphi = 0,83 \cdot 0,75 = 0,62 \text{ A}$$

$$I_r = I' \cdot \operatorname{sen}\varphi = I' \cdot \sqrt{1 - \cos^2\varphi} = 0,55 \text{ A}$$

A continuación obtendremos las características de la máquina en su conjunto.

$$P_t = \sum P_{\text{asb}} = 50,82 + 1,01 + 0,43 = 52,27 \text{ kW}$$

$$\sum I_a = 73,36 + 1,46 + 0,62 = 75,45 \text{ A}$$

$$\sum I_r = 43,53 + 1,10 + 0,55 = 45,18 \text{ A}$$

$$I_t = \sqrt{\sum I_a^2 + \sum I_r^2} = \sqrt{75,45^2 + 45,18^2} = 87,94 \text{ A}$$

$$\cos\varphi = \frac{P_t}{\sqrt{3} \cdot U \cdot I_t} = \frac{52,27 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 87,94} = 0,86$$

$$\operatorname{sen}\varphi = \sqrt{1 - \cos^2\varphi} = 0,51$$

$$Q = \sum P_{\text{asb}} \cdot \operatorname{tg}\varphi = \sum P_{\text{asb}} \frac{\operatorname{sen}\varphi}{\cos\varphi} = 52,27 \frac{0,51}{0,86} = 31,02 \text{ kVar}$$

-Cálculo para máxima intensidad soportable por el cable

Sabiendo que se trata de un circuito trifásico instalado al aire con conductores de cobre con un tipo de aislamiento XLPE (Polietileno reticulado) y que el circuito será colocado en bandeja perforada podemos obtener la sección mínima necesaria para la intensidad calculada.

Teniendo en cuenta que se trata de instalaciones receptoras utilizaremos la tabla de la norma UNE 20460-5-523 para seleccionar la sección de cable adecuado para soportar como mínimo esta intensidad: $I_t = 87,94 \text{ A}$



3. INTENSIDAD ADMISIBLE EN CABLES DE TENSIÓN ASIGNADA HASTA 0,6/1 kV, PARA INSTALACIONES RECEPTORAS SEGÚN NORMA UNE 20460-5-523.

Tabla 1: INTENSIDAD ADMISIBLE (EN AMPERIOS), PARA CABLES AL AIRE, CON CONDUCTOR DE COBRE (TENSIÓN ASIGNADA HASTA 0,6/1 kV)

Método de Instalación ¹⁾	Número de conductores cargados y tipo aislamiento												
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
A1 Conductores aislados en tubos empotrados en paredes aislantes		3x PVC	2x PVC			3x XLPE	2x XLPE						
A2 Cables multiconductores en tubos empotrados en paredes aislantes	3x PVC	2x PVC			3x XLPE	2x XLPE							
B1 Conductores aislados en tubos en montaje superficial o empotrados en obra					3x PVC	2x PVC		3x XLPE	2x XLPE				
B2 Cables multiconductores en tubos en montaje superficial o empotrados en obra			3x PVC	2x PVC			3x XLPE	2x XLPE					
C Cables multiconductores directamente sobre la pared						3x PVC		2x PVC			2x XLPE		
E Cables multiconductores al aire libre. Distancia a la pared no inferior a 0,3 D							3x PVC		2x PVC	3x XLPE		2x XLPE	
F Cables unipolares en contacto mutuo. Distancia a la pared no inferior a D								3x PVC		2x PVC	3x XLPE	2x XLPE	
Sesión mm² COBRE													
1,5	11	11,5	13	13,5	15	16	16,5	19	20	21	24		
2,5	15	16	17,5	18,5	21	22	23	26	26,5	29	33		
4	20	21	23	24	27	30	31	34	36	38	45		
6	25	27	30	32	36	37	40	44	46	49	57		
10	34	37	40	44	50	52	54	60	65	68	76		
16	45	49	54	59	66	70	73	81	87	91	105		
25	59	64	70	77	84	88	95	103	110	116	123	140	
35		77	86	96	104	110	119	127	137	144	154	174	
50		94	103	117	125	133	145	155	167	175	188	210	
70				149	160	171	185	199	214	224	244	269	
95				180	194	207	224	241	259	271	296	327	
120				208	225	240	260	280	301	314	348	380	
150				236	260	278	299	322	343	363	404	438	
185				268	297	317	341	368	391	415	464	500	
240				315	350	374	401	435	468	490	552	590	
300				360	401	430	461	500	538	563	638	678	
400				431	480	515	552	599	645	674	770	812	
500				493	551	592	633	687	741	774	889	931	
630				565	632	681	728	790	853	890	1028	1071	

Temperatura del aire: 40°C

Se indican como 3x los circuitos trifásicos y como 2x los monofásicos. A efecto de las intensidades admisibles los cables con aislamiento termoplástico a base de poliolefina (Z1) son equivalentes a los cables con aislamiento de policloruro de vinilo (V).

Tabla 2-8. Intensidad máxima admisible para instalaciones receptoras.

Entonces según la intensidad máxima soportada por el conductor podemos escoger un cable de 25 mm².



-Cálculo por caída de tensión

El valor máximo de la caída de tensión viene fijado en la instrucción ITC-BT 19, la cual nos marca que la caída de tensión entre el origen de la instalación interior y cualquier punto de utilización sea menor del 5%, para maquinaria. En este caso, como se trata de una línea trifásica, con una tensión entre fases de 400V, la caída de tensión máxima admisible es de:

$$e_{adm} = 5\% \text{ de } 400 = 20V$$

Si probamos con un cable de 25mm²

$$e = \frac{\sqrt{3} \cdot I \cdot L \cdot \cos\phi}{K \cdot S} = \frac{\sqrt{3} \cdot 87,94 \cdot 7 \cdot 0,86}{56 \cdot 25} = 0,65 V < 20V \quad \mathbf{OK}$$

Según la caída de tensión comprobamos también que podemos escoger un cable de 25 mm². Por lo tanto el conductor tendrá una sección de 4(1 x 25)mm² + 1(1 x 16)mm² · TT, será un cable tetrapolar ya que se necesita una alimentación trifásica y con una toma de tierra, según marca la tabla 2 de la ITC-BT 19, con una sección mínima igual a la del conductor de fase.

TABLA-2 (ITC-BT 19)

Secciones de los conductores de fase o polares de la instalación (mm ²)	Secciones mínimas de los conductores de protección (mm ²)
S ≤ 16 16 < S ≤ 35 S > 35	S (*) 16 S/2
(*) Con un mínimo de: 2,5 mm ² si los conductores de protección no forman parte de la canalización de alimentación y tienen una protección mecánica 4 mm ² si los conductores de protección no forman parte de la canalización de alimentación y no tienen una protección mecánica	

Tabla 2-9. Elección de la sección del conductor de protección

ES DECIR QUE LA LÍNEA L-F2-c TIENE UNA SECCIÓN DE 4 (1 x 25) mm² + 1(1 x 16) mm² · TT. E IRÁ COLOCADO SOBRE BANDEJA PERFORADA SIENDO LA INTENSIDAD MÁXIMA ADMISIBLE DE DICHO CONDUCTOR DE 110 A.



-Cálculo de la línea L-F2 (L=33m)

Para el cálculo de la sección de los conductores que alimentan los diferentes sub-cuadros, en este caso el sub-cuadro F-2, se tomará como potencia consumida o como potencia que necesita el panel aquella que resulte de la suma de todas las potencias calculadas para los diferentes dispositivos que se alimentan de dicho sub-cuadro F-2. Al mismo tiempo se calculará I_t a partir de las I_a e I_r de las diferentes maquinarias como se muestra en las siguientes fórmulas:

$$P_t = \sum P_{asb} = 7,37 + 26,80 + 52,27 = 86,44 \text{ kW}$$

$$Q_t = \sum Q = 5,14 + 17,31 + 31,02 = 53,47 \text{ kVar}$$

$$\sum I_a = 10,63 + 38,68 + 75,45 = 124,76 \text{ A}$$

$$\sum I_r = 7,31 + 25,43 + 45,18 = 77,92 \text{ A}$$

$$I_t = \sqrt{\sum I_a^2 + \sum I_r^2} = \sqrt{124,76^2 + 77,92^2} = 147,09 \text{ A}$$

$$\cos\varphi = \frac{P_t}{\sqrt{3} \cdot U \cdot I_t} = \frac{86,44 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 147,09} = 0,85$$

A esta línea L-F2, se aplicará un factor de simultaneidad, ya que cabe la posibilidad de que algunos de los receptores (la sierra de cinta, el torno 1 y la mandrinadora 1) que alimenta el sub-cuadro F-2 no funcionen al mismo tiempo. El factor de simultaneidad para la maquinaria lo hemos fijado en 0,7, por lo tanto la I_t y la P_t se multiplicarán por este factor de simultaneidad (F_s).

$$I_t' = I_t \times F_s = 147,09 \times 0,70 = 102,97 \text{ A}$$

$$P_t' = P_t \times F_s = 86,44 \times 0,70 = 60,51 \text{ kW}$$

-Cálculo para máxima intensidad soportable por el cable

Sabiendo que se trata de un circuito trifásico instalado al aire con conductores de cobre con un tipo de aislamiento XLPE (Polietileno reticulado) y que el circuito será colocado en bandeja perforada podemos obtener la sección mínima necesaria para la intensidad calculada.

Teniendo en cuenta que se trata de instalaciones receptoras utilizaremos la tabla de la norma UNE 20460-5-523 para seleccionar la sección de cable adecuado para soportar como mínimo esta intensidad: $I_t' = 102,97 \text{ A}$



3. INTENSIDAD ADMISIBLE EN CABLES DE TENSIÓN ASIGNADA HASTA 0,6/1 kV, PARA INSTALACIONES RECEPTORAS SEGÚN NORMA UNE 20460-5-523.

Tabla 1:

INTENSIDAD ADMISIBLE (EN AMPERIOS), PARA CABLES AL AIRE, CON CONDUCTOR DE COBRE (TENSIÓN ASIGNADA HASTA 0,6/1 kV)

Método de Instalación ¹⁾	Número de conductores cargados y tipo aislamiento											
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
A1 Conductores aislados en tubos empotrados en paredes aislantes		3x PVC	2x PVC		3x XLPE	2x XLPE						
A2 Cables multiconductores en tubos empotrados en paredes aislantes	3x PVC	2x PVC		3x XLPE	2x XLPE							
B1 Conductores aislados en tubos en montaje superficial o empotrados en obra				3x PVC	2x PVC		3x XLPE	2x XLPE				
B2 Cables multiconductores en tubos en montaje superficial o empotrados en obra			3x PVC	2x PVC		3x XLPE	2x XLPE					
C Cables multiconductores directamente sobre la pared					3x PVC		2x PVC		2x XLPE			
E Cables multiconductores al aire libre. Distancia a la pared no inferior a 0,3 D						3x PVC		2x PVC	3x XLPE		2x XLPE	
F Cables unipolares en contacto mutuo. Distancia a la pared no inferior a D							3x PVC		2x PVC	3x XLPE		2x XLPE
Sección mm² COBRE												
1,5	11	11,5	13	13,5	15	16	16,5	19	20	21	24	
2,5	15	16	17,5	18,5	21	22	23	26	26,5	29	33	
4	20	21	23	24	27	30	31	34	36	38	45	
6	25	27	30	32	36	37	40	44	46	49	57	
10	34	37	40	44	50	52	54	60	65	68	76	
16	45	49	54	59	66	70	73	81	87	91	105	
25	59	64	70	77	84	88	95	103	110	116	123	140
35		77	86	96	104	110	118	127	137	144	154	174
50		94	103	117	125	133	145	155	167	175	188	210
70				149	160	171	185	199	214	224	244	269
95				180	194	207	224	241	259	271	296	327
120				208	225	240	260	280	301	314	348	380
150				236	260	278	299	322	343	363	404	438
185				268	297	317	341	368	391	415	464	500
240				315	350	374	401	435	468	490	552	590
300				360	401	430	461	500	538	563	638	676
400				431	480	515	552	599	645	674	770	812
500				493	551	592	633	687	741	774	889	931
630				565	632	681	728	790	853	890	1028	1071

Temperatura del aire: 40°C

Se indican como 3x los circuitos trifásicos y como 2x los monofásicos. A efecto de las intensidades admisibles los cables con aislamiento termoplástico a base de poliolefina (Z1) son equivalentes a los cables con aislamiento de policloruro de vinilo (V).

Tabla 2-8. Intensidad máxima admisible para instalaciones receptoras.

Entonces según la intensidad máxima soportada por el conductor podemos escoger un cable de 25 mm², pero como está un poco justo escogemos mejor el cable inmediatamente superior, con sección de 35 mm².



-Cálculo por caída de tensión

El valor máximo de la caída de tensión viene fijado en la instrucción ITC-BT 19, la cual nos marca que la caída de tensión entre el origen de la instalación interior y cualquier punto de utilización sea menor del 5%, para maquinaria. En este caso, como se trata de una línea trifásica, con una tensión entre fases de 400V, la caída de tensión máxima admisible es de:

$$e_{adm} = 5\% \text{ de } 400 = 20V$$

Si probamos con un cable de 35 mm²

$$e = \frac{\sqrt{3} \cdot I_t' \cdot L \cdot \cos\phi}{K \cdot S} = \frac{\sqrt{3} \cdot 102,97 \cdot 33 \cdot 0,85}{56 \cdot 35} = 2,55 V < 20V \quad \text{OK}$$

Según la caída de tensión comprobamos también que podemos escoger un cable de 35 mm². Por lo tanto el conductor tendrá una sección de 4(1 x 35)mm² + 1(1 x 16)mm² · TT, será un cable tetrapolar ya que se necesita una alimentación trifásica y con una toma de tierra, según marca la tabla 2 de la ITC-BT 19, con una sección mínima igual a la del conductor de fase.

TABLA-2 (ITC-BT 19)

Secciones de los conductores de fase o polares de la instalación (mm ²)	Secciones mínimas de los conductores de protección (mm ²)
S ≤ 16 16 < S ≤ 35 S > 35	S (*) 16 S/2
(*) Con un mínimo de: 2,5 mm ² si los conductores de protección no forman parte de la canalización de alimentación y tienen una protección mecánica 4 mm ² si los conductores de protección no forman parte de la canalización de alimentación y no tienen una protección mecánica	

Tabla 2-9. Elección de la sección del conductor de protección

ES DECIR QUE QUE LA LÍNEA L-F2 TIENE UNA SECCIÓN DE 4 (1 x 35) mm² + 1(1 x 16) mm² · TT. E IRÁ COLOCADO SOBRE BANDEJA PERFORADA SIENDO LA INTENSIDAD MÁXIMA ADMISIBLE DE DICHO CONDUCTOR DE 137 A.



2.1.4- Cálculo de las líneas de fuerza de las tomas de corrientes en el taller

Las tomas de corriente en el taller serán trifásicas y estarán protegidas con enclavamiento mecánico. La línea de tomas estará diseñada para conectar máquinas de soldar. Es preciso comentar que los equipos de soldadura se han englobado en el grupo de aparatos que se alimentan de las tomas de corrientes. Esto es así ya que es necesario que tengan cierta movilidad para soldar las grandes estructuras.

Comenzaremos calculando y explicando paso por paso la línea L-FT5-d, después las otras líneas de tomas de corrientes del taller se calcularán de forma similar pero más resumidamente, con la ayuda de una hoja de cálculo, aplicando los mismos razonamientos que en esta línea.

-Cálculo de la línea L-FT5-d (L=17m)

Teniendo en cuenta que en las líneas de tomas de corriente del taller se consume una potencia igual a la suma de las potencias de los elementos alimentados, es decir maquinarias de mano y luminarias que se puedan conectar a estas tomas de corriente, podemos hacer el siguiente cálculo:

Elementos alimentados	Cantidad	Potencia consumida individual (kW)	Total
Equipo de soldadura	3	19,20	57,60
Radiales	1	0,37	0,37
Taladros de mano	2	0,37	0,74
Luminarias	3	0,06	0,18
POTENCIA TOTAL (kW)			58,89

Tabla 2-10. Potencia consumida en el taller por las tomas de corriente

Para hallar la potencia media que puede suministrar cada toma de corriente dividiremos la potencia total entre las 18 tomas del taller y después calcularemos la potencia total de la línea L-FT5-d sabiendo que cuenta con cinco tomas.

$$P_{\text{toma}} = P_t / \text{tomas} = 58,89 / 18 = 3,27 \text{ kW}$$

$$P_{\text{línea}} = P_{\text{toma}} \times n^{\circ}_{\text{toma}} = 3,27 \times 5 = 16,36 \text{ kW}$$



Datos de la línea: $P_{\text{línea}} : 16,36 \text{ kW}$, $\cos\varphi: 0.80$, $U: 400\text{V}$

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos\varphi} = \frac{16,36 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0.80} = 29,52 \text{ A}$$

En este caso no se aplica la instrucción ITC-BT 47 para calcular la potencia suministrada, es decir el coeficiente de corrección es igual a 1.

$$P' = 1 \cdot 16,36 = 16,36 \text{ kW}$$

$$I' = 1 \cdot 29,52 = 29,52 \text{ A}^*$$

*(Por lo tanto la I_{nominal} para las tomas de corriente del taller la fijamos en 32A.)

Ahora calculamos la I activa y reactiva

$$I_a = I' \cdot \cos\varphi = 29,52 \cdot 0,80 = 23,61 \text{ A}$$

$$I_r = I' \cdot \sin\varphi = I' \cdot \sqrt{1 - \cos^2\varphi} = 17,71 \text{ A}$$

Calculo de la potencia reactiva (Q):

$$Q = \sum P_{\text{asb}} \cdot \tan\varphi = \sum P_{\text{asb}} \frac{\sin\varphi}{\cos\varphi} = 12,27 \text{ kVAr}$$

-Cálculo para máxima intensidad soportable por el cable

Sabiendo que se trata de un circuitos trifásico con conductores de cobre con un tipo de aislamiento XLPE (Polietileno reticulado) y que el circuito será colocado en canalizaciones empotradas, podemos obtener la sección mínima necesaria para la intensidad calculada.

Teniendo en cuenta que se trata de instalaciones receptoras utilizaremos la tabla de la norma UNE 20460-5-523 para seleccionar la sección de cable adecuado para soportar como mínimo esta intensidad: $I' = 29,52 \text{ A}$



3. INTENSIDAD ADMISIBLE EN CABLES DE TENSIÓN ASIGNADA HASTA 0,6/1 kV, PARA INSTALACIONES RECEPTORAS SEGÚN NORMA UNE 20460-5-523.

Tabla 1: INTENSIDAD ADMISIBLE (EN AMPERIOS), PARA CABLES AL AIRE, CON CONDUCTOR DE COBRE (TENSIÓN ASIGNADA HASTA 0,6/1 kV)

Método de Instalación ¹⁾	Número de conductores cargados y tipo aislamiento												
	3x PVC	2x PVC	3x XLPE	2x XLPE									
A1 Conductores aislados en tubos empotrados en paredes aislantes													
A2 Cables multiconductores en tubos empotrados en paredes aislantes													
B1 Conductores aislados en tubos en montaje superficial o empotrados en obra													
B2 Cables multiconductores en tubos en montaje superficial o empotrados en obra													
C Cables multiconductores directamente sobre la pared													
E Cables multiconductores al aire libre. Distancia a la pared no inferior a 0,3 D													
F Cables unipolares en contacto mutuo. Distancia a la pared no inferior a D													
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
Sección mm² COBRE													
1,5	11	11,5	13	13,5	15	16	16,5	19	20	21	24		
2,5	15	16	17,5	18,5	21	22	23	26	26,5	29	33		
4	20	21	23	24	27	30	31	34	36	38	45		
6	25	27	30	31	36	37	40	44	46	49	57		
10	34	37	40	44	50	52	54	60	65	68	76		
16	45	49	54	59	66	70	73	81	87	91	105		
25	59	64	70	77	84	88	95	103	110	116	123	140	
35		77	86	96	104	110	119	127	137	144	154	174	
50		94	103	117	125	133	145	155	167	175	188	210	
70				149	160	171	185	199	214	224	244	269	
95				180	194	207	224	241	259	271	296	327	
120				208	225	240	260	280	301	314	348	380	
150				236	260	278	299	322	343	363	404	438	
185				268	297	317	341	368	391	415	464	500	
240				315	350	374	401	435	468	490	552	590	
300				360	401	430	461	500	538	563	638	676	
400				431	480	515	552	599	645	674	770	812	
500				493	551	592	633	687	741	774	889	931	
630				565	632	681	728	790	853	890	1028	1071	

Se indican como 3x los circuitos trifásicos y como 2x los monofásicos. A efecto de las intensidades admisibles los cables con aislamiento termoplástico a base de poliolefina (Z1) son equivalentes a los cables con aislamiento de policloruro de vinilo (V).

Tabla 2-8. Intensidad máxima admisible para instalaciones receptoras.

Entonces según la intensidad máxima soportada por el conductor podemos escoger un cable de 6 mm².



-Cálculo por caída de tensión

El valor máximo de la caída de tensión viene fijado en la instrucción ITC-BT 19, la cual nos marca que la caída de tensión entre el origen de la instalación interior y cualquier punto de utilización sea menor del 5%, para maquinaria. En este caso, como se trata de una línea trifásica, con una tensión entre fases de 400V, la caída de tensión máxima admisible es de:

$$e_{adm} = 5\% \text{ de } 400 = 20V$$

Si probamos con un cable de 6 mm²

$$e = \frac{\sqrt{3} \cdot I \cdot L \cdot \cos\phi}{K \cdot S} = \frac{\sqrt{3} \cdot 29,52 \cdot 17 \cdot 0,80}{56 \cdot 6} = 2,07 V < 20V \quad \mathbf{OK}$$

Según la caída de tensión comprobamos también que podemos escoger un cable de 6 mm². Por lo tanto el conductor tendrá una sección de 4(1 x 6)mm² + 1(1 x 6)mm² · TT, será un cable tetrapolar ya que se necesita una alimentación trifásica y con una toma de tierra, según marca la tabla 2 de la ITC-BT 19, con una sección mínima igual a la del conductor de fase.

TABLA-2 (ITC-BT 19)

Secciones de los conductores de fase o polares de la instalación (mm ²)	Secciones mínimas de los conductores de protección (mm ²)
$S \leq 16$ $16 < S \leq 35$ $S > 35$	$S (*)$ 16 $S/2$
(*) Con un mínimo de: 2,5 mm ² si los conductores de protección no forman parte de la canalización de alimentación y tienen una protección mecánica 4 mm ² si los conductores de protección no forman parte de la canalización de alimentación y no tienen una protección mecánica	

Tabla 2-9. Elección de la sección del conductor de protección

El tubo de protección que alojará este conductor de sección de 4(1 x 6)mm² + 1(1 x 6)mm² · TT, debe cumplir las características mínimas indicadas en la tabla 3 de la ITC-BT-21, al ser una canalización empotrada.



TABLA-3 (ITC-BT 21)

Característica	Código	Grado
Resistencia a la compresión	2	Ligera
Resistencia al impacto	2	Ligera
Temperatura mínima de instalación y servicio	2	-5°C
Temperatura máxima de instalación y servicio	1	+60°C
Resistencia al curvado	1-2-3-4	Cualquiera de las especificadas
Propiedades eléctricas	0	No declaradas
Resistencia a la penetración de objetos sólidos	4	Contra objetos D ≥ 1 mm
Resistencia a la penetración del agua	2	Contra gotas de agua cayendo verticalmente cuando el sistema de tubos está inclinado 15°
Resistencia a la corrosión de tubos metálicos y compuestos	2	Protección interior y exterior media
Resistencia a la tracción	0	No declarada
Resistencia a la propagación de la llama	1	No propagador
Resistencia a las cargas suspendidas	0	No declarada

Tabla 2-11. Características mínimas para tubos empotrados

Para la elección de la sección del tubo de protección se tomará la tabla 5 de la ITC-BT-21, ya que es una canalización empotrada.

TABLA-5 (ITC-BT 21)

Sección nominal de los conductores unipolares (mm ²)	Diámetro exterior de los tubos (mm)				
	Número de conductores				
	1	2	3	4	5
1,5	12	12	16	16	20
2,5	12	16	20	20	20
4	12	16	20	20	25
6	12	16	25	25	25
10	16	25	25	32	32
16	20	25	32	32	40
25	25	32	40	40	50
35	25	40	40	50	50
50	32	40	50	50	63
70	32	50	63	63	63
95	40	50	63	75	75
120	40	63	75	75	--
150	50	63	75	--	--
185	50	75	--	--	--
240	63	75	--	--	--

Tabla 2-12. Diámetro exterior mínimo de los tubos empotrados.

ES DECIR QUE QUE LA LÍNEA L-FT5-d TIENE UNA SECCIÓN DE 4 (1 x 6) mm² + 1(1 x 6) mm² · TT. E IRÁ EMPOTRADA EN TUBO DE 25mm SIENDO LA INTENSIDAD MÁXIMA ADMISIBLE DE DICHO CONDUCTOR DE 37 A.



2.1.5- Cálculo de las líneas de fuerza de las tomas de corrientes de oficinas

En este caso al ser tomas de corrientes de oficinas, la caída de tensión permitida viene fijada por la instrucción ITC-BT 19, la cual marca que la diferencia entre la tensión de origen de la instalación y cualquier punto de utilización sea menor del 5%. Al tratarse de una línea monofásica, con una tensión entre neutro y fase de 230 V, la caída de tensión máxima que se permite es de:

$$e_{adm} = 5\% \text{ de } 230 = 11,50 \text{ V}$$

Comenzaremos calculando y explicando paso por paso la línea L-FT1-d, después las otras líneas de tomas de corrientes de las oficinas se calcularán de forma similar pero más resumidamente, con la ayuda de una hoja de cálculo, aplicando los mismos razonamientos que en esta línea.

-Cálculo de la línea L-FT1-d (L=24m)

En el caso de las tomas de corrientes de las oficinas contarán con una potencia diferente dependiendo del circuito al que pertenezca, es decir dependiendo de los elementos alimentados en cada zona, en el caso de la línea L-FT1-d (tomas de corriente de la oficina técnica) alimentará a los siguientes elementos:

Elementos alimentados	Cantidad	Potencia consumida individual (kW)	Total (kW)
Ordenadores y periféricos	4	0,35	1,40
Impresoras	2	0,22	0,44
Lámparas de mesa	2	0,06	0,12
Otros usos (relojes, cargadores, etc...)	-	1,00	1,00
POTENCIA TOTAL (kW)			2,96

Tabla 2-13. Potencia consumida por las tomas de corriente de la línea L-FT1-d

Para no quedarnos cortos hacemos un redondeo al entero superior y le asignamos una potencia a la línea L-FT1-d de 3,00 kW.



Datos de la línea: $P_{\text{línea}} : 3,00 \text{ kW}$, $\cos\varphi: 1,00$, $U: 230\text{V}$

$$I = \frac{P}{U \cdot \cos\varphi} = \frac{3,00 \cdot 10^3}{230 \cdot 1,00} = 13,04 \text{ A}$$

En este caso no se aplica la instrucción ITC-BT 47 para calcular la potencia suministrada, es decir el coeficiente de corrección es igual a 1.

$$P' = 1 \cdot 3,00 = 3,00 \text{ kW}$$

$$I' = 1 \cdot 13,04 = 13,04 \text{ A}^*$$

*(Por lo tanto la I_{nominal} para cada toma de corriente de las oficinas la fijamos en 16A.)

Ahora calculamos la intensidad activa (I_a), reactiva (I_r) y la potencia reactiva (Q):

$$I_a = I' \cdot \cos\varphi = 13,04 \cdot 1,00 = 13,04 \text{ A}$$

$$I_r = I' \cdot \sin\varphi = I' \cdot \sqrt{1 - \cos^2\varphi} = 0,00 \text{ A}$$

$$Q = \sum P_{\text{asb}} \cdot \tan\varphi = \sum P_{\text{asb}} \frac{\sin\varphi}{\cos\varphi} = 0,00 \text{ kVAR}$$

-Cálculo para máxima intensidad soportable por el cable

Sabiendo que se trata de un circuitos monofásico con conductores de cobre colocados en canalizaciones empotradas en pared con un tipo de aislamiento XLPE (Polietileno reticulado) podemos obtener la sección mínima necesaria para la intensidad calculada.

Teniendo en cuenta que se trata de instalaciones interiores utilizaremos la tabla de la norma UNE 20460-5-523 para seleccionar la sección de cable adecuado para soportar como mínimo esta intensidad: $I' = 13,04 \text{ A}$



3. INTENSIDAD ADMISIBLE EN CABLES DE TENSIÓN ASIGNADA HASTA 0,6/1 kV, PARA INSTALACIONES RECEPTORAS SEGÚN NORMA UNE 20460-5-523.

Tabla 1:

INTENSIDAD ADMISIBLE (EN AMPERIOS), PARA CABLES AL AIRE, CON CONDUCTOR DE COBRE (TENSIÓN ASIGNADA HASTA 0,6/1 kV)

Método de Instalación ¹⁾	Número de conductores cargados y tipo aislamiento												
	3x PVC	2x PVC	3x XLPE	2x XLPE									
A1 Conductores aislados en tubos empotrados en paredes aislantes													
A2 Cables multiconductores en tubos empotrados en paredes aislantes													
B1 Conductores aislados en tubos en montaje superficial o empotrados en obra													
B2 Cables multiconductores en tubos en montaje superficial o empotrados en obra													
C Cables multiconductores directamente sobre la pared													
E Cables multiconductores al aire libre. Distancia a la pared no inferior a 0,3 D													
F Cables unipolares en contacto mutuo. Distancia a la pared no inferior a D													
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
Sección mm² COBRE													
1,5	11	11,5	13	13,5	15	16	16,5	19	20	21	24		
2,5	15	16	17,5	18,5	21	22	23	26	26,5	29	33		
4	20	21	23	24	27	30	31	34	36	38	45		
6	25	27	30	32	36	37	40	44	46	49	57		
10	34	37	40	44	50	52	54	60	65	68	76		
16	45	49	54	59	66	70	73	81	87	91	105		
25	59	64	70	77	84	88	95	103	110	116	123	140	
35		77	86	96	104	110	119	127	137	144	154	174	
50		94	103	117	125	133	145	155	167	175	188	210	
70				149	160	171	185	199	214	224	244	269	
95				180	194	207	224	241	259	271	296	327	
120				208	225	240	260	280	301	314	348	380	
150				236	260	278	299	322	343	363	404	438	
185				268	297	317	341	368	391	415	464	500	
240				315	350	374	401	435	468	490	552	590	
300				360	401	430	461	500	538	563	638	676	
400				431	480	515	552	599	645	674	770	812	
500				493	551	592	633	687	741	774	889	931	
630				565	632	681	728	790	853	890	1028	1071	

Temperatura del aire: 40°C

Se indican como 3x los circuitos trifásicos y como 2x los monofásicos. A efecto de las intensidades admisibles los cables con aislamiento termoplástico a base de poliolefina (Z1) son equivalentes a los cables con aislamiento de policloruro de vinilo (V).

Tabla 2-8. Intensidad máxima admisible para instalaciones receptoras.

Entonces según la intensidad máxima soportada por el conductor podemos escoger un cable de 1,5 mm².



-Cálculo por caída de tensión

El valor máximo de la caída de tensión viene marcado por la instrucción ITC-BT 19, la cual nos marca que la caída de tensión entre el origen de la instalación interior y cualquier punto de utilización sea menor del 5%, para maquinaria. En este caso, como se trata de una línea monofásica, con una tensión de línea de 230 V, la caída de tensión máxima admisible es de:

$$e_{adm} = 5\% \text{ de } 230 = 11,50 \text{ V}$$

Si probamos con un cable de 1,5mm²

$$e = \frac{2 \cdot P \cdot L}{K \cdot S \cdot U} = \frac{2 \cdot 3000 \cdot 24}{56 \cdot 1,5 \cdot 230} = 7,45 \text{ V} < 11,50 \text{ V} \quad \mathbf{OK}$$

Según la caída de tensión comprobamos también que podemos elegir un cable de 1,5 mm². Entonces escogemos un conductor de 2(1 x 1,5)mm² + 1(1 x 1,5)mm² · TT, será un cable bipolar ya que se necesita conseguir una tensión 230 V (neutro-fase) y con una toma de tierra, según marca la tabla 2 de la ITC-BT 19, con una sección mínima igual al valor del conductor de fase.

TABLA-2 (ITC-BT 19)

Secciones de los conductores de fase o polares de la instalación (mm ²)	Secciones mínimas de los conductores de protección (mm ²)
$S \leq 16$ $16 < S \leq 35$ $S > 35$	$S (*)$ 16 $S/2$
(*) Con un mínimo de: 2,5 mm ² si los conductores de protección no forman parte de la canalización de alimentación y tienen una protección mecánica 4 mm ² si los conductores de protección no forman parte de la canalización de alimentación y no tienen una protección mecánica	

Tabla 2-9. Elección de la sección del conductor de protección

El tubo de protección que alojará este conductor de sección de 2(1 x 1,5)mm² + 1(1 x 1,5)mm² · TT, debe cumplir las características mínimas indicadas en la tabla 3 de la ITC-BT-21, al ser una canalización empotrada.



TABLA-3 (ITC-BT 21)

Característica	Código	Grado
Resistencia a la compresión	2	Ligera
Resistencia al impacto	2	Ligera
Temperatura mínima de instalación y servicio	2	-5°C
Temperatura máxima de instalación y servicio	1	+60°C
Resistencia al curvado	1-2-3-4	Cualquiera de las especificadas
Propiedades eléctricas	0	No declaradas
Resistencia a la penetración de objetos sólidos	4	Contra objetos $D \geq 1 \text{ mm}$
Resistencia a la penetración del agua	2	Contra gotas de agua cayendo verticalmente cuando el sistema de tubos está inclinado 15°
Resistencia a la corrosión de tubos metálicos y compuestos	2	Protección interior y exterior media
Resistencia a la tracción	0	No declarada
Resistencia a la propagación de la llama	1	No propagador
Resistencia a las cargas suspendidas	0	No declarada

Tabla 2-11. Características mínimas para tubos empotrados

Para la elección de la sección del tubo de protección se tomará la tabla 5 de la ITC-BT-21, ya que es una canalización empotrada.

TABLA-5 (ITC-BT 21)

Sección nominal de los conductores unipolares (mm ²)	Diámetro exterior de los tubos (mm)				
	Número de conductores				
	1	2	3	4	5
1,5	12	12	16	16	20
2,5	12	16	20	20	20
4	12	16	20	20	25
6	12	16	25	25	25
10	16	25	25	32	32
16	20	25	32	32	40
25	25	32	40	40	50
35	25	40	40	50	50
50	32	40	50	50	63
70	32	50	63	63	63
95	40	50	63	75	75
120	40	63	75	75	--
150	50	63	75	--	--
185	50	75	--	--	--
240	63	75	--	--	--

Tabla 2-12. Diámetro exterior mínimo de los tubos empotrados.

ES DECIR QUE QUE LA LÍNEA L-FT1-d TIENE UNA SECCIÓN DE 2 (1 x 1,5) mm² + 1 (1 x 1,5) mm² · TT , E IRÁ EMPOTRADA EN PARED EN TUBO DE 16mm SIENDO LA INTENSIDAD MÁXIMA ADMISIBLE DE DICHO CONDUCTOR DE 16,5 A.



2.1.6- Tablas de las líneas de fuerza calculadas

Teniendo en cuenta que las líneas de fuerza estarán concentradas en los diferentes sub-cuadros de fuerza y que hasta ahora sólo se ha realizado la elección detallada de una de las líneas de fuerza para cada tipo de instalación (maquinaria, tomas de corriente del taller, tomas de corriente de las oficinas), a continuación, con ayuda de una hoja de cálculo, adjuntamos el resto de líneas siguiendo los mismos criterios ya expuestos. Las secciones seleccionadas para las diferentes líneas quedan resumidas en las siguientes tablas:

CALCULOS PARA LA ELECCIÓN DEL CONDUCTOR DE LA SUB-LINEA L-FT1-a

DATOS INICIALES	Tomas de corriente de:	Linea	L(m)	U(V)	Cosφ	P _{abs} (kW)	Q(kVAr)	I(A)	I _a (A)	I _r (A)
	Sala de espera y recepción	L-FT1-a	30	230	1,00	3,00	0,00	13,04	13,04	0,00

RESULTADOS PARCIALES	Tomas de corriente de:	Linea	CÁLCULO PARA MAXIMA INTENSIDAD SOPORTEBLE POR EL CABLE		CALCULO DE CAÍDA DE TENSIÓN	
			I(A)	Secc. (mm ²) según TABLA	Secc. (mm ²)	cdt (V) <11,50 V
	Sala de espera y recepción	L-FT1-a	13,04	1,5	1,5	9,32

RESULTADOS FINALES	Tomas de corriente de:	Linea	Secc. (mm ²)	Conductor elegido (mm ²)	cdt (V) real	Tipo de canalización	Aislamiento	I _{max} (A) soportable por el cable
	Sala de espera y recepción	L-FT1-a	2,5	2(1x 2,5)mm ² + 1(1x 2,5)mm ² ·TT	5,59	Empotrado en pared en tubo de 20 mm	XLPE (PRC)	23

CALCULOS PARA LA ELECCIÓN DEL CONDUCTOR DE LA SUB-LINEA L-FT1-b

DATOS INICIALES	Tomas de corriente de:	Linea	L(m)	U(V)	Cosφ	P _{abs} (kW)	Q(kVAr)	I(A)	I _a (A)	I _r (A)
		Pasillo y aseos	L-FT1-b	29	230	1,00	1,00	0,00	4,35	4,35

RESULTADOS PARCIALES	Tomas de corriente de:	Linea	CÁLCULO PARA MAXIMA INTENSIDAD SOPORTEBLE POR EL CABLE		CALCULO DE CAÍDA DE TENSIÓN	
			I(A)	Secc. (mm ²) según TABLA	Secc. (mm ²)	cdt (V) <11,50 V
		Pasillo y aseos	L-FT1-b	4,35	1,5	1,5

RESULTADOS FINALES	Tomas de corriente de:	Linea	Secc. (mm ²)	Conductor elegido (mm ²)	cdt (V) real	Tipo de canalización	Aislamiento	I _{max} (A) soportable por el cable
		Pasillo y aseos	L-FT1-b	1,5	2(1x 1,5)mm ² + 1(1x 1,5)mm ² ·TT	3,00	Empotrado en pared en tubo de 16 mm	XLPE (PRC)

CALCULOS PARA LA ELECCIÓN DEL CONDUCTOR DE LA SUB-LINEA L-FT1-c

DATOS INICIALES	Tomas de corriente de:	Linea	L(m)	U(V)	Cosφ	P _{abs} (kW)	Q(kVAr)	I(A)	I _a (A)	I _r (A)
	Archivo y oficina jefe taller	L-FT1-c	30	230	1,00	2,00	0,00	8,70	8,70	0,00

RESULTADOS PARCIALES	Tomas de corriente de:	Linea	CÁLCULO PARA MAXIMA INTENSIDAD SOPORTEBLE POR EL CABLE		CALCULO DE CAÍDA DE TENSIÓN	
			I(A)	Secc. (mm ²) según TABLA	Secc. (mm ²)	cdt (V) <11,50 V
	Archivo y oficina jefe taller	L-FT1-c	8,70	1,5	1,5	6,21

RESULTADOS FINALES	Tomas de corriente de:	Linea	Secc. (mm ²)	Conductor elegido (mm ²)	cdt (V) real	Tipo de canalización	Aislamiento	I _{max} (A) soportable por el cable
	Archivo y oficina jefe taller	L-FT1-c	1,5	2(1x 1,5)mm ² + 1(1x 1,5)mm ² ·TT	6,21	Empotrado en pared en tubo de 16 mm	XLPE (PRC)	16,50

CALCULOS PARA LA ELECCIÓN DEL CONDUCTOR DE LA SUB-LINEA L-FT1-d

DATOS INICIALES	Tomas de corriente de:	Linea	L(m)	U(V)	Cosφ	P _{abs} (kW)	Q(kVAr)	I(A)	I _a (A)	I _r (A)
		Oficina técnica	L-FT1-d	24	230	1,00	3,00	0,00	13,04	13,04

RESULTADOS PARCIALES	Tomas de corriente de:	Linea	CÁLCULO PARA MAXIMA INTENSIDAD SOPORTEBLE POR EL CABLE		CALCULO DE CAÍDA DE TENSIÓN	
			I(A)	Secc. (mm ²) según TABLA	Secc. (mm ²)	cdt (V) <11,50 V
		Oficina técnica	L-F1-d	13,04	1,5	1,5

RESULTADOS FINALES	Tomas de corriente de:	Linea	Secc. (mm ²)	Conductor elegido (mm ²)	cdt (V) real	Tipo de canalización	Aislamiento	I _{max} (A) soportable por el cable
		Oficina técnica	L-FT1-d	1,5	2(1x 1,5)mm ² + 1(1x 1,5)mm ² ·TT	7,45	Empotrado en pared en tubo de 16 mm	XLPE (PRC)

CALCULOS PARA LA ELECCIÓN DEL CONDUCTOR DE LA SUB-LINEA L-FT1-e

DATOS INICIALES	Tomas de corriente de:	Linea	L(m)	U(V)	Cosφ	P _{abs} (kW)	Q(kVAr)	I(A)	I _a (A)	I _r (A)
		Despachos	L-FT1-e	35	230	1,00	3,00	0,00	13,04	13,04

RESULTADOS PARCIALES	Tomas de corriente de:	Linea	CÁLCULO PARA MAXIMA INTENSIDAD SOPORTEBLE POR EL CABLE		CALCULO DE CAÍDA DE TENSIÓN	
			I(A)	Secc. (mm ²) según TABLA	Secc. (mm ²)	cdt (V) <11,50 V
		Despachos	L-FT1-e	13,04	1,5	1,5

RESULTADOS FINALES	Tomas de corriente de:	Linea	Secc. (mm ²)	Conductor elegido (mm ²)	cdt (V) real	Tipo de canalización	Aislamiento	I _{max} (A) soportable por el cable
		Despachos	L-FT1-e	2,5	2(1x 2,5)mm ² + 1(1x 2,5)mm ² ·TT	6,52	Empotrado en pared en tubo de 20 mm	XLPE (PRC)

CALCULOS PARA LA ELECCIÓN DEL CONDUCTOR DE LA SUB-LINEA L-FT1-f

DATOS INICIALES	Tomas de corriente de:	Linea	L(m)	U(V)	Cosφ	P _{abs} (kW)	Q(kVAr)	I(A)	I _a (A)	I _r (A)
		Sala de reuniones y comedor	L-FT1-f	53	230	1,00	3,00	0,00	13,04	13,04

RESULTADOS PARCIALES	Tomas de corriente de:	Linea	CÁLCULO PARA MAXIMA INTENSIDAD SOPORTEBLE POR EL CABLE		CALCULO DE CAÍDA DE TENSIÓN	
			I(A)	Secc. (mm ²) según TABLA	Secc. (mm ²)	cdt (V) <11,50V
	Sala de reuniones y comedor	L-FT1-f	13,04	1,5	1,5	16,46

RESULTADOS FINALES	Tomas de corriente de:	Linea	Secc. (mm ²)	Conductor elegido (mm ²)	cdt (V) real	Tipo de canalización	Aislamiento	I _{max} (A) soportable por el cable
		Sala de reuniones y comedor	L-FT1-f	4	2(1x 4)mm ² + 1(1x 4)mm ² ·TT	6,17	Empotrado en pared en tubo de 20 mm	XLPE (PRC)

CALCULOS PARA LA ELECCIÓN DEL CONDUCTOR DE LA SUB-LINEA L-FT1-g

DATOS INICIALES	Tomas de corriente de:	Linea	L(m)	U(V)	Cosφ	P _{abs} (kW)	Q(kVAr)	I(A)	I _a (A)	I _r (A)
	Vestuarios	L-FT1-g	47	230	1,00	2,00	0,00	8,70	8,70	0,00

RESULTADOS PARCIALES	Tomas de corriente de:	Linea	CÁLCULO PARA MAXIMA INTENSIDAD SOPORTEBLE POR EL CABLE		CALCULO DE CAÍDA DE TENSIÓN	
			I(A)	Secc. (mm ²) según TABLA	Secc. (mm ²)	cdt (V) <11,50 V
	Vestuarios	L-FT1-g	8,70	1,5	1,5	9,73

RESULTADOS FINALES	Tomas de corriente de:	Linea	Secc. (mm ²)	Conductor elegido (mm ²)	cdt (V) real	Tipo de canalización	Aislamiento	I _{max} (A) soportable por el cable
	Vestuarios	L-FT1-g	2,5	2(1x 2,5)mm ² + 1(1x 2,5)mm ² ·TT	5,84	Empotrado en pared en tubo de 20 mm	XLPE (PRC)	23

RESUMEN Y TOTALES DE LAS LINEAS DEL SUB-CUADRO F1

Tomas de Corriente de:	Linea	$P_{abs}(kW)$	$Q(kVAR)$	$I(A)$	$I_a(A)$	$I_r(A)$	Conductor elegido (mm ²)	cdt (V)	Tipo de canaliz.	Aisl.
Sala de espera y recepción	L-FT1-a	3,00	0,00	13,04	13,04	0,00	2(1x 2,5)mm ² + 1(1x 2,5)mm ² ·TT	5,59	Empotrado en pared Tubo 20 mm	XLPE (PRC)
Pasillo y aseos	L-FT1-b	1,00	0,00	4,35	4,35	0,00	2(1x 1,5)mm ² + 1(1x 1,5)mm ² ·TT	3,00	Empotrado en pared Tubo 16 mm	XLPE (PRC)
Archivo y oficina jefe taller	L-FT1-c	2,00	0,00	8,70	8,70	0,00	2(1x 1,5)mm ² + 1(1x 1,5)mm ² ·TT	6,21	Empotrado en pared Tubo 16 mm	XLPE (PRC)
Oficina técnica	L-FT1-d	3,00	0,00	13,04	13,04	0,00	2(1x 1,5)mm ² + 1(1x 1,5)mm ² ·TT	7,45	Empotrado en pared Tubo 16 mm	XLPE (PRC)
Despachos	L-FT1-e	3,00	0,00	13,04	13,04	0,00	2(1x 2,5)mm ² + 1(1x 2,5)mm ² ·TT	6,52	Empotrado en pared Tubo 20 mm	XLPE (PRC)
Sala de reuniones y comedor	L-FT1-f	3,00	0,00	13,04	13,04	0,00	2(1x 4)mm ² + 1(1x 4)mm ² ·TT	6,17	Empotrado en pared Tubo 20 mm	XLPE (PRC)
Vestuarios	L-FT1-g	2,00	0,00	8,70	8,70	0,00	2(1x 2,5)mm ² + 1(1x 2,5)mm ² ·TT	5,84	Empotrado en pared Tubo 20 mm	XLPE (PRC)
TOTALES		17,00	0,00		73,91	0,00				

CÁLCULOS PARA LA ELECCIÓN DEL CONDUCTOR DE LA SUB-LINEA L-F1

DATOS INICIALES	Receptor alimentado	Linea	L(m)	U(V)	Cosφ	P _{abs} (kW)	Q(kVAr)	I(A)	I _a (A)	I _r (A)	F _s	P _r ' (kW)	I'(A)
		Sub-Cuadro F1	L-F1	13	400	0,33	17,00	48,63	73,91	73,91	0,00	0,90	15,30

RESULTADOS PARCIALES	Receptor alimentado	Linea	CÁLCULO PARA MÁXIMA INTENSIDAD SOPORTEBLE POR EL CABLE		CÁLCULO DE CAÍDA DE TENSIÓN	
			I(A)	Secc. (mm ²) según TABLA	Secc. (mm ²)	cdt (V) <20 V
		Sub-Cuadro F1	L-F1	66,52	16	16

RESULTADOS FINALES	Receptor alimentado	Linea	Secc. (mm ²)	Conductor elegido (mm ²)	cdt (V) real	Tipo de canalización	Aislamiento	I _{max} (A) soportable por el cable
		Sub-Cuadro F1	L-F1	16	4(1x 16)mm ² + 1(1x 16)mm ² -TT	0,55	Bandeja perforada	XLPE (PRC)

CALCULOS PARA LA ELECCIÓN DEL CONDUCTOR DE LA SUB-LINEA L-F2-a

DATOS INICIALES	Receptor alimentado	Linea	L(m)	U(V)	Cosφ	P _{abs} (kW)	Q(kVAr)	I(A)	I _a (A)	I _r (A)
	Sierra de Cinta	L-F2-a	15	400	0,82	7,37	5,14	12,90	10,63	7,31

RESULTADOS PARCIALES	Receptor alimentado	Linea	CÁLCULO PARA MAXIMA INTENSIDAD SOPORTEBLE POR EL CABLE		CALCULO DE CAÍDA DE TENSIÓN	
			I(A)	Secc. (mm ²) según TABLA	Secc. (mm ²)	cdt (V) <20 V
	Sierra de Cinta	L-F2-a	12,90	1,5	1,5	3,27

RESULTADOS FINALES	Receptor alimentado	Linea	Secc. (mm ²)	Conductor elegido (mm ²)	cdt (V) real	Tipo de canalización	Aislamiento	I _{max} (A) soportable por el cable
	Sierra de Cinta	L-F2-a	2,5	4(1x 2,5)mm ² + 1(1x 2,5)mm ² ·TT	1,96	Bandeja perforada	XLPE (PRC)	26,50

CÁLCULOS PARA LA ELECCIÓN DEL CONDUCTOR DE LA SUB-LINEA L-F2-b

DATOS INICIALES	Receptor alimentado	Linea	L(m)	U(V)	Cosφ	P _{abs} (kW)	Q(kVAr)	I(A)	I _a (A)	I _r (A)
	Torno 1	L-F2-b	11	400	0,84	26,80	17,31	46,29	38,68	25,43

RESULTADOS PARCIALES	Receptor alimentado	Linea	CÁLCULO PARA MÁXIMA INTENSIDAD SOPORTEBLE POR EL CABLE		CÁLCULO DE CAÍDA DE TENSIÓN	
			I(A)	Secc. (mm ²) según TABLA	Secc. (mm ²)	cdt (V) <20 V
	Torno 1	L-F2-b	46,29	10	10	1,32

RESULTADOS FINALES	Receptor alimentado	Linea	Secc. (mm ²)	Conductor elegido (mm ²)	cdt (V) real	Tipo de canalización	Aislamiento	I _{max} (A) soportable por el cable
	Torno 1	L-F2-b	10	4(1x 10)mm ² + 1(1x 10)mm ² -TT	1,32	Bandeja perforada	XLPE (PRC)	65

CALCULOS PARA LA ELECCIÓN DEL CONDUCTOR DE LA SUB-LINEA L-F2-c

DATOS INICIALES	Receptor alimentado	Linea	L(m)	U(V)	Cosφ	P _{abs} (kW)	Q(kVAr)	I(A)	I _a (A)	I _r (A)
		Mandrinadora 1	L-F2-c	7	400	0,86	52,27	31,02	87,94	75,45

RESULTADOS PARCIALES	Receptor alimentado	Linea	CÁLCULO PARA MAXIMA INTENSIDAD SOPORTEBLE POR EL CABLE		CALCULO DE CAÍDA DE TENSIÓN	
			I(A)	Secc. (mm ²) según TABLA	Secc. (mm ²)	cdt (V) <20 V
		Mandrinadora 1	L-F2-c	87,94	25	25

RESULTADOS FINALES	Receptor alimentado	Linea	Secc. (mm ²)	Conductor elegido (mm ²)	cdt (V) real	Tipo de canalización	Aislamiento	I _{max} (A) soportable por el cable
		Mandrinadora 1	L-F2-c	25	4(1x 25)mm ² + 1(1x 16)mm ² ·TT	0,65	Bandeja perforada	XLPE (PRC)

RESUMEN Y TOTALES DE LAS LINEAS DEL SUB-CUADRO F2

Receptor Alimentado	Linea	P _{abs} (kW)	Q(kVAr)	I(A)	I _a (A)	I _r (A)	Conductor elegido (mm ²)	cdt (V)	Tipo de canaliz.	Aisl.
Sierra de Cinta	L-F2-a	7,37	5,14	12,90	10,63	7,31	4(1x 2,5)mm ² + 1(1x 2,5)mm ² ·TT	1,96	Bandeja Perforada	XLPE (PRC)
Torno 1	L-F2-b	26,80	17,31	46,29	38,68	25,43	4(1x 10)mm ² + 1(1x 10)mm ² ·TT	1,32	Bandeja Perforada	XLPE (PRC)
Mandrinadora 1	L-F2-c	52,27	31,02	87,94	75,45	45,18	4(1x 25)mm ² + 1(1x 16)mm ² ·TT	0,65	Bandeja Perforada	XLPE (PRC)
TOTALES		86,44	53,47		124,76	77,92				

CALCULOS PARA LA ELECCIÓN DEL CONDUCTOR DE LA SUB-LINEA L-F2

DATOS INICIALES	Receptor alimentado	Linea	L(m)	U(V)	Cosφ	P _{abs} (kW)	Q(kVAr)	I(A)	I _a (A)	I _r (A)	F _s	P _r ' (kW)	I'(A)
	Sub-Cuadro F2	L-F2	33	400	0,85	86,44	53,47	147,09	124,76	77,92	0,70	60,51	102,97

RESULTADOS PARCIALES	Receptor alimentado	Linea	CÁLCULO PARA MAXIMA INTENSIDAD SOPORTEBLE POR EL CABLE		CALCULO DE CAÍDA DE TENSIÓN	
			I(A)	Secc. (mm ²) según TABLA	Secc. (mm ²)	cdt (V) <20 V
	Sub-Cuadro F2	L-F2	102,97	35	35	2,55

RESULTADOS FINALES	Receptor alimentado	Linea	Secc. (mm ²)	Conductor elegido (mm ²)	cdt (V) real	Tipo de canalización	Aislamiento	I _{max} (A) soportable por el cable
	Sub-Cuadro F2	L-F2	35	4(1x 35)mm ² + 1(1x 16)mm ² ·TT	2,55	Bandeja perforada	XLPE (PRC)	137

CALCULOS PARA LA ELECCIÓN DEL CONDUCTOR DE LA SUB-LINEA L-F3-a

DATOS INICIALES	Receptor alimentado	Linea	L(m)	U(V)	Cosφ	P _{abs} (kW)	Q(kVAr)	I(A)	I _a (A)	I _r (A)
		Puente Grúa	L-F3-a	17	400	0,85	58,96	36,54	99,73	85,11

RESULTADOS PARCIALES	Receptor alimentado	Linea	CÁLCULO PARA MAXIMA INTENSIDAD SOPORTEBLE POR EL CABLE		CALCULO DE CAÍDA DE TENSIÓN	
			I(A)	Secc. (mm ²) según TABLA	Secc. (mm ²)	cdt (V) <20 V
		Puente Grúa	L-F3-a	99,73	25	25

RESULTADOS FINALES	Receptor alimentado	Linea	Secc. (mm ²)	Conductor elegido (mm ²)	cdt (V) real	Tipo de canalización	Aislamiento	I _{max} (A) soportable por el cable
		Puente Grúa	L-F3-a	25	4(1x 25)mm ² + 1(1x 16)mm ² -TT	1,78	Bandeja perforada	XLPE (PRC)

CALCULOS PARA LA ELECCIÓN DEL CONDUCTOR DE LA SUB-LINEA L-FT3-b

DATOS INICIALES	Receptor alimentado	Linea	L(m)	U(V)	Cosφ	P _{abs} (kW)	Q(kVAr)	I(A)	I _a (A)	I _r (A)
		7 tomas de corriente	L-FT3-b	30	400	0,80	22,90	17,18	41,32	33,05

RESULTADOS PARCIALES	Receptor alimentado	Linea	CÁLCULO PARA MAXIMA INTENSIDAD SOPORTEBLE POR EL CABLE		CALCULO DE CAÍDA DE TENSIÓN	
			I(A)	Secc. (mm ²) según TABLA	Secc. (mm ²)	cdt (V) <20 V
		7 tomas de corriente	L-FT3-b	41,32	10	10

RESULTADOS FINALES	Receptor alimentado	Linea	Secc. (mm ²)	Conductor elegido (mm ²)	cdt (V) real	Tipo de canalización	Aislamiento	I _{max} (A) soportable por el cable
		7 tomas de corriente	L-FT3-b	10	4(1x 10)mm ² + 1(1x 10)mm ² -TT	3,07	Empotrada en tubo protector de 32 mm	XLPE (PRC)

RESUMEN Y TOTALES DE LAS LINEAS DEL SUB-CUADRO F3

Receptor Alimentado	Linea	P _{abs} (kW)	Q(kVAr)	I(A)	I _a (A)	I _r (A)	Conductor elegido (mm ²)	cdt (V)	Tipo de canaliz.	Aisl.
Puente Grúa	L-F3-a	58,96	36,54	99,73	85,11	51,98	4(1x 25)mm ² + 1(1x 16)mm ² ·TT	1,78	Bandeja Perforada	XLPE (PRC)
7 tomas de corriente	L-FT3-b	22,90	17,18	41,32	33,05	24,79	4(1x 10)mm ² + 1(1x 10)mm ² ·TT	3,07	Empotrada en tubo protector de 32 mm	XLPE (PRC)
TOTALES		81,86	53,72		118,16	76,77				

CALCULOS PARA LA ELECCIÓN DEL CONDUCTOR DE LA SUB-LINEA L-F3

DATOS INICIALES	Receptor alimentado	Linea	L(m)	U(V)	Cosφ	P _{abs} (kW)	Q(kVAr)	I(A)	I _a (A)	I _r (A)	F _s	P _r (kW)	I'(A)
	Sub-Cuadro F3	L-F3	32	400	0,84	81,86	53,72	140,91	118,16	76,77	0,70	57,30	98,64

RESULTADOS PARCIALES	Receptor alimentado	Linea	CÁLCULO PARA MAXIMA INTENSIDAD SOPORTEBLE POR EL CABLE		CALCULO DE CAÍDA DE TENSIÓN	
			I(A)	Secc. (mm ²) según TABLA	Secc. (mm ²)	cdt (V) <20 V
	Sub-Cuadro F3	L-F3	98,64	25	25	3,27

RESULTADOS FINALES	Receptor alimentado	Linea	Secc. (mm ²)	Conductor elegido (mm ²)	cdt (V) real	Tipo de canalización	Aislamiento	I _{max} (A) soportable por el cable
	Sub-Cuadro F3	L-F3	25	4(1x 25)mm ² + 1(1x 16)mm ² -TT	3,27	Bandeja perforada	XLPE (PRC)	110

CALCULOS PARA LA ELECCIÓN DEL CONDUCTOR DE LA SUB-LINEA L-F4-a

DATOS INICIALES	Receptor alimentado	Linea	L(m)	U(V)	Cosφ	P _{abs} (kW)	Q(kVAr)	I(A)	I _a (A)	I _r (A)
		Torno-2	L-F4-a	14	400	0,86	57,66	34,21	97,29	83,22

RESULTADOS PARCIALES	Receptor alimentado	Linea	CÁLCULO PARA MAXIMA INTENSIDAD SOPORTEBLE POR EL CABLE		CALCULO DE CAÍDA DE TENSIÓN	
			I(A)	Secc. (mm ²) según TABLA	Secc. (mm ²)	cdt (V) <20 V
		Torno-2	L-F4-a	97,29	25	25

RESULTADOS FINALES	Receptor alimentado	Linea	Secc. (mm ²)	Conductor elegido (mm ²)	cdt (V) real	Tipo de canalización	Aislamiento	I _{max} (A) soportable por el cable
		Torno-2	L-F4-a	25	4(1x 25)mm ² + 1(1x 16)mm ² ·TT	1,45	Bandeja perforada	XLPE (PRC)

CALCULOS PARA LA ELECCIÓN DEL CONDUCTOR DE LA SUB-LINEA L-F4-b

DATOS INICIALES	Receptor alimentado	Linea	L(m)	U(V)	Cosφ	P _{abs} (kW)	Q(kVAr)	I(A)	I _a (A)	I _r (A)
		Mandrinadora 2	L-F4-b	10	400	0,84	26,86	17,35	46,31	38,77

RESULTADOS PARCIALES	Receptor alimentado	Linea	CÁLCULO PARA MAXIMA INTENSIDAD SOPORTEBLE POR EL CABLE		CALCULO DE CAÍDA DE TENSIÓN	
			I(A)	Secc. (mm ²) según TABLA	Secc. (mm ²)	cdt (V) <20 V
		Mandrinadora 2	L-F4-b	46,31	10	10

RESULTADOS FINALES	Receptor alimentado	Linea	Secc. (mm ²)	Conductor elegido (mm ²)	cdt (V) real	Tipo de canalización	Aislamiento	I _{max} (A) soportable por el cable
		Mandrinadora 2	L-F4-b	10	4(1x 10)mm ² + 1(1x 10)mm ² ·TT	1,20	Bandeja perforada	XLPE (PRC)

CALCULOS PARA LA ELECCIÓN DEL CONDUCTOR DE LA SUB-LINEA L-F4-c

DATOS INICIALES	Receptor alimentado	Linea	L(m)	U(V)	Cosφ	P _{abs} (kW)	Q(kVAr)	I(A)	I _a (A)	I _r (A)
		Taladro-1	L-F4-c	6	400	0,81	4,13	2,99	7,36	5,96

RESULTADOS PARCIALES	Receptor alimentado	Linea	CÁLCULO PARA MAXIMA INTENSIDAD SOPORTEBLE POR EL CABLE		CALCULO DE CAÍDA DE TENSIÓN	
			I(A)	Secc. (mm ²) según TABLA	Secc. (mm ²)	cdt (V) <20 V
		Taladro-1	L-F4-c	7,36	1,5	1,5

RESULTADOS FINALES	Receptor alimentado	Linea	Secc. (mm ²)	Conductor elegido (mm ²)	cdt (V) real	Tipo de canalización	Aislamiento	I _{max} (A) soportable por el cable
		Taladro-1	L-F4-c	2,5	4(1x 2,5)mm ² + 1(1x 2,5)mm ² ·TT	0,44	Bandeja perforada	XLPE (PRC)

RESUMEN Y TOTALES DE LAS LINEAS DEL SUB-CUADRO F4

Receptor Alimentado	Linea	P _{abs} (kW)	Q(kVAr)	I(A)	I _a (A)	I _r (A)	Conductor elegido (mm ²)	cdt (V)	Tipo de canaliz.	Aisl.
Torno 2	L-F4-a	57,66	34,21	97,29	83,22	50,39	4(1x 25)mm ² + 1(1x 16)mm ² ·TT	1,45	Bandeja Perforada	XLPE (PRC)
Mandrinadora 2	L-F4-b	26,86	17,35	46,31	38,77	25,34	4(1x 10)mm ² + 1(1x 10)mm ² ·TT	1,20	Bandeja Perforada	XLPE (PRC)
Taladro 1	L-F4-c	4,13	2,99	7,36	5,96	4,33	4(1x 2,5)mm ² + 1(1x 2,5)mm ² ·TT	0,44	Bandeja Perforada	XLPE (PRC)
TOTALES		88,65	54,55		127,95	80,06				

CÁLCULOS PARA LA ELECCIÓN DEL CONDUCTOR DE LA SUB-LINEA L-F4

DATOS INICIALES	Receptor alimentado	Linea	L(m)	U(V)	Cosφ	P _{abs} (kW)	Q(kVAr)	I(A)	I _a (A)	I _r (A)	F _s	P _r (kW)	I'(A)
		Sub-Cuadro F4	L-F4	18	400	0,85	88,65	54,55	150,93	127,95	80,06	0,70	62,06

RESULTADOS PARCIALES	Receptor alimentado	Linea	CÁLCULO PARA MÁXIMA INTENSIDAD SOPORTEBLE POR EL CABLE		CÁLCULO DE CAÍDA DE TENSIÓN	
			I(A)	Secc. (mm ²) según TABLA	Secc. (mm ²)	cdt (V) <20 V
		Sub-Cuadro F4	L-F4	105,65	35	35

RESULTADOS FINALES	Receptor alimentado	Linea	Secc. (mm ²)	Conductor elegido (mm ²)	cdt (V) real	Tipo de canalización	Aislamiento	I _{max} (A) soportable por el cable
		Sub-Cuadro F4	L-F4	35	4(1x 35)mm ² + 1(1x 16)mm ² ·TT	1,42	Bandeja perforada	XLPE (PRC)

CALCULOS PARA LA ELECCIÓN DEL CONDUCTOR DE LA SUB-LINEA L-F5-a

DATOS INICIALES	Receptor alimentado	Linea	L(m)	U(V)	Cosφ	P _{abs} (kW)	Q(kVAr)	I(A)	I _a (A)	I _r (A)
		Prensa	L-F5-a	17	400	0,85	15,89	9,85	26,99	22,94

RESULTADOS PARCIALES	Receptor alimentado	Linea	CÁLCULO PARA MAXIMA INTENSIDAD SOPORTEBLE POR EL CABLE		CALCULO DE CAÍDA DE TENSIÓN	
			I(A)	Secc. (mm ²) según TABLA	Secc. (mm ²)	cdt (V) <20 V
		Prensa	L-F5-a	26,99	4	4

RESULTADOS FINALES	Receptor alimentado	Linea	Secc. (mm ²)	Conductor elegido (mm ²)	cdt (V) real	Tipo de canalización	Aislamiento	I _{max} (A) soportable por el cable
		Prensa	L-F5-a	4	4(1x 4)mm ² + 1(1x 4)mm ² ·TT	3,02	Bandeja perforada	XLPE (PRC)

CALCULOS PARA LA ELECCIÓN DEL CONDUCTOR DE LA SUB-LINEA L-F5-b

DATOS INICIALES	Receptor alimentado	Linea	L(m)	U(V)	Cosφ	P _{abs} (kW)	Q(kVAr)	I(A)	I _a (A)	I _r (A)
		Rectificadora	L-F5-b	14	400	0,81	14,82	10,73	26,52	21,39

RESULTADOS PARCIALES	Receptor alimentado	Linea	CÁLCULO PARA MAXIMA INTENSIDAD SOPORTEBLE POR EL CABLE		CALCULO DE CAÍDA DE TENSIÓN	
			I(A)	Secc. (mm ²) según TABLA	Secc. (mm ²)	cdt (V) <20 V
		Rectificadora	L-F5-b	26,52	4	4

RESULTADOS FINALES	Receptor alimentado	Linea	Secc. (mm ²)	Conductor elegido (mm ²)	cdt (V) real	Tipo de canalización	Aislamiento	I _{max} (A) soportable por el cable
		Rectificadora	L-F5-b	4	4(1x 4)mm ² + 1(1x 4)mm ² ·TT	2,33	Bandeja perforada	XLPE (PRC)

CALCULOS PARA LA ELECCIÓN DEL CONDUCTOR DE LA SUB-LINEA L-F5-c

DATOS INICIALES	Receptor alimentado	Linea	L(m)	U(V)	Cosφ	P _{abs} (kW)	Q(kVAr)	I(A)	I _a (A)	I _r (A)
		Taladro 2	L-F5-c	12	400	0,80	5,27	3,95	9,49	7,61

RESULTADOS PARCIALES	Receptor alimentado	Linea	CÁLCULO PARA MAXIMA INTENSIDAD SOPORTEBLE POR EL CABLE		CALCULO DE CAÍDA DE TENSIÓN	
			I(A)	Secc. (mm ²) según TABLA	Secc. (mm ²)	cdt (V) <20 V
		Taladro 2	L-F5-c	9,49	1,5	1,5

RESULTADOS FINALES	Receptor alimentado	Linea	Secc. (mm ²)	Conductor elegido (mm ²)	cdt (V) real	Tipo de canalización	Aislamiento	I _{max} (A) soportable por el cable
		Taladro 2	L-F5-c	2,5	4(1x2,5)mm ² + 1(1x2,5)mm ² ·TT	1,13	Bandeja perforada	XLPE (PRC)

CALCULOS PARA LA ELECCIÓN DEL CONDUCTOR DE LA SUB-LINEA L-FT5-d

DATOS INICIALES	Receptor alimentado	Linea	L(m)	U(V)	Cosφ	P _{abs} (kW)	Q(kVAr)	I(A)	I _a (A)	I _r (A)
		5 tomas de corriente	L-FT5-d	17	400	0,80	16,36	12,27	29,52	23,61

RESULTADOS PARCIALES	Receptor alimentado	Linea	CÁLCULO PARA MAXIMA INTENSIDAD SOPORTEBLE POR EL CABLE		CALCULO DE CAÍDA DE TENSIÓN	
			I(A)	Secc. (mm ²) según TABLA	Secc. (mm ²)	cdt (V) <20 V
		5 tomas de corriente	L-FT5-d	29,52	6	6

RESULTADOS FINALES	Receptor alimentado	Linea	Secc. (mm ²)	Conductor elegido (mm ²)	cdt (V) real	Tipo de canalización	Aislamiento	I _{max} (A) soportable por el cable
		5 tomas de corriente	L-FT5-d	6	4(1x 6)mm ² + 1(1x 6)mm ² ·TT	2,07	Empotrada en tubo protector de 25 mm	XLPE (PRC)

CALCULOS PARA LA ELECCIÓN DEL CONDUCTOR DE LA SUB-LINEA L-FT5-e

DATOS INICIALES	Receptor alimentado	Linea	L(m)	U(V)	Cosφ	P _{abs} (kW)	Q(kVAr)	I(A)	I _a (A)	I _r (A)
		6 tomas de corriente	L-FT5-e	51	400	0,80	19,63	14,72	35,42	28,33

RESULTADOS PARCIALES	Receptor alimentado	Linea	CÁLCULO PARA MAXIMA INTENSIDAD SOPORTEBLE POR EL CABLE		CALCULO DE CAÍDA DE TENSIÓN	
			I(A)	Secc. (mm ²) según TABLA	Secc. (mm ²)	cdt (V) <20 V
		6 tomas de corriente	L-FT5-e	35,42	10	10

RESULTADOS FINALES	Receptor alimentado	Linea	Secc. (mm ²)	Conductor elegido (mm ²)	cdt (V) real	Tipo de canalización	Aislamiento	I _{max} (A) soportable por el cable
		6 tomas de corriente	L-FT5-e	10	4(1x 10)mm ² + 1(1x 10)mm ² ·TT	4,47	Empotrada en tubo protector de 32 mm	XLPE (PRC)

RESUMEN Y TOTALES DE LAS LINEAS DEL SUB-CUADRO F5

Receptor Alimentado	Linea	P _{abs} (kW)	Q(kVAr)	I(A)	I _a (A)	I _r (A)	Conductor elegido (mm ²)	cdt (V)	Tipo de canaliz.	Aisl.
Prensa	L-F5-a	15,89	9,85	26,99	22,94	14,22	4(1x 4)mm ² + 1(1x 4)mm ² ·TT	3,02	Bandeja Perforada	XLPE (PRC)
Rectificadora	L-F5-b	14,82	10,73	26,52	21,39	15,67	4(1x 4)mm ² + 1(1x 4)mm ² ·TT	2,33	Bandeja Perforada	XLPE (PRC)
Taladro-2	L-F5-c	5,27	3,95	9,49	7,61	5,66	4(1x2,5)mm ² + 1(1x2,5)mm ² ·TT	1,13	Bandeja Perforada	XLPE (PRC)
5 tomas de corriente	L-FT5-d	16,36	12,27	29,52	23,61	17,71	4(1x 6)mm ² + 1(1x 6)mm ² ·TT	3,10	Empotrada en tubo protector de 25 mm	XLPE (PRC)
6 tomas de corriente	L-FT5-e	19,63	14,72	35,42	28,33	21,25	4(1x 10)mm ² + 1(1x 10)mm ² ·TT	4,47	Empotrada en tubo protector de 32 mm	XLPE (PRC)
TOTALES		71,97	51,52		103,89	74,51				

CALCULOS PARA LA ELECCIÓN DEL CONDUCTOR DE LA SUB-LINEA L-F5

DATOS INICIALES	Receptor alimentado	Linea	L(m)	U(V)	Cosφ	P _{abs} (kW)	Q(kVAr)	I(A)	I _a (A)	I _r (A)	F _s	P _r (kW)	I'(A)
	Sub-Cuadro F5	L-F5	23	400	0,81	71,97	51,52	127,85	103,89	74,51	0,70	50,38	89,49

RESULTADOS PARCIALES	Receptor alimentado	Linea	CÁLCULO PARA MAXIMA INTENSIDAD SOPORTEBLE POR EL CABLE		CALCULO DE CAÍDA DE TENSIÓN	
			I(A)	Secc. (mm ²) según TABLA	Secc. (mm ²)	cdt (V) <20 V
	Sub-Cuadro F5	L-F5	89,49	25	25	2,07

RESULTADOS FINALES	Receptor alimentado	Linea	Secc. (mm ²)	Conductor elegido (mm ²)	cdt (V) real	Tipo de canalización	Aislamiento	I _{max} (A) soportable por el cable
	Sub-Cuadro F5	L-F5	25	4(1x 25)mm ² + 1(1x 16)mm ² ·TT	2,07	Bandeja perforada	XLPE (PRC)	110



2.1.7- Cálculo de las líneas de alumbrado

El cálculo del alumbrado se realizará en dos fases, la primera será el cálculo justificativo de las luminarias que necesita cada estancia dependiendo del tipo de luminaria escogido y la segunda fase será la elección de las líneas de alumbrado dependiendo del consumo de las luminarias.

2.1.7.1- Cálculo de las luminarias que necesita cada estancia

Realizaré a título de ejemplo y detalladamente el cálculo justificativo del alumbrado de una de las salas que componen la nave, el taller. El resto de las estancias las realizaré de manera similar, con ayuda de una hoja de cálculo, adjuntando los resultados posteriormente.

-Datos del taller:

- Dimensiones del taller (Largo x Ancho): Es necesario hacer una aclaración a pesar de que la zona del taller tiene unas dimensiones de 33,00 m x 30,00 m. existen dos zonas en la nave que pertenecen también al taller que son las dos partes altas del almacén y de las oficinas que también será necesario iluminar, por lo tanto se hará el cálculo con las dimensiones de 45,00 m x 30,00 m, por otra parte a causa de la geometría del taller (2 cubiertas curvas) es necesario que se realice el cálculo por separado así que se realizará el calculo de una de las dos cubiertas (Largo x Ancho): 45,00 m x 15,00 m y luego ese resultado servirá para las dos zonas.
- Largo x Ancho: **45,00 m x 15,00 m**
- Altura máxima en taller: **13,70 m**
- Altura del plano útil o de trabajo: **0,85 m**
- Distancia de la luminaria hasta el suelo: **11,00 m**
- Altura entre el plano de trabajo y la luminaria (h): $11,00 - 0,85 = 10,15 \text{ m}$
- Suelos, techos y paredes de color claro: Factor de reflexión es del **10%, 50% y del 50%** respectivamente (según Tabla 2-14)
- Factor de mantenimiento (F_m): **0,6** (según Tabla 2-15)
- Nivel de iluminación fijado (E): **500 lx** (según Tabla 2-16)

-Datos de la luminaria escogida (VER ANEXO):

- Lámpara de vapor de sodio de alta presión
- Flujo luminoso de una lámpara (Φ_L): 52250 lm



A continuación calcularemos el llamado **índice del local (k)** que para las luminarias directas, semidirectas, directas-indirectas y general difusa se calcula con la siguiente fórmula:

$$k = \frac{\text{largo} \cdot \text{ancho}}{h \cdot (\text{largo} + \text{ancho})} = \frac{45 \cdot 15}{10,15(45 + 15)} = 1,11$$

A partir de este índice del local calculado, hallamos el llamado **factor de utilización (Fu)** (según Tabla 2-17) ----> Fu : 86% ----> Fu : 0,86

A continuación calcularemos el **flujo luminoso total (Φt)** necesario en el taller, con la siguiente fórmula:

$$\Phi_t = \frac{E \cdot \text{largo} \cdot \text{ancho}}{F_m \cdot F_u} = \frac{500 \cdot 45 \cdot 15}{0,6 \cdot 0,86} = 654.070 \text{ lm}$$

A continuación calcularemos el **número de luminarias (N)** mínimo necesario en el taller. Para ello aplicaremos la siguiente fórmula (sabiendo que n es el número de lámparas por luminaria):

$$N = \frac{\Phi_t}{n \cdot \Phi_L} = \frac{654070}{1 \cdot 52250} = 12,52 \approx 13 \text{ luminarias}$$

Una vez que hemos calculado el número mínimo de luminarias procederemos a distribuir las sobre la planta del taller. En los locales de planta rectangular las luminarias se reparten de forma uniforme en filas paralelas a los ejes de simetría del local. La fórmula para calcular el número de **luminarias a lo ancho (Na)** y a lo **largo (Nl)** son las siguientes:

$$N_a = \sqrt{\frac{N_t \cdot \text{ancho}}{\text{largo}}} = \sqrt{\frac{13 \cdot 15}{45}} = 2,04 \approx 2$$
$$N_l = \frac{N_a \cdot \text{largo}}{\text{ancho}} = \frac{2,07 \cdot 45}{15} = 6,13 \approx 7$$

Es decir que se distribuyen en 2 filas por 7 columnas. Hacemos el cálculo siguiente para determinar la distancia entre luminarias a lo ancho (da) a lo largo (dL):

$$d_a = \text{ancho} / n_a = 15 / 2 = 7,50 \text{ m}$$
$$d_L = \text{largo} / n_L = 45 / 7 = 6,43 \text{ m}$$

Es decir que se distribuyen en 2 filas por 7 columnas, para la mitad del taller, en total 14 luminarias > 13 luminarias mínimas exigidas

**ES DECIR QUE SE DISTRIBUYEN EN TOTAL EN EL TALLER 4 FILAS POR 7 COLUMNAS,
EN TOTAL EN EL TALLER TENEMOS 28 LUMINARIAS**



TABLAS NECESARIAS PARA EL CALCULO DE LAS LUMINARIAS

-Para determinar el **factor de reflexión** de suelos, paredes y techos tomaremos la siguiente tabla:

	Color	Factor de reflexión (%)
Suelo	Claro	30
	Oscuro	10
Techo	Blanco o muy claro	70
	Claro	50
	Medio	30
Paredes	Claro	50
	Medio	30
	Oscuro	10

Tabla 2-14. Elección del factor de reflexión

-Para determinar el **factor de mantenimiento o conservación (F_m)** de la instalación. Este coeficiente dependerá del grado de suciedad ambiental y de la frecuencia de limpieza del local. Para una limpieza periódica anual podemos tomar los siguientes valores:

Ambiente	Factor de mantenimiento (F_m)
Limpio	0,8
Sucio	0,6

Tabla 2-15. Elección del factor de mantenimiento



-Para determinar el nivel de iluminación mínimo recomendado en función del tipo y lugar de trabajo tomaremos la siguiente tabla, extracto de la norma DIN 5035:

Niveles de iluminación mínimos en áreas de trabajo según DIN 5035

Ambientes generales	Lux	Industria eléctrica	Lux
Corredores, zonas de tránsito	100	Fabricación cables	300
Almacenes, depósitos	150	Montaje aparatos telefónicos	500
Depósitos apartamentos	50	Enrollamiento bobinas	725
Garajes	75	Montaje aparatos radio y TV	1.000
Vestuarios, lavabos, duchas, WC	125	Montaje de partes de alta precisión	1.500
Embalaje, expedición	250	Industria química	
Auditorios		Procesos automáticos	100
Teatros y salas de conciertos	100	Instalaciones de producción con intervenciones ocasionales	150
Salas multiuso	200	Áreas generales internas de la instalación	300
Bibliotecas		Salas de control, laboratorios	500
Estanterías	200	Control	1.000
Mesas de lectura	500	Control color	1.500
Bancos, catalogación y clasificación	300	Industria textil	
Exposiciones		Apertura de balas, cardado, planchado	300
Museos y galerías de arte	250	Hilado	500
Pabellones y ferias	500	Encanillado, bobinado	500
Gastronomía		Peinado, tinte, hilado, torcido, tejido	750
Habitaciones de hotel	125	Oficinas de montaje	
Restaurantes, comedores	125	Ensamblaje basto, montaje grandes máquinas	300
Vestíbulos, restaurantes con autoserivicio	250	Montaje cuerpo vehiculos, motores	500
Cocinas de hotel	500	Ensamblaje fino	750
Fundiciones		Ensamblaje de precisión	1.500
Vasos de fundición	200	Oficina y administración	
Mezcla basta	300	Trabajos livianos	250
Mezcla fina, control	500	Cajas y ventanillas	250
Fundiciones de acero		Salas de reunión	250
Instalaciones de producción sin intervenciones manuales	100	Trabajos normales	500
Instalaciones de producción con intervenciones manuales	150	Dibujo técnico	1.000
Puestos de trabajo ocupados permanentemente	300	Oficinas amplias	1.000
Puestos de prueba y control	300	Laboratorios	500
Iglesias		Papeleas	
Nave de iglesia	100	Fabricación de papel y cartón	300
Coro, altar, púlpito	300	Control, clasificación	500
Industria alimentaria		Tiendas y supermercados	
Sala hornos	150	Alumbrado general grandes centros comerciales	500
Industria de confección		Alumbrado general otras tiendas	500
Costura	750	Tipografías y encuadernación	
Control	1.000	Sala tipográfica	500
Planchado	500	Sala composición, corrección de galeradas	750
Industria del cuero		Composición de galeradas de precisión	1.000
Conformación	300	Reproducción e impresión en color	1.500
Acabado	750	Encuadernación	500
Coloreado, decoración	1.000	Acabado, impresión en seco	750
Industria del cemento		Trabajos en máquina y con equipos	
Molino, hornos, procesos automáticos	150	Trabajo ocasional	200
Industria del vidrio		Trabajo basto en banco y en máquina	300
Sala mezcla y conformación	300	Soldado	300
Acabado, esmaltado, abrillantado	500	Trabajo medio en banco y en máquina	500
Coloreado, decoración	750	Trabajo fino en banco y en máquina	500
Amoladura de vidrios de óptica, de cristal	1.000	Máquinas automáticas de precisión	750
		Trabajo automático de precisión	750
		Trabajo de alta precisión	1.500
		Comprobación y control de pequeñas partes complicadas	750

Tabla 2-16. Elección del nivel de iluminación



-Para determinar el **factor de utilización (Fu)** partiremos del índice del local y de los factores de reflexión, si no se puede obtener los valores por lectura directa será necesario interpolar. Utilizaremos la siguiente tabla, tomada y adaptada del “Manual de Luminotecnia” de OSRAM:

ρ cielo	80%		50%		80%		50%		30%			
ρ pared	80%	50%	30%	50%	30%	80%	50%	30%	50%	30%		
ρ piso	30%				10%							
K	<i>Luminaria de distribución Directa e Intensiva</i>											
0,60	93	74	70	74	69	89	73	70	72	68	82	
0,80	101	82	77	81	76	94	78	77	80	76	93	
1,00	105	88	82	86	82	98	83	82	84	81	100	
1,25	110	93	88	91	87	101	90	86	88	85	106	
1,50	113	97	92	94	90	103	93	89	92	88	109	
2,00	117	103	97	99	95	105	97	93	95	92	114	
2,50	120	107	101	103	98	105	99	96	97	94	117	
3,00	121	110	105	105	100	106	100	98	98	96	120	
4,00	124	115	110	108	103	106	102	100	100	98	123	
5,00	125	117	113	110	106	107	103	101	101	99	124	
K	<i>Luminaria de distribución Directa y Extensiva</i>											
0,60	51	23	17	24	16	48	23	18	22	16	16	
0,80	65	36	27	36	28	61	34	28	34	28	26	
1,00	76	47	36	45	37	70	44	37	42	36	35	
1,25	87	57	48	54	46	80	55	47	52	45	44	
1,50	95	66	56	62	55	86	64	55	60	53	52	
2,00	105	79	69	75	67	94	75	68	72	66	64	
2,50	111	88	79	83	76	99	82	76	79	74	72	
3,00	115	94	86	89	82	102	87	81	83	78	77	
4,00	120	103	95	95	89	104	93	88	89	85	84	
5,00	123	109	101	100	94	105	96	92	92	88	88	
K	<i>Luminaria de distribución Semi-directa e Intensiva</i>											
0,60	51	30	22	26	21	48	29	23	26	21	20	
0,80	62	36	29	34	27	58	35	30	33	27	26	
1,00	70	43	35	39	32	64	41	35	38	31	30	
1,25	76	50	41	44	37	70	48	40	43	36	34	
1,50	82	56	47	48	42	74	54	45	47	40	37	
2,00	90	65	56	55	48	79	61	54	53	47	42	
2,50	95	72	62	60	53	83	67	60	57	51	46	
3,00	99	77	68	64	57	85	71	65	60	55	50	
4,00	104	86	77	70	63	87	76	71	65	60	55	
5,00	107	91	84	73	67	90	80	75	68	64	58	
K	<i>Luminaria de distribución Indirecta y Extensiva</i>											
0,60	41	16	8	13	6	36	14	8	13	6	5	
0,80	49	21	12	16	8	44	21	13	15	9	6	
1,00	55	27	17	19	12	50	26	17	18	12	8	
1,25	61	32	23	22	16	56	31	23	21	15	10	
1,50	66	38	28	25	19	60	36	28	24	18	12	
2,00	73	48	37	31	24	66	43	37	29	23	15	
2,50	79	56	45	35	28	70	49	43	33	27	17	
3,00	83	62	52	38	32	72	55	48	35	30	19	
4,00	88	70	61	42	37	75	62	55	39	35	21	
5,00	91	75	68	44	40	78	66	60	42	38	23	

Tabla 2-17. Elección del factor de utilización



2.1.7.2- Tablas de las luminarias calculadas

Teniendo en cuenta que cada estancia necesitará un número determinado de luminarias dependiendo del tipo de esta luminaria, del tipo de trabajo que se realice en esa estancia, de las dimensiones de esta, etc. Las cantidad y colocación de las luminarias en cada estancia quedan resumidas en las siguientes tablas:

CÁLCULO DE LA ILUMINACIÓN DEL TALLER

DATOS INICIALES	Dimensiones de ½ taller			Altura plano útil (m)	Distancia luminaria (m)	Altura h montaje (m)	Factor de reflexión (%) Suelo-Techo-Paredes	Factor manteni. (Fm)	Nivel de iluminación (lx)	Tipo de lampara	φl Lampara (lm)
	Largo (m)	Ancho (m)	Alto (m)								
	45	15	13,70	0,85	11,00	10,15	10 – 50 – 50	0,6	500	De vapor de sodio de alta presión	52250

RESULTADOS PARCIALES	K Indice del local	Factor de utiliz. (Fu)	φt (lm)	Lampara x luminaria	Nº de luminarias mínimas
	1,11	0,86	654070	1	13

RESULTADOS FINALES	Nº de luminarias ancho ½ taller	Nº de luminarias largo ½ taller	Distancia entre luminarias ancho	Distancia entre luminarias largo	Nº de luminarias ½ taller	Nº de luminarias total en taller	Potencia de lampara (W)	Nº de lamparas total
	2	7	7,50	6,43	14	28	400	28

CÁLCULO DE LA ILUMINACIÓN DEL ALMACÉN

DATOS INICIALES	Dimensiones			Altura plano útil (m)	Distancia luminaria (m)	Altura h montaje (m)	Factor de reflexión (%) Suelo-Techo-Paredes	Factor manteni. (Fm)	Nivel de iluminación (lx)	Tipo de lampara	Φl Lampara (lm)
	Largo (m)	Ancho (m)	Alto (m)								
	16,76	10,02	3,50	0,85	3,50	2,65	10 – 50 – 50	0,6	150	Tubo fluorescente	1350

RESULTADOS PARCIALES	K Índice del local	Factor de utiliz. (Fu)	φt (lm)	Lampara x luminaria	Nº de luminarias mínimas
	2,37	0,96	43733	2	16

RESULTADOS FINALES	Nº de luminarias ancho	Nº de luminarias largo	Distancia entre luminarias ancho	Distancia entre luminarias largo	Nº de luminarias total en el almacén	Potencia de lampara (W)	Nº de lamparas total
	3	6	3	2,79	18	18	36

CÁLCULO DE LA ILUMINACIÓN DE LA SALA DE ESPERA

DATOS INICIALES	Dimensiones			Altura plano útil (m)	Distancia luminaria (m)	Altura h montaje (m)	Factor de reflexión (%) Suelo-Techo-Paredes	Factor manteni. (Fm)	Nivel de iluminación (lx)	Tipo de lampara	φl Lampara (lm)
	Largo (m)	Ancho (m)	Alto (m)								
	5,13	3,40	3,00	0,85	3,00	2,15	30 – 50 - 50	0,8	100	Tubo fluorescente	3350

RESULTADOS PARCIALES	K Índice del local	Factor de utiliz. (Fu)	φt (lm)	Lampara x luminaria	Nº de luminarias mínimas
	0,95	0,85	2565	2	0

RESULTADOS FINALES	Nº de luminarias ancho	Nº de luminarias largo	Distancia entre luminarias ancho	Distancia entre luminarias largo	Nº de luminarias total en la sala de espera	Potencia de lampara (W)	Nº de lamparas total
	1	1	3,40	5,13	1	36	2

CÁLCULO DE LA ILUMINACIÓN DE LA RECEPCIÓN

DATOS INICIALES	Dimensiones			Altura plano útil (m)	Distancia luminaria (m)	Altura h montaje (m)	Factor de reflexión (%) Suelo-Techo-Paredes	Factor manteni. (Fm)	Nivel de iluminación (lx)	Tipo de lampara	Φl Lampara (lm)
	Largo (m)	Ancho (m)	Alto (m)								
	5,60	4,13	3,00	0,85	3,00	2,15	30 - 50 - 50	0,8	500	Tubo fluorescente	3350

RESULTADOS PARCIALES	K Indice del local	Factor de utiliz. (Fu)	Φt (lm)	Lampara x luminaria	Nº de luminarias mínimas
	1,11	0,88	16426	2	2

RESULTADOS FINALES	Nº de luminarias ancho	Nº de luminarias largo	Distancia entre luminarias ancho	Distancia entre luminarias largo	Nº de luminarias total en la recepción	Potencia de lampara (W)	Nº de lamparas total
	1	2	4	2,8	2	36	4

CÁLCULO DE LA ILUMINACIÓN DE LA ARCHIVO

DATOS INICIALES	Dimensiones			Altura plano útil (m)	Distancia luminaria (m)	Altura h montaje (m)	Factor de reflexión (%) Suelo-Techo-Paredes	Factor manteni. (Fm)	Nivel de iluminación (lx)	Tipo de lampara	φl Lampara (lm)
	Largo (m)	Ancho (m)	Alto (m)								
	5,60	3,40	3,00	0,85	3,00	2,15	30 – 50 – 50	0,8	150	Tubo fluorescente	3350

RESULTADOS PARCIALES	K Índice del local	Factor de utiliz. (Fu)	φt (lm)	Lampara x luminaria	Nº de luminarias mínimas
	0,98	0,86	4151	2	1

RESULTADOS FINALES	Nº de luminarias ancho	Nº de luminarias largo	Distancia entre luminarias ancho	Distancia entre luminarias largo	Nº de luminarias total en la archivo	Potencia de lampara (W)	Nº de lamparas total
	1	1	3	5,6	1	36	2

CÁLCULO DE LA ILUMINACIÓN DE LA OFICINA DEL JEFE DE TALLER

DATOS INICIALES	Dimensiones			Altura plano útil (m)	Distancia luminaria (m)	Altura h montaje (m)	Factor de reflexión (%) Suelo-Techo-Paredes	Factor manteni. (Fm)	Nivel de iluminación (lx)	Tipo de lampara	φl Lampara (lm)
	Largo (m)	Ancho (m)	Alto (m)								
	5,60	3,87	3,00	0,85	3,00	2,15	30 – 50 – 50	0,8	500	Tubo fluorescente	3350

RESULTADOS PARCIALES	K Indice del local	Factor de utiliz. (Fu)	φt (lm)	Lampara x luminaria	Nº de luminarias mínimas
		1,06	0,87	15569	2

RESULTADOS FINALES	Nº de luminarias ancho	Nº de luminarias largo	Distancia entre luminarias ancho	Distancia entre luminarias largo	Nº de luminarias total en la oficina jefe de taller	Potencia de lampara (W)	Nº de lamparas total
		1	2	4	2,8	2	36

CÁLCULO DE LA ILUMINACIÓN DEL PASILLO

DATOS INICIALES	Dimensiones			Altura plano útil (m)	Distancia luminaria (m)	Altura h montaje (m)	Factor de reflexión (%) Suelo-Techo-Paredes	Factor manteni. (Fm)	Nivel de iluminación (lx)	Tipo de lampara	Φl Lampara (lm)
	Largo (m)	Ancho (m)	Alto (m)								
	22,30	1,50	3,00	0,85	3,00	2,15	30 - 50 - 50	0,8	100	Tubo fluorescente	3350

RESULTADOS PARCIALES	K Indice del local	Factor de utiliz. (Fu)	Φt (lm)	Lampara x luminaria	Nº de luminarias mínimas
	0,65	0,82	5099	2	1

RESULTADOS FINALES	Nº de luminarias ancho	Nº de luminarias largo	Distancia entre luminarias ancho	Distancia entre luminarias largo	Nº de luminarias total en el pasillo	Potencia de lampara (W)	Nº de lamparas total
	1	3	2	7,43	3	36	6

CÁLCULO DE LA ILUMINACIÓN DEL ASEO DE SEÑORAS

DATOS INICIALES	Dimensiones			Altura plano útil (m)	Distancia luminaria (m)	Altura h montaje (m)	Factor de reflexión (%) Suelo-Techo-Paredes	Factor manteni. (Fm)	Nivel de iluminación (lx)	Tipo de lampara	φl Lampara (lm)
	Largo (m)	Ancho (m)	Alto (m)								
	2,83	2,23	3,00	0,85	3,00	2,15	30 – 50 – 50	0,8	125	Tubo fluorescente	1350

RESULTADOS PARCIALES	K Índice del local	Factor de utiliz. (Fu)	φt (lm)	Lampara x luminaria	Nº de luminarias mínimas
	0,58	0,74	1333	1	1

RESULTADOS FINALES	Nº de luminarias ancho	Nº de luminarias largo	Distancia entre luminarias ancho	Distancia entre luminarias largo	Nº de luminarias total en el aseo de señoras	Potencia de lampara (W)	Nº de lamparas total
	1	1	2	2,83	1	18	1

CÁLCULO DE LA ILUMINACIÓN DEL ASEO DE CABALLEROS

DATOS INICIALES	Dimensiones			Altura plano útil (m)	Distancia luminaria (m)	Altura h montaje (m)	Factor de reflexión (%) Suelo-Techo-Paredes	Factor manteni. (Fm)	Nivel de iluminación (lx)	Tipo de lampara	φl Lampara (lm)
	Largo (m)	Ancho (m)	Alto (m)								
	2,23	1,27	3,00	0,85	3,00	2,15	30 - 50 - 50	0,8	125	Tubo fluorescente	1350

RESULTADOS PARCIALES	K Indice del local	Factor de utiliz. (Fu)	φt (lm)	Lampara x luminaria	Nº de luminarias mínimas
	0,38	0,74	598	1	0

RESULTADOS FINALES	Nº de luminarias ancho	Nº de luminarias largo	Distancia entre luminarias ancho	Distancia entre luminarias largo	Nº de luminarias total en el aseo de caballeros	Potencia de lampara (W)	Nº de lamparas total
	1	1	1	2,23	1	18	1

CÁLCULO DE LA ILUMINACIÓN DEL VESTUARIO FEMENINO

DATOS INICIALES	Dimensiones			Altura plano útil (m)	Distancia luminaria (m)	Altura h montaje (m)	Factor de reflexión (%) Suelo-Techo-Paredes	Factor manteni. (Fm)	Nivel de iluminación (lx)	Tipo de lampara	Φl Lampara (lm)
	Largo (m)	Ancho (m)	Alto (m)								
	4,19	3,90	3,00	0,85	3,00	2,15	30 - 50 - 50	0,8	125	Tubo fluorescente	1350

RESULTADOS PARCIALES	K Indice del local	Factor de utiliz. (Fu)	φt (lm)	Lampara x luminaria	Nº de luminarias mínimas
	0,94	0,85	3004	2	1

RESULTADOS FINALES	Nº de luminarias ancho	Nº de luminarias largo	Distancia entre luminarias ancho	Distancia entre luminarias largo	Nº de luminarias total en el vestuario femenino	Potencia de lampara (W)	Nº de lamparas total
	1	2	4	2,1	2	18	4

CÁLCULO DE LA ILUMINACIÓN DEL VESTUARIO MASCULINO

DATOS INICIALES	Dimensiones			Altura plano útil (m)	Distancia luminaria (m)	Altura h montaje (m)	Factor de reflexión (%) Suelo-Techo-Paredes	Factor manteni. (Fm)	Nivel de iluminación (lx)	Tipo de lampara	φl Lampara (lm)
	Largo (m)	Ancho (m)	Alto (m)								
	8,75	4,19	3,00	0,85	3,00	2,15	30 - 50 - 50	0,8	125	Tubo fluorescente	1350

RESULTADOS PARCIALES	K Índice del local	Factor de utiliz. (Fu)	φt (lm)	Lampara x luminaria	Nº de luminarias mínimas
	1,32	0,92	6227	2	2

RESULTADOS FINALES	Nº de luminarias ancho	Nº de luminarias largo	Distancia entre luminarias ancho	Distancia entre luminarias largo	Nº de luminarias total en el vestuario masculino	Potencia de lampara (W)	Nº de lamparas total
	2	2	2	4,38	4	18	8

CÁLCULO DE LA ILUMINACIÓN DE LA OFICINA TÉCNICA

DATOS INICIALES	Dimensiones			Altura plano útil (m)	Distancia luminaria (m)	Altura h montaje (m)	Factor de reflexión (%) Suelo-Techo-Paredes	Factor manteni. (Fm)	Nivel de iluminación (lx)	Tipo de lampara	Φl Lampara (lm)
	Largo (m)	Ancho (m)	Alto (m)								
	7,51	5,71	3,00	0,85	3,00	2,15	30 - 50 - 50	0,8	1000	Tubo fluorescente	3350

RESULTADOS PARCIALES	K Indice del local	Factor de utiliz. (Fu)	Φt (lm)	Lampara x luminaria	Nº de luminarias mínimas
	1,51	0,94	57024	2	9

RESULTADOS FINALES	Nº de luminarias ancho	Nº de luminarias largo	Distancia entre luminarias ancho	Distancia entre luminarias largo	Nº de luminarias total en la oficina técnica	Potencia de lampara (W)	Nº de lamparas total
	3	3	2	2,5	9	36	18

CÁLCULO DE LA ILUMINACIÓN DEL DESPACHO-1

DATOS INICIALES	Dimensiones			Altura plano útil (m)	Distancia luminaria (m)	Altura h montaje (m)	Factor de reflexión (%) Suelo-Techo-Paredes	Factor manteni. (Fm)	Nivel de iluminación (lx)	Tipo de lampara	φl Lampara (lm)
	Largo (m)	Ancho (m)	Alto (m)								
	5,71	3,40	3,00	0,85	3,00	2,15	30 - 50 - 50	0,8	500	Halógena	4000

RESULTADOS PARCIALES	K Indice del local	Factor de utiliz. (Fu)	φt (lm)	Lampara x luminaria	Nº de luminarias mínimas
	0,99	0,86	14109	1	4

RESULTADOS FINALES	Nº de luminarias ancho	Nº de luminarias largo	Distancia entre luminarias ancho	Distancia entre luminarias largo	Nº de luminarias total en el despacho-1	Potencia de lampara (W)	Nº de lamparas total
	2	3	2	1,9	6	50	6

CÁLCULO DE LA ILUMINACIÓN DEL DESPACHO-2

DATOS INICIALES	Dimensiones			Altura plano útil (m)	Distancia luminaria (m)	Altura h montaje (m)	Factor de reflexión (%) Suelo-Techo-Paredes	Factor manteni. (Fm)	Nivel de iluminación (lx)	Tipo de lampara	Φl Lampara (lm)
	Largo (m)	Ancho (m)	Alto (m)								
	5,11	3,40	3,00	0,85	3,00	2,15	30 - 50 - 50	0,8	500	Halógena	4000

RESULTADOS PARCIALES	K Indice del local	Factor de utiliz. (Fu)	φt (lm)	Lampara x luminaria	Nº de luminarias mínimas
	0,95	0,85	12775	1	3

RESULTADOS FINALES	Nº de luminarias ancho	Nº de luminarias largo	Distancia entre luminarias ancho	Distancia entre luminarias largo	Nº de luminarias total en el despacho-2	Potencia de lampara (W)	Nº de lamparas total
	2	2	2	2,56	4	50	4

CÁLCULO DE LA ILUMINACIÓN DEL COMEDOR

DATOS INICIALES	Dimensiones			Altura plano útil (m)	Distancia luminaria (m)	Altura h montaje (m)	Factor de reflexión (%) Suelo-Techo-Paredes	Factor manteni. (Fm)	Nivel de iluminación (lx)	Tipo de lampara	Φl Lampara (lm)
	Largo (m)	Ancho (m)	Alto (m)								
	6,92	4,19	3,00	0,85	3,00	2,15	30 - 50 - 50	0,8	125	Tubo fluorescente	1350

RESULTADOS PARCIALES	K Indice del local	Factor de utiliz. (Fu)	Φt (lm)	Lampara x luminaria	Nº de luminarias mínimas
	1,21	0,90	5034	2	2

RESULTADOS FINALES	Nº de luminarias ancho	Nº de luminarias largo	Distancia entre luminarias ancho	Distancia entre luminarias largo	Nº de luminarias total en el comedor	Potencia de lampara (W)	Nº de lamparas total
	2	2	2	3,46	4	18	8

CÁLCULO DE LA ILUMINACIÓN DE LA SALA DE REUNIONES

DATOS INICIALES	Dimensiones			Altura plano útil (m)	Distancia luminaria (m)	Altura h montaje (m)	Factor de reflexión (%) Suelo-Techo-Paredes	Factor manteni. (Fm)	Nivel de iluminación (lx)	Tipo de lampara	φl Lampara (lm)
	Largo (m)	Ancho (m)	Alto (m)								
	7,31	5,60	3,00	0,85	3,00	2,15	30 - 50 - 50	0,8	250	Halógena	4000

RESULTADOS PARCIALES	K Índice del local	Factor de utiliz. (Fu)	φt (lm)	Lampara x luminaria	Nº de luminarias mínimas
	1,47	0,94	13609	1	3

RESULTADOS FINALES	Nº de luminarias ancho	Nº de luminarias largo	Distancia entre luminarias ancho	Distancia entre luminarias largo	Nº de luminarias total en la sala de reuniones	Potencia de lampara (W)	Nº de lamparas total
	2	3	3	2,44	6	50	6



2.1.7.3- Elección de las líneas de alumbrado

Los circuitos de alimentación de las lámparas deben estar previstos para transportar y soportar la carga debida a los propios receptores, a sus elementos asociados y a sus corrientes armónicas. Por esa razón, y según la instrucción ITC-BT 44, la carga mínima prevista en voltiamperios será de 1,8 veces la potencia en vatios de los receptores.

Para el cálculo de las luminarias fluorescentes y halógenas se considerará que cada luminaria posee los elementos necesarios para compensar el factor de potencia, y que por ello se considera $\cos\varphi = 1$, sin embargo para las lámparas de vapor de sodio de alta presión se considera que $\cos\varphi = 0,8$.

Realizaré a título de ejemplo y detalladamente el cálculo de la elección de la línea de alumbrado para la línea L-A2 y sus sub-líneas L-A2-a, L-A2-b y L-A2-c correspondientes al taller y al almacén. El resto de las líneas las realizaré de manera similar, con ayuda de una hoja de cálculo, adjuntando los resultados posteriormente.

El alumbrado del taller está dividido en dos líneas para evitar que si hubiese un fallo en la línea de alumbrado se quedase todo el taller inutilizado. Por lo tanto si el taller tiene 28 luminarias en total, cada línea contará con 14 luminarias.

-Cálculo de la línea L-A2-a (L=115m)

Datos de la línea: Potencia de lámpara (P_l): 400W, $\cos\varphi$: 0.8, Tensión (U): 230V,
número de lámparas en la línea (n_l): 14, factor de corrección(F_c): 1,8

Potencia consumida (P_c) y potencia reactiva (Q):

$$P_c = F_c \cdot P_l \cdot n_l = 1,8 \cdot 400 \cdot 14 = 10080 \text{ W} = 10,08 \text{ kW}$$

$$\text{sen}\varphi = \sqrt{1 - \cos^2\varphi} = 0,6$$

$$Q = P_c \cdot \text{tg}\varphi = P_c \frac{\text{sen}\varphi}{\cos\varphi} = 10,08 \frac{0,6}{0,8} = 7,56 \text{ kVAr}$$



Intensidad máxima admisible (I), intensidad activa (I_a) e intensidad reactiva (I_r):

$$I = \frac{P_c}{U \cdot \cos\varphi} = \frac{10080}{230 \cdot 0,8} = 54,78 \text{ A}$$

$$I_a = I \cdot \cos\varphi = 54,78 \cdot 0,8 = 43,83 \text{ A}$$

$$I_r = I \cdot \sin\varphi = I \cdot \sqrt{1 - \cos^2\varphi} = 54,78 \cdot \sqrt{1 - 0,8^2} = 32,87 \text{ A}$$

-Cálculo para máxima intensidad soportable por el cable

Sabiendo que se trata de un circuitos monofásico con conductores de cobre colocados en canalizaciones empotradas con un tipo de aislamiento XLPE (Polietileno reticulado), podemos obtener la sección mínima necesaria para la intensidad calculada.

Teniendo en cuenta que se trata de instalaciones interiores utilizaremos la tabla de la norma UNE 20460-5-523 para seleccionar la sección de cable adecuado para soportar como mínimo esta intensidad: $I = 54,78 \text{ A}$



3. INTENSIDAD ADMISIBLE EN CABLES DE TENSIÓN ASIGNADA HASTA 0,6/1 kV, PARA INSTALACIONES RECEPTORAS SEGÚN NORMA UNE 20460-5-523.

Tabla 1:

INTENSIDAD ADMISIBLE (EN AMPERIOS), PARA CABLES AL AIRE, CON CONDUCTOR DE COBRE (TENSIÓN ASIGNADA HASTA 0,6/1 kV)

Método de Instalación ¹⁾	Número de conductores cargados y tipo aislamiento												
	3x PVC	2x PVC	3x XLPE	2x XLPE									
A1 Conductores aislados en tubos empotrados en paredes aislantes													
A2 Cables multiconductores en tubos empotrados en paredes aislantes													
B1 Conductores aislados en tubos en montaje superficial o empotrados en obra													
B2 Cables multiconductores en tubos en montaje superficial o empotrados en obra													
C Cables multiconductores directamente sobre la pared													
E Cables multiconductores al aire libre. Distancia a la pared no inferior a 0,3 D													
F Cables unipolares en contacto mutuo. Distancia a la pared no inferior a D													
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
Sección mm² COBRE													
1,5	11	11,5	13	13,5	15	16	16,5	19	20	21	24		
2,5	15	16	17,5	18,5	21	22	23	26	26,5	29	33		
4	20	21	23	24	27	30	31	34	36	38	45		
6	25	27	30	32	36	37	40	44	46	49	57		
10	34	37	40	44	50	52	54	60	65	68	76		
16	45	49	54	59	68	70	73	81	87	91	105		
25	59	64	70	77	84	88	95	103	110	116	123	140	
35		77	86	96	104	110	119	127	137	144	154	174	
50		94	103	117	125	133	145	155	167	175	188	210	
70				149	160	171	185	199	214	224	244	269	
95				180	194	207	224	241	259	271	296	327	
120				208	225	240	260	280	301	314	348	380	
150				236	260	278	299	322	343	363	404	438	
185				268	297	317	341	368	391	415	464	500	
240				315	350	374	401	435	468	490	552	590	
300				360	401	430	461	500	538	563	638	676	
400				431	480	515	552	599	645	674	770	812	
500				493	551	592	633	687	741	774	889	931	
630				565	632	681	728	790	853	890	1028	1071	

Temperatura del aire: 40°C

Se indican como 3x los circuitos trifásicos y como 2x los monofásicos. A efecto de las intensidades admisibles los cables con aislamiento termoplástico a base de poliolefina (Z1) son equivalentes a los cables con aislamiento de policloruro de vinilo (V).

Tabla 2-8. Intensidad máxima admisible para instalaciones receptoras.

Entonces según la intensidad máxima soportada por el conductor podemos escoger un cable de 16 mm².



-Cálculo por caída de tensión

El valor máximo de la caída de tensión viene marcado por la instrucción ITC-BT 19, la cual nos marca que la caída de tensión entre el origen de la instalación interior y cualquier punto de utilización sea menor del 3%, para alumbrado. En este caso como se trata de una línea monofásica, con una tensión entre neutro y fase de 230 V, la caída de tensión máxima que se permite es de:

$$e_{adm} = 3\% \text{ de } 230 = 6,9 \text{ V}$$

Si probamos con un cable de 16 mm²

$$e = \frac{2 \cdot P \cdot L}{K \cdot S \cdot U} = \frac{2 \cdot 10080 \cdot 115}{56 \cdot 16 \cdot 230} = 11,25 \text{ V} > 6,9 \text{ V} \quad \text{FALLO}$$

Probamos hasta encontrar la sección que cumple con la caída de tensión, y esa sección es 35 mm².

$$e = \frac{2 \cdot P \cdot L}{K \cdot S \cdot U} = \frac{2 \cdot 10080 \cdot 115}{56 \cdot 35 \cdot 230} = 5,14 \text{ V} < 6,9 \text{ V} \quad \text{OK}$$

Según la caída de tensión elegimos un cable de 35 mm². Entonces escogemos un conductor de 2(1 x 35)mm² + 1(1 x 16)mm² · TT, será un cable bipolar ya que se necesita conseguir una tensión 230 V (neutro-fase) y con una toma de tierra, según marca la tabla 2 de la ITC-BT 19, con una sección mínima igual al valor del conductor de fase.

TABLA-2 (ITC-BT 19)

Secciones de los conductores de fase o polares de la instalación (mm ²)	Secciones mínimas de los conductores de protección (mm ²)
S ≤ 16 16 < S ≤ 35 S > 35	S (*) 16 S/2
(*) Con un mínimo de: 2,5 mm ² si los conductores de protección no forman parte de la canalización de alimentación y tienen una protección mecánica 4 mm ² si los conductores de protección no forman parte de la canalización de alimentación y no tienen una protección mecánica	

Tabla 2-9. Elección de la sección del conductor de protección

En este caso hemos optado por escoger el resultado del cálculo por caída de tensión al resultar más restrictivo que el de máxima intensidad soportable por el cable.

El tubo de protección que alojará este conductor de sección de 2(1 x 35)mm² + 1(1 x 16)mm² · TT, debe cumplir las características mínimas indicadas en la tabla 3 de la ITC-BT-21, al ser una canalización empotrada.



TABLA-3 (ITC-BT 21)

Característica	Código	Grado
Resistencia a la compresión	2	Ligera
Resistencia al impacto	2	Ligera
Temperatura mínima de instalación y servicio	2	-5°C
Temperatura máxima de instalación y servicio	1	+60°C
Resistencia al curvado	1-2-3-4	Cualquiera de las especificadas
Propiedades eléctricas	0	No declaradas
Resistencia a la penetración de objetos sólidos	4	Contra objetos D ≥ 1 mm
Resistencia a la penetración del agua	2	Contra gotas de agua cayendo verticalmente cuando el sistema de tubos está inclinado 15°
Resistencia a la corrosión de tubos metálicos y compuestos	2	Protección interior y exterior media
Resistencia a la tracción	0	No declarada
Resistencia a la propagación de la llama	1	No propagador
Resistencia a las cargas suspendidas	0	No declarada

Tabla 2-11. Características mínimas para tubos empotrados

Para la elección de la sección del tubo de protección se tomará la tabla 5 de la ITC-BT-21, ya que es una canalización empotrada.

TABLA-5 (ITC-BT 21)

Sección nominal de los conductores unipolares (mm ²)	Diámetro exterior de los tubos (mm)				
	Número de conductores				
	1	2	3	4	5
1,5	12	12	16	16	20
2,5	12	16	20	20	20
4	12	16	20	20	25
6	12	16	25	25	25
10	16	25	25	32	32
16	20	25	32	32	40
25	25	32	40	40	50
35	25	40	40	50	50
50	32	40	50	50	63
70	32	50	63	63	63
95	40	50	63	75	75
120	40	63	75	75	--
150	50	63	75	--	--
185	50	75	--	--	--
240	63	75	--	--	--

Tabla 2-12. Diámetro exterior mínimo de los tubos empotrados.

**ES DECIR QUE QUE LA LÍNEA L-A2-a TIENE UNA SECCIÓN DE
 2 (1 x 35) mm² + 1(1 x 16) mm² · TT. E IRÁ EMPOTRADA EN TUBO DE 40 mm
 SIENDO LA INTENSIDAD MÁXIMA ADMISIBLE DE DICHO CONDUCTOR DE 119 A.**



-Cálculo de la línea L-A2-b (L=115m)

El cálculo de esta línea será igual al de la línea L-A2-a, ya que cuenta con los mismos parámetros, longitud, número de lámparas, tensión, potencia de la lámpara, etc. Por lo tanto la línea L-A2-b tendrán el siguiente resultado:

**LA LÍNEA L-A2-b TIENE UNA SECCIÓN DE 2 (1 x 35) mm² + 1(1 x 16) mm² · TT,
IRÁ EN CANALIZACIÓN EMPOTRADA EN TUBO PROTECTOR DE 40 mm
SIENDO LA INTENSIDAD MÁXIMA ADMISIBLE DE DICHO CONDUCTOR DE 119 A.**

-Cálculo de la línea L-A2-c (L=97m)

Datos de la línea: Potencia de lámpara (P_l): 18W, cosφ: 1, Tensión (U): 230V,
número de lámparas en la línea (n): 36, factor de corrección(F_c): 1,8

Potencia consumida (P_c) y potencia reactiva (Q):

$$P_c = F_c \cdot P_l \cdot n_l = 1,8 \cdot 18 \cdot 36 = 1170 W = 1,17 kW$$

$$\text{sen}\varphi = \sqrt{1 - \text{cos}\varphi^2} = 0$$

$$Q = P_c \cdot \text{tg}\varphi = P_c \frac{\text{sen}\varphi}{\text{cos}\varphi} = 1,17 \frac{0}{1} = 0,00 kVar$$

Intensidad máxima admisible (I), intensidad activa (I_a) e intensidad reactiva (I_r):

$$I = \frac{P_c}{U \cdot \text{cos}\varphi} = \frac{1170}{230 \cdot 1} = 5,07 A$$

$$I_a = I \cdot \text{cos}\varphi = 5,07 \cdot 1 = 5,07 A$$

$$I_r = I \cdot \text{sen}\varphi = I \cdot \sqrt{1 - \text{cos}\varphi^2} = 5,07 \cdot \sqrt{1 - 1^2} = 0,00 A$$

-Cálculo para máxima intensidad soportable por el cable

Sabiendo que se trata de un circuitos monofásico con conductores de cobre colocados en canalizaciones empotradas con un tipo de aislamiento XLPE (Polietileno reticulado), podemos obtener la sección mínima necesaria para la intensidad calculada.

Teniendo en cuenta que se trata de instalaciones interiores utilizaremos la tabla de la norma UNE 20460-5-523 para seleccionar la sección de cable adecuado para soportar como mínimo esta intensidad: I= 5,07 A



3. INTENSIDAD ADMISIBLE EN CABLES DE TENSIÓN ASIGNADA HASTA 0,6/1 kV, PARA INSTALACIONES RECEPTORAS SEGÚN NORMA UNE 20460-5-523.

Tabla 1:

INTENSIDAD ADMISIBLE (EN AMPERIOS), PARA CABLES AL AIRE, CON CONDUCTOR DE COBRE (TENSIÓN ASIGNADA HASTA 0,6/1 kV)

Método de Instalación ¹⁾	Número de conductores cargados y tipo aislamiento												
	3x PVC	2x PVC	3x XLPE	2x XLPE									
A1 Conductores aislados en tubos empotrados en paredes aislantes													
A2 Cables multiconductores en tubos empotrados en paredes aislantes													
B1 Conductores aislados en tubos en montaje superficial o empotrados en obra													
B2 Cables multiconductores en tubos en montaje superficial o empotrados en obra													
C Cables multiconductores directamente sobre la pared													
E Cables multiconductores al aire libre. Distancia a la pared no inferior a 0,3 D													
F Cables unipolares en contacto mutuo. Distancia a la pared no inferior a D													
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
Sección mm² COBRE													
1,5	11	11,5	13	13,5	15	16	16,5	19	20	21	24		
2,5	15	16	17,5	18,5	21	22	23	26	26,5	29	33		
4	20	21	23	24	27	30	31	34	36	38	45		
6	25	27	30	32	36	37	40	44	46	49	57		
10	34	37	40	44	50	52	54	60	65	68	76		
16	45	49	54	59	66	70	73	81	87	91	105		
25	59	64	70	77	84	88	95	103	110	116	123	140	
35		77	86	96	104	110	119	127	137	144	154	174	
50		94	103	117	125	133	145	155	167	175	188	210	
70				149	160	171	185	199	214	224	244	269	
95				180	194	207	224	241	259	271	296	327	
120				208	225	240	260	280	301	314	348	380	
150				236	260	278	299	322	343	363	404	438	
185				268	297	317	341	368	391	415	464	500	
240				315	350	374	401	435	468	490	552	590	
300				360	401	430	461	500	538	563	638	676	
400				431	480	515	552	599	645	674	770	812	
500				493	551	592	633	687	741	774	889	931	
630				565	632	681	728	790	853	890	1028	1071	

Temperatura del aire: 40°C

Se indican como 3x los circuitos trifásicos y como 2x los monofásicos. A efecto de las intensidades admisibles los cables con aislamiento termoplástico a base de poliolefina (Z1) son equivalentes a los cables con aislamiento de policloruro de vinilo (V).

Tabla 2-8. Intensidad máxima admisible para instalaciones receptoras.

Entonces según la intensidad máxima soportada por el conductor podemos escoger un cable de 1,5 mm².



-Cálculo por caída de tensión

El valor máximo de la caída de tensión viene marcado por la instrucción ITC-BT 19, la cual nos marca que la caída de tensión entre el origen de la instalación interior y cualquier punto de utilización sea menor del 3%, para alumbrado. En este caso como se trata de una línea monofásica, con una tensión entre neutro y fase de 230 V, la caída de tensión máxima que se permite es de:

$$e_{adm} = 3\% \text{ de } 230 = 6,9 \text{ V}$$

Si probamos con un cable de 1,5 mm²

$$e = \frac{2 \cdot P \cdot L}{K \cdot S \cdot U} = \frac{2 \cdot 1170 \cdot 97}{56 \cdot 1,5 \cdot 230} = 11,71 \text{ V} > 6,9 \text{ V} \quad \text{FALLO}$$

Probamos hasta encontrar la sección que cumple con la caída de tensión, y esa sección es 4 mm².

$$e = \frac{2 \cdot P \cdot L}{K \cdot S \cdot U} = \frac{2 \cdot 1170 \cdot 97}{56 \cdot 4 \cdot 230} = 4,39 \text{ V} < 6,9 \text{ V} \quad \text{OK}$$

Según la caída de tensión elegimos un cable de 4 mm². Entonces escogemos un conductor de 2(1 x 4)mm² + 1(1 x 4)mm² · TT, será un cable bipolar ya que se necesita conseguir una tensión 230 V (neutro-fase) y con una toma de tierra, según marca la tabla 2 de la ITC-BT 19, con una sección mínima igual al valor del conductor de fase.

TABLA-2 (ITC-BT 19)

Secciones de los conductores de fase o polares de la instalación (mm ²)	Secciones mínimas de los conductores de protección (mm ²)
$S \leq 16$ $16 < S \leq 35$ $S > 35$	$S (*)$ 16 $S/2$
(*) Con un mínimo de: 2,5 mm ² si los conductores de protección no forman parte de la canalización de alimentación y tienen una protección mecánica 4 mm ² si los conductores de protección no forman parte de la canalización de alimentación y no tienen una protección mecánica	

Tabla 2-9. Elección de la sección del conductor de protección

En este caso hemos optado por escoger el resultado del cálculo por caída de tensión al resultar más restrictivo que el de máxima intensidad soportable por el cable.

El tubo de protección que alojará este conductor de sección de 2(1 x 4)mm² + 1(1 x 4)mm² · TT, debe cumplir las características mínimas indicadas en la tabla 3 de la ITC-BT-21, al ser una canalización empotrada.



TABLA-3 (ITC-BT 21)

Característica	Código	Grado
Resistencia a la compresión	2	Ligera
Resistencia al impacto	2	Ligera
Temperatura mínima de instalación y servicio	2	-5°C
Temperatura máxima de instalación y servicio	1	+60°C
Resistencia al curvado	1-2-3-4	Cualquiera de las especificadas
Propiedades eléctricas	0	No declaradas
Resistencia a la penetración de objetos sólidos	4	Contra objetos $D \geq 1 \text{ mm}$
Resistencia a la penetración del agua	2	Contra gotas de agua cayendo verticalmente cuando el sistema de tubos está inclinado 15°
Resistencia a la corrosión de tubos metálicos y compuestos	2	Protección interior y exterior media
Resistencia a la tracción	0	No declarada
Resistencia a la propagación de la llama	1	No propagador
Resistencia a las cargas suspendidas	0	No declarada

Tabla 2-11. Características mínimas para tubos empotrados

Para la elección de la sección del tubo de protección se tomará la tabla 5 de la ITC-BT-21, ya que es una canalización empotrada.

TABLA-5 (ITC-BT 21)

Sección nominal de los conductores unipolares (mm ²)	Diámetro exterior de los tubos (mm)				
	Número de conductores				
	1	2	3	4	5
1,5	12	12	16	16	20
2,5	12	16	20	20	20
4	12	16	20	20	25
6	12	16	25	25	25
10	16	25	25	32	32
16	20	25	32	32	40
25	25	32	40	40	50
35	25	40	40	50	50
50	32	40	50	50	63
70	32	50	63	63	63
95	40	50	63	75	75
120	40	63	75	75	--
150	50	63	75	--	--
185	50	75	--	--	--
240	63	75	--	--	--

Tabla 2-12. Diámetro exterior mínimo de los tubos empotrados.

ES DECIR QUE LA LÍNEA L-A2-c TIENE UNA SECCIÓN DE 2 (1 x 4) mm² + 1(1 x 4) mm² · TT. E IRÁ EMPOTRADA EN TUBO DE 20 mm SIENDO LA INTENSIDAD MÁXIMA ADMISIBLE DE DICHO CONDUCTOR DE 31 A.



-Cálculo de la línea L-A2 (L=13m)

La línea L-A2 es un conductor trifásico y será a partir del sub-cuadro A2 de donde partirán las líneas monofásicas para alimentar al alumbrado del taller.

Para el cálculo de la sección de los conductores que alimentan los diferentes sub-cuadros, en este caso el sub-cuadro A-2, se tomará como potencia consumida o como potencia que necesita el panel aquella que resulte de la suma de todas las potencias calculadas para los diferentes dispositivos que se alimentan de dicho sub-cuadro A-2. Al mismo tiempo se calculará I a partir de las Ia e Ir de las diferentes dispositivos, como se muestra en las siguientes fórmulas:

$$P_t = \sum P_{asb} = 10,08 + 10,08 + 1,17 = 21,33 \text{ kW}$$

$$Q_t = \sum Q = 7,56 + 7,56 + 0 = 15,12 \text{ kVAr}$$

$$\sum I_a = 43,83 + 43,83 + 5,07 = 92,72 \text{ A}$$

$$\sum I_r = 32,87 + 32,87 + 0 = 65,74 \text{ A}$$

$$I_t = \sqrt{\sum I_a^2 + \sum I_r^2} = \sqrt{92,72^2 + 65,74^2} = 113,66 \text{ A}$$

$$\cos\phi = \frac{P_t}{\sqrt{3} \cdot U \cdot I_t} = \frac{21,33 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 113,66} = 0,27$$

A esta línea L-A2, se aplicará un factor de simultaneidad, ya que cabe la posibilidad de que algunos de los receptores que alimenta el sub-cuadro A-2 no funcionen al mismo tiempo. El factor de simultaneidad para el alumbrado lo hemos fijado en 0,9, por lo tanto la It y la Pt se multiplicarán por este factor (Fs).

$$I_t' = I_t \times F_s = 113,66 \times 0,90 = 102,30 \text{ A}$$

$$P_t' = P_t \times F_s = 21,33 \times 0,90 = 19,19 \text{ kW}$$

-Cálculo para máxima intensidad soportable por el cable

Sabiendo que se trata de un circuitos trifásico instalado al aire con conductores de cobre con un tipo de aislamiento XLPE (Polietileno reticulado) y que el circuito será colocado en bandeja perforada podemos obtener la sección mínima necesaria para la intensidad calculada. Teniendo en cuenta que se trata de instalaciones receptoras utilizaremos la tabla de la norma UNE 20460-5-523 para seleccionar la sección de cable adecuado para soportar como mínimo esta intensidad: $I' = 102,30 \text{ A}$



3. INTENSIDAD ADMISIBLE EN CABLES DE TENSIÓN ASIGNADA HASTA 0,6/1 kV, PARA INSTALACIONES RECEPTORAS SEGÚN NORMA UNE 20460-5-523.

Tabla 1:

INTENSIDAD ADMISIBLE (EN AMPERIOS), PARA CABLES AL AIRE, CON CONDUCTOR DE COBRE (TENSIÓN ASIGNADA HASTA 0,6/1 kV)

Método de Instalación ¹⁾	Número de conductores cargados y tipo aislamiento												
	3x PVC	2x PVC		3x XLPE	2x XLPE								
A1 Conductores aislados en tubos empotrados en paredes aislantes													
A2 Cables multiconductores en tubos empotrados en paredes aislantes	3x PVC	2x PVC		3x XLPE	2x XLPE								
B1 Conductores aislados en tubos en montaje superficial o empotrados en obra				3x PVC	2x PVC		3x XLPE	2x XLPE					
B2 Cables multiconductores en tubos en montaje superficial o empotrados en obra			3x PVC	2x PVC		3x XLPE	2x XLPE						
C Cables multiconductores directamente sobre la pared					3x PVC		2x PVC			2x XLPE			
E Cables multiconductores al aire libre. Distancia a la pared no inferior a 0,3 D						3x PVC		2x PVC	3x XLPE		2x XLPE		
F Cables unipolares en contacto mutuo. Distancia a la pared no inferior a D							3x PVC		2x PVC	3x XLPE		2x XLPE	
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
Sección mm² COBRE													
1,5	11	11,5	13	13,5	15	16	16,5	19	20	21	24		
2,5	15	16	17,5	18,5	21	22	23	26	26,5	29	33		
4	20	21	23	24	27	30	31	34	36	38	45		
6	25	27	30	32	36	37	40	44	46	49	57		
10	34	37	40	44	50	52	54	60	65	68	76		
16	45	49	54	59	66	70	73	81	87	91	105		
25	59	64	70	77	84	88	95	103	110	116	123	140	
35		77	86	96	104	110	118	127	137	144	154	174	
50		94	103	117	125	133	145	155	167	175	188	210	
70				149	160	171	185	199	214	224	244	269	
95				180	194	207	224	241	259	271	296	327	
120				208	225	240	260	280	301	314	348	380	
150				236	260	278	299	322	343	363	404	438	
185				268	297	317	341	368	391	415	464	500	
240				315	350	374	401	435	468	490	552	590	
300				360	401	430	461	500	538	563	638	676	
400				431	480	515	552	599	645	674	770	812	
500				493	551	592	633	687	741	774	889	931	
630				565	632	681	728	790	853	890	1028	1071	

Temperatura del aire: 40°C

Se indican como 3x los circuitos trifásicos y como 2x los monofásicos. A efecto de las intensidades admisibles los cables con aislamiento termoplástico a base de poliolefina (Z1) son equivalentes a los cables con aislamiento de policloruro de vinilo (V).

Tabla 2-8. Intensidad máxima admisible para instalaciones receptoras.

Entonces según la intensidad máxima soportada por el conductor podemos escoger un cable de 25 mm², pero como está un poco justo escogemos mejor el cable inmediatamente superior, con sección de 35 mm².



-Cálculo por caída de tensión

El valor máximo de la caída de tensión viene fijado en la instrucción ITC-BT 19, la cual nos marca que la caída de tensión entre el origen de la instalación interior y cualquier punto de utilización sea menor del 3%, para alumbrado. En este caso, como se trata de una línea trifásica, con una tensión entre fases de 400V, la caída de tensión máxima admisible es de:

$$e_{adm} = 3\% \text{ de } 400 = 12V$$

Si probamos con un cable de 35 mm²

$$e = \frac{\sqrt{3} \cdot I_t' \cdot L \cdot \cos\phi}{K \cdot S} = \frac{\sqrt{3} \cdot 102,30 \cdot 13 \cdot 0,27}{56 \cdot 35} = 0,32 V < 12V \quad \text{OK}$$

Según la caída de tensión comprobamos también que podemos escoger un cable de 35 mm². Por lo tanto el conductor tendrá una sección de 4(1 x 35)mm² + 1(1 x 16)mm² · TT, será un cable tetrapolar ya que se necesita una alimentación trifásica y con una toma de tierra, según marca la tabla 2 de la ITC-BT 19, con una sección mínima igual a la del conductor de fase.

TABLA-2 (ITC-BT 19)

Secciones de los conductores de fase o polares de la instalación (mm ²)	Secciones mínimas de los conductores de protección (mm ²)
S ≤ 16 16 < S ≤ 35 S > 35	S (*) 16 S/2
(*) Con un mínimo de: 2,5 mm ² si los conductores de protección no forman parte de la canalización de alimentación y tienen una protección mecánica 4 mm ² si los conductores de protección no forman parte de la canalización de alimentación y no tienen una protección mecánica	

Tabla 2-9. Elección de la sección del conductor de protección

ES DECIR QUE QUE LA LÍNEA L-A2 TIENE UNA SECCIÓN DE 4 (1 x 35) mm² + 1(1 x 16) mm² · TT. E IRÁ COLOCADO SOBRE BANDEJA PERFORADA SIENDO LA INTENSIDAD MÁXIMA ADMISIBLE DE DICHO CONDUCTOR DE 137 A.



2.1.8- Tablas de las líneas de alumbrado

Teniendo en cuenta que las líneas de alumbrado estarán concentradas en los diferentes sub-cuadros de alumbrado y que hasta ahora sólo se ha realizado la elección detallada de una de las líneas de alumbrado, a continuación, con ayuda de una hoja de cálculo, adjuntamos el resto de líneas siguiendo los mismos criterios ya expuestos. Las secciones seleccionadas para las diferentes líneas quedan resumidas en las siguientes tablas:

CALCULOS PARA LA ELECCIÓN DEL CONDUCTOR DE LA SUB-LINEA L-A1-a

DATOS INICIALES	Zona	Linea	L(m)	U(V)	Cosφ	P _l (kW)	F _c	N ^o _{lamp}	P _c (kW)	Q(kVAr)	I(A)	I _a (A)	I _r (A)
	Sala de espera y recepción	L-A1-a	21	230	1,00	0,04	1,8	6	0,39	0,00	1,69	1,69	0,00

RESULTADOS PARCIALES	Zona	Linea	CÁLCULO PARA MAXIMA INTENSIDAD SOPORTEBLE POR EL CABLE		CALCULO DE CAÍDA DE TENSIÓN	
			I(A)	Secc. (mm ²) según TABLA	Secc. (mm ²)	cdt (V) <6,9 V
	Sala de espera y recepción	L-A1-a	1,69	1,5	1,5	0,85

RESULTADOS FINALES	Zona	Linea	Secc. (mm ²)	Conductor elegido (mm ²)	cdt (V) real	Tipo de canalización	Aislamiento	I _{max} (A) soportable por el cable
	Sala de espera y recepción	L-A1-a	1,5	2(1x1,5)mm ² + 1(1x1,5)mm ² ·TT	0,85	Empotrado en falso techo tubo de 16mm	XLPE (PRC)	16,50

CALCULOS PARA LA ELECCIÓN DEL CONDUCTOR DE LA SUB-LINEA L-A1-b

DATOS INICIALES	Zona	Linea	L(m)	U(V)	Cosφ	P _l (kW)	F _c	N ^o _{lamp}	P _c (kW)	Q(kVAr)	I(A)	I _a (A)	I _r (A)
	Pasillo	L-A1-b	20	230	1,00	0,04	1,8	6	0,39	0,00	1,69	1,69	0,00

RESULTADOS PARCIALES	Zonas	Linea	CÁLCULO PARA MAXIMA INTENSIDAD SOPORTEBLE POR EL CABLE		CALCULO DE CAÍDA DE TENSIÓN	
			I(A)	Secc. (mm ²) según TABLA	Secc. (mm ²)	cdt (V) <6,9 V
	Pasillo	L-A1-b	1,69	1,5	1,5	0,80

RESULTADOS FINALES	Zona	Linea	Secc. (mm ²)	Conductor elegido (mm ²)	cdt (V) real	Tipo de canalización	Aislamiento	I _{max} (A) soportable por el cable
	Pasillo	L-A1-b	1,5	2(1x1,5)mm ² + 1(1x1,5)mm ² ·TT	0,80	Empotrado en falso techo tubo de 16mm	XLPE (PRC)	16,50

CALCULOS PARA LA ELECCIÓN DEL CONDUCTOR DE LA SUB-LINEA L-A1-c

DATOS INICIALES	Zona	Linea	L(m)	U(V)	Cosφ	P _l (kW)	F _c	N ^o _{lamp}	P _c (kW)	Q(kVAr)	I(A)	I _a (A)	I _r (A)
	Archivo	L-A1-c	16	230	1,00	0,04	1,8	2	0,13	0,00	0,56	0,56	0,00

RESULTADOS PARCIALES	Zonas	Linea	CÁLCULO PARA MAXIMA INTENSIDAD SOPORTEBLE POR EL CABLE		CALCULO DE CAÍDA DE TENSIÓN	
			I(A)	Secc. (mm ²) según TABLA	Secc. (mm ²)	cdt (V) <6,9 V
	Archivo	L-A1-c	0,56	1,5	1,5	0,21

RESULTADOS FINALES	Zona	Linea	Secc. (mm ²)	Conductor elegido (mm ²)	cdt (V) real	Tipo de canalización	Aislamiento	I _{max} (A) soportable por el cable
	Archivo	L-A1-c	1,5	2(1x1,5)mm ² + 1(1x1,5)mm ² ·TT	0,21	Empotrado en falso techo tubo de 16mm	XLPE (PRC)	16,50

CALCULOS PARA LA ELECCIÓN DEL CONDUCTOR DE LA SUB-LINEA L-A1-d

DATOS INICIALES	Zona	Linea	L(m)	U(V)	Cosφ	P _l (kW)	F _c	N ^o _{lamp}	P _c (kW)	Q(kVAr)	I(A)	I _a (A)	I _r (A)
	Oficina jefe taller	L-A1-d	20	230	1,00	0,04	1,8	4	0,26	0,00	1,13	1,13	0,00

RESULTADOS PARCIALES	Zonas	Linea	CÁLCULO PARA MAXIMA INTENSIDAD SOPORTEBLE POR EL CABLE		CALCULO DE CAÍDA DE TENSIÓN	
			I(A)	Secc. (mm ²) según TABLA	Secc. (mm ²)	cdt (V) <6,9 V
	Oficina jefe taller	L-A1-d	1,13	1,5	1,5	0,54

RESULTADOS FINALES	Zona	Linea	Secc. (mm ²)	Conductor elegido (mm ²)	cdt (V) real	Tipo de canalización	Aislamiento	I _{max} (A) soportable por el cable
	Oficina jefe taller	L-A1-d	1,5	2(1x1,5)mm ² + 1(1x1,5)mm ² ·TT	0,54	Empotrado en falso techo tubo de 16mm	XLPE (PRC)	16,50

CALCULOS PARA LA ELECCIÓN DEL CONDUCTOR DE LA SUB-LINEA L-A1-e

DATOS INICIALES	Zona	Linea	L(m)	U(V)	Cosφ	P _l (kW)	F _c	N ^o _{lamp}	P _c (kW)	Q(kVAr)	I(A)	I _a (A)	I _r (A)
		Aseos	L-A1-e	15	230	1,00	0,02	1,8	2	0,06	0,00	0,28	0,28

RESULTADOS PARCIALES	Zonas	Linea	CÁLCULO PARA MAXIMA INTENSIDAD SOPORTEBLE POR EL CABLE		CALCULO DE CAÍDA DE TENSIÓN	
			I(A)	Secc. (mm ²) según TABLA	Secc. (mm ²)	cdt (V) <6,9 V
		Aseos	L-A1-e	0,28	1,5	1,5

RESULTADOS FINALES	Zona	Linea	Secc. (mm ²)	Conductor elegido (mm ²)	cdt (V) real	Tipo de canalización	Aislamiento	I _{max} (A) soportable por el cable
		Aseos	L-A1-e	1,5	2(1x1,5)mm ² + 1(1x1,5)mm ² ·TT	0,10	Empotrado en falso techo tubo de 16mm	XLPE (PRC)

CALCULOS PARA LA ELECCIÓN DEL CONDUCTOR DE LA SUB-LINEA L-A1-f

DATOS INICIALES	Zona	Linea	L(m)	U(V)	Cosφ	P _l (kW)	F _c	N ^o _{lamp}	P _c (kW)	Q(kVAr)	I(A)	I _a (A)	I _r (A)
	Oficina técnica	L-A1-f	23	230	1,00	0,04	1,8	18	1,17	0,00	5,07	5,07	0,00

RESULTADOS PARCIALES	Zonas	Linea	CÁLCULO PARA MAXIMA INTENSIDAD SOPORTEBLE POR EL CABLE		CALCULO DE CAÍDA DE TENSIÓN	
			I(A)	Secc. (mm ²) según TABLA	Secc. (mm ²)	cdt (V) <6,9 V
	Oficina técnica	L-A1-f	5,07	1,5	1,5	2,78

RESULTADOS FINALES	Zona	Linea	Secc. (mm ²)	Conductor elegido (mm ²)	cdt (V) real	Tipo de canalización	Aislamiento	I _{max} (A) soportable por el cable
	Oficina técnica	L-A1-f	1,5	2(1x1,5)mm ² + 1(1x1,5)mm ² ·TT	2,78	Empotrado en falso techo tubo de 16mm	XLPE (PRC)	16,50

CALCULOS PARA LA ELECCIÓN DEL CONDUCTOR DE LA SUB-LINEA L-A1-g

DATOS INICIALES	Zona	Linea	L(m)	U(V)	Cosφ	P _l (kW)	F _c	N ^o _{lamp}	P _c (kW)	Q(kVAr)	I(A)	I _a (A)	I _r (A)
	Despacho 1	L-A1-g	13	230	1,00	0,05	1,8	6	0,54	0,00	2,35	2,35	0,00

RESULTADOS PARCIALES	Zonas	Linea	CÁLCULO PARA MAXIMA INTENSIDAD SOPORTEBLE POR EL CABLE		CALCULO DE CAÍDA DE TENSIÓN	
			I(A)	Secc. (mm ²) según TABLA	Secc. (mm ²)	cdt (V) <6,9 V
	Despacho 1	L-A1-g	2,35	1,5	1,5	0,73

RESULTADOS FINALES	Zona	Linea	Secc. (mm ²)	Conductor elegido (mm ²)	cdt (V) real	Tipo de canalización	Aislamiento	I _{max} (A) soportable por el cable
	Despacho 1	L-A1-g	1,5	2(1x1,5)mm ² + 1(1x1,5)mm ² ·TT	0,73	Empotrado en falso techo tubo de 16mm	XLPE (PRC)	16,50

CALCULOS PARA LA ELECCIÓN DEL CONDUCTOR DE LA SUB-LINEA L-A1-h

DATOS INICIALES	Zona	Linea	L(m)	U(V)	Cosφ	P _l (kW)	F _c	N ^o _{lamp}	P _c (kW)	Q(kVAr)	I(A)	I _a (A)	I _r (A)
	Despacho 2	L-A1-h	14	230	1,00	0,05	1,8	4	0,36	0,00	1,57	1,57	0,00

RESULTADOS PARCIALES	Zonas	Linea	CÁLCULO PARA MAXIMA INTENSIDAD SOPORTEBLE POR EL CABLE		CALCULO DE CAÍDA DE TENSIÓN	
			I(A)	Secc. (mm ²) según TABLA	Secc. (mm ²)	cdt (V) <6,9 V
	Despacho 2	L-A1-h	1,57	1,5	1,5	0,52

RESULTADOS FINALES	Zona	Linea	Secc. (mm ²)	Conductor elegido (mm ²)	cdt (V) real	Tipo de canalización	Aislamiento	I _{max} (A) soportable por el cable
	Despacho 2	L-A1-h	1,5	2(1x1,5)mm ² + 1(1x1,5)mm ² ·TT	0,52	Empotrado en falso techo tubo de 16mm	XLPE (PRC)	16,50

CALCULOS PARA LA ELECCIÓN DEL CONDUCTOR DE LA SUB-LINEA L-A1-i

DATOS INICIALES	Zona	Linea	L(m)	U(V)	Cosφ	P _l (kW)	F _c	N ^o _{lamp}	P _c (kW)	Q(kVAr)	I(A)	I _a (A)	I _r (A)
	Sala de reuniones	L-A1-i	24	230	1,00	0,05	1,8	6	0,54	0,00	2,35	2,35	0,00

RESULTADOS PARCIALES	Zonas	Linea	CÁLCULO PARA MAXIMA INTENSIDAD SOPORTEBLE POR EL CABLE		CALCULO DE CAÍDA DE TENSIÓN	
			I(A)	Secc. (mm ²) según TABLA	Secc. (mm ²)	cdt (V) <6,9 V
	Sala de reuniones	L-A1-i	2,35	1,5	1,5	1,34

RESULTADOS FINALES	Zona	Linea	Secc. (mm ²)	Conductor elegido (mm ²)	cdt (V) real	Tipo de canalización	Aislamiento	I _{max} (A) soportable por el cable
	Sala de reuniones	L-A1-i	1,5	2(1x1,5)mm ² + 1(1x1,5)mm ² ·TT	1,34	Empotrado en falso techo tubo de 16mm	XLPE (PRC)	16,50

CALCULOS PARA LA ELECCIÓN DEL CONDUCTOR DE LA SUB-LINEA L-A1-j

DATOS INICIALES	Zona	Linea	L(m)	U(V)	Cosφ	P _l (kW)	F _c	N ^o _{lamp}	P _c (kW)	Q(kVAr)	I(A)	I _a (A)	I _r (A)
	Comedor	L-A1-j	19	230	1,00	0,02	1,8	8	0,26	0,00	1,13	1,13	0,00

RESULTADOS PARCIALES	Zonas	Linea	CÁLCULO PARA MAXIMA INTENSIDAD SOPORTEBLE POR EL CABLE		CALCULO DE CAÍDA DE TENSIÓN	
			I(A)	Secc. (mm ²) según TABLA	Secc. (mm ²)	cdt (V) <6,9 V
	Comedor	L-A1-j	1,13	1,5	1,5	0,51

RESULTADOS FINALES	Zona	Linea	Secc. (mm ²)	Conductor elegido (mm ²)	cdt (V) real	Tipo de canalización	Aislamiento	I _{max} (A) soportable por el cable
	Comedor	L-A1-j	1,5	2(1x1,5)mm ² + 1(1x1,5)mm ² ·TT	0,51	Empotrado en falso techo tubo de 16mm	XLPE (PRC)	16,50

CALCULOS PARA LA ELECCIÓN DEL CONDUCTOR DE LA SUB-LINEA L-A1-k

DATOS INICIALES	Zona	Linea	L(m)	U(V)	Cosφ	P _l (kW)	F _c	N ^o _{lamp}	P _c (kW)	Q(kVAr)	I(A)	I _a (A)	I _r (A)
	Vestuario masculino	L-A1-k	16	230	1,00	0,02	1,8	8	0,26	0,00	1,13	1,13	0,00

RESULTADOS PARCIALES	Zonas	Linea	CÁLCULO PARA MAXIMA INTENSIDAD SOPORTEBLE POR EL CABLE		CALCULO DE CAÍDA DE TENSIÓN	
			I(A)	Secc. (mm ²) según TABLA	Secc. (mm ²)	cdt (V) <6,9 V
	Vestuario masculino	L-A1-k	1,13	1,5	1,5	0,43

RESULTADOS FINALES	Zona	Linea	Secc. (mm ²)	Conductor elegido (mm ²)	cdt (V) real	Tipo de canalización	Aislamiento	I _{max} (A) soportable por el cable
	Vestuario masculino	L-A1-k	1,5	2(1x1,5)mm ² + 1(1x1,5)mm ² ·TT	0,43	Empotrado en falso techo tubo de 16mm	XLPE (PRC)	16,50

CALCULOS PARA LA ELECCIÓN DEL CONDUCTOR DE LA SUB-LINEA L-A1-I

DATOS INICIALES	Zona	Linea	L(m)	U(V)	Cosφ	P _l (kW)	F _c	N ^o _{lamp}	P _c (kW)	Q(kVAr)	I(A)	I _a (A)	I _r (A)
	Vestuario femenino	L-A1-I	11	230	1,00	0,02	1,8	4	0,13	0,00	0,56	0,56	0,00

RESULTADOS PARCIALES	Zonas	Linea	CÁLCULO PARA MAXIMA INTENSIDAD SOPORTEBLE POR EL CABLE		CALCULO DE CAÍDA DE TENSIÓN	
			I(A)	Secc. (mm ²) según TABLA	Secc. (mm ²)	cdt (V) <6,9 V
	Vestuario femenino	L-A1-I	0,56	1,5	1,5	0,15

RESULTADOS FINALES	Zona	Linea	Secc. (mm ²)	Conductor elegido (mm ²)	cdt (V) real	Tipo de canalización	Aislamiento	I _{max} (A) soportable por el cable
	Vestuario femenino	L-A1-I	1,5	2(1x1,5)mm ² + 1(1x1,5)mm ² ·TT	0,15	Empotrado en falso techo tubo de 16mm	XLPE (PRC)	16,50

RESUMEN Y TOTALES DE LAS LINEAS DEL SUB-CUADRO A1

Zonas	Linea	P _c (kW)	Q(kVAr)	I(A)	I _a (A)	I _r (A)	Conductor elegido (mm ²)	cdt (V)	Tipo de canaliz.	Aisl.
Sala de espera y recepción	L-A1-a	0,39	0,00	1,69	1,69	0,00	2(1x1,5)mm ² + 1(1x1,5)mm ² ·TT	0,85	Falso techo tubo 16mm	XLPE (PRC)
Pasillo	L-A1-b	0,39	0,00	1,69	1,69	0,00	2(1x1,5)mm ² + 1(1x1,5)mm ² ·TT	0,80	Falso techo tubo 16mm	XLPE (PRC)
Archivo	L-A1-c	0,13	0,00	0,56	0,56	0,00	2(1x1,5)mm ² + 1(1x1,5)mm ² ·TT	0,21	Falso techo tubo 16mm	XLPE (PRC)
Oficina jefe taller	L-A1-d	0,26	0,00	1,13	1,13	0,00	2(1x1,5)mm ² + 1(1x1,5)mm ² ·TT	0,54	Falso techo tubo 16mm	XLPE (PRC)
Aseos	L-A1-e	0,06	0,00	0,28	0,28	0,00	2(1x1,5)mm ² + 1(1x1,5)mm ² ·TT	0,10	Falso techo tubo 16mm	XLPE (PRC)
Oficina técnica	L-A1-f	1,17	0,00	5,07	5,07	0,00	2(1x1,5)mm ² + 1(1x1,5)mm ² ·TT	2,78	Falso techo tubo 16mm	XLPE (PRC)
Despacho 1	L-A1-g	0,54	0,00	2,35	2,35	0,00	2(1x1,5)mm ² + 1(1x1,5)mm ² ·TT	0,73	Falso techo tubo 16mm	XLPE (PRC)
Despacho 2	L-A1-h	0,36	0,00	1,57	1,57	0,00	2(1x1,5)mm ² + 1(1x1,5)mm ² ·TT	0,52	Falso techo tubo 16mm	XLPE (PRC)
Sala de reuniones	L-A1-i	0,54	0,00	2,35	2,35	0,00	2(1x1,5)mm ² + 1(1x1,5)mm ² ·TT	1,34	Falso techo tubo 16mm	XLPE (PRC)
Comedor	L-A1-j	0,26	0,00	1,13	1,13	0,00	2(1x1,5)mm ² + 1(1x1,5)mm ² ·TT	0,51	Falso techo tubo 16mm	XLPE (PRC)
Vestuario masculino	L-A1-k	0,26	0,00	1,13	1,13	0,00	2(1x1,5)mm ² + 1(1x1,5)mm ² ·TT	0,43	Falso techo tubo 16mm	XLPE (PRC)
Vestuario femenino	L-A1-l	0,13	0,00	0,56	0,56	0,00	2(1x1,5)mm ² + 1(1x1,5)mm ² ·TT	0,15	Falso techo tubo 16mm	XLPE (PRC)
TOTALES		4,49	0,00		19,50	0,00				

CALCULOS PARA LA ELECCIÓN DEL CONDUCTOR DE LA SUB-LINEA L-A1

DATOS INICIALES	Receptor	Linea	L(m)	U(V)	Cosφ	P _t (kW)	Q (kVAr)	I(A)	I _a (A)	I _r (A)	F _s	P _r (kW)	I'(A)
	Sub-Cuadro A1	L-A1	16	400	0,58	4,49	0,00	19,50	11,21	15,96	0,90	4,04	17,55

RESULTADOS PARCIALES	Receptor	Linea	CÁLCULO PARA MAXIMA INTENSIDAD SOPORTEBLE POR EL CABLE		CALCULO DE CAÍDA DE TENSIÓN	
			I(A)	Secc. (mm ²) según TABLA	Secc. (mm ²)	cdt (V) <12 V
	Sub-Cuadro A1	L-A1	17,55	2,5	2,5	2,00

RESULTADOS FINALES	Receptor	Linea	Secc. (mm ²)	Conductor elegido (mm ²)	cdt (V) real	Tipo de canalización	Aislamiento	I _{max} (A) soportable por el cable
	Sub-Cuadro A1	L-A1	2,5	4(1x 2,5)mm ² + 1(1x 2,5)mm ² ·TT	2,00	Bandeja perforada	XLPE (PRC)	26,50

CALCULOS PARA LA ELECCIÓN DEL CONDUCTOR DE LA SUB-LINEA L-A2-a

DATOS INICIALES	Zona	Linea	L(m)	U(V)	Cosφ	P _I (kW)	F _c	N ^o lamp	P _c (kW)	Q(kVAr)	I(A)	I _a (A)	I _r (A)
	½ Taller	L-A2-a	115	230	0,80	0,40	1,8	14	10,08	7,56	54,78	43,83	32,87

RESULTADOS PARCIALES	Zona	Linea	CÁLCULO PARA MAXIMA INTENSIDAD SOPORTEBLE POR EL CABLE		CALCULO DE CAÍDA DE TENSIÓN	
			I(A)	Secc. (mm ²) según TABLA	Secc. (mm ²)	cdt (V) <6,9 V
	½ Taller	L-A2-a	54,78	16	16	11,25

RESULTADOS FINALES	Zona	Linea	Secc. (mm ²)	Conductor elegido (mm ²)	cdt (V) real	Tipo de canalización	Aislamiento	I _{max} (A) soportable por el cable
	½ Taller	L-A2-a	35	2(1x35)mm ² + 1(1x16)mm ² ·TT	5,14	Empotrada en tubo protector de 40 mm	XLPE (PRC)	119

CALCULOS PARA LA ELECCIÓN DEL CONDUCTOR DE LA SUB-LINEA L-A2-b

DATOS INICIALES	Zona	Linea	L(m)	U(V)	Cosφ	P _I (kW)	F _c	N ^o _{lamp}	P _c (kW)	Q(kVAr)	I(A)	I _a (A)	I _r (A)
	½ Taller	L-A2-b	115	230	0,80	0,40	1,8	14	10,08	7,56	54,78	43,83	32,87

RESULTADOS PARCIALES	Zonas	Linea	CÁLCULO PARA MAXIMA INTENSIDAD SOPORTEBLE POR EL CABLE		CALCULO DE CAÍDA DE TENSIÓN	
			I(A)	Secc. (mm ²) según TABLA	Secc. (mm ²)	cdt (V) <6,9 V
	½ Taller	L-A2-b	54,78	16	16	11,25

RESULTADOS FINALES	Zona	Linea	Secc. (mm ²)	Conductor elegido (mm ²)	cdt (V) real	Tipo de canalización	Aislamiento	I _{max} (A) soportable por el cable
	½ Taller	L-A2-b	35	2(1x35)mm ² + 1(1x16)mm ² ·TT	5,14	Empotrada en tubo protector de 40 mm	XLPE (PRC)	119

CÁLCULOS PARA LA ELECCIÓN DEL CONDUCTOR DE LA SUB-LINEA L-A2-c

DATOS INICIALES	Zona	Linea	L(m)	U(V)	Cosφ	P _I (kW)	F _c	N ^o _{lamp}	P _c (kW)	Q(kVAr)	I(A)	I _a (A)	I _r (A)
	Almacén	L-A2-c	97	230	1,00	0,02	1,8	36	1,17	0,00	5,07	5,07	0,00

RESULTADOS PARCIALES	Zonas	Linea	CÁLCULO PARA MÁXIMA INTENSIDAD SOPORTEBLE POR EL CABLE		CÁLCULO DE CAÍDA DE TENSIÓN	
			I(A)	Secc. (mm ²) según TABLA	Secc. (mm ²)	cdt (V) <6,9 V
	Almacén	L-A2-c	5,07	1,5	1,5	11,71

RESULTADOS FINALES	Zona	Linea	Secc. (mm ²)	Conductor elegido (mm ²)	cdt (V) real	Tipo de canalización	Aislamiento	I _{max} (A) soportable por el cable
	Almacén	L-A2-c	4	2(1x4)mm ² + 1(1x4)mm ² ·TT	4,39	Empotrada en tubo protector de 20 mm	XLPE (PRC)	31

RESUMEN Y TOTALES DE LAS LINEAS DEL SUB-CUADRO A2

Zonas	Linea	P _c (kW)	Q(kVAr)	I(A)	I _a (A)	I _r (A)	Conductor elegido (mm ²)	cdt (V)	Tipo de canaliz.	Aislante
½ Taller	L-A2-a	10,08	7,56	54,78	43,83	32,87	2(1x35)mm ² + 1(1x16)mm ² ·TT	5,14	Empotrada en tubo protector de 40 mm	XLPE (PRC)
½ Taller	L-A2-b	10,08	7,56	54,78	43,83	32,87	2(1x35)mm ² + 1(1x16)mm ² ·TT	5,14	Empotrada en tubo protector de 40 mm	XLPE (PRC)
Almacén	L-A2-c	1,17	0,00	5,07	5,07	0,00	2(1x4)mm ² + 1(1x4)mm ² ·TT	4,39	Empotrada en tubo protector de 20 mm	XLPE (PRC)
TOTALES		21,33	15,12		92,72	65,74				

CÁLCULOS PARA LA ELECCIÓN DEL CONDUCTOR DE LA SUB-LINEA L-A2

DATOS INICIALES	Receptor	Linea	L(m)	U(V)	Cosφ	P _t (kW)	Q (kVAr)	I(A)	I _a (A)	I _r (A)	F _s	P _r (kW)	I'(A)
		Sub-Cuadro A2	L-A2	13	400	0,27	21,33	15,12	113,66	30,78	109,42	0,90	19,19

RESULTADOS PARCIALES	Receptor	Linea	CÁLCULO PARA MÁXIMA INTENSIDAD SOPORTEBLE POR EL CABLE		CÁLCULO DE CAÍDA DE TENSIÓN	
			I(A)	Secc. (mm ²) según TABLA	Secc. (mm ²)	cdt (V) <12 V
		Sub-Cuadro A2	L-A2	102,30	35	35

RESULTADOS FINALES	Receptor	Linea	Secc. (mm ²)	Conductor elegido (mm ²)	cdt (V) real	Tipo de canalización	Aislamiento	I _{max} (A) soportable por el cable
		Sub-Cuadro A2	L-A2	35	4(1x 35)mm ² + 1(1x 16)mm ² ·TT	0,32	Bandeja perforada	XLPE (PRC)



2.1.9- Protección de la instalación

La idea de la distribución de las protecciones es aislar cada circuito o línea, pudiendo garantizar el funcionamiento independiente de cualquier línea, en el caso de que se produjese alguna anomalía en el funcionamiento normal de la nave.

2.1.9.1- Protección contra contactos directos

Esta protección consiste en tomar medidas destinadas a proteger a las personas de los peligros que puedan derivarse de un contacto con las partes activas de los materiales eléctricos, tal como marca el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión, en concreto la ITC-BT-24.

Para solucionar el problema de si se produce una fuga de corriente a tierra, ya sea a través de receptores o por contacto directo de una persona con los hilos activos, se instalarán interruptores diferenciales y así evitar el paso de corriente de intensidad peligrosa por el cuerpo humano.

El interruptor diferencial tiene la capacidad de detectar la diferencia entre la corriente de entrada y salida en un circuito. Cuando esta diferencia supera un valor determinado, para el que está calibrado, el dispositivo abre el circuito, interrumpiendo el paso de corriente a la instalación que protege.

2.1.9.2- Protección contra contactos indirectos

La protección contra contactos indirectos utilizada es la puesta de tierra de las masas y dispositivos de corte, tal como marca el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión, en concreto la ITC-BT-24.

El corte automático de la alimentación después de la aparición de un fallo está destinado a impedir que una tensión de contacto de valor suficiente se mantenga durante un tiempo tal que pueda dar como resultado un riesgo.



2.1.9.3- Protección de las instalaciones contra sobrecargas

Una sobrecarga se produce cuando la intensidad que circula es superior a la admisible o nominal, pero sin que haya defecto de aislamiento.

Este fenómeno puede producirse por diversas razones:

- Fenómenos transitorios debido al funcionamiento de algunos receptores.
- Sobre utilización de receptores de una misma línea.
- Sobre utilización de la instalación, que tiene conectado receptores con más potencia de lo previsto inicialmente.

El efecto de sobrecarga produce el aumento de temperatura en los conductores, pudiendo llegar a ser superior a la admisible, y por tanto implica el deterioro del aislamiento y la reducción de vida de los cables.

La solución para evitar estas consecuencias que se ha tomado en la presente instalación pasa por la colocación de interruptores automáticos magnetotérmicos, y fusibles en CGPM por parte de la compañía eléctrica.

Sea cual sea el dispositivo debe desconectar la línea antes de que alcance la temperatura máxima admisible. Según la norma UNE 20 460, estos dispositivos de protección deben cumplir que:

$$I_b \geq I_n \geq I_z$$

Siendo:

I_b : Intensidad de utilización o nominal.

I_n : Intensidad nominal del dispositivo de protección.

I_z : Intensidad máxima admisible por el conductor.

Los interruptores magnetotérmicos prevalecen sobre los fusibles convencionales puesto que presentan una mayor seguridad y prestaciones, ya que interrumpen los circuitos con mayor rapidez y tienen más capacidad de ruptura. Otra ventaja es que a la hora de restablecer el circuito, no se precisa ningún material ni persona experta, ya que es suficiente con presionar un botón que se halla perfectamente señalizado.



Su funcionamiento se basa en un elemento térmico, formado por una lámina bimetálica que se deforma al pasar por la misma una corriente durante cierto tiempo, para cuyas magnitudes está dimensionada (sobrecarga) y un elemento magnético, formado por una bobina cuyo núcleo atrae un elemento que abre el circuito al pasar por dicha bobina una corriente de valor definido (cortocircuito).

2.1.9.4- Protección de las instalaciones contra cortocircuitos

Un cortocircuito es una conexión de poca impedancia entre dos puntos, entre los cuales existe una diferencia de potencial, dando lugar a una corriente de una intensidad muy alta.

Normalmente vienen producidos por fallos de aislamiento de la instalación o fallos en los receptores conectados, por avería o conexión incorrecta.

Este defecto repercute de manera negativa en los conductores de dos maneras:

- Aumento de la temperatura, debido al efecto Joule el conductor puede alcanzar su temperatura máxima en milisegundos, que provoca la destrucción del conductor.
- Esfuerzos entre conductores, debido el efecto del campo magnético creado por la corriente. Esto puede originar la destrucción de las conexiones.

La solución para evitar estas consecuencias pasa por la colocación de interruptores automáticos magnetotérmicos, coincidiendo con las protecciones contra sobrecargas.

Su función debe ser actuar cortando la corriente de cortocircuito antes que la instalación se dañe por los efectos ya mencionados.

2.1.9.4.1- Cálculos de cortocircuito

Con el fin de dimensionar las protecciones, se realizan los cálculos de cortocircuitos para definir su poder de corte ante una anomalía en la línea, para que el dispositivo sea capaz de proteger la instalación.



Aún sabiendo que el caso más común de cortocircuito es el monofásico (fase – tierra) los cálculos se realizarán para el caso más desfavorable para la instalación, es decir el circuito trifásico (fase – fase – fase).

Para realizar los cálculos se tomarán los siguientes valores para el transformador:

$$S_n (\text{Potencia nominal del transformador}) = 400 \text{ KVA}$$

$$U (\text{Tensión del secundario del transformador en vacío}) = 400 \text{ V} = 0,4 \text{ KV}$$

En el cálculo se despreciará la impedancia aguas arriba del transformador, y por tanto no ejerce ninguna resistencia sobre la línea.

Al tratarse de líneas relativamente cortas las que van desde el transformador hasta la instalación, despreciamos la reactancia lineal de estas, así como la impedancia de la línea de distribución en Alta Tensión que alimenta el transformador, ya que en A.T las pérdidas son muy reducidas porque la impedancia de la línea es muy pequeña.

Para el cálculo de cortocircuitos es necesario conocer la impedancia aguas arriba del lugar en el cual se calcula el cortocircuito, por ello calculamos primero la intensidad nominal en el secundario del transformador.

Considerando que:

- Resistividad del cobre a 20° (ρ) = 0,018 $\Omega\text{mm}^2/\text{m}$
- Resistividad del aluminio a 20° (ρ_a) = 0,029 $\Omega\text{mm}^2/\text{m}$
- Reactancia lineal = 0

Podemos calcular la intensidad nominal en el secundario del transformador (I_t):

$$I_t = \frac{S_n}{\sqrt{3} \cdot U} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 577,37 \text{ A}$$

Siendo:

$$S_n = \text{Potencia nominal del transformador} = (400 \text{ KVA})$$

$$U = \text{Tensión del secundario del transformador en vacío} (400 \text{ V} = 0,4 \text{ KV})$$



Ahora debemos obtener la tensión de cortocircuito del transformador, sabiendo que se llama tensión de cortocircuito de un transformador a la tensión expresada en % de tensión nominal, a que es preciso aplicar al primario para hacer circular la corriente nominal por el secundario, estando este en cortocircuito.

Esta tensión de cortocircuito está normalizada y como podemos ver en la tabla 2-18 el valor correspondiente en nuestro caso, para un transformador con una potencia de 400 KVA, será del 4%.

Potencia del transformador MT/BT (en kVA)	≤ 630	800	1000	1250	1600	2000
Tensión de cortocircuito u_{cc} (en %)	4	4,5	5	5,5	6	7

Tensión de cortocircuito u_{cc} normalizada para los transformadores MT/BT de distribución pública.

Tabla 2-18. Valores para la tensión de cortocircuito del transformador

Ahora ya podemos hallar la impedancia del transformador (Z_t):

$$Z_t = \frac{U_{cc}}{\sqrt{3} \cdot I_t} = \frac{16}{\sqrt{3} \cdot 577,37} = 0,016 \Omega = 16 \text{ m}\Omega$$

Siendo:

U_{cc} = Tensión de cortocircuito (4% de 400V, es decir 16 V)

I_t = Intensidad nominal en el secundario del transformador (577,37 A)

Como hemos considerado la reactancia lineal = 0, podemos decir que la impedancia es igual a la resistencia.

– Intensidad de cortocircuito del Transformador (I_{cct})

Ahora calcularemos la intensidad de cortocircuito del transformador (I_{cct}) a la salida de este:

$$I_{cct} = \frac{U}{\sqrt{3} \cdot Z_t} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 16} = 14,43 \text{ KA}$$

Siendo:

I_{cct} = Intensidad de cortocircuito del Transformador

U = Tensión del secundario del transformador en vacío (400 V)

Z_t = Impedancia del transformador (16 mΩ)



– Intensidad de cortocircuito del Cuadro General (I_{ccg})

Intensidad para la cual deberán estar preparados los interruptores magnetotérmicos de protección del cuadro general. En este caso debemos tener en cuenta la impedancia aguas arriba de este interruptor, es decir la impedancia del transformador y del tramo de acometida.

En este caso como la reactancia es despreciable, consideramos sólo la resistencia, es decir que la impedancia es igual a la resistencia.

$$R_a = \rho_a \frac{L_a}{S_a} = 0,029 \frac{32}{400} = 0,00232 \Omega = 2,32 \text{ m}\Omega$$

Siendo:

R_a = Resistencia de acometida

ρ_a = Resistividad del aluminio a 20° (0,029 $\Omega\text{mm}^2/\text{m}$)

L_a = Longitud de la acometida (32 m)

S_a = Sección de la acometida (400 mm^2)

Ahora calcularemos la intensidad de cortocircuito del Cuadro General (I_{ccg}):

$$I_{ccg} = \frac{U}{\sqrt{3} \cdot (Z_t + Z_{cg})} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot (16 + 2,32)} = 12,61 \text{ kA}$$

Siendo:

I_{ccg} = Intensidad de cortocircuito del cuadro general

U = Tensión del secundario del transformador en vacío (400 V)

Z_t = Impedancia del transformador (16 $\text{m}\Omega$)

Z_{cg} = Impedancia del cuadro general (2,32 $\text{m}\Omega$)



– Intensidad de cortocircuito del sub-cuadro F1 (I_{ccf1})

Intensidad para la cual deberán estar preparados los interruptores magnetotérmicos de protección del sub-cuadro F1. En este caso debemos de tener en cuenta la impedancia aguas arriba de este interruptor, es decir la impedancia del punto anterior más la de la línea L-F1.

En este caso como la reactancia es despreciable, consideramos sólo la resistencia, es decir que la impedancia es igual a la resistencia.

$$R_{f1} = \rho \frac{L_{f1}}{S_{f1}} = 0,018 \frac{13}{16} = 0,01463 \Omega = 14,63 \text{ m}\Omega$$

Siendo:

R_{f1} = Resistencia de la línea L-F1

ρ = Resistividad del cobre a 20° (0,018 $\Omega\text{mm}^2/\text{m}$)

L_{f1} = Longitud de la línea L-F1 (13 m)

S_{f1} = Sección de la línea L-F1 (16 mm^2)

Ahora calcularemos la intensidad de cortocircuito del sub-cuadro F1 (I_{ccf1}):

$$I_{ccf1} = \frac{U}{\sqrt{3} \cdot (Z_t + Z_{cg} + Z_{f1})} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot (16 + 2,32 + 14,63)} = 7,01 \text{ kA}$$

Siendo:

I_{ccf1} = Intensidad de cortocircuito del sub-cuadro F1

U = Tensión del secundario del transformador en vacío (400 V)

Z_t = Impedancia del transformador (16 $\text{m}\Omega$)

Z_{cg} = Impedancia del cuadro general (2,32 $\text{m}\Omega$)

Z_{f1} = Impedancia de la línea L-F1 (14,63 $\text{m}\Omega$)



– Intensidad de cortocircuito del sub-cuadro F2 (I_{ccf2})

Intensidad para la cual deberán estar preparados los interruptores magnetotérmicos de protección del sub-cuadro F2. En este caso debemos de tener en cuenta la impedancia aguas arriba de este interruptor, es decir la impedancia del punto anterior más la de la línea L-F2.

En este caso como la reactancia es despreciable, consideramos sólo la resistencia, es decir que la impedancia es igual a la resistencia.

$$R_{f2} = \rho \frac{L_{f2}}{S_{f2}} = 0,018 \frac{33}{35} = 0,01697 \Omega = 16,97 \text{ m}\Omega$$

Siendo:

R_{f2} = Resistencia de la línea L-F2

ρ = Resistividad del cobre a 20° (0,018 $\Omega\text{mm}^2/\text{m}$)

L_{f2} = Longitud de la línea L-F2 (33 m)

S_{f2} = Sección de la línea L-F2 (35 mm^2)

Ahora calcularemos la intensidad de cortocircuito del sub-cuadro F2 (I_{ccf2}):

$$I_{ccf2} = \frac{U}{\sqrt{3} \cdot (Z_t + Z_{cg} + Z_{f2})} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot (16 + 2,32 + 16,97)} = 6,54 \text{ kA}$$

Siendo:

I_{ccf2} = Intensidad de cortocircuito del sub-cuadro F2

U = Tensión del secundario del transformador en vacío (400 V)

Z_t = Impedancia del transformador (16 $\text{m}\Omega$)

Z_{cg} = Impedancia del cuadro general (2,32 $\text{m}\Omega$)

Z_{f2} = Impedancia de la línea L-F2 (16,97 $\text{m}\Omega$)



– Intensidad de cortocircuito del sub-cuadro F3 (I_{ccf3})

Intensidad para la cual deberán estar preparados los interruptores magnetotérmicos de protección del sub-cuadro F3. En este caso debemos de tener en cuenta la impedancia aguas arriba de este interruptor, es decir la impedancia del punto anterior más la de la línea L-F3.

En este caso como la reactancia es despreciable, consideramos sólo la resistencia, es decir que la impedancia es igual a la resistencia.

$$R_{f3} = \rho \frac{L_{f3}}{S_{f3}} = 0,018 \frac{32}{25} = 0,02304 \Omega = 23,04 \text{ m}\Omega$$

Siendo:

R_{f3} = Resistencia de la línea L-F3

ρ = Resistividad del cobre a 20° (0,018 $\Omega\text{mm}^2/\text{m}$)

L_{f3} = Longitud de la línea L-F3 (32 m)

S_{f3} = Sección de la línea L-F3 (25 mm^2)

Ahora calcularemos la intensidad de cortocircuito del sub-cuadro F3 (I_{ccf3}):

$$I_{ccf3} = \frac{U}{\sqrt{3} \cdot (Z_t + Z_{cg} + Z_{f3})} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot (16 + 2,32 + 23,04)} = 5,58 \text{ kA}$$

Siendo:

I_{ccf3} = Intensidad de cortocircuito del sub-cuadro F3

U = Tensión del secundario del transformador en vacío (400 V)

Z_t = Impedancia del transformador (16 $\text{m}\Omega$)

Z_{cg} = Impedancia del cuadro general (2,32 $\text{m}\Omega$)

Z_{f3} = Impedancia de la línea L-F3 (23,04 $\text{m}\Omega$)



– Intensidad de cortocircuito del sub-cuadro F4 (I_{ccf4})

Intensidad para la cual deberán estar preparados los interruptores magnetotérmicos de protección del sub-cuadro F4. En este caso debemos de tener en cuenta la impedancia aguas arriba de este interruptor, es decir la impedancia del punto anterior más la de la línea L-F4.

En este caso como la reactancia es despreciable, consideramos sólo la resistencia, es decir que la impedancia es igual a la resistencia.

$$R_{f4} = \rho \frac{L_{f4}}{S_{f4}} = 0,018 \frac{18}{35} = 0,00926 \Omega = 9,26 \text{ m}\Omega$$

Siendo:

R_{f4} = Resistencia de la línea L-F4

ρ = Resistividad del cobre a 20° (0,018 $\Omega\text{mm}^2/\text{m}$)

L_{f4} = Longitud de la línea L-F4 (18 m)

S_{f4} = Sección de la línea L-F4 (35 mm^2)

Ahora calcularemos la intensidad de cortocircuito del sub-cuadro F4 (I_{ccf4}):

$$I_{ccf4} = \frac{U}{\sqrt{3} \cdot (Z_t + Z_{cg} + Z_{f4})} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot (16 + 2,32 + 9,26)} = 8,37 \text{ kA}$$

Siendo:

I_{ccf4} = Intensidad de cortocircuito del sub-cuadro F4

U = Tensión del secundario del transformador en vacío (400 V)

Z_t = Impedancia del transformador (16 $\text{m}\Omega$)

Z_{cg} = Impedancia del cuadro general (2,32 $\text{m}\Omega$)

Z_{f4} = Impedancia de la línea L-F4 (9,26 $\text{m}\Omega$)



– Intensidad de cortocircuito del sub-cuadro F5 (I_{ccf5})

Intensidad para la cual deberán estar preparados los interruptores magnetotérmicos de protección del sub-cuadro F5. En este caso debemos de tener en cuenta la impedancia aguas arriba de este interruptor, es decir la impedancia del punto anterior más la de la línea L-F5.

En este caso como la reactancia es despreciable, consideramos sólo la resistencia, es decir que la impedancia es igual a la resistencia.

$$R_{f5} = \rho \frac{L_{f5}}{S_{f5}} = 0,018 \frac{23}{25} = 0,01656 \Omega = 16,56 \text{ m}\Omega$$

Siendo:

R_{f5} = Resistencia de la línea L-F5

ρ = Resistividad del cobre a 20° (0,018 $\Omega\text{mm}^2/\text{m}$)

L_{f5} = Longitud de la línea L-F5 (23 m)

S_{f5} = Sección de la línea L-F5 (25 mm^2)

Ahora calcularemos la intensidad de cortocircuito del sub-cuadro F5 (I_{ccf5}):

$$I_{ccf5} = \frac{U}{\sqrt{3} \cdot (Z_t + Z_{cg} + Z_{f5})} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot (16 + 2,32 + 16,56)} = 6,62 \text{ kA}$$

Siendo:

I_{ccf5} = Intensidad de cortocircuito del sub-cuadro F5

U = Tensión del secundario del transformador en vacío (400 V)

Z_t = Impedancia del transformador (16 $\text{m}\Omega$)

Z_{cg} = Impedancia del cuadro general (2,32 $\text{m}\Omega$)

Z_{f5} = Impedancia de la línea L-F5 (16,56 $\text{m}\Omega$)



– Intensidad de cortocircuito del sub-cuadro A1 (I_{cca1})

Intensidad para la cual deberán estar preparados los interruptores magnetotérmicos de protección del sub-cuadro A1. En este caso debemos de tener en cuenta la impedancia aguas arriba de este interruptor, es decir la impedancia del punto anterior más la de la línea L-A1.

En este caso como la reactancia es despreciable, consideramos sólo la resistencia, es decir que la impedancia es igual a la resistencia.

$$R_{a1} = \rho \frac{L_{a1}}{S_{a1}} = 0,018 \frac{16}{2,5} = 0,11520 \Omega = 115,20 \text{ m}\Omega$$

Siendo:

R_{a1} = Resistencia de la línea L-A1

ρ = Resistividad del cobre a 20° (0,018 $\Omega\text{mm}^2/\text{m}$)

L_{a1} = Longitud de la línea L-A1 (16 m)

S_{a1} = Sección de la línea L-A1 (2,5 mm^2)

Ahora calcularemos la intensidad de cortocircuito del sub-cuadro A1 (I_{cca1}):

$$I_{cca1} = \frac{U}{\sqrt{3} \cdot (Z_t + Z_{cg} + Z_{a1})} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot (16 + 2,32 + 115,20)} = 1,73 \text{ kA}$$

Siendo:

I_{cca1} = Intensidad de cortocircuito del sub-cuadro A1

U = Tensión del secundario del transformador en vacío (400 V)

Z_t = Impedancia del transformador (16 $\text{m}\Omega$)

Z_{cg} = Impedancia del cuadro general (2,32 $\text{m}\Omega$)

Z_{a1} = Impedancia de la línea L-A1 (115,20 $\text{m}\Omega$)



– Intensidad de cortocircuito del sub-cuadro A2 (I_{cca2})

Intensidad para la cual deberán estar preparados los interruptores magnetotérmicos de protección del sub-cuadro A2. En este caso debemos de tener en cuenta la impedancia aguas arriba de este interruptor, es decir la impedancia del punto anterior más la de la línea L-A2.

En este caso como la reactancia es despreciable, consideramos sólo la resistencia, es decir que la impedancia es igual a la resistencia.

$$Ra2 = \rho \frac{La2}{Sa2} = 0,018 \frac{13}{35} = 0,00669 \Omega = 6,69 m\Omega$$

Siendo:

R_{a2} = Resistencia de la línea L-A2

ρ = Resistividad del cobre a 20° (0,018 $\Omega\text{mm}^2/\text{m}$)

L_{a2} = Longitud de la línea L-A2 (13 m)

S_{a2} = Sección de la línea L-A2 (35 mm^2)

Ahora calcularemos la intensidad de cortocircuito del sub-cuadro A2 (I_{cca2}):

$$I_{cca2} = \frac{U}{\sqrt{3} \cdot (Z_t + Z_{cg} + Z_{a2})} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot (16 + 2,32 + 6,69)} = 9,23 kA$$

Siendo:

I_{cca2} = Intensidad de cortocircuito del sub-cuadro A2

U = Tensión del secundario del transformador en vacío (400 V)

Z_t = Impedancia del transformador (16 $\text{m}\Omega$)

Z_{cg} = Impedancia del cuadro general (2,32 $\text{m}\Omega$)

Z_{a2} = Impedancia de la línea L-A2 (6,69 $\text{m}\Omega$)



El cálculo de cortocircuitos en los puntos de interés nos permite conocer el poder de corte justo aguas abajo del interruptor, por ello el interruptor ha de tener un poder de corte superior a la intensidad de cortocircuito en aquel punto.

- El poder de corte en el cuadro de protección y medida y en cuadro general de protección y mando debe ser superior a 13 kA.
- El poder de corte en el sub-cuadro F1 debe ser superior a 8 kA.
- El poder de corte en el sub-cuadro F2 debe ser superior a 7 kA.
- El poder de corte en el sub-cuadro F3 debe ser superior a 6 kA.
- El poder de corte en el sub-cuadro F4 debe ser superior a 9 kA.
- El poder de corte en el sub-cuadro F5 debe ser superior a 7 kA.
- El poder de corte en el sub-cuadro A1 debe ser superior a 2 kA.
- El poder de corte en el sub-cuadro A2 debe ser superior a 10 kA.

2.1.9.5- Protección de las instalaciones contra sobretensiones

Según marca el REBT en concreto la ITC-BT-23, las instalaciones eléctricas interiores deben de estar protegida contra las sobretensiones transitorias que se transmiten por las redes de distribución y que se originan fundamentalmente, como consecuencia de descargas atmosféricas, conmutaciones de redes y defectos en las mismas.

Las causas más frecuentes de aparición de sobretensiones transitorias de origen atmosférico son las siguientes:

- Caída de un rayo sobre la línea de distribución o sus proximidades.
- El funcionamiento de un sistema de protección externo contra descargas atmosféricas (pararrayos, etc.), situado en el propio edificio o sus proximidades.
- La incidencia directa de una descarga atmosférica en el propio edificio o en sus proximidades (se considera proximidad una distancia aproximada de 50 m).



Para una correcta protección contra las sobretensiones se deben de englobar a los receptores en las diferentes categorías. Las categorías de sobretensiones permiten distinguir los diversos grados de tensión soportada a las sobretensiones en cada una de las partes de la instalación, equipos y receptores. Las categorías son las siguientes:

- Categoría I: Se aplica a los equipos sensibles a las sobretensiones y que son destinados a ser conectados a la red a la instalación eléctrica fija. Ejemplo: ordenadores, equipos electrónicos muy sensibles, etc.
- Categoría II: Se aplica a los equipos destinados a conectarse a una instalación eléctrica fija. Ejemplo: electrodomésticos, herramientas portátiles y otros equipos similares.
- Categoría III: Se aplica a los equipos y materiales que forman parte de la instalación eléctrica fija y a otros equipos para los cuales se requiere un alto nivel de fiabilidad. Ejemplo: armarios de distribución, canalizaciones y sus accesorios, motores con conexión eléctrica fija, etc.(interruptores, tomas de corriente, maquinas industriales, etc.)
- Categoría IV: Se aplica a los equipos y materiales que se conectan en el origen o muy próximos al origen de la instalación, aguas arriba del cuadro de distribución conectarse a una instalación eléctrica fija. Ejemplo: contadores, etc.

De esta forma los equipos y materiales de protección se escogerán de manera que su tensión soportada a impulsos no sea inferior a la tensión soportada prescrita en la tabla 1 de la ITC-BT-23, según su categoría.

TABLA-1 (ITC-BT 23)

TENSIÓN NOMINAL DE LA INSTALACIÓN		TENSIÓN SOPORTADA A IMPULSOS 1,2/50 (kV)			
SISTEMAS TRIFÁSICOS	SISTEMAS MONOFÁSICOS	CATEGORÍA IV	CATEGORÍA III	CATEGORÍA II	CATEGORÍA I
230/400	230	6	4	2,5	1,5
400/690 1000	-- --	8	6	4	2,5

Tabla 2-19. Tensión del equipo de protección de sobretensión según su categoría.

Los dispositivos de protección colocados son limitadores de sobretensión que cumplan con los valores de la tabla anterior, también se colocará un interruptor de desconexión para proteger el limitador inmediatamente aguas arriba. La instalación de este interruptor facilita la desconexión del circuito del limitador en caso de su fin de vida. Estos limitadores deben estar conectados a tierra para el correcto funcionamiento del dispositivo, la sección de este conductor de cobre será como mínimo de 16 mm².



2.1.9.6- Protecciones utilizadas

2.1.9.6.1- Interruptor automático

Será el encargado de la desconexión automática del circuito, cuando las condiciones de tensión o intensidad no están dentro de los límites preestablecidos. La desconexión está producida normalmente por sobrecarga y cortocircuito.

El cálculo de los interruptores automáticos viene definido por una serie de características, por lo tanto para definirlo es necesario establecer esas seis características, que son las siguientes:

- Tensión asignada
- Intensidad nominal
- Poder de corte (I_{cc})
- Tipo de curva
- N° de polos
- Disparo magnético

- Tensión asignada:

En este caso será de 400 V ó de 230 V, según de la línea.

- Intensidad nominal:

Los valores más habituales de la intensidad nominal (I_n) de trabajo de los interruptores según la UNE-EN 60.898 son: 6, 10, 13, 16, 20, 25, 32, 40, 50, 63, 80, 100, 125 A. Teniendo en cuenta que esta intensidad nominal (I_n) debe encontrarse entre los siguientes valores:

$$I_b \geq I_n \geq I_z$$

Siendo:

I_b : Intensidad de utilización o nominal del conductor.

I_n : Intensidad nominal del dispositivo de protección.

I_z : Intensidad máxima admisible por el conductor.

- Poder de corte:

Valor calculado en el apartado anterior “2.1.7.4.1- Cálculos de cortocircuito”



– Tipo de curva:

Disparo térmico: Disparo por relé térmico, en función del factor que multiplica a la intensidad nominal, para que el relé dispare por sobrecarga en una hora de funcionamiento.

Disparo electromagnético: Disparo por cortocircuito en un tiempo no superior a 0,1 s para las tres curvas.

- Curva B: cuyo umbral se sitúa entre 3,2 y 4,8 veces la intensidad nominal en instalaciones industriales. Esta curva está especialmente indicada para protección de generadores, personas y cables de gran longitud, donde no existan puntas de corriente.
- Curva C: cuyo umbral se sitúa entre 7 y 10 veces la intensidad nominal en instalaciones industriales. Principalmente se aplica en la protección de circuitos de alumbrado, tomas de corriente y otras aplicaciones generales.
- Curva D: cuyo umbral se sitúa entre 10 y 14 veces la intensidad nominal en instalaciones industriales. Aplicándose donde se prevean fuertes puntas de arranque.

– Número de polos:

Dependiendo si se trata de una línea monofásica o trifásica estaremos hablando de 2 polos o de 4 polos, respectivamente.

– Disparo magnético:

El disparo magnético se define como n° de veces la intensidad nominal, en un tiempo no superior a 0,1 s, se dispara el interruptor. La corriente de actuación deberá ser inferior al valor de la corriente de cortocircuito mínimo que pueda producirse a lo largo de la línea protegida. Esto garantiza la actuación rápida de la protección ante un cortocircuito, aún cuando el valor de la corriente generada en el mismo no sea excesivamente elevado.

2.1.9.6.2- Interruptor diferencial

Es el dispositivo encargado de detectar cualquier corriente derivada a tierra en un fallo de aislamiento y provocar la inmediata desconexión del circuito para evitar un posible accidente por contacto indirecto de personas. Las características que lo definen son cuatro y se explican a continuación:



- Sensibilidad
- Tensión asignada
- Intensidad nominal
- Tiempo de desconexión (t_{cmax})

- Sensibilidad:

Es la intensidad de defecto mínima con la que el interruptor dispara.

Baja sensibilidad: de 350 ± 150 mA

Media sensibilidad: de 200 ± 100 mA

Alta sensibilidad: de 25 ± 5 mA

Muy alta sensibilidad: de 10 mA

Las sensibilidades usadas en este proyecto serán: 300 mA y 30 mA.

- Tensión asignada:

En este caso será de 400 V ó de 230 V, según de la línea.

- Intensidad nominal:

Los valores más habituales de la intensidad nominal (I_n) de trabajo de los interruptores según la UNE-EN 60.898 son: 6, 10, 13, 16, 20, 25, 32, 40, 50, 63, 80, 100, 125 A. Teniendo en cuenta que esta intensidad nominal (I_n) debe encontrarse entre los siguientes valores:

$$I_b \geq I_n \geq I_z$$

Siendo:

I_b : Intensidad de utilización o nominal del conductor.

I_n : Intensidad nominal del dispositivo de protección.

I_z : Intensidad máxima admisible por el conductor.

- Tiempo de desconexión:

Es el tiempo de corte máximo (t_{cmax}), siempre menor a 0,1 s, ya que si se produce un contacto directo o indirecto a través de una persona, cuanto más tiempo este expuesto a esta corriente más graves serán las consecuencias.



2.1.9.6.3- Limitador de sobretensión

Los limitadores de sobretensiones protegen a los receptores contra los efectos de las sobretensiones transitorias. Tal y como marca la GUÍA-BT-23 de la REBT, el limitador debe instalarse en paralelo a la instalación, siempre aguas arriba del interruptor diferencial y debe ir protegido con su correspondiente automático de desconexión.

Todos los limitadores según normativa debe tener un desconectador térmico interno para la protección frente a su envejecimiento progresivo, no protegiendo al limitador frente a un posible fin de vida brusco. Por ello, y según la REBT, todo limitador debe estar protegido adicionalmente con su correspondiente limitador automático, instalado independientemente aguas arriba del limitador.

Las características que definen a los dispositivos de protección contra sobretensiones (limitadores de sobretensiones) son las siguientes, según la GUÍA-BT-23 de la REBT:

- Nivel de protección (U_p): es el parámetro que caracteriza el funcionamiento del dispositivo de protección contra sobretensiones por limitación de tensión entre sus bornes. Debe ser inferior a la categoría de sobretensión de la instalación o equipo a proteger, según la tabla-1 de la ITC-BT-23 (en nuestro proyecto tabla 2-19). En nuestro caso para garantizar la protección de todos los equipos limitaremos la sobretensión a una U_p inferior a 1,5 kV, para ponernos en caso más desfavorable, el caso de la categoría I.
- Tensión máxima de servicio permanente (U_c): es el valor eficaz de tensión máxima que puede aplicarse permanentemente a los bornes del dispositivo de protección. En una red de 400/230 V se considera el 10% superior al valor nominal. Ejemplo: el 10% de 230 es 253V, es decir la $U_c= 253$ V.
- Corriente nominal de descarga (I_n): es la corriente de cresta que puede soportar el dispositivo de protección sin fallo. Por ensayo para una U_p inferior a 1,5 kV, y según la IEC 60364-5-53, nos da una I_n de 5 kA.

2.1.9.7- Tablas de protecciones calculadas

Teniendo en cuenta que los valores de I_b corresponden al valor de la intensidad nominal del conductor y los valores de la I_z corresponden a la intensidad máxima soportable por este conductor, las protecciones seleccionadas quedan resumidas, con la ayuda de una hoja de cálculo, en las siguientes tablas:

CUADRO GENERAL															
Instalación	Línea	I _b (A)	I _z (A)	Interruptor automático						Interruptor diferencial				Limitador de sobretensión	
				U (V)	I _n (A)	Poder de corte I _{cc} (kA)	Tipo de curva	Nº de polos	Disparo mag.	Sensib. (mA)	U (V)	I _n (A)	Tiempo de desc. T _{cmax} (s)	U _p (kV)	I _n (kA)
Alimentación	Derivación individual	387,14	445	400	400	13	C	4	7 x I _n	-	-	-	-	< 1,5	5
Sub-cuadro F1	L-F1	66,52	87	400	80	13	C	4	7 x I _n	30	400	80	< 0,1	-	-
Sub-cuadro F2	L-F2	102,97	137	400	125	13	D	4	10 x I _n	300	400	125	< 0,1	-	-
Sub-cuadro F3	L-F3	98,64	110	400	100	13	D	4	10 x I _n	300	400	100	< 0,1	-	-
Sub-cuadro F4	L-F4	105,65	137	400	125	13	D	4	10 x I _n	300	400	125	< 0,1	-	-
Sub-cuadro F5	L-F5	89,49	110	400	100	13	D	4	10 x I _n	300	400	100	< 0,1	-	-
Sub-cuadro A1	L-A1	17,55	26,50	400	25	13	C	4	7 x I _n	30	400	25	< 0,1	-	-
Sub-cuadro A2	L-A2	102,30	137	400	125	13	C	4	7 x I _n	30	400	125	< 0,1	-	-

SUB – CUADRO F1															
Instalación	Línea	I _b (A)	I _z (A)	Interruptor automático						Interruptor diferencial			Limitador de sobretensión		
				U (V)	I _n (A)	Poder de corte I _{cc} (kA)	Tipo de curva	Nº de polos	Disparo mag.	Sensib. (mA)	U (V)	I _n (A)	Tiempo de desc. t _{cmax} (s)	U _p (kV)	I _n (kA)
Sub-cuadro F1	L-F1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	< 1,5	5
T.C. De sala de espera y recepción	L-FT1-a	13,04	23,00	230	20	8	C	2	7 x I _n	-	-	-	-	-	-
T.C. De pasillo y aseos	L-FT1-b	4,35	16,50	230	16	8	C	2	7 x I _n	-	-	-	-	-	-
T.C. De archivo y oficina jefe taller	L-FT1-c	8,70	16,50	230	16	8	C	2	7 x I _n	-	-	-	-	-	-
T.C. De oficina técnica	L-FT1-d	13,04	16,50	230	16	8	C	2	7 x I _n	-	-	-	-	-	-
T.C. De despachos	L-FT1-e	13,04	23,00	230	20	8	C	2	7 x I _n	-	-	-	-	-	-
T.C. De sala de reuniones y comedor	L-FT1-f	13,04	31,00	230	25	8	C	2	7 x I _n	-	-	-	-	-	-
T.C. De vestuarios	L-FT1-g	8,70	23,00	230	20	8	C	2	7 x I _n	-	-	-	-	-	-

SUB – CUADRO F2															
Instalación	Línea	I _b (A)	I _z (A)	Interruptor automático						Interruptor diferencial			Limitador de sobretensión		
				U (V)	I _n (A)	Poder de corte I _{cc} (kA)	Tipo de curva	Nº de polos	Disparo mag.	Sensib. (mA)	U (V)	I _n (A)	Tiempo de desc. t _{cmax} (s)	U _p (kV)	I _n (kA)
Sub-cuadro F2	L-F2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	< 1,5	5
Sierra de cinta	L-F2-a	12,90	26,50	400	25	7	D	4	10 x I _n	300	400	25	< 0,1	-	-
Torno 1	L-F2-b	46,29	65,00	400	63	7	D	4	10 x I _n	300	400	63	< 0,1	-	-
Mandrinadora 1	L-F2-c	87,94	110,00	400	100	7	D	4	10 x I _n	300	400	100	< 0,1	-	-

SUB – CUADRO F3															
Instalación	Línea	I _b (A)	I _z (A)	Interruptor automático						Interruptor diferencial			Limitador de sobretensión		
				U (V)	I _n (A)	Poder de corte I _{cc} (kA)	Tipo de curva	Nº de polos	Disparo mag.	Sensib. (mA)	U (V)	I _n (A)	Tiempo de desc. t _{cmax} (s)	U _p (kV)	I _n (kA)
Sub-cuadro F3	L-F3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	< 1,5	5
Puente Grúa	L-F3-a	99,73	110,00	400	100	6	D	4	10 x I _n	300	400	100	< 0,1	-	-
7 tomas de corriente en el taller	L-FT3-b	41,32	52,00	400	50	6	C	4	7 x I _n	300	400	50	< 0,1	-	-

SUB – CUADRO F4															
Instalación	Línea	I _b (A)	I _z (A)	Interruptor automático						Interruptor diferencial			Limitador de sobretensión		
				U (V)	I _n (A)	Poder de corte I _{cc} (kA)	Tipo de curva	Nº de polos	Disparo mag.	Sensib. (mA)	U (V)	I _n (A)	Tiempo de desc. t _{cmax} (s)	U _p (kV)	I _n (kA)
Sub-cuadro F4	L-F4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	< 1,5	5
Torno 2	L-F4-a	97,29	110,00	400	100	9	D	4	10 x I _n	300	400	100	< 0,1	-	-
Mandrinadora 2	L-F4-b	46,31	65,00	400	63	9	D	4	10 x I _n	300	400	63	< 0,1	-	-
Taladro 1	L-F4-c	7,36	26,50	400	25	9	D	4	10 x I _n	300	400	25	< 0,1	-	-

SUB – CUADRO F5															
Instalación	Línea	I _b (A)	I _z (A)	Interruptor automático						Interruptor diferencial			Limitador de sobretensión		
				U (V)	I _n (A)	Poder de corte I _{cc} (kA)	Tipo de curva	Nº de polos	Disparo mag.	Sensib. (mA)	U (V)	I _n (A)	Tiempo de desc. t _{cmax} (s)	U _p (kV)	I _n (kA)
Sub-cuadro F5	L-F5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	< 1,5	5
Prensa	L-F5-a	26,99	36,00	400	32	7	D	4	10 x I _n	300	400	32	< 0,1	-	-
Rectificadora	L-F5-b	26,52	36,00	400	32	7	D	4	10 x I _n	300	400	32	< 0,1	-	-
Taladro 2	L-F5-c	9,49	26,50	400	25	7	D	4	10 x I _n	300	400	25	< 0,1	-	-
5 tomas de corriente en el taller	L-FT5-d	29,52	37,00	400	32	7	C	4	7 x I _n	300	400	32	< 0,1	-	-
6 tomas de corriente en el taller	L-FT5-e	35,42	52,00	400	50	7	C	4	7 x I _n	300	400	50	< 0,1	-	-

SUB – CUADRO A1															
Instalación	Línea	I _b (A)	I _z (A)	Interruptor automático						Interruptor diferencial			Limitador de sobretensión		
				U (V)	I _n (A)	Poder de corte I _{cc} (kA)	Tipo de curva	Nº de polos	Disparo mag.	Sensib. (mA)	U (V)	I _n (A)	Tiempo de desc. t _{cmax} (s)	U _p (kV)	I _n (kA)
Sub-cuadro A1	L-A1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	< 1,5	5
Alumbrado de sala espera y recepción	L-A1-a	1,69	16,50	230	16	2	C	2	7 x I _n	-	-	-	-	-	-
Alumbrado de pasillo	L-A1-b	1,69	16,50	230	16	2	C	2	7 x I _n	-	-	-	-	-	-
Alumbrado de archivo	L-A1-c	0,56	16,50	230	16	2	C	2	7 x I _n	-	-	-	-	-	-
Alumbrado de oficina jefe taller	L-A1-d	1,13	16,50	230	16	2	C	2	7 x I _n	-	-	-	-	-	-
Alumbrado de aseos	L-A1-e	0,28	16,50	230	16	2	C	2	7 x I _n	-	-	-	-	-	-
Alumbrado de oficina técnica	L-A1-f	5,07	16,50	230	16	2	C	2	7 x I _n	-	-	-	-	-	-
Alumbrado de despacho 1	L-A1-g	2,35	16,50	230	16	2	C	2	7 x I _n	-	-	-	-	-	-
Alumbrado de despacho 2	L-A1-h	1,57	16,50	230	16	2	C	2	7 x I _n	-	-	-	-	-	-
Alumbrado de sala de reuniones	L-A1-i	2,35	16,50	230	16	2	C	2	7 x I _n	-	-	-	-	-	-
Alumbrado de comedor	L-A1-j	1,13	16,50	230	16	2	C	2	7 x I _n	-	-	-	-	-	-
Alumbrado de vestuario masculino	L-A1-k	1,13	16,50	230	16	2	C	2	7 x I _n	-	-	-	-	-	-
Alumbrado de vestuario femenino	L-A1-l	0,56	16,50	230	16	2	C	2	7 x I _n	-	-	-	-	-	-

SUB – CUADRO A2															
Instalación	Línea	I _b (A)	I _z (A)	Interruptor automático						Interruptor diferencial			Limitador de sobretensión		
				U (V)	I _n (A)	Poder de corte I _{cc} (kA)	Tipo de curva	Nº de polos	Disparo mag.	Sensib. (mA)	U (V)	I _n (A)	Tiempo de desc. t _{cmax} (s)	U _p (kV)	I _n (kA)
Sub-cuadro A1	L-A1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	< 1,5	5
Alumbrado de Taller	¹ / ₂ L-A2-a	54,78	119,00	230	100	10	C	2	7 x I _n	-	-	-	-	-	-
Alumbrado de Taller	¹ / ₂ L-A2-b	54,78	119,00	230	100	10	C	2	7 x I _n	-	-	-	-	-	-
Alumbrado de Almacén	L-A2-c	5,07	31,00	230	25	10	C	2	7 x I _n	-	-	-	-	-	-



2.1.10- Instalación de puesta de tierra

2.1.10.1- Descripción

El objetivo principal para la utilización de las tomas de tierra es limitar la tensión, con respecto a tierra, que 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.

Se tiene que determinar, para llevar a cabo esta instalación, el número de picas, placas y metros de conductor que se tienen que enterrar en el terreno para conseguir una resistencia de difusión a tierra determinada que garantice la seguridad de las personas que frecuentan la instalación.

Para poder diseñar la instalación de puesta de tierra hay que definir y calcular los siguientes apartados:

- Definir las características del terreno, para conocer la resistividad de este.
- Definir la toma de tierra, que consiste en delimitar los electrodos a utilizar, las secciones de la línea de enlace con tierra y el número y ubicación de los puntos de puesta de tierra.
- Definir los conductores de puesta a tierra.

2.1.10.1.1- Terreno

Del terreno nos interesa saber su resistividad, ya que a partir de este dato dependerá el número de picas o placas a enterrar y los metros de conductor a utilizar para alcanzar la resistencia de puesta a tierra buscada.

El terreno de la nave es de arcilla compacta, por lo tanto tomando la tabla 3 del ITC-BT-18, sobre los valores orientativos de la resistividad en función del terreno, podemos decir que la resistividad del terreno se encuentra entre 100 y 200 Ωm . En nuestro caso cogeremos el valor más desfavorable de las dos opciones, es decir 200 Ωm .



TABLA-3 (ITC-BT 18)

Naturaleza terreno	Resistividad en Ohm.m
Terrenos pantanosos	de algunas unidades a 30
Limo	20 a 100
Humus	10 a 150
Turba húmeda	5 a 100
Arcilla plástica	50
Margas y Arcillas compactas	100 a 200
Margas del Jurásico	30 a 40
Arena arcillosas	50 a 500
Arena silíceas	200 a 3.000
Suelo pedregoso cubierto de césped	300 a 5.00
Suelo pedregoso desnudo	1500 a 3.000
Calizas blandas	100 a 300
Calizas compactas	1.000 a 5.000
Calizas agrietadas	500 a 1.000
Pizarras	50 a 300
Roca de mica y cuarzo	800
Granitos y gres procedente de alteración	1.500 a 10.000
Granito y gres muy alterado	100 a 600

Tabla 2-20. Valores orientativos de la resistividad en función del terreno

2.1.10.1.2- Puesta a tierra en conductor desnudo

Habitualmente son tres los elementos que se utilizan para crear el electrodo de puesta de tierra:

- Picas
- Placas verticales
- Conductor desnudo

Normalmente se utiliza alguna de estas tres, pero también se puede enterrar directamente sin ninguna de ellas si la resistencia conseguida resulta suficiente.

Tal como marca la ITC-BT-18, el electrodo se dimensionará de forma que su resistencia de tierra, en cualquier circunstancia previsible, no sea superior al valor especificado por ella, en cada caso.

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

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



La resistencia máxima de tierra suele estar en función de la existencia o no de pararrayos en el local, según la GUÍA-BT-26, la resistencia máxima (ρ máxima) es:

- 37 Ω en edificios sin pararrayos
- 15 Ω en edificios con pararrayos

En este caso como se trata de un edificio sin pararrayos la resistencia máxima será de 37 Ω .

- Cálculo para determinar la longitud del conductor desnudo necesario

Antes de elegir el diseño de instalación de puesta de tierra, haremos los cálculos para la opción de conductor desnudo únicamente, es decir sin picas ni placas. Estos conductores se colocarán a una profundidad mínima de 0,8 m de la rasante del terreno. Serán de cable de cobre macizo con una sección mínima de 35 mm² según la norma UNE 21.022 y la NTE 1973 “puesta de tierra”.

Para llevarlo a cabo, debemos encontrar la longitud mínima de conductor, según la tabla 5 de la ITC-BT-18, donde se estima el valor de esta en función de la resistividad de terreno y las características del electrodo

TABLA-5 (ITC-BT 18)

Electrodo	Resistencia de Tierra en Ohm
Placa enterrada	$R = 0,8 \rho/P$
Pica vertical	$R = \rho/L$
Conductor enterrado horizontalmente	$R = 2 \rho/L$
ρ , resistividad del terreno (Ohm.m) P , perímetro de la placa (m) L, longitud de la pica o del conductor (m)	

Tabla 2-21. Formulas para estimar la resistencia de tierra

Sabiendo que estamos usando un conductor enterrado horizontalmente, escogemos la fórmula siguiente:

$$R_t = 2 \frac{\rho}{L} \rightarrow L = 2 \frac{\rho}{R_t} = 2 \frac{200}{37} = 10,81 \text{ m}$$

Siendo:

$$\rho \text{ (resistividad del terreno)} = 200 \Omega\text{m.}$$

$$R_t \text{ (resistencia de tierra)} = 37 \Omega$$



Este resultado justifica la posible utilización de conductor desnudo como electrodo de puesta de tierra. Esta configuración es posible llevarla a cabo gracias a que el valor obtenido es menor al perímetro de la cimentación ($10,81 \text{ m} < 150 \text{ m}$), con lo cual nos evitamos continuar por un lateral o a utilizar picas conjuntamente con un menor número de conductores enterrados. Por tanto con esto ya sería suficiente para instalar la puesta de tierra de la instalación.

2.1.10.1.3- Puesta a tierra en conductor desnudo y pica

Aún sabiendo que no es necesario la combinación de pica y conductor desnudo, para profundizar más en el tema se estudiará este caso.

La posibilidad de utilización de picas y conductores es muy variable. Las configuraciones más usuales son optar por picas en hilera, en triángulo, en cuadrado, etc, uniéndolas entre si por medio de un conductor.

Las picas se colocan en paralelo, siendo esta instalación más eficaz y económica que la de picas en profundidad o placas verticales.

En la practica se introduce una primera pica, se mide su resistencia de puesta a tierra y con el valor obtenido podemos determinar el número de picas que hay que colocar en paralelo hasta conseguir la resistencia de puesta a tierra deseada.

Las picas deben estar dispuestas de tal manera que la distancia entre ellas, como mínimo sea 1,5 veces la longitud de profundidad de pica en el terreno, siendo recomendable la separación el doble.

En el caso de nuestra nave utilizaremos picas de 2 m de longitud ya que son las más utilizadas.

– Cálculo para determinar en número de picas necesarias

A continuación hacemos el proceso de cálculo necesario para la puesta a tierra con conductor desnudo, tipo anillo rodeando la cimentación, y picas de 2 m de longitud.

La nave en cuestión tiene unas dimensiones de 45 m de longitud por 30 m de ancho, por lo tanto su perímetro es de 150 m. Se debe colocar el conductor desnudo rodeando la nave, y este a su vez uniendo las picas.



La guía técnica de aplicación del REBT, GUÍA-BT-26, basándose en NTE, recomienda realizar la puesta a tierra según la tabla 2-16, en dicha tabla se entra con el tipo de terreno y la longitud en planta del anillo y se obtiene el número de picas de 2 m que deberán clavarse verticalmente en el terreno y unirse al anillo. Esta tabla no es más que la aplicación de las expresiones de la resistencia de tierra para los electrodos formados por conductores enterrados horizontalmente y por picas verticales. Esta tabla calcula la tierra para que en caso más desfavorable de cada tipo de terreno (ρ máxima)

- 37 Ω en edificios sin pararrayos
- 15 Ω en edificios con pararrayos

Terrenos orgánicos, arcillas y margas		Arenas arcillosas y graveras, rocas sedimentarias y metamórficas		Calizas agrietadas y rocas eruptivas		Grava y arena silícea		Nº de picas de longitud (2 metros)
sin pararrayos	con pararrayos	sin pararrayos	con pararrayos	sin pararrayos	con pararrayos	sin pararrayos	con pararrayos	
25	34	28	67	54	134	162	400	0
^	30	25	63	50	130	158	396	1
	26	^	59	46	126	154	392	2
	^		55	42	122	150	388	3
			51	38	118	146	384	4
			47	34	114	142	380	5
			43	30	110	138	376	6
			39	^	106	134	372	7
			35		105	130	368	8
			^		98	126	364	9
					94	122	360	10
					74	102	340	15
					^	82	320	20
						^	280	30
							240	40
							200	50
							^	

^ aumentar la longitud de los conductores enterrados del anillo.
 ΣL = longitud en planta de la conducción enterrada, en m

Tabla 2-22. Cálculo del número de electrodos

Según esta tabla si nos vamos en tipos de terreno a arcilla compacta sabiendo que se trata de un edificio sin pararrayos, nos encontramos con que la longitud del perímetro de la nave es mayor a la que nos marca la tabla (150 m > 25 m). Por lo tanto no necesitamos ninguna pica. Sólo con el anillo ya obtendríamos una resistencia de tierra menor de 37 Ω .

Aún así vamos a hacer el cálculo a partir de las fórmulas de resistencia del terreno para verificar este resultado.



Para determinar el número mínimo de picas de 2 m necesarias para un edificio sin pararrayos (resistencia deseada $R_t = 37 \Omega$), en un terreno de arcilla compacta ($200 \Omega\text{m}$), con una longitud en planta del anillo enterrado de $L = 150 \text{ m}$ y según la tabla 5 de la ITC-BT-18.

TABLA-5 (ITC-BT 18)

Electrodo	Resistencia de Tierra en Ohm
Placa enterrada	$R = 0,8 \rho/P$
Pica vertical	$R = \rho/L$
Conductor enterrado horizontalmente	$R = 2 \rho/L$
ρ , resistividad del terreno (Ohm.m) P , perímetro de la placa (m) L , longitud de la pica o del conductor (m)	

Tabla 2-21. Formulas para estimar la resistencia de tierra

Sabiendo que estamos usando un conductor enterrado horizontalmente (anillo), escogemos la fórmula siguiente:

$$R_{\text{anillo}} = 2 \frac{\rho}{L} = 2 \frac{200}{150} = 2,66 \Omega$$

Siendo:

$$\rho \text{ (resistividad del terreno)} = 200 \Omega\text{m.}$$

$$L \text{ (longitud anillo)} = 150 \text{ m}$$

Como deseamos que $R_t = 37 \Omega$, colocaremos picas verticales de 2 m unidas al anillo, ya que el conjunto de picas y de anillo están en paralelo respecto a tierra, la fórmula será la siguiente:

$$\frac{1}{R_t} = \frac{1}{R_{\text{anillo}}} + \frac{1}{R_{\text{pica}}}$$

Por lo tanto R_{pica} será igual a:

$$R_{\text{pica}} = \frac{1}{\frac{1}{R_t} - \frac{1}{R_{\text{anillo}}}} = \frac{1}{\frac{1}{37} - \frac{1}{2,66}} = -2,87 \Omega$$



El número de picas necesario (n) lo obtendremos de la siguiente fórmula:

$$R_{pica} = \frac{\rho}{n \cdot L} \rightarrow n = \frac{\rho}{R_{pica} \cdot L} = \frac{200}{(-2,87) \cdot 2} = -34,81$$

Nos sale un número (n) de picas negativo por lo tanto volvemos a confirmar que no necesitamos ninguna pica. Sólo con el anillo ya obtendríamos una resistencia de tierra menor de 37 Ω .

2.1.10.1.4- Conclusión sobre la elección de la puesta a tierra

Con los datos con que contamos es decir que la nave se encuentra en un terreno de arcilla compacta, cuya resistividad máxima del terreno es de 200 Ω m, que se trata de un edificio sin pararrayos, para los cuales la resistencia máxima del terreno es de 37 Ω , y con unas dimensiones de la nave de 45 x 30 m (perímetro =150 m). Hemos justificado anteriormente que sólo es necesario utilizar como electrodo de puesta de tierra conductores desnudos enterrados horizontalmente de 10,81 m de longitud.

Aún así para el proyecto optaremos por reforzar la instalación de puesta de tierra colocando un anillo alrededor de la cimentación. Estos conductores se colocarán a una profundidad mínima de 0,8 m de la rasante del terreno. Serán de cable de cobre macizo con una sección mínima de 35 mm² según la norma UNE 21.022 y la NTE 1973 “puesta de tierra”. A este electrodo se conectará a la estructura metálica del edificio o las armaduras metálicas que forman parte del hormigón armado, así como la masa metálica importante existente en la zona de la instalación.

2.1.10.1.5- Conductores de puesta a tierra

Los elementos de la instalación que deben conectarse a tierra serán aquellas partes metálicas de los aparatos e instalaciones que puedan entrar en contacto con partes sometidas a tensión en caso de avería.

Los conductores que se combinan en la instalación son tres distintos, de sección independiente y conectados entre sí, estos conductores son los conductores de protección, las líneas principales de tierra y las líneas de enlace con tierra.

– Conductores de protección

Son los conductores que acompañan a las distintas líneas que forman la instalación eléctrica, hasta los receptores que deben ser conectados a tierra. Su sección varía en función de la sección de los conductores de fase, estando indicado dicho valor en cada línea. La tabla que define los conductores de protección en función de los conductores de fase es la tabla 2 de la ITC-BT-19 (en el proyecto es la tabla 2-9).



– Líneas principales de tierra

Son las líneas que unen los puntos de tierra, que están situados en los distintos cuadros, con los conductores de protección. La sección de línea principal de tierra vendrá en función de la sección de los conductores de fase, según la tabla 2 de la ITC-BT-18 del reglamento electrotécnico de baja tensión, esta sección de la línea principal de tierra tendrá un mínimo de 16 mm².

Por lo tanto las líneas principales de tierra de los diferentes cuadros serán:

Instalación	Sección de los conductores de fase (mm²)	Sección de la línea principal de tierra (mm²)
Cuadro general	400	200
Sub-cuadro F1	16	16
Sub-cuadro F2	35	16
Sub-cuadro F3	25	16
Sub-cuadro F4	35	16
Sub-cuadro F5	25	16
Sub-cuadro A1	2,5	16
Sub-cuadro A2	35	16

Tabla 2-23. Sección de las líneas principales de tierra en función de la fase

– Líneas de enlace con tierra

Son las líneas que conectan los puntos de tierra y las armaduras de hormigón con el anillo de conductor enterrado que rodea el perímetro de la nave.

Su sección mínima viene dada en función de las características del conductor, en este caso escogemos un conductor de cobre de 35 mm² al igual que el conductor desnudo.

2.1.10.1.6- Puntos de puesta de tierra

Son elementos que forman parte de la toma a tierra y se encargan de canalizar y disipar en el terreno las corrientes de defecto originadas. La sección será la misma que la del conductor desnudo, es decir 35 mm².



3-PRESUPUESTO Y MEDICIONES

AUTOR: Elisa Fabregat Hidalgo

Marzo 2010

PRESUPUESTO Y MEDICIONES

Instalación eléctrica en nave industrial de apoyo a sector naval

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
CAPÍTULO 01 OBRA CIVIL									
01.01	M3 EXCAV. MECÁN. ZANJAS T. MEDIO								
	M3. Excavación, con retroexcavadora, de terrenos de consistencia media, en apertura de zanja, con extracción de tierras a los bordes, i/medidas de seguridad, p.p. de costes indirectos y medios auxiliares. Medido el volumen teórico ejecutado.								
	Zanja acometida	1	32,00	0,40	1,00	12,80			
							12,80	6,36	81,41
01.02	M3 RELLEN.Y COMPAC.MECÁN.S/APORT								
	M3. Relleno, extendido y compactado de tierras propias, por medios mecánicos, en tongadas de 30 cm. de espesor, i/regado de las mismas y p.p. de costes indirectos y medidas de seguridad. Medido el volumen teórico ejecutado.								
	Zanja acometida	1	32,00	0,40	0,20	2,56			
							2,56	5,66	14,49
01.03	ud ARQUETA LADRI.REGISTRO 63x63x100 cm.								
	Arqueta de registro de 63x63x100 cm realizada con fabrica de ladrillo macizo de 1/2 pie de espesor recibido con mortero de cemento, enfoscado y bruído en su interior, i/ solera de hormigón HM-20N/mm2 y tapa de hormigón armado.								
							1,00	82,05	82,05
01.04	M3 HOR. LIMP. HM-20/P/40/ Ila CEN.V.BOMBA								
	M3. Hormigón en masa HM-20/P/40/ Ila N/mm2, con tamaño máximo del árido de 40 mm. elaborado en central para limpieza y nivelado de fondos de cimentación, incluso vertido por medio de camión-bomba, vibrado y colocación, p.p. de medios auxiliares y medidas de seguridad. Según EHE. Medido el volumen teórico ejecutado.								
	Zanja acometida	1	32,00	0,40	0,80	10,24			
							10,24	85,29	873,37
01.05	M3 TRANSP.TIERRAS < 10KM.CARG.MEC.								
	M3. Transporte de tierras procedentes de excavación a vertedero, con un recorrido total de hasta 10 Km., en camión volquete de 10 Tm., i/carga por medios mecánicos, medidas de seguridad y p.p. de costes indirectos y medios auxiliares. Medido el volumen teórico ejecutado con un esponjamiento del 5% .								
	Zanja acometida	1	32,00	0,40	1,00	12,80			
							12,80	3,75	48,00
	TOTAL CAPÍTULO 01 OBRA CIVIL								1.099,32

PRESUPUESTO Y MEDICIONES

Instalación eléctrica en nave industrial de apoyo a sector naval

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
CAPÍTULO 02 INSTALACIÓN ELÉCTRICA									
02.01	Ud ACOMET. RED ALUMINIO 400 mm2.								
	Ud. Acometida a la red general de distribución con una longitud máxima de 32 m., formada por un conductor tetrapolar de aluminio de 400 mm2 de sección de fase, con aislamiento de polietileno reticular con una tensión asignada de 0,6/1 kV . Medida la unidad ejecutada.								
		1					1,00		
								130,00	130,00
02.02	MI DERIVACION INDIVIDUAL 400mm2								
	MI. Derivación individual 3x400 mm2., (delimitada entre la centralización de contadores y el cuadro de distribución), bajo tubo de rígido de D=80mm y conductores de cobre de 400 mm2, en sistema trifásico más protección. Medida la longitud ejecutada.								
	Derivación Individual	1	5,00				5,00		
								16,70	83,50
02.03	Ud CAJA GRAL.PROTECCIÓN MEDIDA.400A(TRIFA.)								
	Ud. Caja general protección, formada por caja de doble aislamiento con puerta, incluyendo regleta Omega, doble embarrado de protección, interruptor automático de corte, así como puentes o cableados totalmente conexionado y rotulado. Medida la unidad ejecutada.								
		1					1,00		
								429,13	429,13
02.04	Ud CUADRO ELECTRICO PRINCIPAL								
	Ud. Cuadro distribución de electrificación elevada (250Kw), formado por una caja doble aislamiento con puerta, incluido regleta Omega, embarrado de protección, un interruptor magnético tetrapolar de 400 A, limitador de sobretensión (Up < 1,5 kV) con su correspondiente interruptor automático conectados en paralelo y conexión a tierra, tres PIAS de corte de 125 A (III+N), dos PIAS de corte de 100 A (III+N), una PIA de corte de 80 A (III+N) y una PIA de corte de 25 A (III+N). También incluye dos interruptores diferenciales de 125 A/4p/300 mA, un interruptor diferencial de 125 A/4p/30 mA, dos interruptores diferenciales de 100 A/4p/300 mA, un interruptor diferencial de 80 A/4p/30 mA y un interruptor diferencial de 25 A/4p/30 mA, así como puentes o "peines" de cableado, totalmente conexionado y rotulado. Medida la unidad ejecutada.								
		1					1,00		
								7.179,06	7.179,06
02.05	Ud SUB-CUADRO F1								
	Ud. Cuadro distribución de electrificación, formado por una caja doble aislamiento con puerta, incluido regleta Omega, embarrado de protección, limitador de sobretensión (Up < 1,5 kV) con su correspondiente interruptor automático conectados en paralelo y conexión a tierra, siete PIAS de corte omnipolar de 5, 10, 16, 20, 25 y 25 A (I+N) , así como puentes o "peines" de cableado, totalmente conexionado y rotulado. Medida la unidad ejecutada.								
		1					1,00		
								754,71	754,71
02.06	Ud SUB-CUADRO F2								
	Ud. Cuadro distribución de electrificación, formado por una caja doble aislamiento con puerta, incluido regleta Omega, embarrado de protección, limitador de sobretensión (Up < 1,5 kV) con su correspondiente interruptor automático conectados en paralelo y conexión a tierra, una PIA de corte de 100 A (III+N), una PIA de corte de 63 A (III+N) y una PIA de corte de 25 A (III+N). También incluye un interruptor diferencial de 100 A/4p/300 mA, un interruptor diferencial de 63 A/4p/300 mA y un interruptor diferencial de 25 A/4p/300 mA, así como puentes o "peines" de cableado, totalmente conexionado y rotulado. Medida la unidad ejecutada.								
		1					1,00		
								2.419,79	2.419,79

PRESUPUESTO Y MEDICIONES

Instalación eléctrica en nave industrial de apoyo a sector naval

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
02.07	<p>Ud SUB-CUADRO F3</p> <p>Ud. Cuadro distribución de electrificación, formado por una caja doble aislamiento con puerta, incluido regleta Omega, embarrado de protección, limitador de sobretensión ($U_p < 1,5 \text{ kV}$) con su correspondiente interruptor automático conectados en paralelo y conexión a tierra, una PIA de corte de 100 A (III+N) y una PIA de corte de 50 A (III+N). También incluye un interruptor diferencial de 100 A/4p/300 mA y un interruptor diferencial de 50 A/4p/300 mA, así como puentes o "peines" de cableado, totalmente conexionado y rotulado. Medida la unidad ejecutada.</p>	1				1,00			
							1,00	2.130,39	2.130,39
02.08	<p>Ud SUB-CUADRO F4</p> <p>Ud. Cuadro distribución de electrificación, formado por una caja doble aislamiento con puerta, incluido regleta Omega, embarrado de protección, limitador de sobretensión ($U_p < 1,5 \text{ kV}$) con su correspondiente interruptor automático conectados en paralelo y conexión a tierra, una PIA de corte de 100 A (III+N), una PIA de corte de 63 A (III+N) y una PIA de corte de 25 A (III+N). También incluye un interruptor diferencial de 100 A/4p/300 mA, un interruptor diferencial de 63 A/4p/300 mA y un interruptor diferencial de 25 A/4p/300 mA, así como puentes o "peines" de cableado, totalmente conexionado y rotulado. Medida la unidad ejecutada.</p>								
							1,00	2.419,79	2.419,79
02.09	<p>Ud SUB-CUADRO F5</p> <p>Ud. Cuadro distribución de electrificación, formado por una caja doble aislamiento con puerta, incluido regleta Omega, embarrado de protección, limitador de sobretensión ($U_p < 1,5 \text{ kV}$) con su correspondiente interruptor automático conectados en paralelo y conexión a tierra, una PIA de corte de 50 A (III+N), una PIA de corte de 25 A (III+N) y tres PIAS de corte de 32 A (III+N). También incluye un interruptor diferencial de 50 A/4p/300 mA, un interruptor diferencial de 25 A/4p/300 mA y tres interruptores diferenciales de 32 A/4p/300 mA, así como puentes o "peines" de cableado, totalmente conexionado y rotulado. Medida la unidad ejecutada.</p>								
							1,00	2.169,84	2.169,84
02.10	<p>Ud SUB-CUADRO A1</p> <p>Ud. Cuadro distribución de electrificación, formado por una caja doble aislamiento con puerta, incluido regleta Omega, embarrado de protección, limitador de sobretensión ($U_p < 1,5 \text{ kV}$) con su correspondiente interruptor automático conectados en paralelo y conexión a tierra, doce PIAS de corte omnipolar de 5, 10, 16, 20, 25 y 25 A (I+N), así como puentes o "peines" de cableado, totalmente conexionado y rotulado. Medida la unidad ejecutada.</p>	1				1,00			
							1,00	839,58	839,58
02.11	<p>Ud SUB-CUADRO A2</p> <p>Ud. Cuadro distribución de electrificación, formado por una caja doble aislamiento con puerta, incluido regleta Omega, embarrado de protección, limitador de sobretensión ($U_p < 1,5 \text{ kV}$) con su correspondiente interruptor automático conectados en paralelo y conexión a tierra, una PIA de corte omnipolar de 5, 10, 16, 20, 25 y 25 A (I+N) y una PIA de corte omnipolar de 100 A (I+N), así como puentes o "peines" de cableado, totalmente conexionado y rotulado. Medida la unidad ejecutada.</p>	1				1,00			
							1,00	713,91	713,91
02.12	<p>m CONDUCCION PUESTA TIERRA, C. COBRE DESNUDO 35 MM2</p> <p>Conducto de puesta a tierra enterrada a una profundidad no menor de 0.8 m instalada con conductor de cobre desnudo de 35 mm². de sección nominal, incluso excavación, relleno, p.p. de ayudas de albañilería y conexiones, construida según NTE/IEP-4 y REBT. Medida la unidad ejecutada.</p>								
	Conductor desnudo	1	150,00				150,00		
							150,00	4,36	654,00

PRESUPUESTO Y MEDICIONES

Instalación eléctrica en nave industrial de apoyo a sector naval

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
02.13	m CIRCUITO TRIFASICO 4X35+1X16MM2. ML. Circuito trifásico con conductores de cobre para una tensión nominal de hasta 0,6/1 kV y una sección de cuatro conductores de 35 mm ² y uno de 16 mm ² , en sistema trifásico, (tres fases, neutro y protección), i/ p.p. de cajas de registro, grapas, piezas especiales, regletas de conexión y ayuda de albañilería, intalado según REBT. Medida la longitud instalada.								
	L-F2	1	33,00			33,00			
	L-F4	1	18,00			18,00			
	L-A2	1	13,00			13,00			
							64,00	12,90	825,60
02.14	m CIRCUITO TRIFASICO 4X25+1X16MM2. ML. Circuito trifásico con conductores de cobre para una tensión nominal de hasta 0,6/1 kV y una sección de cuatro conductores de 25 mm ² y uno de 16 mm ² , en sistema trifásico, (tres fases, neutro y protección), i/ p.p. de cajas de registro, grapas, piezas especiales, regletas de conexión y ayuda de albañilería, intalado según REBT. Medida la longitud instalada.								
	L-F3	1	32,00			32,00			
	L-F5	1	23,00			23,00			
	L-F2-c	1	7,00			7,00			
	L-F3-a	1	17,00			17,00			
	L-F4-a	1	14,00			14,00			
							93,00	11,04	1.026,72
02.15	m CIRCUITO TRIFASICO 5X16MM2. ML. Circuito trifásico con conductores de cobre para una tensión nominal de hasta 0,6/1 kV y una sección de cinco conductores de 16 mm ² , en sistema trifásico, (tres fases, neutro y protección), i/ p.p. de cajas de registro, grapas, piezas especiales, regletas de conexión y ayuda de albañilería, intalado según REBT. Medida la longitud instalada.								
	L-F1	1	13,00			13,00			
							13,00	9,52	123,76
02.16	m CIRCUITO TRIFASICO 5X10MM2. ML. Circuito trifásico con conductores de cobre para una tensión nominal de hasta 0,6/1 kV y una sección de cinco conductores de 10 mm ² , en sistema trifásico, (tres fases, neutro y protección), i/ p.p. de cajas de registro, grapas, piezas especiales, regletas de conexión y ayuda de albañilería, intalado según REBT. Medida la longitud instalada.								
	L-F2-b	1	11,00			11,00			
	L-F3-b	1	30,00			30,00			
	L-F4-b	1	10,00			10,00			
	L-F5-e	1	51,00			51,00			
							102,00	7,04	718,08
02.17	m CIRCUITO TRIFASICO 5X4MM2. ML. Circuito trifásico con conductores de cobre para una tensión nominal de hasta 0,6/1 kV y una sección de cinco conductores de 4 mm ² , en sistema trifásico, (tres fases, neutro y protección), i/ p.p. de cajas de registro, grapas, piezas especiales, regletas de conexión y ayuda de albañilería, intalado según REBT. Medida la longitud instalada.								
	L-F5-a	1	17,00			17,00			
	L-F5-b	1	14,00			14,00			
	L-F5-d	1	17,00			17,00			
							48,00	3,90	187,20
02.18	m CIRCUITO TRIFASICO 5X2,5MM2. ML. Circuito trifásico con conductores de cobre para una tensión nominal de hasta 0,6/1 kV y una sección de cinco conductores de 2,5 mm ² , en sistema trifásico, (tres fases, neutro y protección), i/ p.p. de cajas de registro, grapas, piezas especiales, regletas de conexión y ayuda de albañilería, intalado según REBT. Medida la longitud instalada.								
	L-A1	1	16,00			16,00			
	L-F2-a	1	15,00			15,00			
	L-F4-c	1	6,00			6,00			
	L-F5-c	1	12,00			12,00			
							49,00	3,44	168,56

PRESUPUESTO Y MEDICIONES

Instalación eléctrica en nave industrial de apoyo a sector naval

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
02.19	m CIRCUITO MONOFÁSICO 2X35+1X16MM2.								
	ML. Circuito monofásico con conductores de cobre para una tensión nominal de hasta 0,6/1 kV y una sección de dos conductores de 35 mm ² cada uno y de otro de 16 mm ² , en sistema monofásico, (fase, neutro y protección), <i>il</i> p.p. de cajas de registro, grapas, piezas especiales, regletas de conexión y ayuda de albanilería, intalado según REBT. Medida la longitud instalada.								
	L-A2-a	1	115,00						115,00
	L-A2-b	1	115,00						115,00
							230,00	8,18	1.881,40
02.20	m CIRCUITO MONOFÁSICO 3X4MM2.								
	ML. Circuito monofásico con conductores de cobre para una tensión nominal de hasta 0,6/1 kV y una sección de tres conductores de 4 mm ² cada uno, en sistema monofásico, (fase, neutro y protección), <i>il</i> p.p. de cajas de registro, grapas, piezas especiales, regletas de conexión y ayuda de albanilería, intalado según REBT. Medida la longitud instalada.								
	L-A2-c	1	97,00						97,00
	L-FT1-f	1	53,00						53,00
							150,00	3,12	468,00
02.21	m CIRCUITO MONOFÁSICO 3X2,5MM2.								
	ML. Circuito monofásico con conductores de cobre para una tensión nominal de hasta 0,6/1 kV y una sección de tres conductores de 2,5 mm ² cada uno, en sistema monofásico, (fase, neutro y protección), <i>il</i> p.p. de cajas de registro, grapas, piezas especiales, regletas de conexión y ayuda de albanilería, intalado según REBT. Medida la longitud instalada.								
	L-FT1-a	1	30,00						30,00
	L-FT-e	1	35,00						35,00
	L-FT-g	1	47,00						47,00
							112,00	2,84	318,08
02.22	m CIRCUITO MONOFÁSICO 3X1,5MM2.								
	ML. Circuito monofásico con conductores de cobre para una tensión nominal de hasta 0,6/1 kV y una sección de tres conductores de 1,5 mm ² cada uno, en sistema monofásico, (fase, neutro y protección), <i>il</i> p.p. de cajas de registro, grapas, piezas especiales, regletas de conexión y ayuda de albanilería, intalado según REBT. Medida la longitud instalada.								
	L-A1-a	1	21,00						21,00
	L-A1-b	1	20,00						20,00
	L-A1-c	1	16,00						16,00
	L-A1-d	1	20,00						20,00
	L-A1-e	1	15,00						15,00
	L-A1-f	1	23,00						23,00
	L-A1-g	1	13,00						13,00
	L-A1-h	1	14,00						14,00
	L-A1-i	1	24,00						24,00
	L-A1-j	1	19,00						19,00
	L-A1-k	1	16,00						16,00
	L-A1-l	1	11,00						11,00
	L-FT1-b	1	29,00						29,00
	L-FT1-c	1	30,00						30,00
	L-FT1-d	1	24,00						24,00
							295,00	2,57	758,15
02.23	m TUBO DE PVC DE 80MM								
	ML. Tubo de PVC corrugado de D = 80 mm, <i>il</i> p.p. de pequeño material y ayuda de albanilería. Instalada según la NTE/IEB-35 y el REBT. Medida la longitud instalada.								
	Derivación individual	1	5,00						5,00
							5,00	2,80	14,00
02.24	m TUBO DE PVC DE 40MM								
	ML. Tubo de PVC corrugado de D = 40 mm, <i>il</i> p.p. de pequeño material y ayuda de albanilería. Instalada según la NTE/IEB-35 y el REBT. Medida la longitud instalada.								
	L-A2-a	1	115,00						115,00
	L-A2-b	1	115,00						115,00

PRESUPUESTO Y MEDICIONES

Instalación eléctrica en nave industrial de apoyo a sector naval

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
							230,00	2,64	607,20
02.25	m TUBO DE PVC DE 32MM								
	ML. Tubo de PVC corrugado de D = 32 mm, i/ p.p. de pequeño material y ayuda de albañilería. Instalada según la NTE/IEB-35 y el REBT. Medida la longitud instalada.								
	L-F3-b	1	30,00			30,00			
	L-F5-e	1	51,00			51,00			
							81,00	2,59	209,79
02.26	m TUBO DE PVC DE 25MM								
	ML. Tubo de PVC corrugado de D = 25 mm, i/ p.p. de pequeño material y ayuda de albañilería. Instalada según la NTE/IEB-35 y el REBT. Medida la longitud instalada.								
	L-F5-d	1	17,00			17,00			
							17,00	2,50	42,50
02.27	m TUBO DE PVC DE 20MM								
	ML. Tubo de PVC corrugado de D = 20 mm, i/ p.p. de pequeño material y ayuda de albañilería. Instalada según la NTE/IEB-35 y el REBT. Medida la longitud instalada.								
	L-A1-c	1	97,00			97,00			
	L-FT1-a	1	30,00			30,00			
	L-FT1-e	1	53,00			53,00			
	L-FT1-g	1	47,00			47,00			
							227,00	2,46	558,42
02.28	m TUBO DE PVC DE 16MM								
	ML. Tubo de PVC corrugado de D = 16 mm, i/ p.p. de pequeño material y ayuda de albañilería. Instalada según la NTE/IEB-35 y el REBT. Medida la longitud instalada.								
	L-A1-a	1	21,00			21,00			
	L-A1-b	1	20,00			20,00			
	L-A1-c	1	16,00			16,00			
	L-A1-d	1	20,00			20,00			
	L-A1-e	1	15,00			15,00			
	L-A1-f	1	23,00			23,00			
	L-A1-g	1	13,00			13,00			
	L-A1-h	1	14,00			14,00			
	L-A1-i	1	24,00			24,00			
	L-A1-j	1	19,00			19,00			
	L-A1-k	1	16,00			16,00			
	L-A1-l	1	11,00			11,00			
	L-FT1-b	1	29,00			29,00			
	L-FT1-c	1	30,00			30,00			
	L-FT1-d	1	24,00			24,00			
							295,00	2,41	710,95
02.29	MI BANDEJA PERFORADA 500x100 MM								
	MI. Bandeja metálica perforada en más de un 30% de su superficie. Las bandejas irán provistas de su tapa correspondiente colocada a presión, la bandeja está conexas y montada superficialmente en pared. Dimensiones: 500x 100 mm., i/ p.p. de accesorios, piezas especiales y ayuda de albañilería. Medida la longitud instalada.								
	Sub-cuadro-F5	1	32,00			32,00			
	Sub-cuadro-F2	1	37,00			37,00			
	Sub-cuadro-A1	1	10,00			10,00			
							79,00	15,76	1.245,04
02.30	Ud BASE ENCHUFE 10/16 A								
	Ud. Base de enchufe para conductor de cobre con corriente monofásica, (fase, neutro y protección), incluido caja de registro, caja mecanismo universal con tornillo, base enchufe 10/16 A (II+T.T.), así como marco respectivo, totalmente montado e instalado. Medida la unidad ejecutada.								
	L-FT1-a (Sala de espera y recepción)	16				16,00			
	L-FT1-b (Pasillo y aseos)	2				2,00			

PRESUPUESTO Y MEDICIONES

Instalación eléctrica en nave industrial de apoyo a sector naval

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
	L-FT1-c (Archivo y oficina jefe taller)	9				9,00			
	L-FT1-d (Oficina técnica)	24				24,00			
	L-FT1-e (Despachos)	18				18,00			
	L-FT1-f (Sala de reuniones y comedor)	18				18,00			
							87,00	12,41	1.079,67
02.31	Ud BASE ENCHUFE ESTANCA 10/16A								
	Ud. Base de enchufe estanca para conductor de cobre con corriente monofásica, (fase, neutro y protección), incluido caja de registro, caja mecanismo universal con tornillo, base enchufe estanca de 10/16 A (II+T.T.), así como marco respectivo, totalmente montado e instalado. Medida la unidad ejecutada.								
	L-FT1-b (Pasillo y aseos)	4				4,00			
	L-FT1-g (Vestuarios)	10				10,00			
							14,00	12,41	173,74
02.32	Ud BASE ENCHUFE 32A								
	Ud. Base de enchufe para conductor de cobre con corriente trifásica (tres fases, neutro y protección), protegidas con enclavamiento mecánico, incluido caja de registro, caja mecanismo universal con tornillo, base enchufe de 32 A (III+T.T.), así como marco respectivo, pequeño material, totalmente montada e instalada. Medida la unidad ejecutada.								
	L-FT3-b (Taller)	7				7,00			
	L-FT5-d (Taller)	5				5,00			
	L-FT5-e (Taller)	6				6,00			
							18,00	12,96	233,28
02.33	Ud INTERRUPTOR CONMUTADO SENCILLO								
	Ud. Interruptor sencillo para conductor de cobre con corriente monofásica, (fase, neutro y protección), incluido caja de registro, caja mecanismo universal con tornillo, interruptor sencillo, así como marco respectivo, totalmente montado e instalado. Medida la unidad ejecutada.								
	L-A1-a (Sala de espera y recepción)	2				2,00			
	L-A1-c (Archivo)	1				1,00			
	L-A1-d (Oficina jefe taller)	1				1,00			
	L-A1-e (Aseos)	2				2,00			
	L-A1-f (Oficina técnica)	1				1,00			
	L-A1-g (Despacho-1)	1				1,00			
	L-A1-h (Despacho-2)	1				1,00			
	L-A1-i (Sala de reuniones)	1				1,00			
	L-A1-k (Vestuario masculino)	1				1,00			
	L-A1-l (Vestuario femenino)	1				1,00			
	L-A2-a (Taller)	1				1,00			
	L-A2-b (Taller)	1				1,00			
	L-A2-c (Almacén)	1				1,00			
							15,00	20,08	301,20
02.34	Ud INTERRUPTOR CONMUTADO MULTIPLE								
	Ud. Interruptor múltiple (hasta 3 puntos accionados con 3 conmutadores) para conductor de cobre con corriente monofásica, (fase, neutro y protección), incluido caja de registro, caja mecanismo universal con tornillo, interruptor múltiple, así como marco respectivo, totalmente montado e instalado. Medida la unidad ejecutada.								
	L-A1-b (Pasillo)	3				3,00			
	L-A1-j (Comedor)	2				2,00			
							5,00	20,85	104,25
	TOTAL CAPÍTULO 02 INSTALACIÓN ELÉCTRICA.....								31.679,29

PRESUPUESTO Y MEDICIONES

Instalación eléctrica en nave industrial de apoyo a sector naval

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
CAPÍTULO 03 ILUMINACIÓN									
03.01	Ud LUMINARIA INDUSTRIAL VAPOR SODIO 400 W								
	Ud. Luminaria industrial de descarga de vapor de sodio de alta presión (400 W), para colgar en estructura. Formada por pantalla reflectora de aluminio anodizado mate, sin cierre acristalado y equipo eléctrico incorporado. Suspendida a través de un gancho de acero de seguridad, con tratamiento anti-corrosivo, incluso lampara de vapor de sodio de 400 W, sistema de cuelge, replanteo, pequeño material y conexiones. Medida la unidad totalmente instalada y funcionando.								
	L-A2-a (Taller)	14					14,00		
	L-A2-b (Taller)	14					14,00		
							28,00	185,84	5.203,52
03.02	Ud LUMINARIA.EMP.HALOG.50W FIJO								
	Ud. Luminaria empotrable halógena de 50 W. fija, cuerpo abierto/cerrado, reflector en luna en aluminio purísimo de alta rendimiento, con lámpara halógena de 50 W, fija, i/ lámpara halógena, instalación, mecanismo, empotrado y p.p. de cajas de derivación y ayudas, transformador, replanteo, sistema de fijación, pequeño material y conexionado. Medida la unidad totalmente instalada y funcionando.								
	L-A1-g (Despacho-1)	6					6,00		
	L-A1-h (Despacho-2)	4					4,00		
	L-A1-i (Sala de reuniones)	6					6,00		
							16,00	25,05	400,80
03.03	Ud LUM.EMPOT. FLUORESCENTE 2X36W								
	Ud. Luminaria empotrable con celosía para lámpara fluorescente de 2x36 W. fija, i/ lámpara fluorescente de 36 W, instalación, mecanismo, empotrado y p.p. de cajas de derivación y ayudas, transformador, replanteo, sistema de fijación, pequeño material y conexionado. Medida la unidad totalmente instalada y funcionando.								
	L-A1-a (Sala de espera y recepción)	3					3,00		
	L-A1-b (Pasillo)	3					3,00		
	L-A1-c (Archivo)	1					1,00		
	L-A2-d (Oficina jefe taller)	2					2,00		
	L-A2-f (Oficina técnica)	9					9,00		
							18,00	71,27	1.282,86
03.04	Ud LUM.EMPOT. FLUORESCENTE 2X18W								
	Ud. Luminaria empotrable con celosía para lámpara fluorescente de 2x18 W. fija, i/ lámpara fluorescente de 18 W, instalación, mecanismo, empotrado y p.p. de cajas de derivación y ayudas, transformador, replanteo, sistema de fijación, pequeño material y conexionado. Medida la unidad totalmente instalada y funcionando.								
	L-A1-j (Comedor)	4					4,00		
	L-A1-k (Vestuario masculino)	4					4,00		
	L-A1-l (Vestuario femenino)	2					2,00		
	L-A2-c (Almacén)	18					18,00		
							28,00	49,47	1.385,16
03.05	Ud LUM.EMPOT. FLUORESCENTE 1X18W								
	Ud. Luminaria empotrable con celosía para lámpara fluorescente de 1x18 W. fija, i/ lámpara fluorescente de 18 W, instalación, mecanismo, empotrado y p.p. de cajas de derivación y ayudas, transformador, replanteo, sistema de fijación, pequeño material y conexionado. Medida la unidad totalmente instalada y funcionando.								
	L-A1-e (Aseos)	2					2,00		
							2,00	36,74	73,48
	TOTAL CAPÍTULO 03 ILUMINACIÓN.....								8.345,82
	TOTAL.....								41.124,43

RESUMEN DE PRESUPUESTO

Instalación eléctrica en nave industrial de apoyo a sector naval

CAPITULO	RESUMEN	IMPORTE	%
01	OBRA CIVIL.....	1.099,32	2,67
02	INSTALACIÓN ELÉCTRICA.....	31.679,29	77,03
03	ILUMINACIÓN.....	8.345,82	20,29
	TOTAL EJECUCIÓN MATERIAL	41.124,43	
	16,00% de IVA.....	5.896,52	
	SUMA	5.896,52	
	TOTAL PRESUPUESTO CONTRATA	47.020,95	
	TOTAL PRESUPUESTO GENERAL	47.020,95	

Asciende el presupuesto general a la expresada cantidad de CUARENTA Y SIETE MIL VEINTE con NOVENTA Y CINCO CÉNTIMOS

CÁDIZ, a 15 de Abril de 2010.



4-ANEXO

AUTOR: Elisa Fabregat Hidalgo

Marzo 2010

HALOGENAS



MASTER LINE 111 12V G5.3 - 4000 horas



POTENCIA (WATTS)	BULBO	BASE	CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	TENSIÓN (VOLTS)	UNIDADES POR CAJA	EAN 13	LONG. (MM) MÁXIMA	VIDA PROMEDIO (HRS.)	FLUJO LUMINOSO (LM)
30	ALR111	G53	9240 584 17105	MASTER Line 111 30W G53 12V 8D	12	6	-	65	4000	cd 23000
30	ALR111	G53	9240 583 17105	MASTER Line 111 30W G53 12V 24D	12	6	-	65	4000	cd 4000
45	ALR111	G53	9240 586 17105	MASTER Line 111 45W G53 12V 8D	12	6	-	65	4000	cd 33000
45	ALR111	G53	9240 587 17105	MASTER Line 111 45W G53 12V 24D	12	6	-	65	4000	cd 5300
45	ALR111	G53	9240 588 17105	MASTER Line 111 45W G53 12V 45D	12	6	-	65	4000	cd 1900
60	ALR111	G53	9240 589 17105	MASTER Line 111 60W G53 12V 8D	12	6	-	65	4000	cd 48000
60	ALR111	G53	9240 590 17105	MASTER Line 111 60W G53 12V 24D	12	6	-	65	4000	cd 8500
60	ALR111	G53	9240 591 17105	MASTER Line 111 60W G53 12V 45D	12	6	-	65	4000	cd 2800



ALULINE 12V G53 - UV Block - 3000 horas - Reflector de Aluminio



50	ALR 111	G53	9249 009 17101	ALR 111 Pro 50W 12V 8º	12	6	8711500462015	62	3000	cd 23000
50	ALR 111	G53	9249 010 17101	ALR 111 Pro 50W 12V 24º	12	6	8711500462022	62	3000	cd 4000
75	ALR 111	G53	9249 011 17101	ALR 111 Pro 75W 12V 8º	12	6	8711500462046	62	3000	cd 30000
75	ALR 111	G53	9249 012 17101	ALR 111 Pro 75W 12V 24º	12	6	8711500462053	62	3000	cd 5300
100	ALR 111	G53	9249 014 17101	ALR 111 Pro 100W 12v 8º	12	6	8711500462077	62	3000	cd 48000
100	ALR 111	G53	9249 015 17101	ALR 111 Pro 100W 12V 24º	12	6	8711500462084	62	3000	cd 8500



DIAMOND LINE PRO



35	MR16	GU5.3	9240 545 17105	Diamondline Pro 35W GU5.3 12V 10D	12	6	-	46	4000	cd 5400
35	MR16	GU5.3	9240 547 17105	Diamondline Pro 35W GU5.3 12V 24D	12	6	-	46	4000	cd 1700
35	MR16	GU5.3	9240 548 17105	Diamondline Pro 35W GU5.3 12V 36D	12	6	-	46	4000	cd 1000
50	MR16	GU5.3	9240 557 17105	Diamondline Pro 50W GU5.3 12V 10D	12	6	-	46	4000	cd 6400
50	MR16	GU5.3	9240 559 17105	Diamondline Pro 50W GU5.3 12V 24D	12	6	-	46	4000	cd 2700
50	MR16	GU5.3	9240 560 17105	Diamondline Pro 50W GU5.3 12V 36D	12	6	-	46	4000	cd 1200



MASTER LINE ES



20	MR16	GU5.3	9240 458 17105	MASTER Line ES 20W GU5.3 12V 8D	12	6	-	46	5000	cd 6500
20	MR16	GU5.3	9240 459 17105	MASTER Line ES 20W GU5.3 12V 36D	12	6	-	46	5000	cd 1000
30	MR16	GU5.3	9240 460 17105	MASTER Line ES 30W GU5.3 12V 8D	12	6	-	46	5000	cd 11000
30	MR16	GU5.3	9240 461 17105	MASTER Line ES 30W GU5.3 12V 24D	12	6	-	46	5000	cd 3350
30	MR16	GU5.3	9240 462 17105	MASTER Line ES 30W GU5.3 12V 36D	12	6	-	46	5000	cd 1600
30	MR16	GU5.3	9240 463 17105	MASTER Line ES 30W GU5.3 12V 60D	12	6	-	46	5000	cd 750
35	MR16	GU5.3	9240 464 17105	MASTER Line ES 35W GU5.3 12V 8D	12	6	-	46	5000	cd 14000
35	MR16	GU5.3	9240 465 17105	MASTER Line ES 35W GU5.3 12V 24D	12	6	-	46	5000	cd 4400
35	MR16	GU5.3	9240 466 17108	MASTER Line ES 35W GU5.3 12V 36D	12	6	-	46	5000	cd 2200
35	MR16	GU5.3	9240 466 17105	MASTER Line ES 35W GU5.3 12V 36D	12	6	-	46	5000	cd 2200
35	MR16	GU5.3	9240 467 17105	MASTER Line ES 35W GU5.3 12V 60D	12	6	-	46	5000	cd 1050
45	MR16	GU5.3	9240 468 17105	MASTER Line ES 45W GU5.3 12V 8D	12	6	-	46	5000	cd 16000
45	MR16	GU5.3	9240 469 17105	MASTER Line ES 45W GU5.3 12V 24D	12	6	-	46	5000	cd 5450
45	MR16	GU5.3	9240 470 17105	MASTER Line ES 45W GU5.3 12V 36D	12	6	-	46	5000	cd 2850
45	MR16	GU5.3	9240 471 17105	MASTER Line ES 45W GU5.3 12V 60D	12	6	-	46	5000	cd 1300

TUBOS FLUORESCENTES



Pro
Calidad de luz

DESCRIPCIÓN	BASE	CODIGO	TENSIÓN DE LAMPARA (V)	CORRIENTE LAMPARA (A)	TEMP. COLOR (K)	RENDIMIENTO DE COLOR (Ra)	FLUJO LUMINOSO (lm)	RENDIMIENTO DE LAMPARA (lm/w)	VIDA PROMEDIO (HRS.)(*)
TUBOS TLD STANDARD									
TLD 15W/54 LUZ DIA	G13	928024805450	51	0.34	6200	72	830	55	15,000
TLD 18W/54 LUZ DIA	G13	928048005416	59	0.36	6200	72	1050	58	15,000
TLD 30W/54 LUZ DIA	G13	928025405416	98	0.36	6200	72	1825	61	15,000
TLD 36W/54 LUZ DIA	G13	928048505416	103	0.44	6200	72	2500	69	15,000
TLD 58W/54 LUZ DIA	G13	928049005414	111	0.67	6200	72	4000	69	15,000



MASTER
Luz perfecta en todos los sentidos

DESCRIPCIÓN	BASE	CODIGO	TENSIÓN DE LAMPARA (V)	CORRIENTE LAMPARA (A)	TEMP. COLOR (K)	RENDIMIENTO DE COLOR (Ra)	FLUJO LUMINOSO (lm)	RENDIMIENTO DE LAMPARA (lm/w)	VIDA PROMEDIO (HRS.)(*)
TUBOS TLD SUPER 80 NEW GENERATION									
TLD 18W/82 SUPERLUJO CALIDO	G13	927920082714	59	0.36	2700	85	1350	81	15,000
TLD 18W/83 SUPERLUJO TROPICAL	G13	927920083044	59	0.36	3000	85	1350	81	15,000
TLD 18W/84 SUPERLUJO NIVEO	G13	927920084044	59	0.36	4000	85	1350	81	15,000
TLD 30W/82 SUPERLUJO CALIDO	G13	927920582714	98	0.36	2700	85	2400	80	15,000
TLD 30W/83 SUPERLUJO TROPICAL	G13	927920583014	98	0.36	3000	85	2400	80	15,000
TLD 30W/84 SUPERLUJO NIVEO	G13	927920584014	98	0.36	4000	85	2400	80	15,000
TLD 30W/86 SUPERLUJO LUZ DIA	G13	927920586517	98	0.36	6500	85	2300	77	15,000
TLD 36W/82 SUPERLUJO CALIDO	G13	927921082714	103	0.44	2700	85	3350	93	15,000
TLD 36W/83 SUPERLUJO TROPICAL	G13	927921083016	103	0.44	3000	85	3350	93	15,000
TLD 36W/84 SUPERLUJO NIVEO	G13	927921084016	103	0.44	4000	85	3350	93	15,000
TLD 36W/86 SUPERLUJO LUZ DIA	G13	927921086544	103	0.44	6500	85	3250	92	15,000
TLD 58W/82 SUPERLUJO CALIDO	G13	927922082714	111	0.67	2700	85	5200	90	15,000
TLD 58W/83 SUPERLUJO TROPICAL	G13	927922083014	111	0.67	3000	85	5200	90	15,000
TLD 58W/84 SUPERLUJO NIVEO	G13	927922084014	111	0.67	4000	85	5200	90	15,000
TLD 58W/86 SUPERLUJO LUZ DIA	G13	927922086544	111	0.67	6500	85	5000	86	15,000



MASTER
Luz perfecta en todos los sentidos

DESCRIPCIÓN	BASE	CODIGO	TENSIÓN DE LAMPARA (V)	CORRIENTE LAMPARA (A)	TEMP. COLOR (K)	RENDIMIENTO DE COLOR (Ra)	FLUJO LUMINOSO (lm)	RENDIMIENTO DE LAMPARA (lm/w)	VIDA PROMEDIO (HRS.)(*)
TUBOS TLD SUPER 80 REFLEX NEW GENERATION									
TLD 36W/84 REFLEX	G13	928048408478	103	0.44	4000	85	3350	93	15,000
TLD 36W/83 REFLEX	G13	928048408378	103	0.44	3000	85	3350	93	15,000



Pro
Calidad de luz

DESCRIPCIÓN	BASE	CODIGO	TENSIÓN DE LAMPARA (V)	CORRIENTE LAMPARA (A)	TEMP. COLOR (K)	RENDIMIENTO DE COLOR (Ra)	FLUJO LUMINOSO (lm)	RENDIMIENTO DE LAMPARA (lm/w)	VIDA PROMEDIO (HRS.)(*)
TUBOS TLD 90 DE LUXE									
TLD 36W/93 SUPERLUJO TROPICAL	G13	928044593051	103	0.44	3000	92	2700	75	15,000
TLD 36W/94 SUPERLUJO NIVEO	G13	928048509414	103	0.44	3800	92	2800	76	15,000
TLD 36W/95 SUPERLUJO LUZ DIA	G13	928044595051	103	0.44	5300	92	2800	78	15,000



Pro
Calidad de luz

DESCRIPCIÓN	BASE	CODIGO	TENSIÓN DE LAMPARA (V)	CORRIENTE LAMPARA (A)	TEMP. COLOR (K)	RENDIMIENTO DE COLOR (Ra)	FLUJO LUMINOSO (lm)	RENDIMIENTO DE LAMPARA (lm/w)	VIDA PROMEDIO (HRS.)(*)
TUBOS TLD 79 FOOD PRO									
TLD 18W/79 SUPERLUJO	G13	928048002005	59	0.36	3800	74	740	41	15,000
TLD 36W/79 SUPERLUJO	G13	928048502006	103	0.44	3800	74	1750	49	15,000
TLD 58W/79 SUPERLUJO	G13	928049002006	111	0.67	3800	74	2800	48	15,000



Pro
Calidad de luz

DESCRIPCIÓN	BASE	CODIGO	TENSIÓN DE LAMPARA (V)	CORRIENTE LAMPARA (A)	TEMP. COLOR (K)	RENDIMIENTO DE COLOR (Ra)	FLUJO LUMINOSO (lm)	RENDIMIENTO DE LAMPARA (lm/w)	VIDA PROMEDIO (HRS.)(*)
TUBOS CIRCULARES TL-E STANDARD									
TLE 22W/54 LUZ DIA	G10Q	928028505424	62	0.40	6200	72	1050	48	9,000
TLE 32W/54 LUZ DIA	G10Q	928026305424	81	0.45	6200	72	1750	57	9,000
TLE 22-32W/54 LUZ DIA	G10Q	928028705424	62-81	0.40-0.45	6200	72	1050-1750	48-57	9,000

(*) Medida a 50% de mortalidad



Pro
Calidad de luz

DESCRIPCIÓN	BASE	CODIGO	TENSIÓN DE LAMPARA (V)	CORRIENTE LAMPARA (A)	TEMP. COLOR (K)	RENDIMIENTO DE COLOR (Ra)	FLUJO LUMINOSO (lm)	RENDIMIENTO DE LAMPARA (lm/w)	VIDA PROMEDIO (HRS.) (*)
LAMPARAS DE MERCURIO HALOGENADO MHN-LA / MHN-SA									
MHN-LA 2000W 400V/842 X528/C		928071305130	235	9.60	4200	80	220000	108	12,000
MHN-SA 1800W 230V/956 PSFC		928078415130	120	17.90	3600	90	155000	88	4,000



Pro
Calidad de luz

DESCRIPCIÓN	BASE	CODIGO	TENSIÓN DE LAMPARA (V)	CORRIENTE LAMPARA (A)	TEMP. COLOR (K)	RENDIMIENTO DE COLOR (Ra)	FLUJO LUMINOSO (lm)	RENDIMIENTO DE LAMPARA (lm/w)	VIDA PROMEDIO (HRS.) (*)
LAMPARAS DE MERCURIO HALOGENADO ARTCOLOUR									
MH-T COLOUR 400W AZUL	E40	928481700091	120	3.40	-	-	10000	23.3	5000
MH-T COLOUR 400W ROJO	E40	928481800091	120	3.40	-	-	16000	47.1	5000
MH-T COLOUR 400W VERDE	E40	928481900091	120	3.40	-	-	29000	76.3	5000
MH-T COLOUR 400W VIOLETA	E40	928482000091	120	3.40	-	-	10000	26.3	5000



Pro
Calidad de luz

DESCRIPCIÓN	BASE	CODIGO	TENSIÓN DE LAMPARA (V)	CORRIENTE LAMPARA (A)	TEMP. COLOR (K)	RENDIMIENTO DE COLOR (Ra)	FLUJO LUMINOSO (lm)	RENDIMIENTO DE LAMPARA (lm/w)	VIDA PROMEDIO (HRS.) (*)
LAMPARAS DE SODIO BLANCO									
SDW-T 50W	PG12-1	928153909227	92	0.76	2500	83	2300	44	10,000
SDW-T 100W	PG12-1	928154109227	98	1.30	2550	83	5000	52	10,000



MASTER
Sea perfecto en todos los ambientes

DESCRIPCIÓN	BASE	CODIGO	TENSIÓN DE LAMPARA (V)	CORRIENTE LAMPARA (A)	TEMP. COLOR (K)	RENDIMIENTO DE COLOR (Ra)	FLUJO LUMINOSO (lm)	RENDIMIENTO DE LAMPARA (lm/w)	VIDA PROMEDIO (HRS.) (*)
LAMPARAS DE VAPOR DE SODIO DE ALTA PRESION PLUS PIA									
SON 100W PLUS PIA	E40	928151608830	98	1.22	1950	23	11100	109	32,000
SON 150W PLUS PIA	E40	928151409830	104	1.80	1950	23	19100	119	32,000
SON 250W PLUS PIA	E40	928153309830	102	2.93	1950	23	34000	131	32,000
SON 400W PLUS PIA	E40	928153409830	107	4.47	1950	23	57200	141	32,000
SON-T 70W PLUS PIA	E27	928152700091	93	1.00	1950	23	7420	98	28,000
SON-T 100W PLUS PIA	E40	928151709291	103	1.20	1950	23	11650	111	32,000
SON-T 150W PLUS PIA	E40	928150909291	107	1.80	1950	23	19400	120	32,000
SON-T 250W PLUS PIA	E40	928144709291	110	2.80	1950	23	35000	130	32,000
SON-T 400W PLUS PIA	E40	928144809291	103	4.50	1950	23	59000	145	32,000
SON-T 600W PLUS PIA	E40	928158409230	115	5.80	2000	23	90000	150	28,000



Pro
Calidad de luz

DESCRIPCIÓN	BASE	CODIGO	TENSIÓN DE LAMPARA (V)	CORRIENTE LAMPARA (A)	TEMP. COLOR (K)	RENDIMIENTO DE COLOR (Ra)	FLUJO LUMINOSO (lm)	RENDIMIENTO DE LAMPARA (lm/w)	VIDA PROMEDIO (HRS.) (*)
LAMPARAS DE VAPOR DE SODIO DE ALTA PRESION									
SON 70W I	E27	928150108830	90	0.98	2000	25	5600	69	24,000
SON 70W E	E27	928151808891	88	0.99	1950	25	6400	90	24,000
SON 150W	E40	928150309891	97	1.84	1950	25	15650	105	28,000
SON 250W	E40	928151009891	95	3.05	1950	25	29200	118	28,000
SON 400W	E40	928152009891	104	4.47	1950	25	52250	130	28,000
SON-T 70W E	E27	928152800030	90	0.98	1950	25	6000	88	28,000
SON-T 150W	E40	928150409291	103	1.78	1950	25	17000	111	28,000
SON-T 250W	E40	928151509291	105	2.89	1950	25	31750	123	28,000
SON-T 400W	E40	928144509291	101	4.50	1950	25	52650	133	28,000
SON-T 1000W	E40	928154509227	105	10.60	2000	25	130000	130	16,000

USO CON EQUIPO AUXILIAR DE VAPOR MERCURIO									
SON-H 220W	E40	928152409830	120	2.20	2000	25	20000	91	20,000
SON-H 350W	E40	928153509830	117	3.60	2000	25	4000	97	20,000



Pro
Calidad de luz

DESCRIPCIÓN	BASE	CODIGO	TENSIÓN DE LAMPARA (V)	CORRIENTE LAMPARA (A)	TEMP. COLOR (K)	RENDIMIENTO DE COLOR (Ra)	FLUJO LUMINOSO (lm)	RENDIMIENTO DE LAMPARA (lm/w)	VIDA PROMEDIO (HRS.) (*)
LAMPARAS DE VAPOR DE SODIO DE BAJA PRESION									
SOX 18W	B22	928145200003	55	0.35	1800	-	1770	99	18,000
SOX 35W	B22	928145500003	70	0.60	1800	-	4800	139	18,000
SOX 55W	B22	928146000003	109	0.59	1800	-	8000	147	18,000
SOX 90W	B22	928146500003	112	0.94	1800	-	14000	154	18,000
SOX 135W	B22	928147000003	164	0.95	1800	-	22600	167	18,000
SOX 180W	B22	928147500003	240	0.91	1800	-	32000	178	18,000

(*) Medida a 50% de mortalidad.

LUMINARIAS

ILUMINACIÓN DE OFICINAS

LINEA M2



Luminarias con louver de parábola simple de alta calidad, con espejos laterales y lamelas transversales en aluminio anodizado facetado mate. Caja en chapa de hierro doble decapada esmaltada con pintura epoxi en polvo termoconvertible color blanco. Sujeción del louver a través de cuatro resortes de acero zincado pasivado azul.

Versión EPH: Luminaria de embutir pintado de blanco niveo, para cielorraso suspendido o yeso.

Versiones disponibles con balasto convencional o electrónico y equipo de emergencia opcional.

Versión PPH: Sistema para aplicar pintado de blanco microtexturado.

Clasificación IP 20

Clase I

DIMENSIONES DEL ARTEFATO (mm)				DIMENSIONES DEL HUECO	
potencia	longitud	alto	ancho	longitud	ancho
TLD 2x36W	1214	95	300	1180	280
PLL 3x36W	605	95	605	580	580

DIMENSIONES (mm)

DESCRIPCION
EPH 2xTLD 36W BTP M2
EPH 2xTLD 36W BTP M2 AP
EPH 2xTLD 36W EP M2
EPH 2xTLD 36W EP M2 AP
EPH 3xPLL 36W/83 BTP M2 K
EPH 3xPLL 36W/83 BTP M2 AP

DIMENSIONES DEL ARTEFATO (mm)			
potencia	longitud	alto	ancho
TLD 2x36W	1240	85	337
PLL 3x36W	640	85	640

DIMENSIONES (mm)

DESCRIPCION
PPH 2xTLD 36W BTP M2
PPH 2xTLD 36W BTP M2 AP
PPH 2xTLD 36W EP M2
PPH 2xTLD 36W EP M2 AP
PPH 3xPLL 36W/83 BTP M2 K
PPH 3xPLL 36W/83 BTP M2 AP K

LINEA C5



Luminarias con louver doble parabólico de aluminio de alta pureza pulido espejo y lamelas parabólicas de diseño tridimensional que limita el brillo en los planos verticales.

Caja en chapa de hierro doble decapada esmaltada con pintura epoxi en polvo termoconvertible color blanco. Sujeción del louver a través de cuatro resortes de acero zincado pasivado azul.

Versión EPH: Luminaria de embutir pintado de blanco niveo, para cielorraso suspendido o yeso.

Versiones disponibles con balasto convencional o electrónico y equipo de emergencia opcional.

Versión PPH: Sistema para aplicar pintado de blanco microtexturado

Clasificación IP 20

Clase I

DIMENSIONES DEL ARTEFATO (mm)				DIMENSIONES DEL HUECO	
potencia	longitud	alto	ancho	longitud	ancho
TLD 2x36W	1214	95	300	1180	280
PLL 3x36W	605	95	605	580	580

DIMENSIONES EN (mm)

CODIGO	DESCRIPCION
4401 020 01461	EPH 2xTLD 36W BTP C5
4401 020 01471	EPH 2xTLD 36W BTP C5 AP
4401 020 01481	EPH 2xTLD 36W EP C5
4401 020 01491	EPH 2xTLD 36W EP C5 AP
4401 040 04581	EPH 3xPLL 36W/83 BTP C5 K
4401 040 05501	EPH 3xPLL 36W/83 BTP C5 AP K

DIMENSIONES DEL ARTEFATO (mm)			
potencia	longitud	alto	ancho
TLD 2x36W	1240	85	337
PLL 3x36W	640	85	640

DIMENSIONES EN (mm)

CODIGO	DESCRIPCION
9199 016 13781	PPH 2xTLD 36W BTP C5
9199 016 13791	PPH 2xTLD 36W BTP C5 AP
9199 016 13801	PPH 2xTLD 36W EP C5
9199 016 13811	PPH 2xTLD 36W EP C5 AP
4401 040 08131	PPH 3xPLL 36W/83 BTP C5 K
4401 040 08141	PPH 3xPLL 36W/83 BTP C5 AP K

RONDINE T



Artefacto de iluminación directa e indirecta. Cuerpo en chapa de hierro doble decapada esmaltada con pintura epoxi en polvo termoconvertible color blanco y terminación superficial texturada. Pantalla reflectora parabólica totalmente embutida en el ciellorraso. Anclaje del louver a la caja a través de dos resortes de acero zincado pasivado azul.

Versión Louver C5: doble parabólico colocado en el centro de la luminaria, construido en chapa de aluminio de alta pureza con espejos laterales y lamelas parabólicas de aluminio pulido espejo.

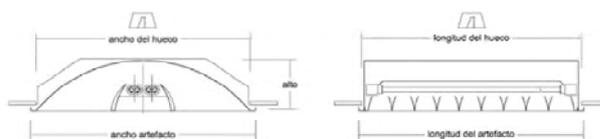
Versión Louver MD: con lamelas construidas en material traslúcido color verde y laterales parabólicos de aluminio de alta pureza (>99%) pulido espejo.

Lamelas de diseño con parte superior e inferior curvo que produce una perfecta distribución de la iluminación incrementando la uniformidad lumínica.

Clasificación IP 20
Clase I

DIMENSIONES DEL ARTEFACTO (mm)				DIMENSIONES DEL HUECO	
potencia	longitud	alto	ancho	longitud	ancho
PLL 2x36W	605	140	605	580	580
PLL 1x55W	605	140	605	580	580

DIMENSIONES (mm)



CODIGO	DESCRIPCION
9199 016 08811	Rondine T 2xPLL 36W/83 BTP C5 K
9199 016 08821	Rondine T 2xPLL 36W/83 BTP C5 AP K
4401 040 03891	Rondine T 2xPLL 36W/83 EP C5 K
4401 040 08091	Rondine T 2xPLL 36W/83 EP C5 AP K
9199 016 08871	Rondine T 1xPLL 55W/83 HF-B C5 K
9199 016 07981	Rondine T 1xPLL 55W/83 HF-B C5 AP K
4401 040 08101	Rondine T 2xPLL 36W/83 EP MD K
4401 040 08111	Rondine T 2xPLL 36W/83 EP MD AP K

DELTA



Artefacto para embutir con caja en chapa de hierro doble decapada esmaltada con pintura epoxi en polvo termoconvertible color blanco. Bandeja central portaequipo desmontable junto al louver, en chapa de hierro doble decapada lisa, esmaltada en pintura epoxi en polvo termoconvertible color blanco. Anclaje del louver a la caja a través de cuatro resortes de acero zincado pasivado azul.

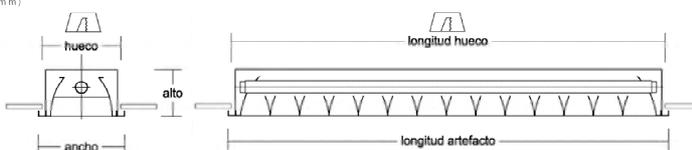
Versión Louver C5: doble parabólico de chapa de aluminio de alta pureza en los laterales y lamelas transversales aluminizadas.

Versión Louver MD: louver con lamelas construidas en material traslúcido color verde y laterales parabólicos de aluminio de alta pureza (>99%) pulido espejo. Lamelas de diseño con parte superior e inferior curvo que produce una perfecta distribución de la iluminación incrementando la uniformidad lumínica.

Clasificación IP 20
Clase I

DIMENSIONES DEL ARTEFACTO (mm)				DIMENSIONES DEL HUECO	
potencia	longitud	alto	ancho	longitud	ancho
TLD 1x36W	1250	102	162	1222	144

DIMENSIONES (mm)



CODIGO	DESCRIPCION
9199 016 13871	DELTA 1xTLD 36W BTP MD
9199 016 13881	DELTA 1xTLD 36W BTP MD AP

LÍNEA FBS 900

LUMINARIA FIJA
DE EMBUTIR
EN CIELORRASOS
PARA DOS O TRES LÁMPARAS
FLUORESCENTES COMPACTAS

CARACTERÍSTICAS COMUNES A TODA LA LINEA:

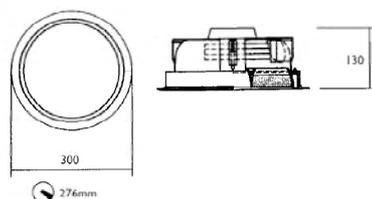
- Cuerpo en chapa de acero galvanizada.
- Reflector interno de aluminio anodizado de alta pureza.
- Aro exterior realizada en ABS inyectado color blanco.

FBS 900B



Luminaria para dos o tres lámparas fluorescentes compactas Master PL-C de 26 w con baffle antideslumbrante de policarbonato metalizado.

DIMENSIONES (mm)



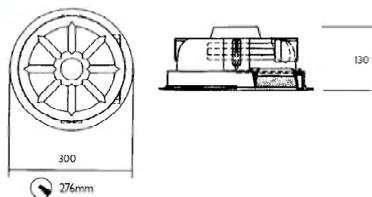
CODIGO	PRODUCTO
4401 040 00961	FBS 900B 2xPL-C 26W/83 BTP K
4401 040 01011	FBS 900B 3xPL-C 26W/83 BTP K
4401 040 01961	FBS 900B 2xPL-C 26W/83 BTP AP K
4401 040 01971	FBS 900B 3xPL-C 26W/83 BTP AP K

FBS 900L



Luminaria para dos o tres lámparas fluorescentes compactas Master PL-C de 26 w con louver doble parabólico en picarbonato metálico.

DIMENSIONES (mm)



CODIGO	PRODUCTO
4401 040 00181	FBS 900L 2xPL-C 26W/83 BTP C5 K
4401 040 00201	FBS 900L 3xPL-C 26W/83 BTP C5 K
4401 040 00371	FBS 900L 2xPL-C 26W/83 BTP C5 AP K
4401 040 00391	FBS 900L 3xPL-C 26W/83 BTP C5 AP K

SQUARE

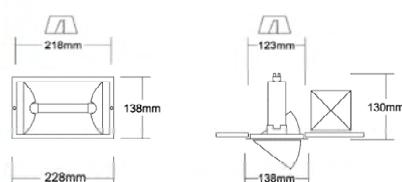


Luminaria embutida orientable para lámparas de mercurio halogenado.

Cuerpo construido en chapa de hierro con pintura epoxi en polvo termoconvertible color blanco. Reflector en aluminio de alta pureza. Vidrio de protección templado.

Clasificación: IP 20

DIMENSIONES (mm)



CODIGO	PRODUCTO
9199 016 13961	SQUARE 1xMHN-TD 150W GR S/E S/L
9199 016 14151	SQUARE 1xMHN-TD 150W BL S/E S/L

LUMINARIAS

ILUMINACION INDUSTRIAL

AL 500 LA



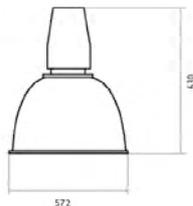
Campana de alto rendimiento lumínico.

Refractor prismático parabólico facetado de acrílico resistente a los rayos ultravioleta permitiendo iluminación directa indirecta. Equipo auxiliar alojado dentro de una cubierta portaequipo troncocónica esmaltada blanca, de aluminio anodizado.

Accesorios: Vidrio extratemplado de 5mm de espesor o policarbonato con tres soportes de acero con tratamiento anticorrosivo.

Clasificación: IP 20

DIMENSIONES (mm)



CODIGO	PRODUCTO
4401 040 01991	AL 500 LA 1xHPI-BU 250W K
4401 040 01171	AL 500 LA 1xHPI BU 400W K
4401 040 08681	AL 500 LA 1xHPI BU 400W Eq. SON K

AL 525 C



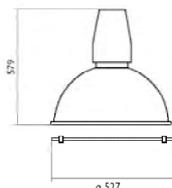
Campana para iluminación general.

Pantalla reflectora de aluminio anodizado mate al igual que la cubierta portaequipo troncocónica donde se aloja el equipo auxiliar: Suspensión a través de un gancho de acero de seguridad, con tratamiento anticorrosivo.

Accesorios: Vidrio extratemplado de 5 mm de espesor o policarbonato con tres soportes de acero con tratamiento anticorrosivo.

Clasificación: IP 20

DIMENSIONES (mm)



CODIGO	PRODUCTO
Versión no apta para vidrio/policarbonato	
4401 040 00601	AL 525C 1xHPI-BU 250W K
4401 040 00611	AL 525C 1xHPI-BU 400W K
4401 040 01861	AL 525C 1xHPI N 250W K
4401 040 01581	AL 525C 1xHPLN 400W K
4401 040 01851	AL 525C 1xSON 250W K
4401 040 01871	AL 525C 1xSON 400W K
Versión apta para vidrio/policarbonato	
4401 040 00621	AL 525C 1xHPI-BU 250W K
4401 040 00631	AL 525C 1xHPI-BU 400W K
4401 040 08471	AL 525C 1xHPI-BU 250W Eq. SON K
4401 040 08441	AL 525C 1xHPI-BU 400W Eq. SON K
4401 040 00981	AL 525C 1xHPLN 250W K
4401 040 00991	AL 525C 1xHPI N 400W K
4401 040 01001	AL 525C 1xSON 250W K
4401 040 01681	AL 525C 1xSON 400W K
Accesorios	
9199 017 02231	Vidrio de protección
9199 017 02281	Policarbonato

STRAIGHT LINE



Canal luminoso autoportante para tubos fluorescentes formado por módulos componibles en línea continua.

Adecuada para montaje suspendido y de superficie.

Cuerpo en chapa de hierro doble decapada, esmaltado con pintura epoxi termoconvertible color blanco. Interior del cuerpo funciona como placa portaequipos y sirve de bandeja portacable para toda la línea de alimentación trifásica.

Equipo electromagnético o balasto electrónico, incluido, tanto en versiones con y sin equipo de emergencia. Incluye accesorios de suspensión para utilizar con cable de acero o varilla roscada de 1/4".

Clasificación: IP 20



STRAIGHT LINE				
dimensiones del artefacto (mm)				
potencia	longitud	ancho	H	H1
TLD 2x36w	1242	160	77	90
TLD 2x58w	1542	160	77	90
TLD 4x36w	2474	160	77	90
TLD 4x58w	3074	160	77	90

CODIGO	DESCRIPCION
9199 016 14071	STRAIGHT LINE 2xTLD 36W BTP BL
9199 016 13751	STRAIGHT LINE 2xTLD 58W BTP BL
9199 016 13861	STRAIGHT LINE 4xTLD 36W BTP
9199 016 13621	STRAIGHT LINE 4xTLD 58W BTP BL
9199 016 13701	CABEZAL STD STRAIGHT LINE x 1

DIMENSIONES DEL ARTEFACTO (mm)

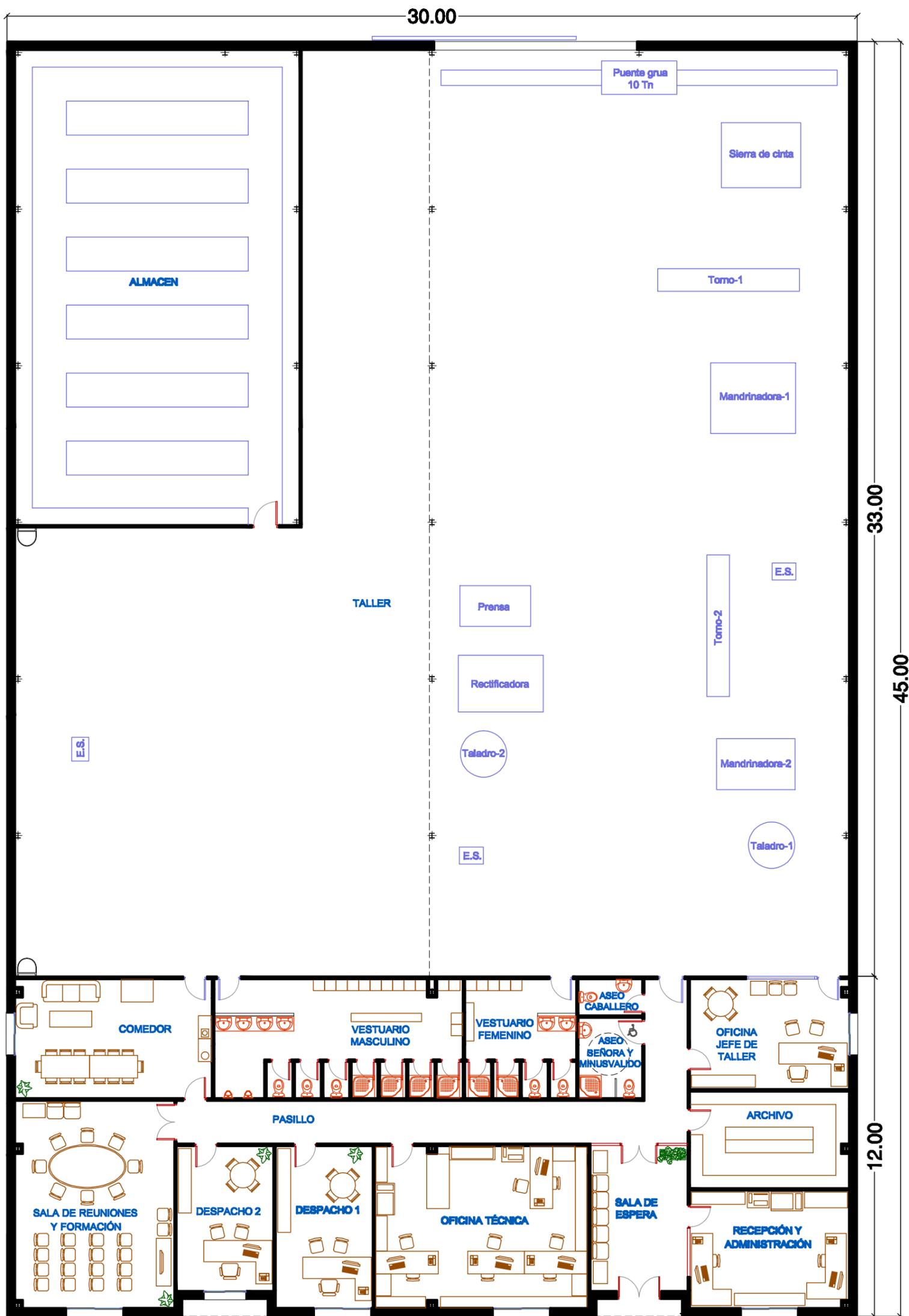
potencia	longitud	ancho	H	H1
TLD 2x36W	1242	160	77	90
TLD 2x58W	1542	160	77	90
TLD 4x36W	2474	160	77	90
TLD 4x58W	3074	160	77	90



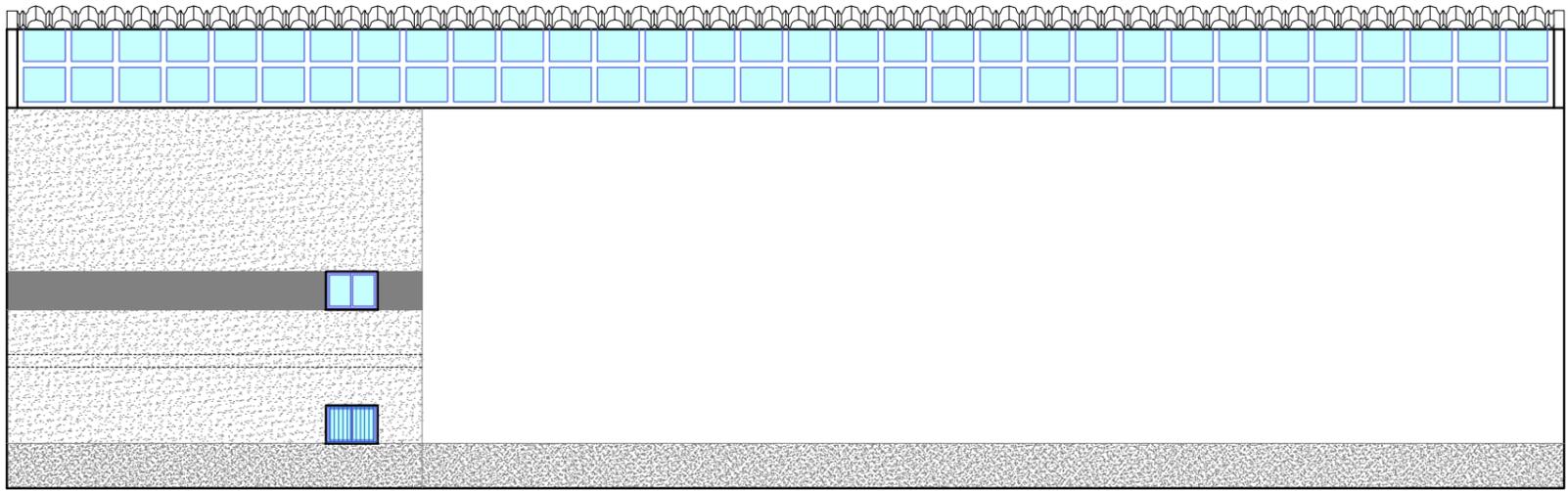
5-PLANOS

AUTOR: Elisa Fabregat Hidalgo

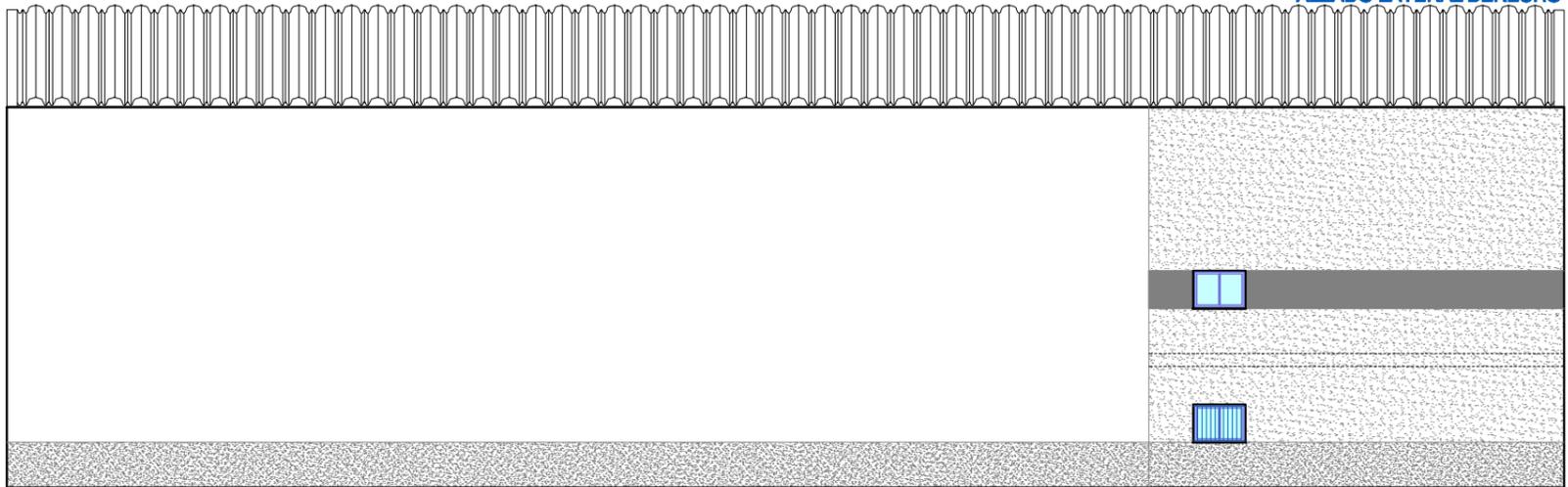
Marzo 2010



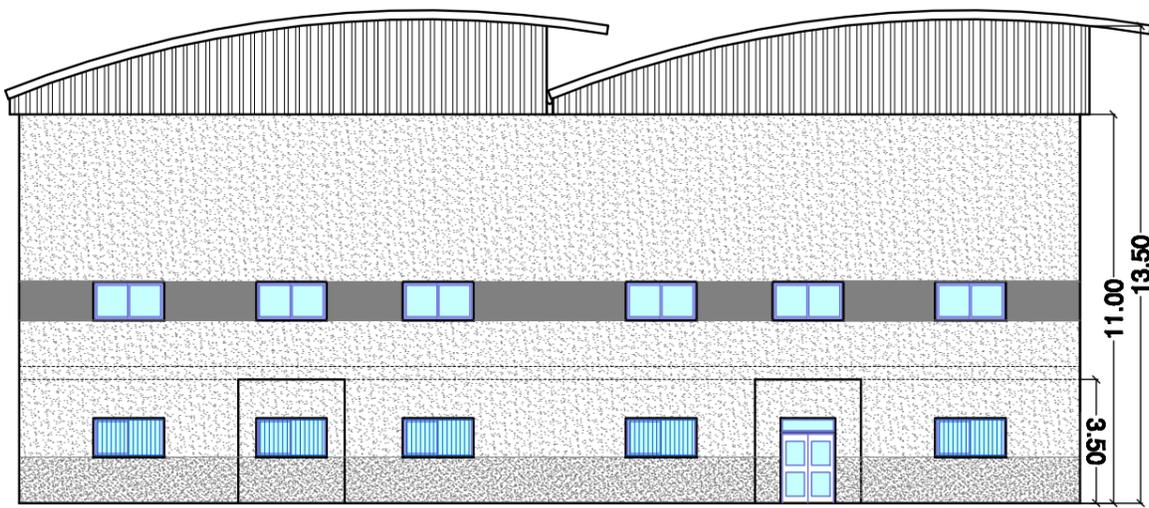
	Nombre	Fecha	Instalación eléctrica en nave industrial de apoyo al sector naval	Plano nº:	E.U. Ingeniería Técnica Naval
Dibujado	Elisa Fabregat	Febrero - 2010		1	
Comprobado	Alberto G. Canto	Marzo - 2010			
Escala:	PLANO DE PLANTA DE DISTRIBUCIÓN Y COTAS GENERALES DE LA NAVE				
	1/150				



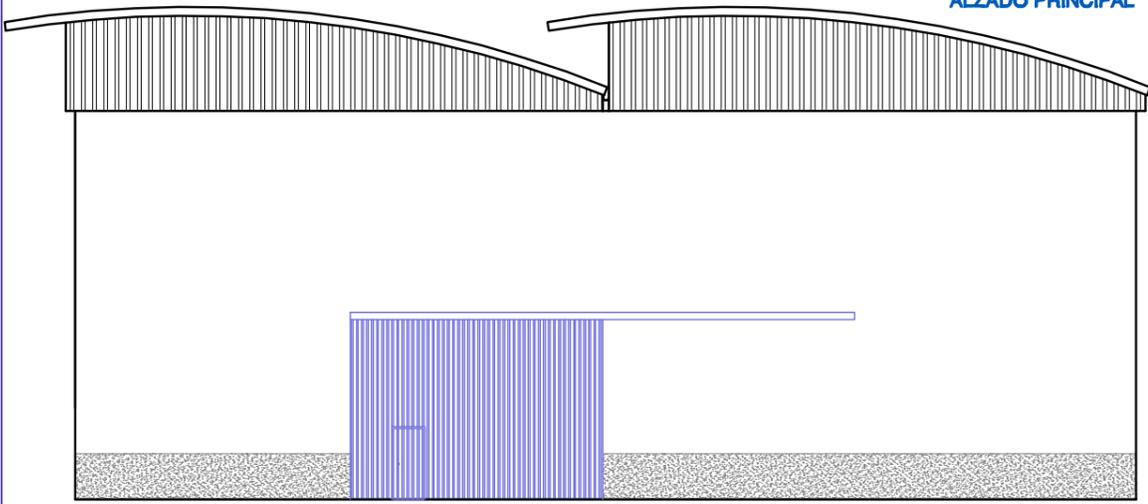
ALZADO LATERAL DERECHO



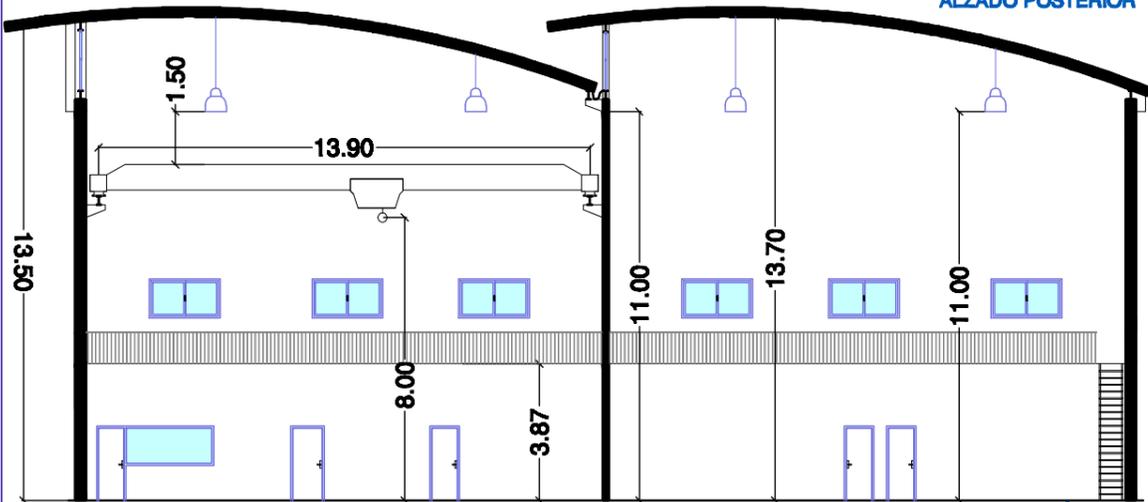
ALZADO LATERAL IZQUIERDO



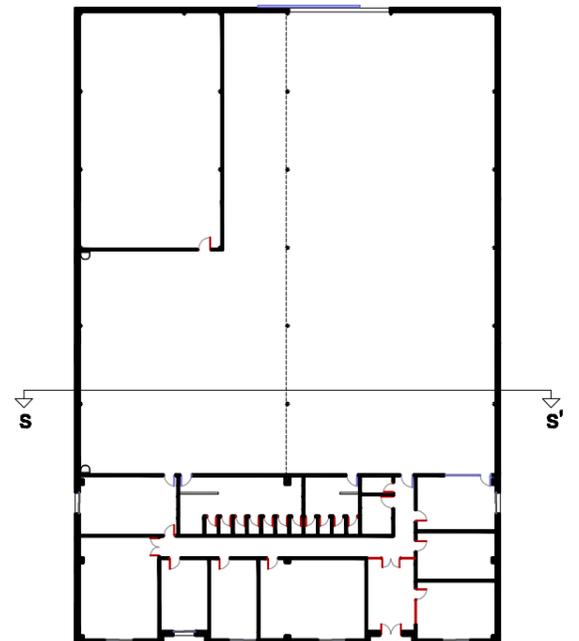
ALZADO PRINCIPAL



ALZADO POSTERIOR

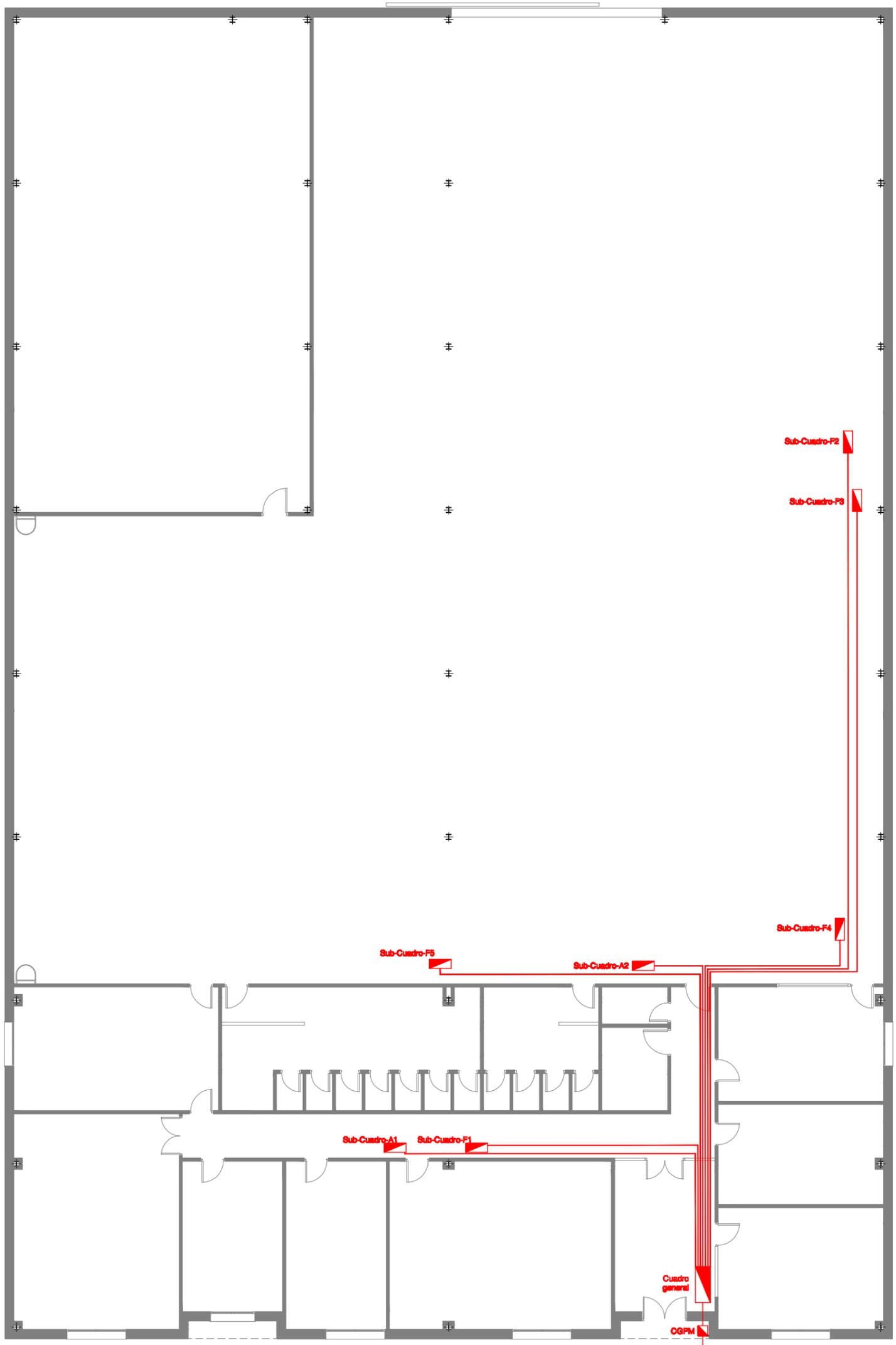


SECCIÓN S-S'



LOCALIZACIÓN DEL CORTE EN LA PLANTA (E: 1/500)

Nombre	Fecha	Instalación eléctrica en nave industrial de apoyo al sector naval	Plano nº:	E.U. Ingeniería Técnica Naval
Dibujado: Elisa Fabregat	Febrero - 2010	Instalación eléctrica en nave industrial de apoyo al sector naval	2	E.U. Ingeniería Técnica Naval
Comprobado: Alberto G. Cantó	Marzo - 2010			
Escala: 1/200				
PLANO DE ALZADOS Y SECCIÓN DE LA NAVE				



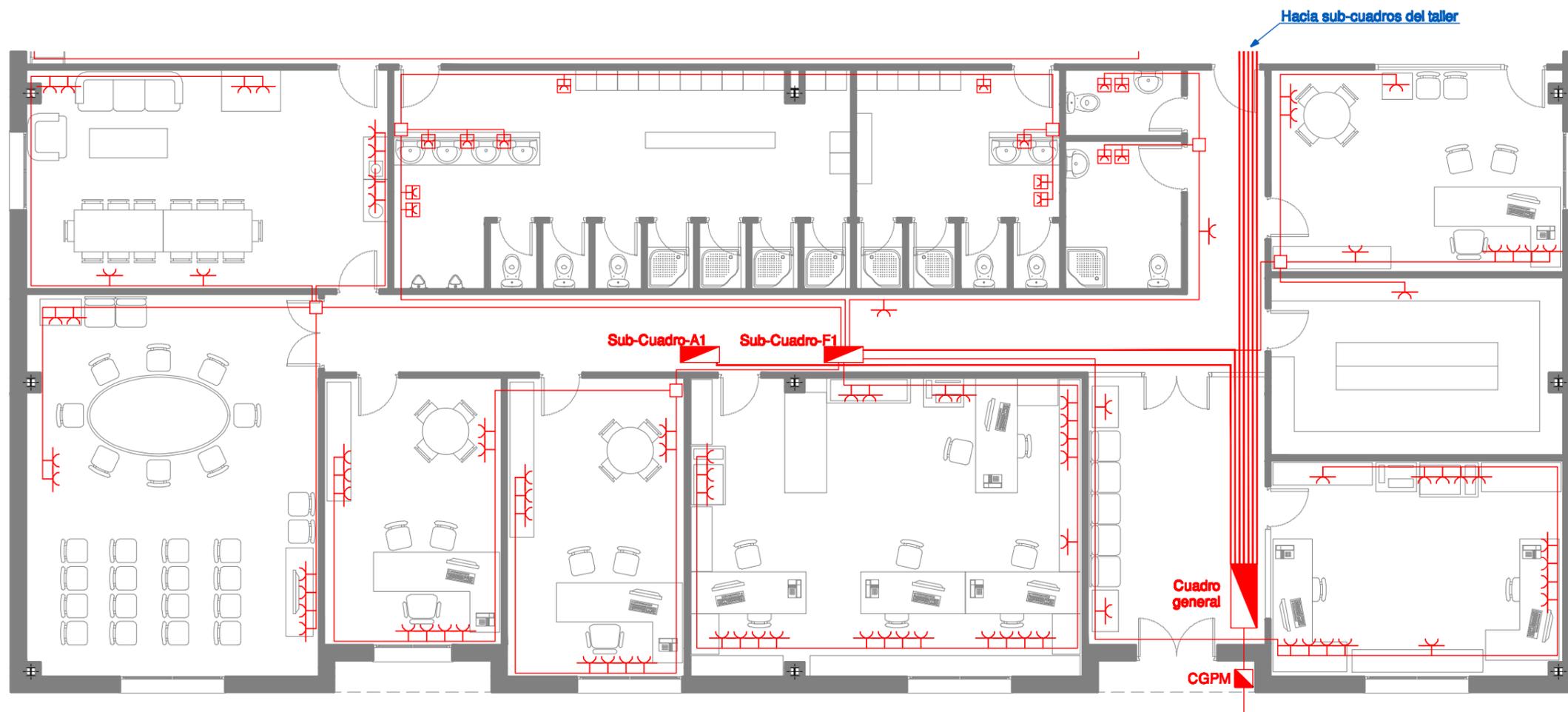
L= 32 m
Al 3 x 400 mm² / 185 mm²

SIMBOLOGIA ELÉCTRICA	
	ACOMETIDA ENTERRADA EN ZANJA DE CALZADA A 0.8m DE PROFUNDIDAD
	ARQUETA ELÉCTRICA
	CUADRO ELÉCTRICO
	CUADRO GENERAL DE PROTECCIÓN Y EQUIPO DE MEDIDA (CGPM)
	CABLEADO ELÉCTRICO ALIMENTACIÓN SUB-CUADROS

	Nombre	Fecha
Dibujado	Elisa Fabregat	Febrero - 2010
Comprobado	Alberto G. Canto	Marzo - 2010
Escala:	PLANO DE ACOMETIDA Y ALIMENTACIÓN DE CUADROS	
	1/150	

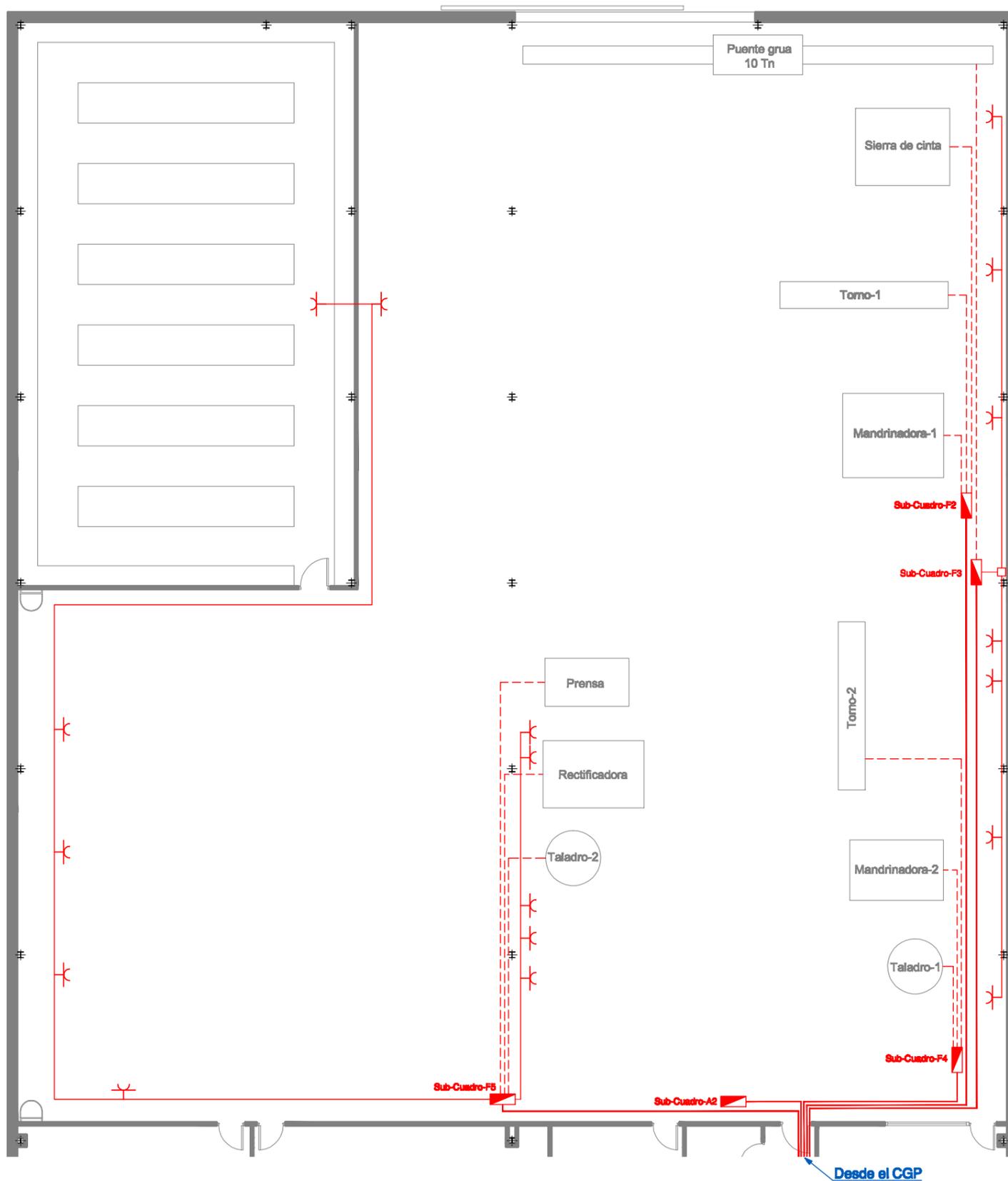
Instalación eléctrica en nave industrial de apoyo al sector naval	Plano nº:	E.U. Ingeniería Técnica Naval
	3	





SIMBOLOGIA DE INSTALACIÓN ELÉCTRICA	
	CABLEADO ELÉCTRICO ALIMENTACIÓN SUB-CUADROS
	CABLEADO ELÉCTRICO TOMAS DE CORRIENTE
	CUADRO ELÉCTRICO
	CAJA DE CONEXIONES
	TOMA DE CORRIENTE DE 16A
	TOMA DE CORRIENTE ESTANCA DE 16A

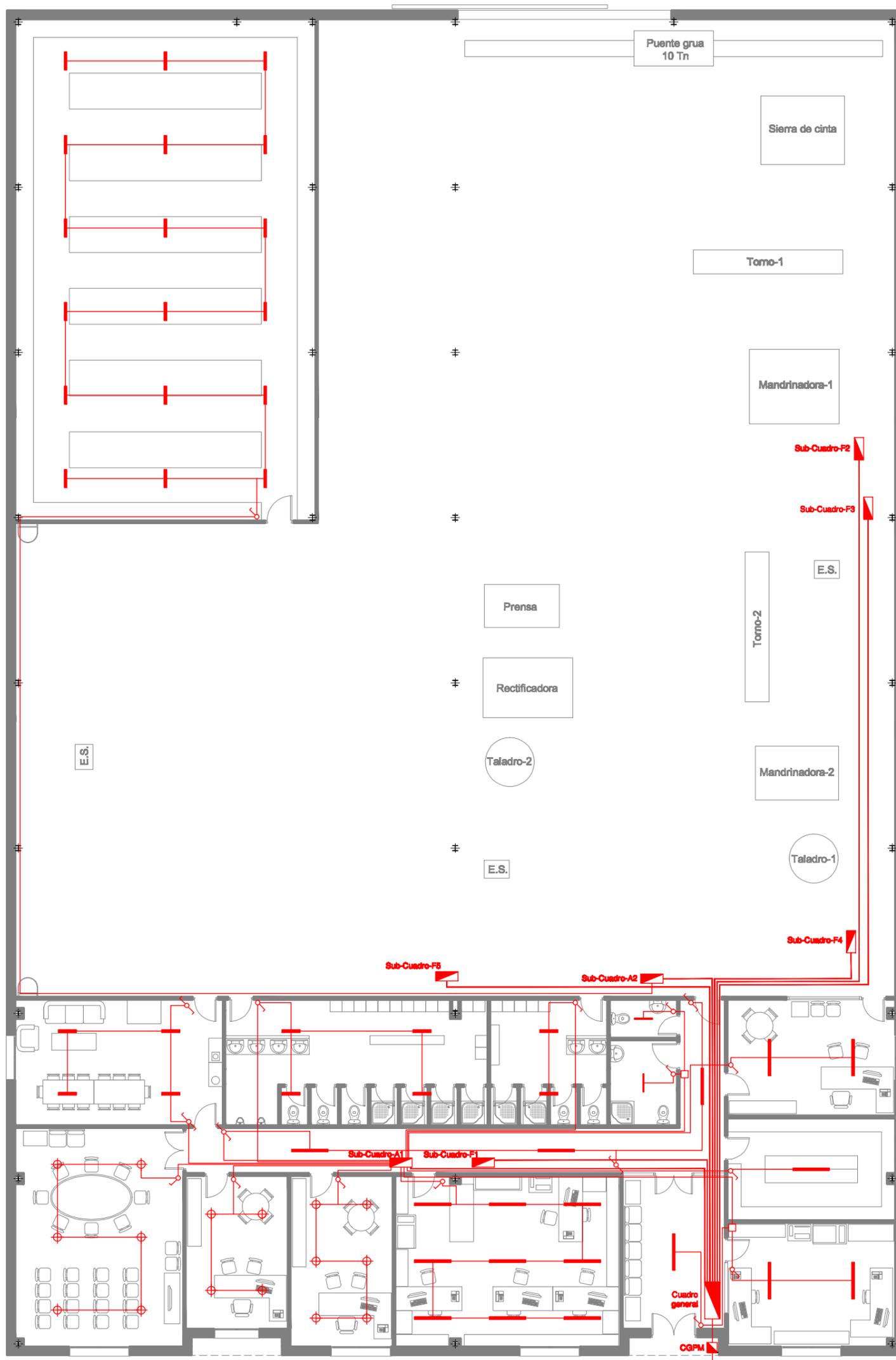
	Nombre	Fecha	Instalación eléctrica en nave industrial de apoyo al sector naval	Plano nº: 4	E.U. Ingeniería Técnica Naval
Dibujado	Elisa Fabregat	Febrero - 2010			
Comprobado	Alberto G. Canto	Marzo - 2010			
Escala: 1/100	PLANO DE LÍNEAS DE FUERZA DE OFICINAS				



SIMBOLOGIA DE INSTALACIÓN ELÉCTRICA

	CABLEADO ELÉCTRICO ALIMENTACIÓN SUB-CUADROS
	CABLEADO ELÉCTRICO TOMAS DE CORRIENTE
	CABLEADO ELÉCTRICO ALIMENTACIÓN MAQUINARIA
	CUADRO ELÉCTRICO
	CAJA DE CONEXIONES
	TOMA DE CORRIENTE DE 32A

	Nombre	Fecha	Instalación eléctrica en nave industrial de apoyo al sector naval	Plano nº:	E.U. Ingeniería Técnica Naval
Dibujado	Elisa Fabregat	Febrero - 2010		5	
Comprobado	Alberto G. Canto	Marzo - 2010			
Escala:					
1/150	PLANO DE LÍNEAS DE FUERZA DEL TALLER				



SIMBOLOGIA DE INSTALACIÓN ELÉCTRICA-ALUMBRADO

	CABLEADO ELÉCTRICO ALIMENTACIÓN SUB-CUADROS
	CABLEADO ELÉCTRICO DE LUMINARIAS
	CUADRO ELÉCTRICO
	INTERRUPTOR SENCILLO
	INTERRUPTOR CONMUTADO
	CAJA DE CONEXIONES
	LUMINARIA CON UNA LAMPARA HALÓGENA DE 50W
	LUMINARIA CON DOS TUBOS FLUORESCENTES DE 36W CADA UNO
	LUMINARIA CON DOS TUBOS FLUORESCENTES DE 18W CADA UNO
	LUMINARIA CON UN TUBO FLUORESCENTE DE 18W

	Nombre	Fecha
Dibujado	Elisa Fabregat	Febrero - 2010
Comprobado	Alberto G. Canto	Marzo - 2010

Instalación eléctrica en nave industrial de apoyo al sector naval

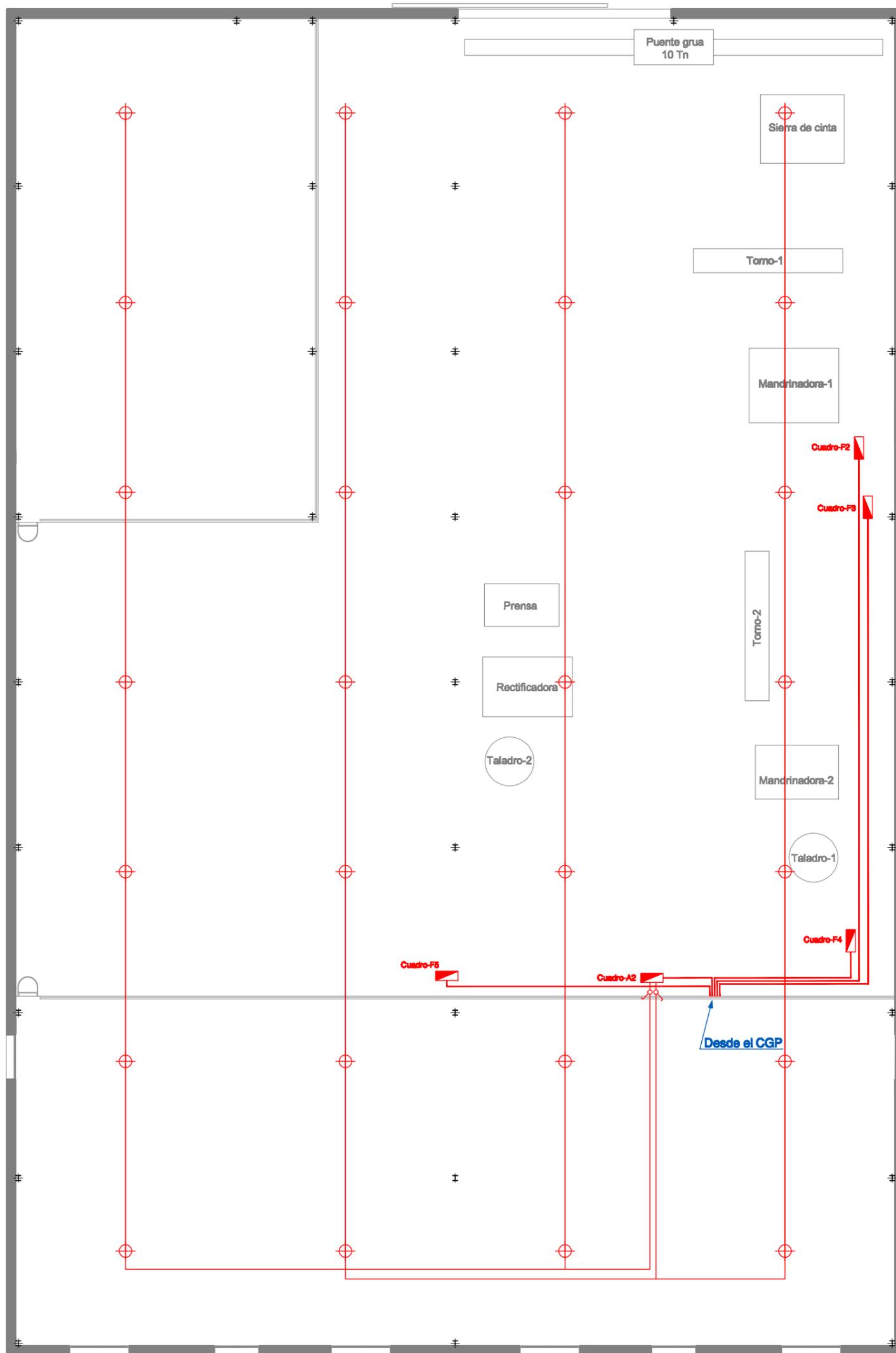
Plano nº:
6

E.U. Ingeniería Técnica Naval



Escala:
1/150

PLANO DE LÍNEAS DE ALUMBRADO DE OFICINAS Y ALMACÉN



SIMBOLOGIA DE INSTALACIÓN ELÉCTRICA-ALUMBRADO

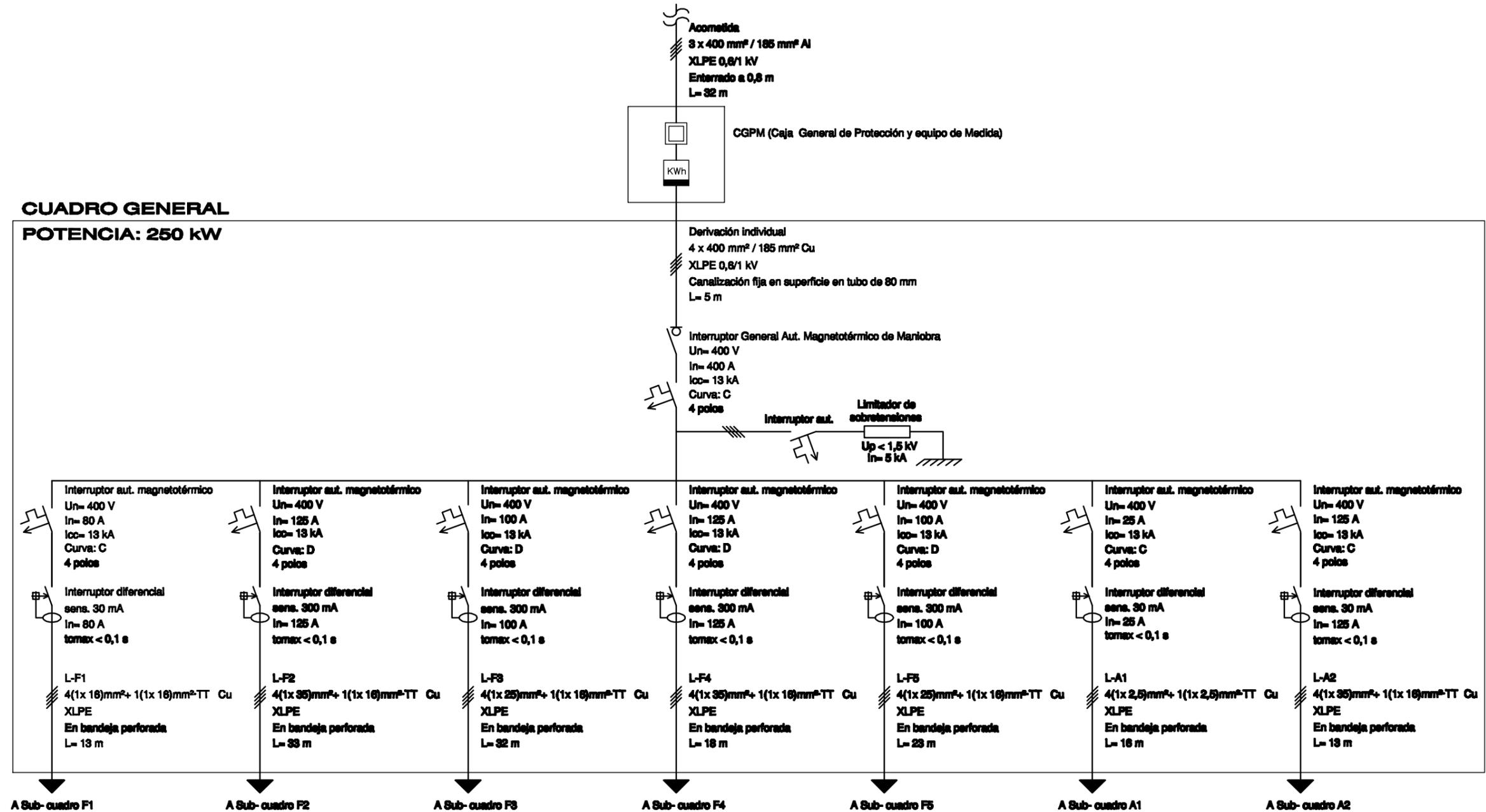
	CABLEADO ELÉCTRICO ALIMENTACIÓN SUB-CUADROS
	CABLEADO ELÉCTRICO DE LUMINARIAS
	CUADRO ELÉCTRICO
	INTERRUPTOR SENCILLO
	LUMINARIA CON UNA LAMPARA DE VAPOR DE SODIO DE ALTA PRESIÓN DE 400W

NOTA: (En la iluminación del taller se ha incluido también la parte alta tanto de las oficinas como del almacén)

	Nombre	Fecha	Instalación eléctrica en nave industrial de apoyo al sector naval	Plano nº:	E.U. Ingeniería Técnica Naval
Dibujado	Elisa Fabregat	Febrero - 2010		7	
Comprobado	Alberto G. Canto	Marzo - 2010			
Escala:	PLANO DE LÍNEAS DE ALUMBRADO DEL TALLER				
1/150					

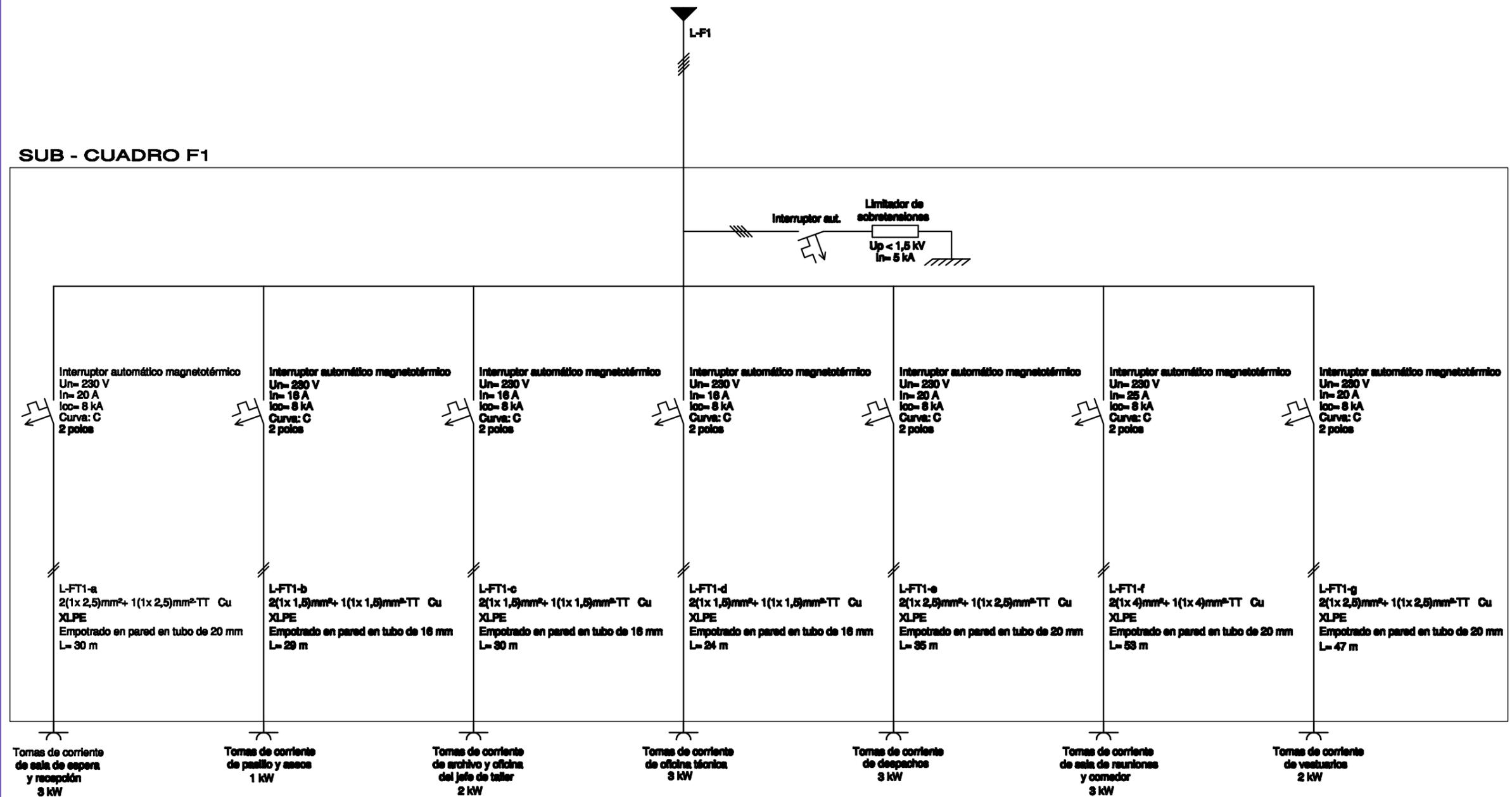


CUADRO GENERAL
POTENCIA: 250 kW



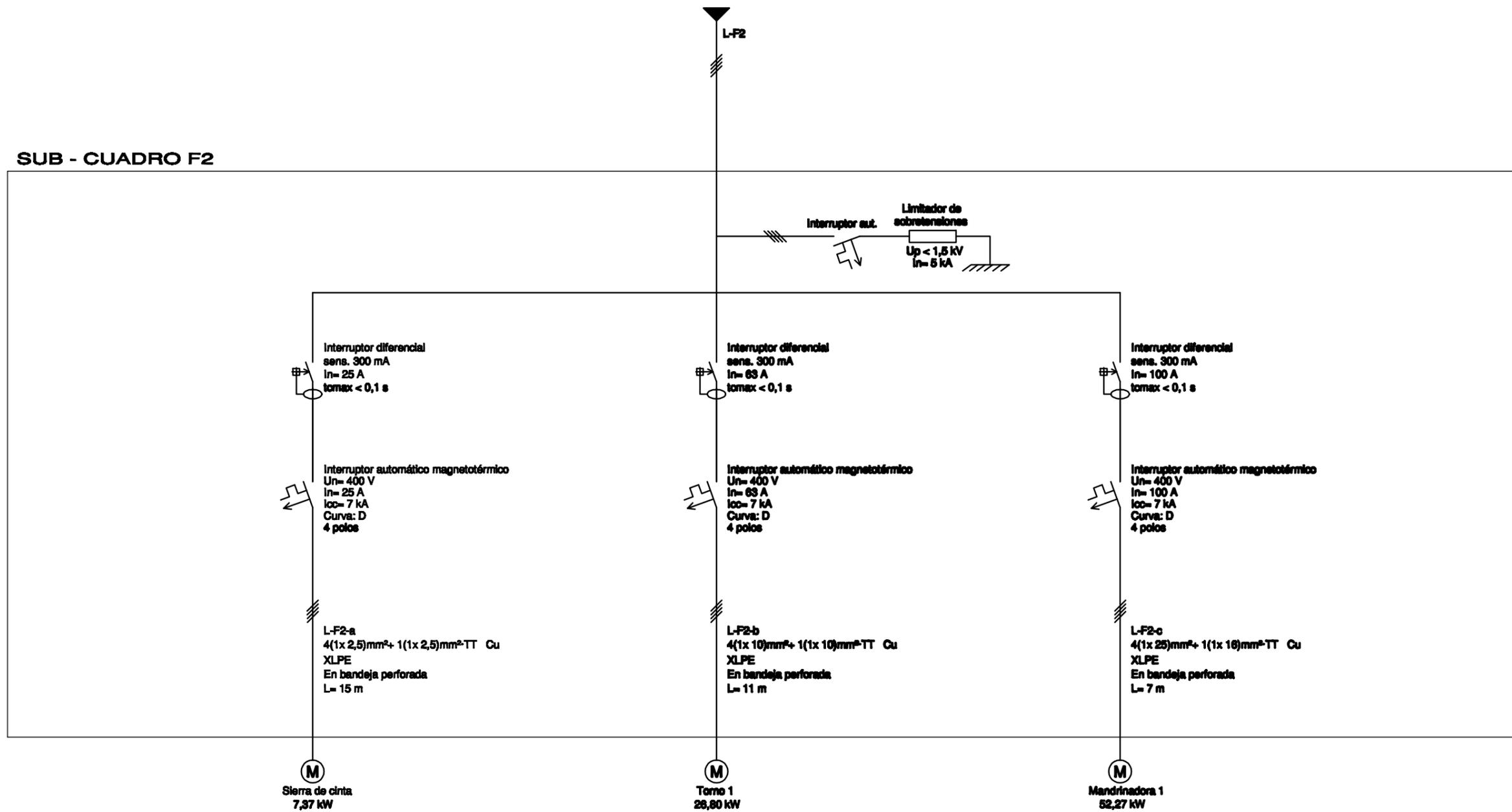
	Nombre	Fecha	Instalación eléctrica en nave industrial de apoyo al sector naval	Plano nº:	E.U. Ingeniería Técnica Naval
Dibujado	Elisa Fabregat	Febrero - 2010		8	
Comprobado	Alberto G. Canto	Marzo - 2010			
Escala:	PLANO DE ESQUEMA UNIFILAR:				
S/E					

SUB - CUADRO F1



	Nombre	Fecha	Instalación eléctrica en nave industrial de apoyo al sector naval	Plano nº:	E.U. Ingeniería Técnica Naval
Dibujado	Elisa Fabregat	Febrero - 2010		9	
Comprobado	Alberto G. Canto	Marzo - 2010			
Escala:	PLANO DE ESQUEMA UNIFILAR:				
S/E	SUB - CUADRO F1				

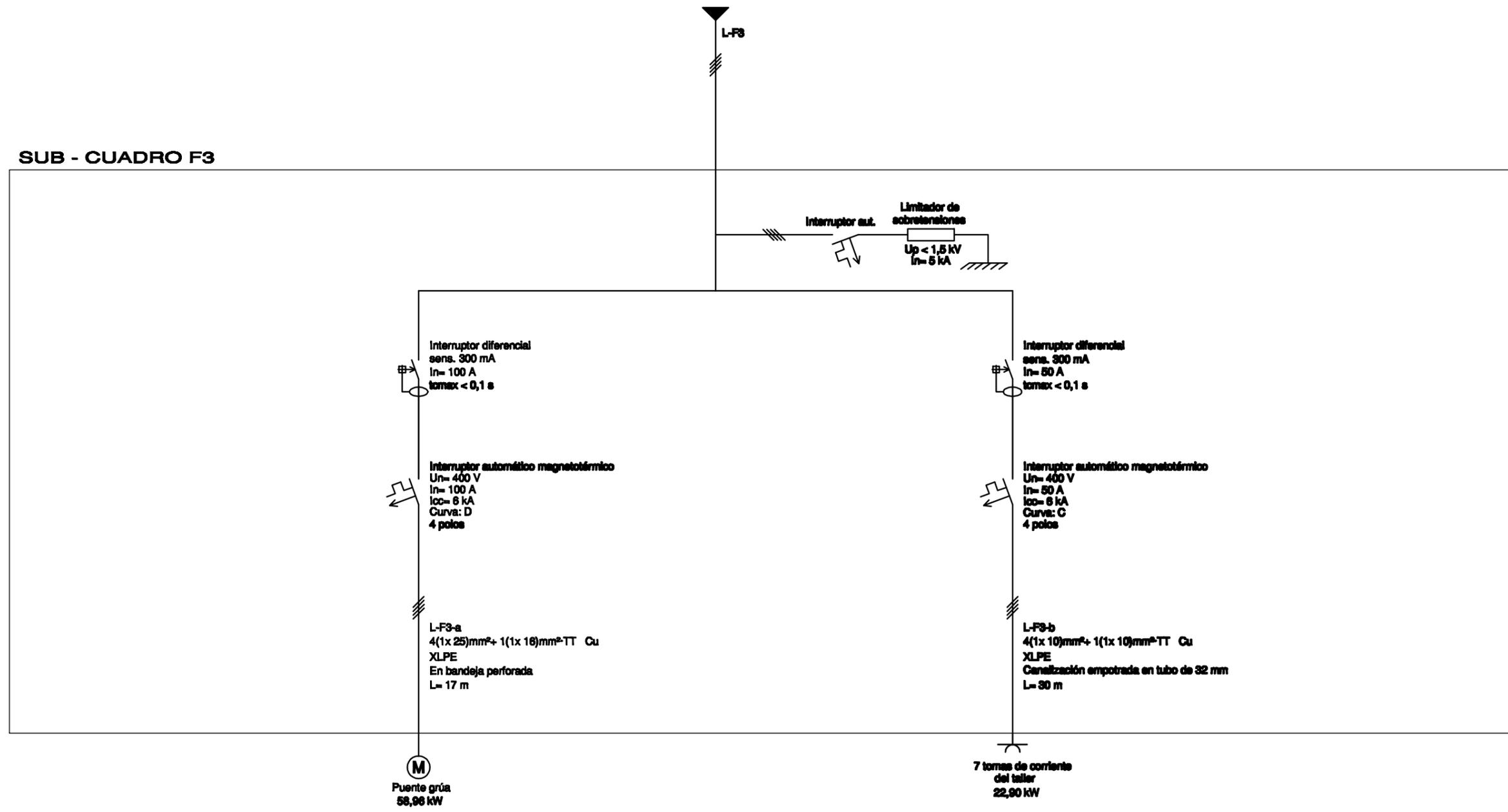
SUB - CUADRO F2



	Nombre	Fecha	Instalación eléctrica en nave industrial de apoyo al sector naval	Plano nº:
Dibujado	Elisa Fabregat	Febrero - 2010		10
Comprobado	Alberto G. Canto	Marzo - 2010		
Escala: S/E	PLANO DE ESQUEMA UNIFILAR: SUB - CUADRO F2			

E.U. Ingeniería Técnica Naval

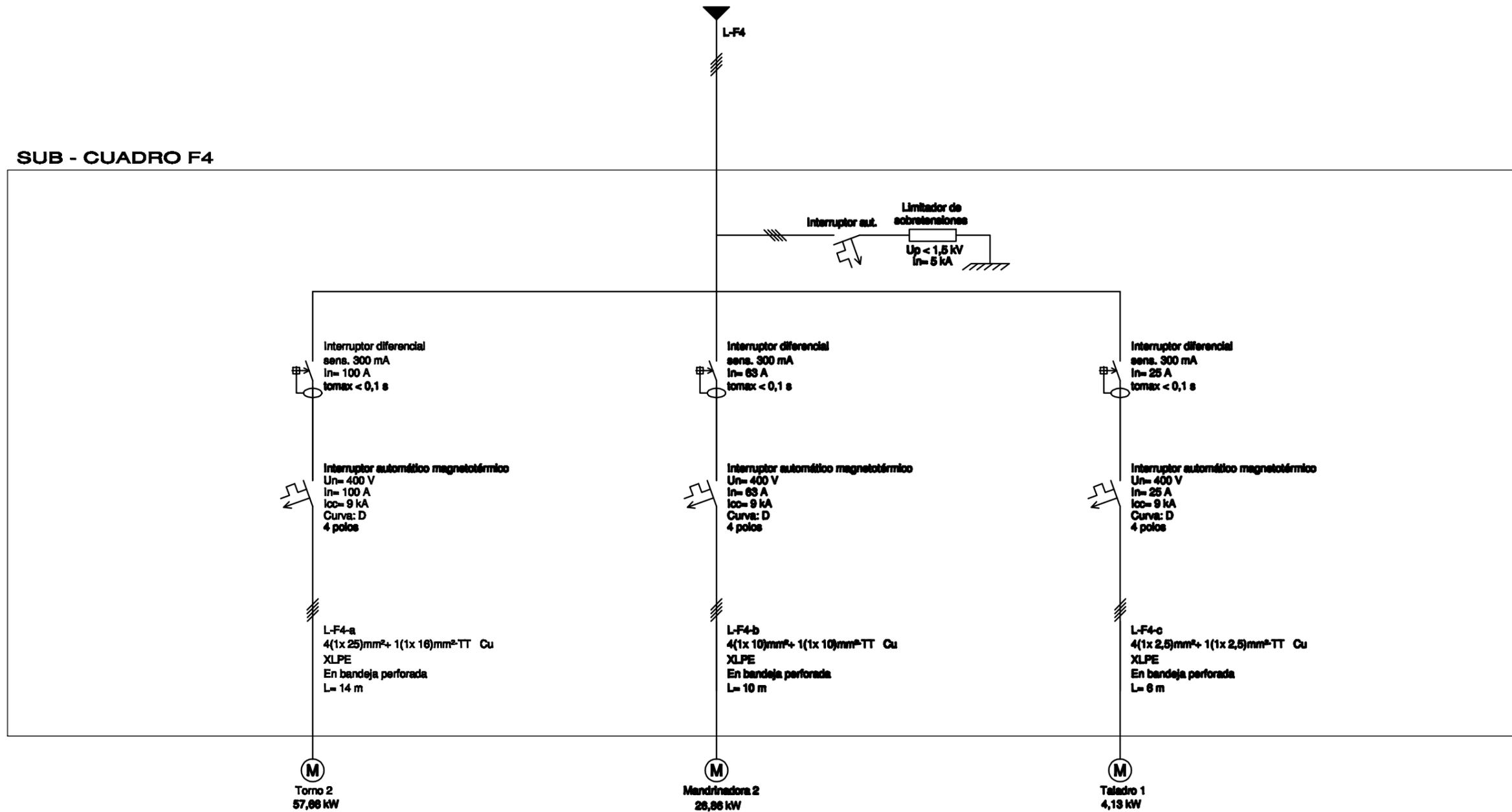
SUB - CUADRO F3



	Nombre	Fecha	Instalación eléctrica en nave industrial de apoyo al sector naval	Plano nº:
Dibujado	Elisa Fabregat	Febrero - 2010		11
Comprobado	Alberto G. Canto	Marzo - 2010		
Escala:	PLANO DE ESQUEMA UNIFILAR: SUB - CUADRO F3			

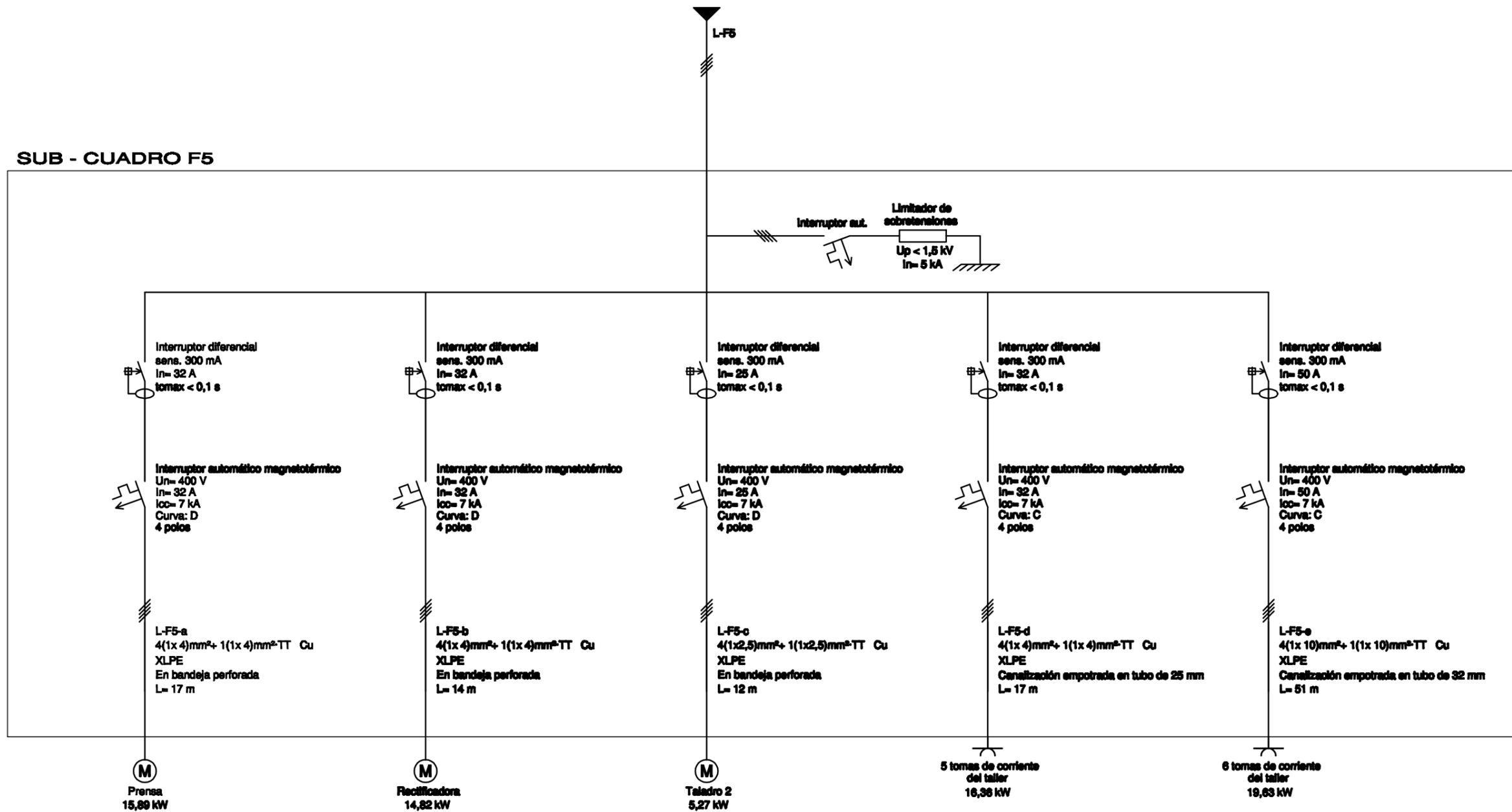
E.U. Ingeniería Técnica Naval

SUB - CUADRO F4



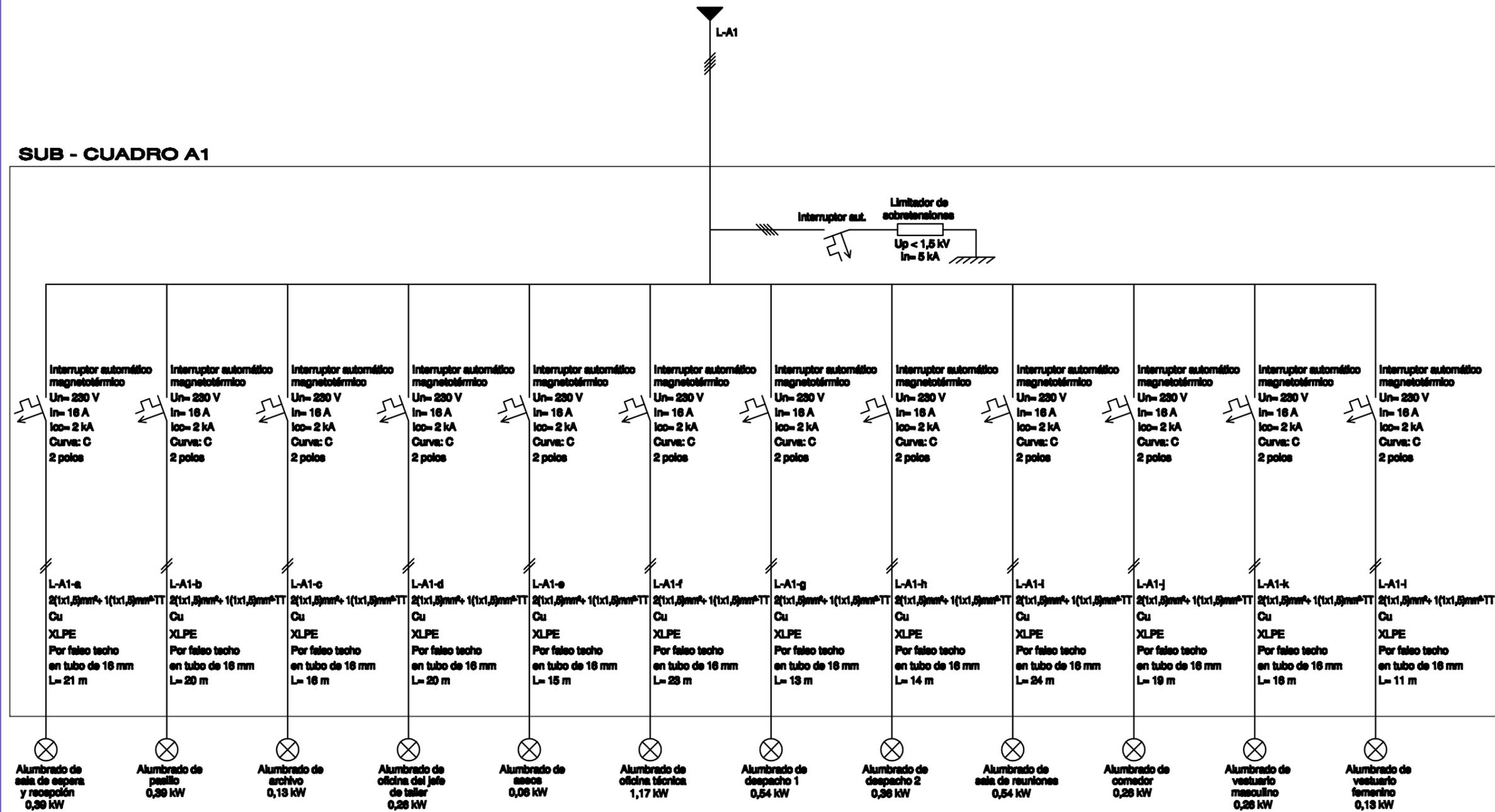
	Nombre	Fecha	Instalación eléctrica en nave industrial de apoyo al sector naval	Plano nº:	E.U. Ingeniería Técnica Naval
Dibujado	Elisa Fabregat	Febrero - 2010		12	
Comprobado	Alberto G. Canto	Marzo - 2010			
Escala:	PLANO DE ESQUEMA UNIFILAR:				
S/E	SUB - CUADRO F4				

SUB - CUADRO F5



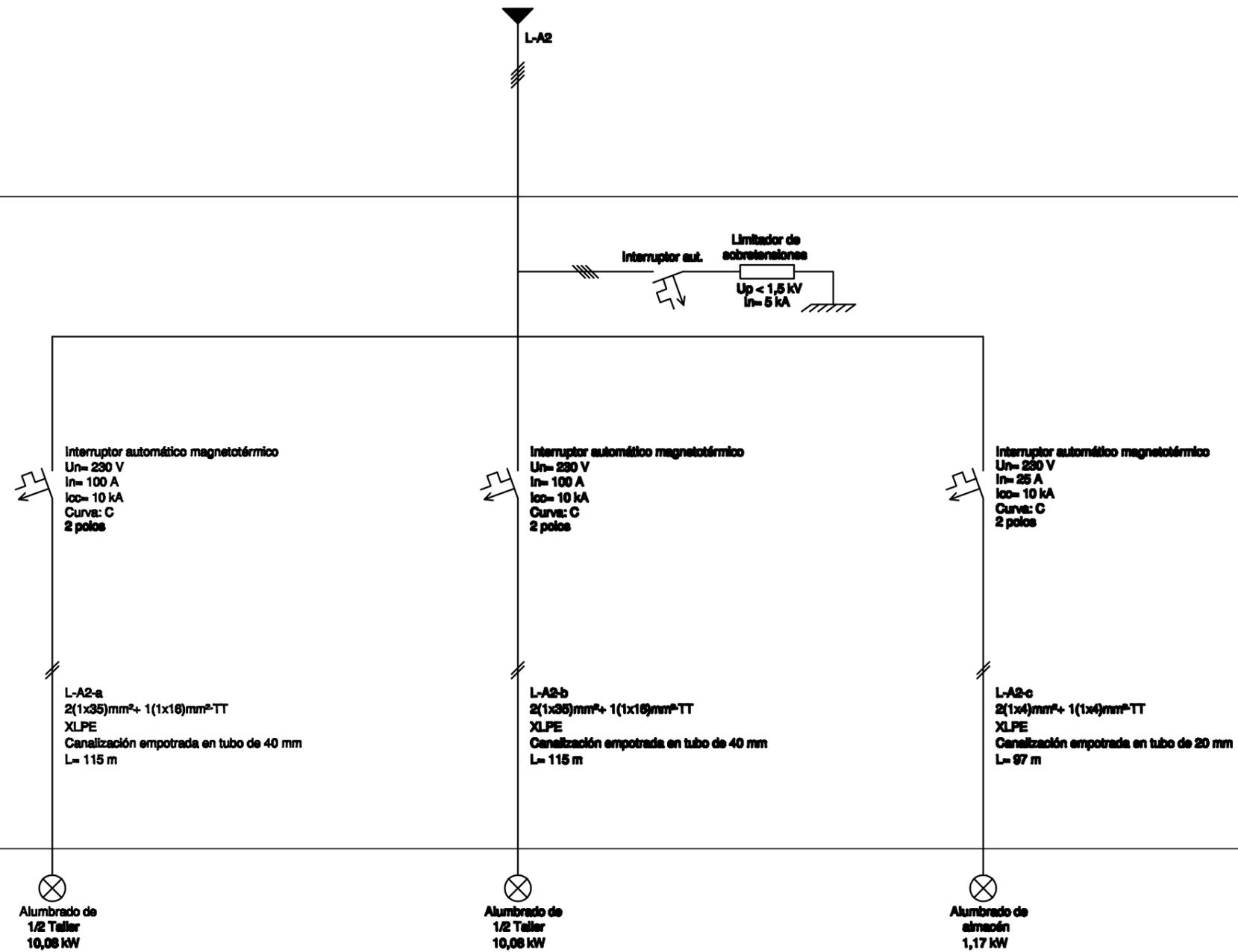
	Nombre	Fecha	Instalación eléctrica en nave industrial de apoyo al sector naval	Plano nº:	E.U. Ingeniería Técnica Naval
Dibujado	Elisa Fabregat	Febrero - 2010		13	
Comprobado	Alberto G. Canto	Marzo - 2010			
Escala:	PLANO DE ESQUEMA UNIFILAR: SUB - CUADRO F5				
S/E					

SUB - CUADRO A1



	Nombre	Fecha	Instalación eléctrica en nave industrial de apoyo al sector naval	Plano nº:	E.U. Ingeniería Técnica Naval
Dibujado	Elisa Fabregat	Febrero - 2010		14	
Comprobado	Alberto G. Canto	Marzo - 2010			
Escala: S/E	PLANO DE ESQUEMA UNIFILAR: SUB - CUADRO A1				

SUB - CUADRO A2

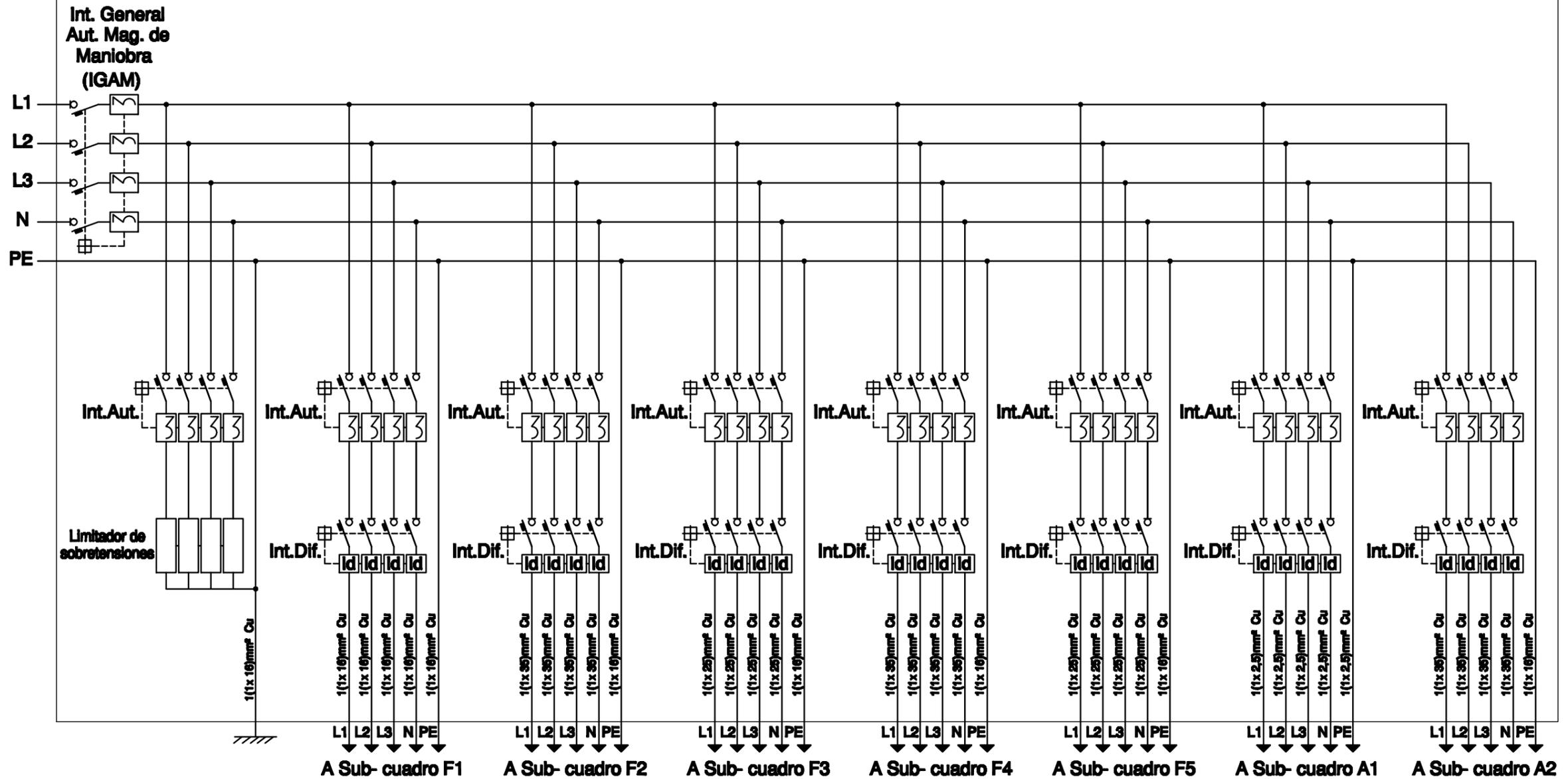


	Nombre	Fecha	Instalación eléctrica en nave industrial de apoyo al sector naval	Plano nº:
Dibujado	Elisa Fabregat	Febrero - 2010		15
Comprobado	Alberto G. Canto	Marzo - 2010		
Escala:	PLANO DE ESQUEMA UNIFILAR: SUB - CUADRO A2			
	S/E			

E.U. Ingeniería Técnica Naval

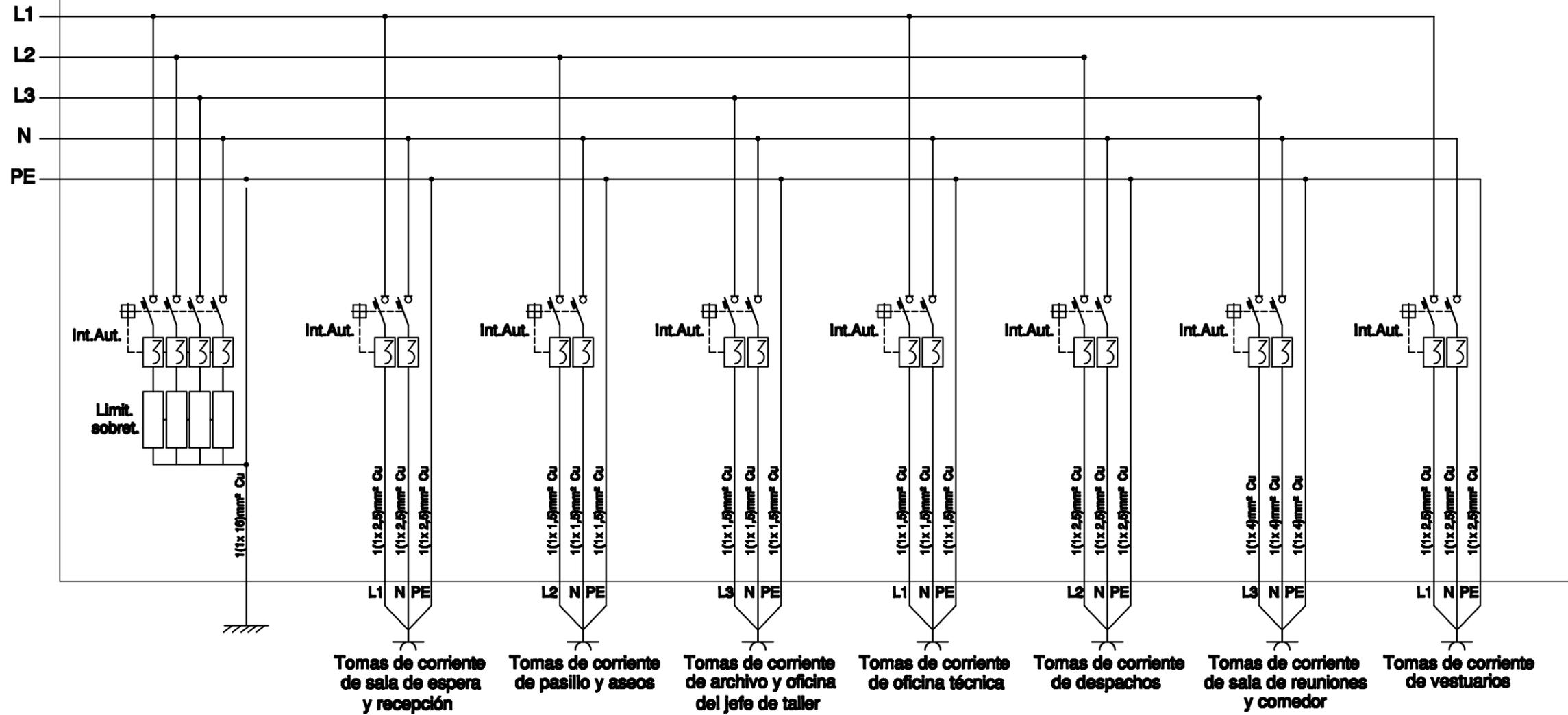
CUADRO GENERAL

POTENCIA: 250 kW



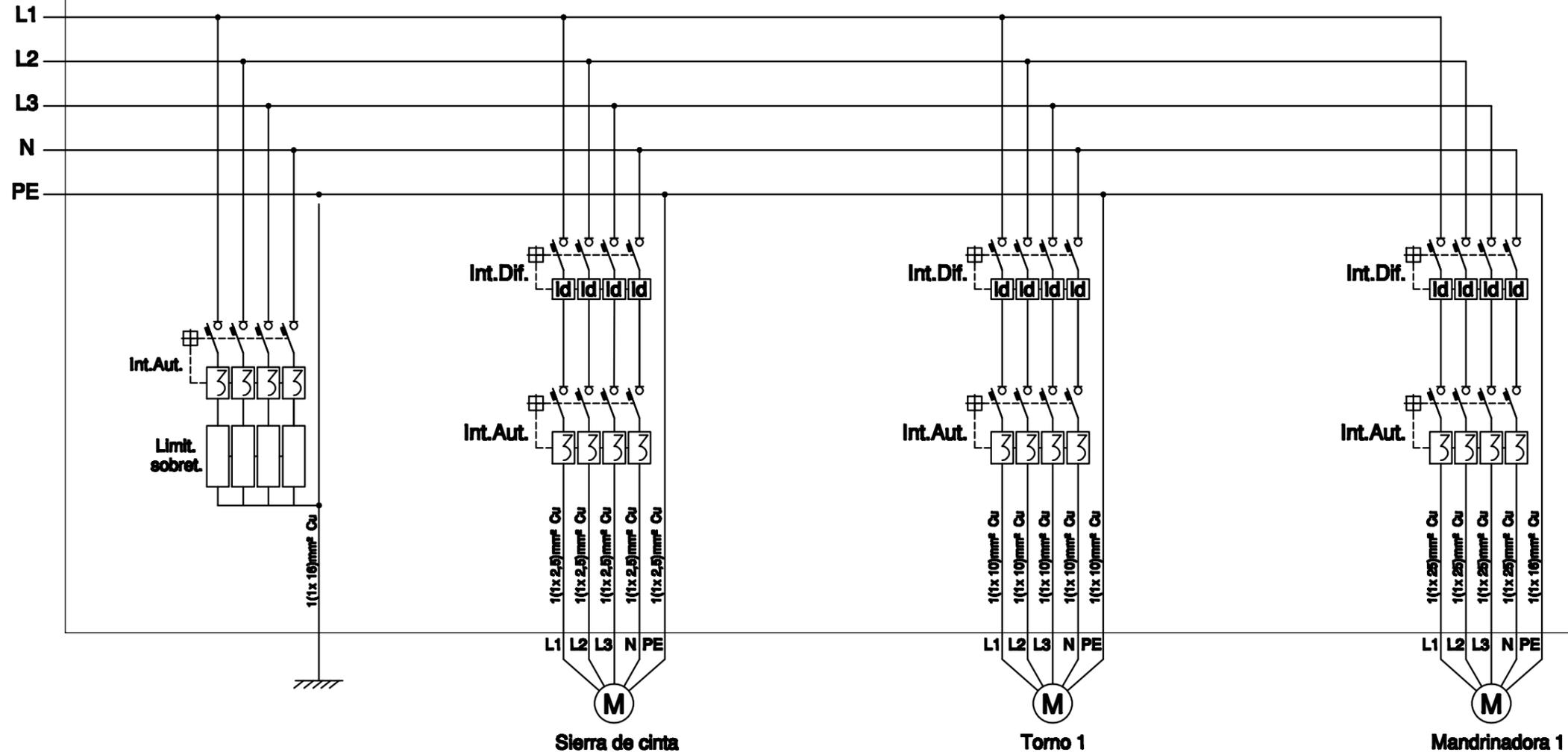
	Nombre	Fecha	Instalación eléctrica en nave industrial de apoyo al sector naval	Plano nº:	E.U. Ingeniería Técnica Naval
Dibujado	Elisa Fabregat	Febrero - 2010		16	
Comprobado	Alberto G. Canto	Marzo - 2010			
Escala:	PLANO DE ESQUEMA MULTIFILAR: CUADRO GENERAL DE MANDO Y PROTECCIÓN				
S/E					

SUB - CUADRO F1



	Nombre	Fecha	Instalación eléctrica en nave industrial de apoyo al sector naval	Plano nº:	E.U. Ingeniería Técnica Naval
Dibujado	Elisa Fabregat	Febrero - 2010		17	
Comprobado	Alberto G. Canto	Marzo - 2010			
Escala:	PLANO DE ESQUEMA MULTIFILAR:				
S/E					

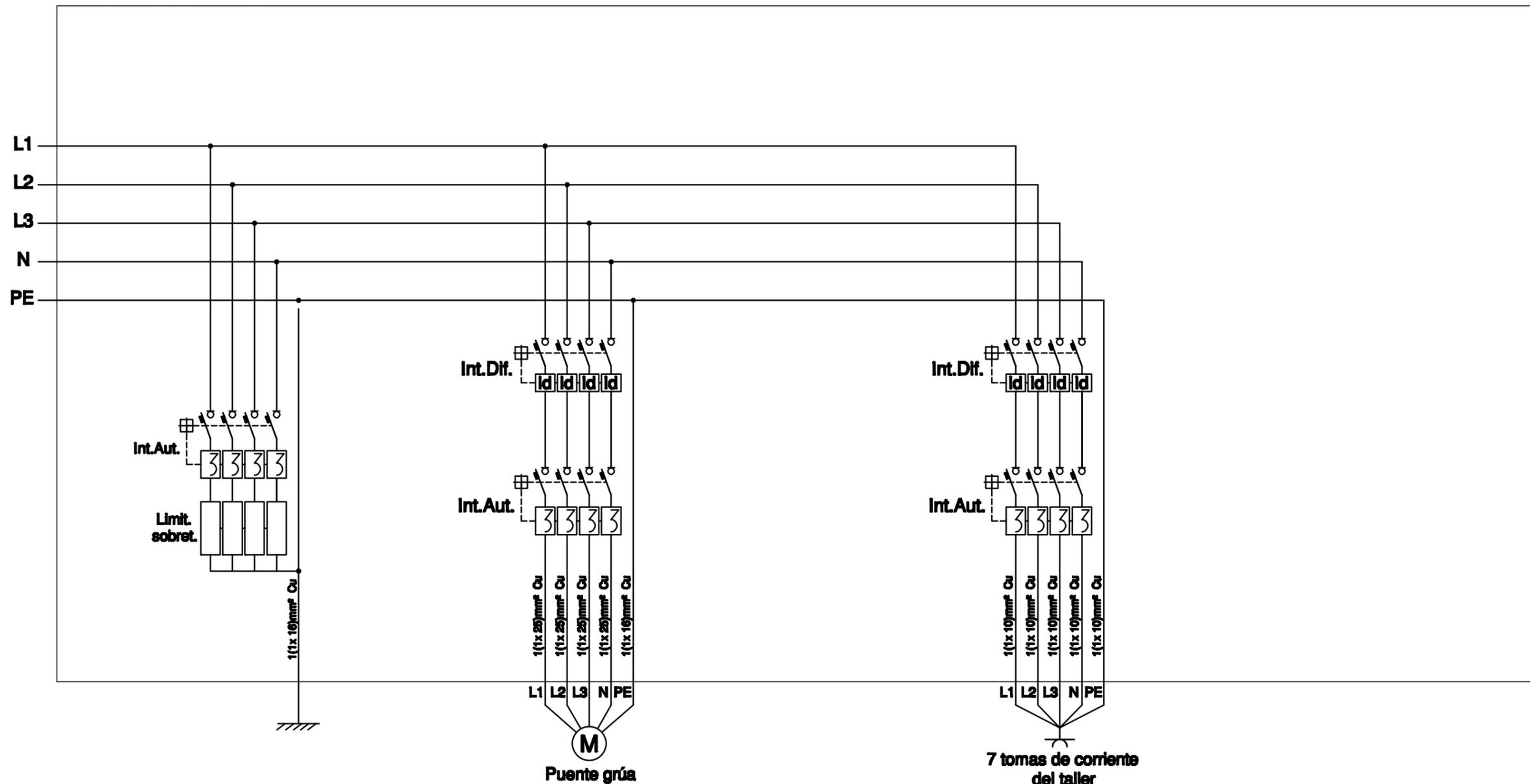
SUB - CUADRO F2



	Nombre	Fecha	Instalación eléctrica en nave industrial de apoyo al sector naval	Plano nº:
Dibujado	Elisa Fabregat	Febrero - 2010		18
Comprobado	Alberto G. Canto	Marzo - 2010		
Escala:	PLANO DE ESQUEMA MULTIFILAR: SUB - CUADRO F2			
S/E				

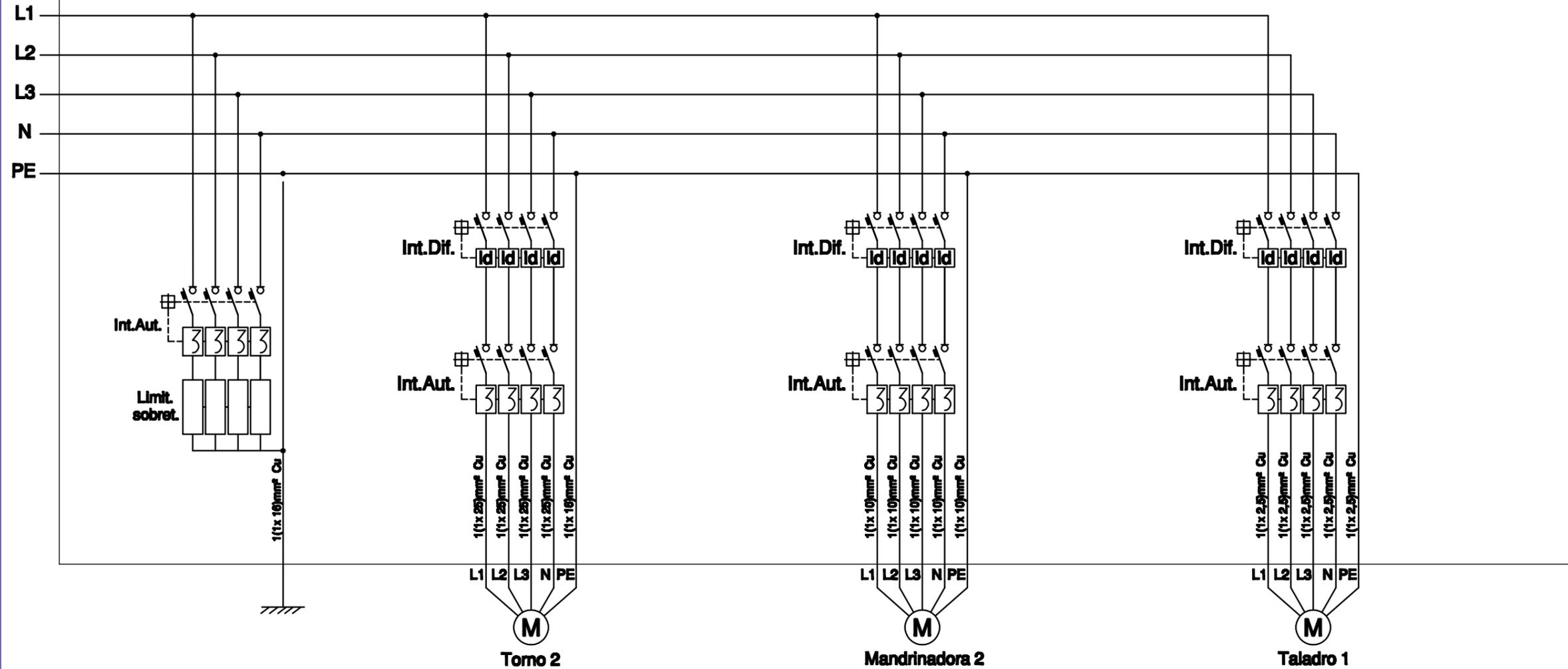
E.U. Ingeniería
Técnica Naval

SUB - CUADRO F3



	Nombre	Fecha	Instalación eléctrica en nave industrial de apoyo al sector naval	Plano nº:	E.U. Ingeniería Técnica Naval
Dibujado	Elisa Fabregat	Febrero - 2010		19	
Comprobado	Alberto G. Canto	Marzo - 2010			
Escala:	PLANO DE ESQUEMA MULTIFILAR: SUB - CUADRO F3				
S/E					

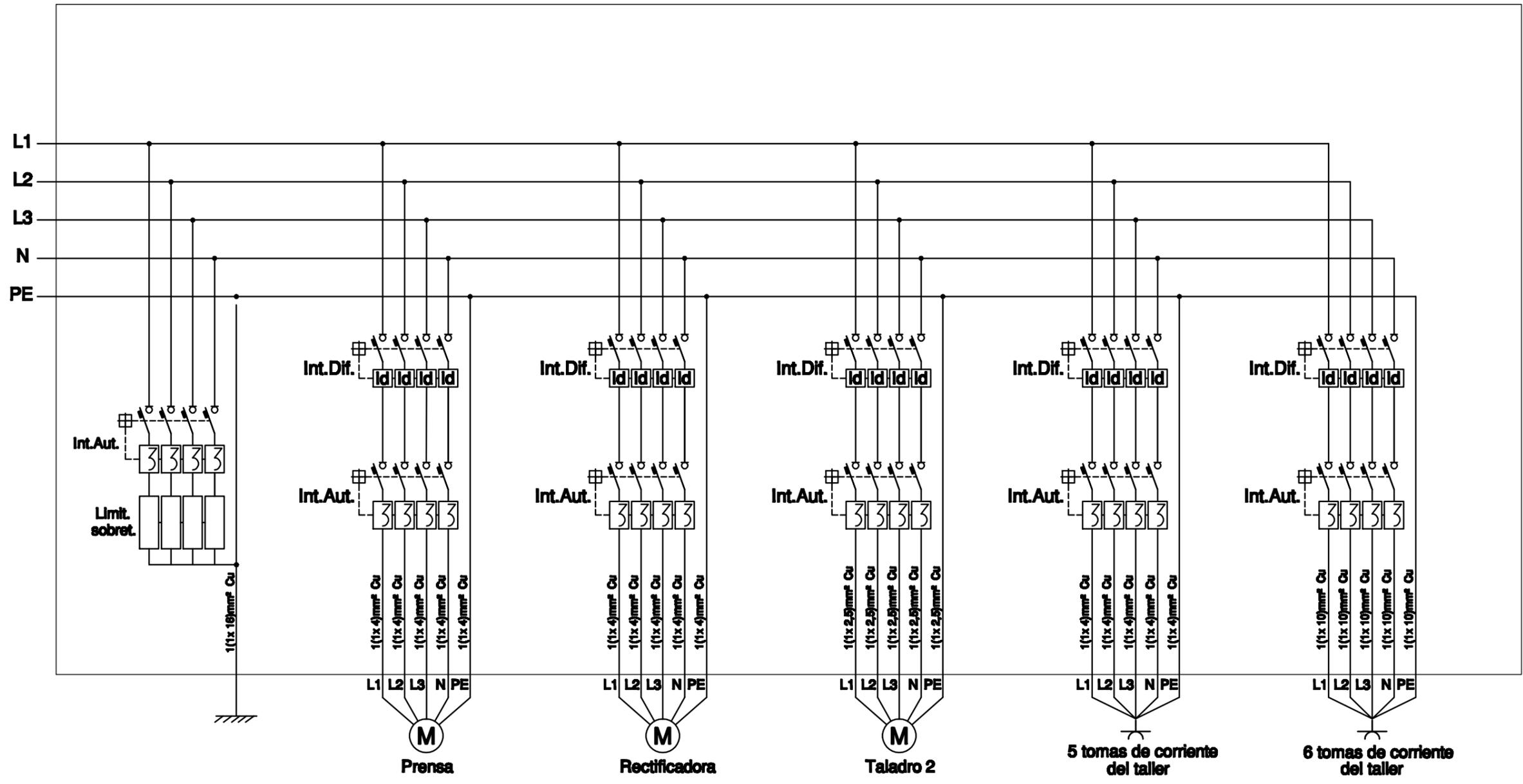
SUB - CUADRO F4



	Nombre	Fecha	Instalación eléctrica en nave industrial de apoyo al sector naval	Plano nº:
Dibujado	Elisa Fabregat	Febrero - 2010		20
Comprobado	Alberto G. Canto	Marzo - 2010		
Escala:	PLANO DE ESQUEMA MULTIFILAR: SUB - CUADRO F4			
	S/E			

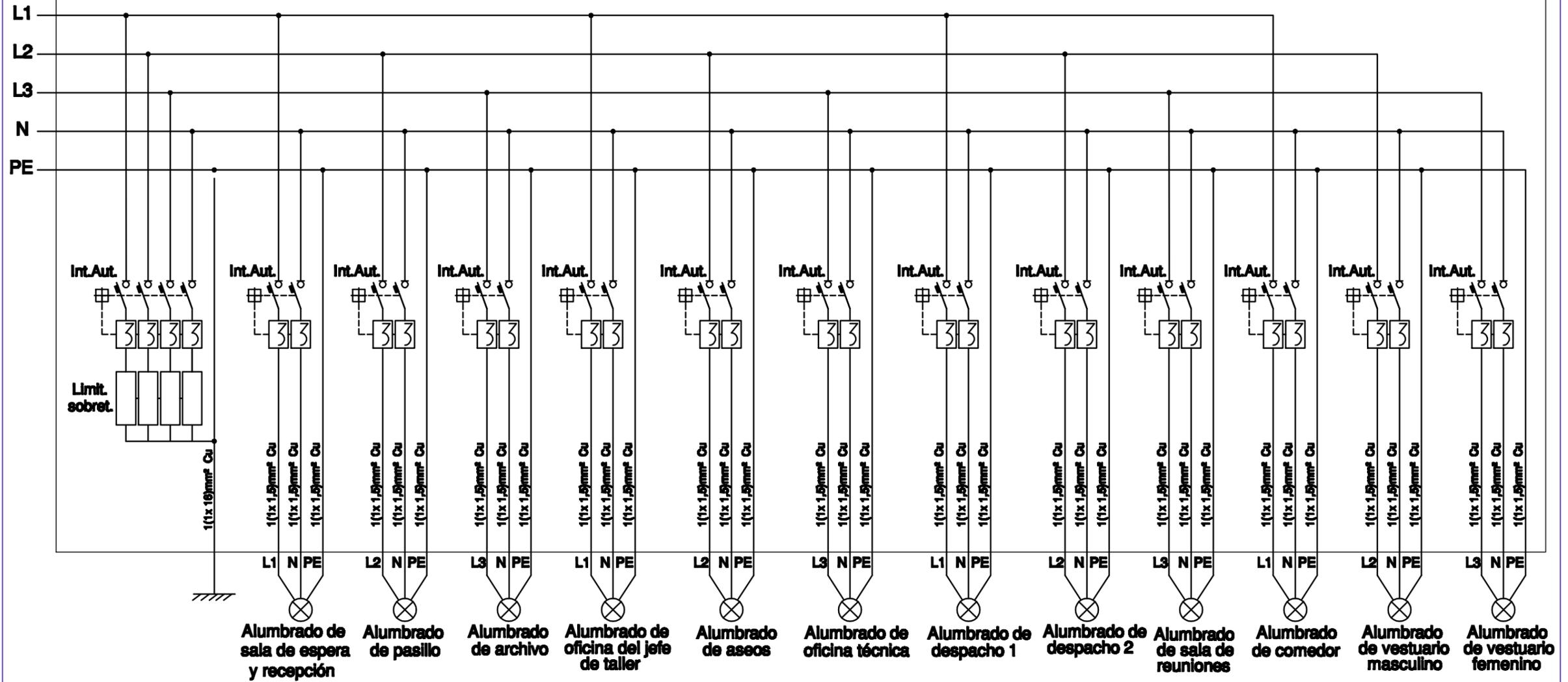
E.U. Ingeniería
Técnica Naval

SUB - CUADRO F5

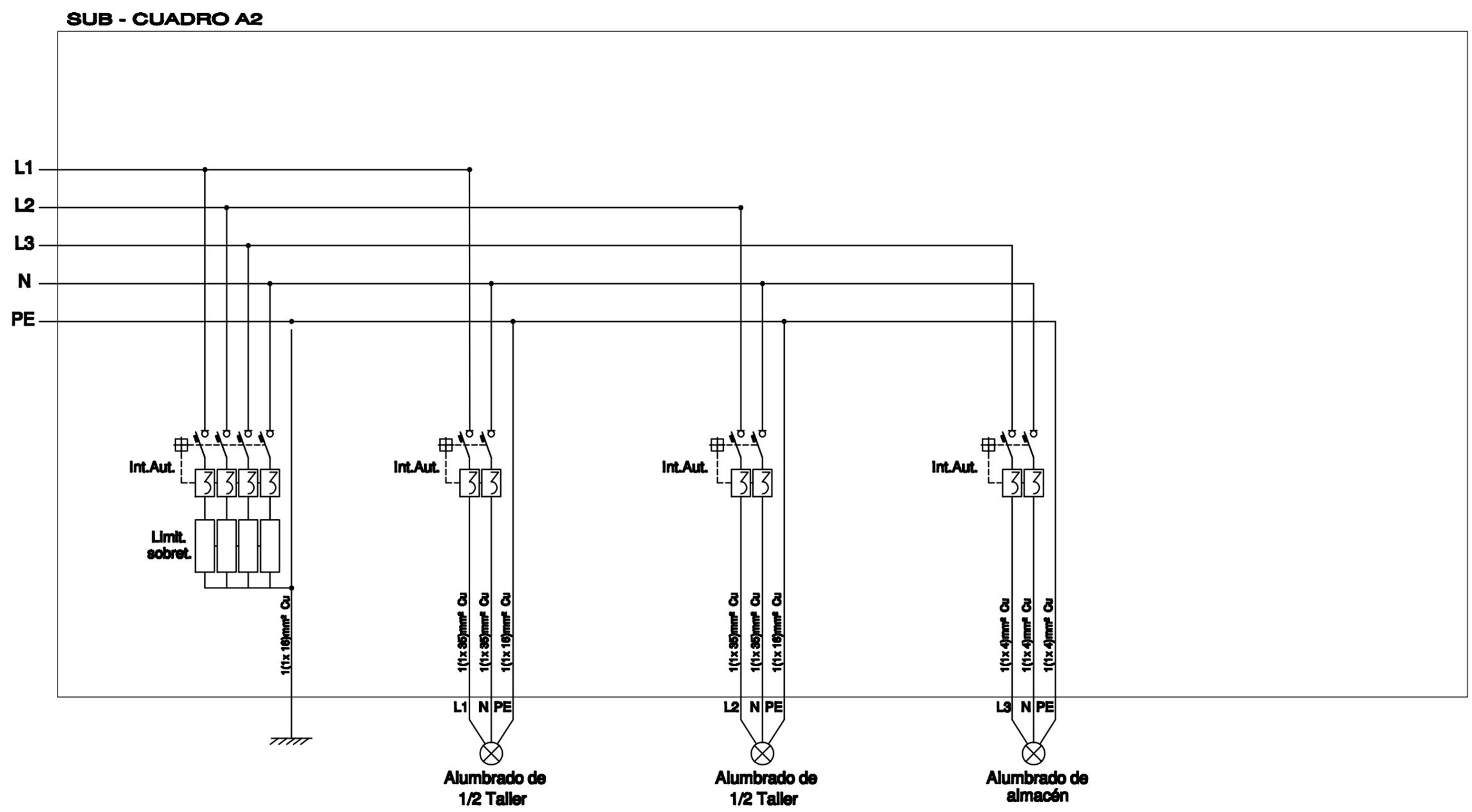


	Nombre	Fecha	Instalación eléctrica en nave industrial de apoyo al sector naval	Plano nº:	
Dibujado	Elisa Fabregat	Febrero - 2010		21	
Comprobado	Alberto G. Canto	Marzo - 2010			
Escala: S/E	PLANO DE ESQUEMA MULTIFILAR: SUB - CUADRO F5				

SUB - CUADRO A1



	Nombre	Fecha	Instalación eléctrica en nave industrial de apoyo al sector naval	Plano nº:	E.U. Ingeniería Técnica Naval
Dibujado	Elisa Fabregat	Febrero - 2010		22	
Comprobado	Alberto G. Canto	Marzo - 2010			
Escala:	PLANO DE ESQUEMA MULTIFILAR: SUB - CUADRO A1				
S/E					



	Nombre	Fecha	Instalación eléctrica en nave industrial de apoyo al sector naval	Plano nº:	23	E.U. Ingeniería Técnica Naval
Dibujado	Elisa Fabregat	Febrero - 2010		PLANO DE ESQUEMA MULTIFILAR: SUB - CUADRO A2		
Comprobado	Alberto G. Canto	Marzo - 2010				
Escala:	S/E					

