



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



**ESCUELA TÉCNICA
SUPERIOR INGENIEROS
INDUSTRIALES VALENCIA**

Curso Académico:

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	1
DOCUMENTO Nº 1 MEMORIA DESCRIPTIVA	3
1. ANTECEDENTES.	5
2. OBJETO DEL PROYECTO.....	5
3. REGLAMENTACION Y DISPOSICIONES OFICIALES Y PARTICULARES.	5
4. EMPLAZAMIENTO DE LAS INSTALACIONES.	6
5. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO INDUSTRIAL.	6
6. PROGRAMA DE NECESIDADES.....	7
7. CLASIFICACION DE LA INSTALACION.....	10
8. INSTALACIÓN DE ENLACE	10
8.1. Línea general de alimentación, caja de protección y medida.	10
8.2. Derivación individual	10
8.3. Dispositivos generales e individuales de mando y protección.....	10
8.3.1. Cuadro de mando y protección de la instalación.....	11
9. INSTALACIÓN INTERIOR	12
9.1. Diagrama unifilar	12
9.2. Distribución en planta (Máquinas, líneas y cuadros eléctricos).....	13
9.3. Conductores	13
9.4. Identificación de los conductores.	14
9.5. Subdivisión de la instalación	14
9.6. Canalizaciones	14
9.6.1. Canalizaciones fijas.....	14
9.6.2. Canalizaciones móviles.....	15
9.7. Resistencia de aislamiento y rigidez dieléctrica.	15
9.8. Líneas de distribución y canalizaciones.....	15
10. PROTECCIÓN DE LA INSTALACIÓN	16
10.1. Protección contra sobreintensidades.....	16
10.2. Protección contra sobretensiones.	17
10.2.1. Categorías de las sobretensiones.....	17
10.2.2. Medidas para el control de las sobretensiones.....	18
10.3. Protección contra contactos directos e indirectos.....	19
10.3.1. Protección contra contactos directos.	19
10.3.2. Protección contra contactos indirectos.	19

11. PUESTA A TIERRA DE LAS MASAS DE BAJA TENSIÓN	19
12. RECEPTORES DE ALUMBRADO	20
13. RECEPTORES A MOTOR.....	21
14. CONCESIONES FINALES DE LA INSTALACIÓN	22
ANEXO I: CÁLCULOS DEL DIMENSIONADO DE LAS LÍNEAS	23
1. OBJETIVO	25
2. METODOLOGÍA	25
3. DIMENSIONADO DE UNA LÍNEA	25
3.1. Selección de la línea	25
3.2. Descripción de las partes de la línea	25
3.3. Condiciones a seguir para el dimensionado de una línea.	26
3.4. Cálculo del dimensionado de la línea	28
3.4.1. Criterio por calentamiento	28
3.4.2. Criterio por caída de tensión	29
4. RESULTADO DEL DIMENSIONADO DE LAS LINEAS DE LA INSTALACION	31
4.1. Cuadro principal	31
4.2. Cuadros secundarios	32
ANEXO II: CÁLCULO DE CORRIENTES DE CORTOCIRCUITO.....	39
1. OBJETIVO	41
2. PROCEDIMIENTO PARA EL CÁLCULO DE CORRIENTES DE CORTOCIRCUITO.....	41
2.1. Cálculo de la corriente de cortocircuito máxima en el secundario del transformador	41
2.2. Cálculo de las corrientes de cortocircuito en la instalación	43
3. PROCEDIMIENTO PARA SELECCIONAR LAS PROTECCIONES CONTRA CORTOCIRCUITOS.....	43
3.1. Protección mediante fusibles	44
3.2. Protección mediante Interruptor automático.....	44
3.3. Selección de las protecciones para una línea.....	44
ANEXO III: COMPENSACIÓN DE LA ENERGÍA REACTIVA	49
1. NATURALEZA DE LA ENERGÍA REACTIVA.....	51
2. VENTAJAS DE LA COMPENSACIÓN.....	51
3. MÉTODOS DE COMPENSACIÓN DE LA ENERGÍA REACTIVA	52
3.1. Compensación centralizada y regulada.....	52
3.2. Compensación fija: motores y transformadores.....	52
4. VENTAJAS E INCONVENIENTES DE CADA UNO DE LOS TIPOS DE COMPENSACIÓN.....	53
5. DIMENSIONADO DE LA BATERIA DE CONDESADORES A INSTALAR	53
6. SELECCIÓN DE LA BATERÍA DE CONDENSADORES.....	54

ANEXO IV: ESTUDIO DE LAS PERTURBACIONES PRODUCIDAS POR ARMÓNICOS DE TENSIÓN Y CORRIENTE Y DE LAS MEDIDAS PARA MITIGAR SUS EFECTOS. 57

1. OBJETIVO	58
2. METODOLOGÍA	58
3. RESONANCIA EN SERIE.....	58
3.1. Consecuencias de la resonancia en serie	59
3.2. Cálculos aproximados.....	59
3.3. Cálculo, resultados y conclusiones de la resonancia en serie	59
3.3.1. Gráficos de resonancia en serie para el armónico de orden n.....	62
3.3.2. Resultados de la resonancia en serie	63
3.3.3. Solución aportada para evitar la resonancia en serie (BOBINA DE BLOQUEO)	63
4. RESONANCIA EN PARALELO	65
4.1. Corrientes armónicas en los rectificadores monofásicos.....	65
4.2. Cálculo de la resonancia en serie de la instalación	67
4.3. Resultados y conclusiones de la resonancia en paralelo	68

DOCUMENTO Nº2 PLIEGO DE CONDICIONES 71

1. CONDICIONES GENERALES.	73
2. CANALIZACIONES ELECTRICAS.....	73
2.1. Conductores aislados bajo tubos protectores.....	73
2.2. Conductores aislados fijados directamente sobre las paredes.....	76
2.3. Conductores aislados enterrados.....	76
2.4. Conductores aislados directamente empotrados en estructuras.....	76
2.5. Conductores aislados en el interior de la construcción.	77
2.6. Conductores aislados bajo canales protectoras.....	77
2.7. Accesibilidad a las instalaciones.....	78
3. CONDUCTORES.....	78
3.1. Materiales.....	78
3.2. Dimensionado.....	79
3.3. Identificación de las instalaciones.....	80
3.4. Resistencia de aislamiento y rigidez dieléctrica.	80
4. CAJAS DE EMPALME.	80
5. MECANISMOS Y TOMAS DE CORRIENTE.	81
6. APARAMENTA DE MANDO Y PROTECCION.	81
6.1. Cuadros electricos.	81
6.2. Interruptores automaticos.	83
6.3. Guardamotors.	83

6.4.	Fusibles.....	84
6.5.	INTERRUPTORES DIFERENCIALES.....	84
6.6.	Seccionadores.....	85
6.7.	Embarrados.....	86
6.8.	Prensaestopas y etiquetas.....	86
7.	RECEPTORES DE ALUMBRADO.....	86
8.	RECEPTORES A MOTOR.....	87
9.	PUESTAS A TIERRA.....	90
9.1.	Uniones a tierra.....	90
10.	INSPECCIONES Y PRUEBAS EN FÁBRICA.....	92
11.	CONTROL.....	93
12.	SEGURIDAD.....	93
13.	LIMPIEZA.....	94
14.	MANTENIMIENTO.....	94
15.	CRITERIOS DE MEDICION.....	94
DOCUMENTO Nº3 PRESUPUESTO.....		95
1.	PRESUPUESTO DETALLADO.....	97
2.	PRESUPUESTO RESUMEN DE TODOS LOS RECURSOS.....	101
3.	RESUMEN PRESUPUESTO FINAL.....	102
DOCUMENTO Nº4 PLANOS.....		103
4.	SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO.....	103
5.	DISTRIBUCIÓN EN PLANTA.....	103
6.	DISTRIBUCION EN DE LAS LÍNEAS.....	103
7.	DIAGRAMA UNIFILAR.....	103
7.1.	Detalle esquema unifilar, cuadro general, línea oficina , alumbrado y línea F.M.2.....	103
7.2.	Detalle esquema unifilar, cuadro general y línea F.M.1.....	103
7.3.	Detalle esquema unifilar, cuadro secundario oficina, 1 y 2.....	103
7.4.	Detalle esquema unifilar, cuadro secundario 3, 4, 5 y 6.....	103
7.5.	Detalle esquema unifilar, cuadro secundario 7, 8, 9 y 10.....	103
7.6.	Detalle esquema unifilar, cuadro secundario 11, 12, 13 y 14.....	103
7.7.	Detalle esquema unifilar, cuadro secundario 15, 16, 17 y 18.....	103
7.8.	Detalle esquema unifilar, cuadro secundario 19, 20, 21 y 22.....	103
7.9.	Detalle esquema unifilar, cuadro secundario 23, 24, 25 y 26.....	103
8.	PUESTA A TIERRA.....	103

RESUMEN

Este trabajo de Fin de Máster tiene como objetivo realizar de un proyecto real en el que se diseña una instalación eléctrica en baja tensión de una nave industrial dedicada a baños electrolíticos de piezas metálicas.

La instalación se diseña desde la salida del centro de transformación hasta los diferentes receptores alojados en el interior de la nave.

Para innovar en el diseño de una instalación eléctrica y así poder alcanzar la calidad de un trabajo académico de fin de máster, se añaden al proyecto una serie de estudios que raramente se incluyen en el diseño de este tipo de instalaciones. Posteriormente, cuando se citen los documentos de los que consta este proyecto, se realizará un breve resumen del contenido de estos estudios.

El procedimiento que se ha seguido para realizar el diseño de la instalación es el siguiente:

- **Toma de datos:** Se reúne toda la información en relación con el proceso industrial; las características de las máquinas a instalar, localización de la nave industrial y sus dimensiones, la distribución en planta de la maquinaria, etc.
- **Levantamiento de planos:** Los planos se han realizado utilizando el programa AutoCad. En esta parte se realiza la distribución de las líneas, se colocan los cuadros (tanto el cuadro principal como los cuadros secundarios) optimizando su situación para evitar excesos de longitud, caídas de tensión inadecuadas y sobrecostes en los materiales.
- **Diseño del diagrama unifilar:** Una vez se conoce la distribución de las líneas, los consumos y sus potencias, se diseña el diagrama unifilar, agrupando los circuitos de manera coherente, intentando equilibrar las potencias de cada línea y facilitando su manipulación y comprensión para el técnico, que posteriormente realice el montaje, pueda ejecutar la instalación sin ningún problema.
- **Cálculo de la instalación:** Se realiza el cálculo de todos los elementos de la instalación. El orden de cálculo que se ha seguido es el siguiente:
 - Intensidades de diseño de las líneas.
 - Dimensionado de las líneas por el criterio de calentamiento y caída de tensión.
 - Cálculo de las corrientes de cortocircuitos.
 - Selección de los dispositivos de protección.
 - Cálculo de la puesta a tierra de las masas.

El TFM se ha organizado por medio de distintos documentos, estos documentos son:

- DOCUMENTO Nº0: RESUMEN
- DOCUMENTO Nº1: MEMORIA DESCRIPTIVA
- ANEXO I: CÁLCULO DEL DIMENSIONADO DE LAS LINEAS
- ANEXO II: CÁLCULO DE CORRIENTES DE CORTOCIRCUITO
- ANEXO III: COMPENSACIÓN DE ENERGÍA REACTIVA
- ANEXO IV: ESTUDIO DE LAS PERTURBACIONES PRODUCIDAS POR ARMÓNICOS DE TENSIÓN Y CORRIENTE Y DE LAS MEDIDAS PARA MITIGAR SUS EFECTOS.
- DOCUMENTO Nº2: PLIEGO DE CONDICIONES
- DOCUMENTO Nº3: RESUMEN

- DOCUMENTO Nº4: PLANOS

En la **memoria** se encuentra el objetivo y el alcance del proyecto. La descripción de la instalación eléctrica a diseñar se realiza siguiendo el índice dictado por la Conselleria de Industria y Comercio (EE-5 INSTALACIONES ELÉCTRICAS DE BAJA TENSIÓN EN INDUSTRIAS), detallando como se va a realizar y explicando los elementos que forman parte de esta.

A continuación se describen los diferentes anexos, en los que se detallan los cálculos que justifican el diseño de la instalación descrito en la memoria. Además de los cálculos habituales para el dimensionado de las secciones de los circuitos y la selección de las protecciones, se incluye un estudio detallado de la compensación de reactiva y un estudio de las perturbaciones originadas por las cargas no lineales utilizadas en el proceso productivo.

- En el anexo de **cálculo del dimensionado de las líneas** por criterio térmico y caída de tensión, se definen los métodos de cálculos utilizados para el diseño de la instalación, se justifican los resultados y se realiza manualmente el diseño de una línea desde el cuadro general hasta al receptor, pasando por un cuadro secundario, con la finalidad de ofrecer una explicación analítica de cómo se debe dimensionar la sección de una línea.
- En el anexo II, **cálculo de corrientes de cortocircuito**, se calcularán las corrientes de cortocircuito máxima y mínima de todas las líneas. Al igual que en el anexo anterior, se incluye el cálculo detallado de la corriente de cortocircuito para una línea, en el que se explica el procedimiento de cálculo seguido para la determinación de las corrientes de cortocircuito y la selección de las protecciones que se deben instalar.
- En el anexo III se realiza un estudio para **la compensación de energía reactiva**, se dimensiona, de acuerdo a las especificaciones de la instalación, una batería de condensadores para corregir el factor de potencia de la instalación con la finalidad de mejorar el rendimiento de la instalación y abaratar los costes de facturación.
- Finalmente, en el anexo IV se realiza un **estudio de las perturbaciones producidas por armónicos de tensión y corriente** para, posteriormente, proponer medidas para mitigar sus efectos. En este estudio se realiza el cálculo de los armónicos que intervienen en la instalación a diseñar y se garantiza el cumplimiento con la normativa de emisión de armónicos a la red, instalando algún mecanismo de compensación de armónicos en el caso en que estos superaran los límites establecidos.

El **pliego de condiciones** es el documento del proyecto que liga las responsabilidades legales entre la propiedad, la dirección facultativa y el contratista que llevará a cabo la ejecución del proyecto. Para ello, se fijan las características y calidades mínimas que deben tener las distintas partes de la instalación, así como la forma en que deben ser instaladas, pudiendo tener repercusiones económicas y legales el no cumplimiento por alguna de las partes de lo que se indica en este documento.

En el documento del **presupuesto**, se recoge y agrupan todos los precios de componentes que forman parte de la instalación, dividiendo éstos en distintos capítulos.

Finalmente se añade el documento de **planos**, donde se detalla el emplazamiento de la nave industrial, la distribución en planta, el diagrama unifilar de la instalación y el diseño de la puesta a tierra de las masas.

DOCUMENTO Nº 2

MEMORIA DESCRIPTIVA

ÍNDICE

1. ANTECEDENTES.	5
2. OBJETO DEL PROYECTO.....	5
3. REGLAMENTACION Y DISPOSICIONES OFICIALES Y PARTICULARES.	5
4. EMPLAZAMIENTO DE LAS INSTALACIONES.	6
5. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO INDUSTRIAL.	6
6. PROGRAMA DE NECESIDADES.....	7
7. CLASIFICACION DE LA INSTALACION.	10
8. INSTALACIÓN DE ENLACE	10
8.1. Línea general de alimentación, caja de protección y medida.	10
8.2. Derivación individual	10
8.3. Dispositivos generales e individuales de mando y protección.....	10
8.3.1. Cuadro de mando y protección de la instalación	11
9. INSTALACIÓN INTERIOR.....	12
9.1. Diagrama unifilar	12
9.2. Distribución en planta (Máquinas, líneas y cuadros eléctricos).....	13
9.3. Conductores	13

9.4.	Identificación de los conductores.	14
9.5.	Subdivisión de la instalación	14
9.6.	Canalizaciones	14
9.6.1.	Canalizaciones fijas.....	14
9.6.2.	Canalizaciones móviles.....	15
9.7.	Resistencia de aislamiento y rigidez dieléctrica.	15
9.8.	Líneas de distribución y canalizaciones	15
10.	PROTECCIÓN DE LA INSTALACIÓN	16
10.1.	Protección contra sobrintensidades.....	16
10.2.	Protección contra sobretensiones.	17
10.2.1.	Categorías de las sobretensiones.....	17
10.2.2.	Medidas para el control de las sobretensiones.....	18
10.3.	Protección contra contactos directos e indirectos.....	19
10.3.1.	Protección contra contactos directos.	19
10.3.2.	Protección contra contactos indirectos.	19
11.	PUESTA A TIERRA de las masas de baja tensión	19
12.	RECEPTORES DE ALUMBRADO	20
13.	RECEPTORES A MOTOR.....	21
14.	CONSIDERACIONES FINALES DE LA INSTALACIÓN.....	22

MEMORIA DESCRIPTIVA

1. ANTECEDENTES.

Se va a realizar el Proyecto de Instalación Eléctrica en Baja Tensión para una nueva industria de “Baños Electrolíticos para piezas metálicas”.

En consecuencia, se redacta el presente Proyecto con el fin de que, cumpliendo con las prescripciones legales y administrativas en vigor, sirva de base para la ejecución de la instalación eléctrica correspondiente.

El Proyecto consta de Memoria, Cálculos, Presupuesto, Planos y Pliego de Condiciones además de diversos anexos de estudios que se resumen al final de esta memoria.

2. OBJETO DEL PROYECTO.

El presente Proyecto tiene por objeto fijar las condiciones técnicas y de seguridad de la instalación eléctrica en baja tensión para el suministro de fuerza motriz y alumbrado de una nave industrial destinada a “Baños Electrolíticos de piezas de hierro y latón”.

Se realizarán varios anexos con estudios específicos en la instalación como cálculos de corrientes de cortocircuito, estudio de los armónicos emitidos a la red, métodos de compensación de energía reactiva y selección del dispositivo adecuado para esta instalación.

3. REGLAMENTACION Y DISPOSICIONES OFICIALES Y PARTICULARES.

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

NORMATIVA ESTATAL

Real Decreto 1109/2007, de 24 de agosto, por el que se desarrolla la Ley 32/2006, de 18 de octubre, reguladora de la subcontratación en el Sector de la Construcción.

Ley 32/2006, de 18 de octubre, reguladora de la subcontratación en el Sector de la Construcción.

Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión.

Real Decreto 614/2001, de 8 de junio, sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico.

Real Decreto 1955/2000, de 1 de diciembre, por el que se regulan las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica.

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

Real Decreto 1215/1997, de 18 de julio, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.

Real Decreto 773/1997, de 30 de mayo, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.

Real Decreto 486/1997, de 14 de abril, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.

Real Decreto 485/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.

Lev 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales.

Normas particulares de la empresa eléctrica suministradora de energía, Iberdrola S.A.

NORMATIVA AUTONOMICA

Resolución de 20 de junio de 2003, de la Dirección General de Industria y Energía, por la que se modifican los anexos de la Orden de 17 de julio de 1989, de la Conselleria de Industria, Comercio y Turismo, y de la Orden de 12 de febrero de 2001, de la Conselleria de Industria y Comercio, sobre contenido mínimo de los proyectos de industrias e instalaciones industriales.

Orden de 12 de febrero de 2001, de la Conselleria de Industria y Comercio, por la que se modifica la de 13 de marzo de 2000, sobre contenido mínimo en proyectos de industrias e instalaciones industriales.

Orden de 13 de marzo de 2000, de la Conselleria de Industria y Comercio, por la que se modifican los anexos de la Orden de 17 de julio de 1989 de la Conselleria de Industria, Comercio y Turismo, por la que se establece un contenido mínimo en proyectos de industrias e instalaciones industriales.

Orden de 17 de julio de 1989, de la Conselleria de Industria, Comercio y Turismo, por la que se establece el contenido mínimo en proyectos de industrias y de instalaciones industriales.

4. EMPLAZAMIENTO DE LAS INSTALACIONES.

C/ Senda de les Deu Nº 25-A. 46138-RAFELBUNYOL, (Polígono Industrial "L'horteta) VALENCIA.

5. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO INDUSTRIAL.

El objetivo y el proceso industrial implementado en esta actividad es el descrito a continuación:

El baño electrolítico de hierro y latón persigue conseguir una mejora de la capa exterior de estas piezas ya sea en níquel, oro, cromo etc..., así como una mayor resistencia a la corrosión exterior, actuando sobre la superficie de estas por medio de una serie de baños.

El método de baño electrolítico mantiene o mejora el aspecto del hierro y latón.

Las fases que se siguen en el proceso son:

- a) Carga.
- b) Desengrase con cianuro.
Volumen de la cuba = 2.000 litros.
El desengrase se realiza en frío, y el tiempo de inmersión de 10 minutos.
- c) Enjuague con agua fría corriente.
Volumen de los bidones = 300 litros.
- d) Enjuague con ácido sulfúrico (SO_4H_2 -15%) rebajado con agua.
Volumen de los bidones = 300 litros.
- e) Baño en níquel.
Volumen cuba = 2.500 litros.

f) Enjuague con agua fría corriente.
Volumen de los bidones = 300 litros.

g) Baño en Cobre
Volumen de la cuba = 2.500 litros

h) Enjuague con agua fría corriente
Volumen de los bidones = 300 litros

i) Baño en oro, cromo ó níquel negro, según se requiera.
Volumen de cubas = 600, 600 ó 1500 litros.
Tiempo invertido = 3 minutos.

j) Enjuague con agua destilada.
Volumen cuba = 2.500 litros.

k) Secado de la pieza.
Tiempo invertido = 4 a 5 minutos.

l) Lacado y barnizado de la pieza.
Tiempo invertido = 3 minutos.

m) Horneado de la pieza.
Tiempo invertido = 15 minutos.

(Nota: el proceso es idéntico para todo tipo de piezas salvo en el punto i) que estas sufren una variación en el acabado exterior ya sea como hemos especificado en dicho punto, baño en oro, cromo o níquel negro.)

En el paso de unas cubas a otras en los respectivos baños, se pasan las piezas por las pilas de enjuague en las que mana constantemente agua residual, cuyas características están dentro de la normativa vigente.

La actividad se dedica al recubrimiento de la capa externa o baño electrolítico, especialmente, de piezas para cuartos de baño, lámparas y otros requerimientos expresos de los diferentes clientes.

6. PROGRAMA DE NECESIDADES.

A continuación se describen los elementos receptores de la instalación además de la potencia consumida por cada uno de ellos.

Se obtiene la potencia total de la instalación, la potencia reactiva que se deberá compensar y la potencia aparente para el diseño del transformador.

ELEMENTOS RECEPTORES, LINEAS DE FUERZA MOTRIZ:

Nº	MAQUINAS	C.V	kw.
4	Cubas de níquel con entrada trifásica a 380/220V y salida rectificada a 15V y 1000 A con un motor de 0,25 HP y tres calentadores de 3000 W cada una.	1	60
2	Cubas de níquel con entrada trifásica a 380/220V y salida rectificada a 15V y 1500 A con un motor de 0,25 HP y tres calentadores de 3000 W cada una.	0,5	36
2	Cubas de cobre con entrada trifásica a 380/220V y salida rectificada a 15V y 100 A con un motor de 0,25 HP y dos calentadores de 2000 W cada una.	0,5	9,2
1	Cuba de níquel negro con entrada trifásica a 380/220V y salida rectificada a 15V y 100 A con un motor de 0,25 HP y un calentador de 1.500 W.	0,25	2,1
1	Cuba de cromo con entrada trifásica a 380/220V y salida rectificada a 15V y 1500 A y un calentador de 2.000 W		11
2	Cubas de oro con entrada trifásica a 380/220V y salida rectificada a 15V y 100 A con un motor de 0,25 HP y dos calentadores de 2000 W cada una	0,5	9,2
2	Cubas de desengrase con entrada trifásica a 380/220V y salida rectificada a 15V y 1000 A cada una		12
1	Cuba de latón con entrada trifásica a 380/220V y salida rectificada a 15V y 200 A con un motor de 0,25 HP y dos calentadores de 2000 W.	0,25	5,2
2	Máquinas de ultrasonidos a 380V con 6 calentadores de 500 W cada una		6
1	Máquina de tricloretileno a 380V con dos calentadores de 1500W		3
1	Cuba de desniquelado con entrada trifásica a 380/220V y salida rectificada a 15V y 500 A		3
2	Aparatos de extracción para el cuarto de lacado de 1 y 2 C.V. respectivamente.	3	
1	Muela esmeril mod. (LETAJ) con e.m. de 1,1 C.V.	1,1	
2	Tornos de 0,5 C.V. cada uno	1	
1	Horno secador con aspirador de 3KW y quemador de 240W.		3,24
1	Maquina taladradora mod. (EINHELL) de 1,1 C.V.	1,1	
1	Muela esmeril mod. (EINHELL) de 400W.		0,4
1	Vibro con dos motores de 5C.V. cada uno	10	
2	Bombas filtro portátiles mod. (SERFILCO VY-8000) con 1 C.V. y 0,5 C.V. respectivamente	1,5	
2	Aspiradores extractores de 2 C.V. cada uno	4	
1	Bomba sumergible mod. (GRUNFOS) de 5,5 C.V. con un caudal de 270 litros/min.	5,5	
1	Compresor de tornillo de 5 C.V.	5	
1	Planta de intercambio iónico con equipo de regeneración automático.		0,1
2	Maquinas secadoras con motor (III) con brida de 1 C.V. y 5 resistencias de aletas de 1.500W.	2	15
	TOTAL	37,2	175,44
	TOTAL EN kW		208,7

ILUMINACIÓN DE LA NAVE:

Niveles luminosos exigidos para este tipo de actividades es de 114 lux:

En taller.....114 lux

ILUMINACION NAVE		
22 lámparas fluorescentes de 65 W	1430	W
9 lámparas de V.M.C.C. de 400 W	3600	W
TOTAL P ILUMINACIÓN	5030	W

ILUMINACIÓN Y OTROS USOS EN OFICINAS:

Niveles luminosos exigidos para este tipo de actividades es de 220 lux:

En oficinas.....220 lux

8 lamparas fluorescentes de 65 W	520	W
48 lamparas fluorescentes de 40 W	1920	W
18 lamparas halógenas de 80 W	1440	W
16 luminarias de emergencia de 12 W	192	W
TOTAL ILUMINACIÓN OFICINAS	4072	W

Aire acondicionado	7000	W
Aire acondicionado	2700	W
Equipos informaticos	700	W
Termo eléctrico	1000	W
TOTAL OTROS USOS OFICINAS	11400	W

POTENCIAS TOTALES DE LA INSTALACIÓN:

POTENCIA TOTAL INSTALACIÓN	225.128	W
POTENCIA REACTIVA TOTAL	156.524	Var
Coeficiente de simultaneidad	0,65	
POTENCIA A CONSIDERAR	146.333,2	W
POTENCIA REACTIVA A CONSIDERAR	101.740	Var
POTENCIA APARENTE TOTAL	274.194	VA
POTENCIA APARENTE A CONSIDERAR	178.226	VA
POTENCIA APARENTE DEL TRANSFORMADOR	200	KVA

De acuerdo con esta potencia y los escalones de potencia normalizados por IBERDROLA,S.A., la potencia a contratar será de 200 kW.

La medida de la energía eléctrica consumida se realizara mediante el equipo de medida en B.T instalada en la caja de medida, propiedad del abonado.

7. CLASIFICACION DE LA INSTALACION.

La presente actividad, por sus características, materias primas a utilizar, productos acabados, proceso industrial, etc. no está clasificado de forma especial, por lo que la consideraremos como un local normal, sujeto a las condiciones generales del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión e Instrucciones Complementarias.

No obstante, la zona destinada a cubas, se clasifica como local húmedo, de acuerdo con la MIE BT 027, y por tanto sujeto a las prescripciones que señala el artículo.1 de dicha Instrucción Técnica Complementaria.

8. INSTALACIÓN DE ENLACE

8.1. Línea general de alimentación, caja de protección y medida.

Es la parte de la instalación que une el centro de transformación con el cuadro general de la instalación. Contiene los fusibles de seguridad (400A y Poder de corte de 100kA), el conjunto de medida y la caja de protección. Está regulada por la ITC-BT-13.

Esta línea está formada por conductores aislados en el interior de tubos enterrados.

Los conductores que se utilizan son de cobre, aislados y unipolares, siendo su tensión asignada 0,6/1 kV no propagador de incendio y emisión humos. La sección es de 3x120/70+TTx70mm²Cu.

La caja de protección y medida cumple con la Norma UNE-EN 60.439 -1 tiene un grado de protección IP43 según UNE 20.324 e IK 09 según UNE-EN 50.102.

8.2. Derivación individual

Es la parte de la instalación que, desde la caja de protección y medida de la línea general de alimentación, da energía eléctrica a la instalación en el interior de la nave.

Contiene los dispositivos generales de mando y protección (CGP). Está regulada por la ITC-BT-15.

Esta línea está formada por conductores aislados en el interior de tubos empotrados en obra.

Los conductores utilizados son de cobre, aislados y unipolares, siendo su tensión asignada 450/750 V no propagador de incendio y emisión humos. La sección es de 3x120/70+TTx70mm²Cu.

8.3. Dispositivos generales e individuales de mando y protección.

El cuadro general se instala en el punto de entrada de la derivación individual.

Se instala el cuadro general con todos los dispositivos de mando y protección de la instalación.

Los cuadros secundarios de cada una de las máquinas, se instalarán en los lugares próximos a las máquinas como se indican en los planos.

La altura de todos estos cuadros es de 1,5 m desde el nivel del suelo.

Las envolventes de los cuadros se ajustan a las normas UNE 20.451 y UNE-EN 60.439 -3, con un grado de protección mínimo IP 30 según UNE 20.324 e IK07 según UNE-EN 50.102.

Los dispositivos generales e individuales de mando y protección son:

- Un interruptor general automático de corte tetrapolar, de intensidad nominal 400 A, dotado de elementos de protección contra sobrecarga y cortocircuitos (según ITC-BT-22). Tiene poder de corte de 10kA suficiente para contrarrestar la corriente de cortocircuito máxima calculada manualmente en el ANEXO IV.

Se instala un interruptor diferencial por cada circuito o grupo de circuitos, por tanto, se puede prescindir del interruptor diferencial general, ya que quedan protegidos todos los circuitos frente a contactos indirectos.

Todas las masas de los equipos eléctricos protegidos por un mismo dispositivo de protección diferencial, están interconectadas y unidas por un conductor de protección a una misma toma de tierra.

- La protección contra sobrecargas y cortocircuitos de cada uno de los circuitos interiores se ha adecuado a la ITC-BT-22.

- Los dispositivos de protección contra sobretensiones, se adecuan a la ITC-BT-23.

A continuación se definen los dispositivos de mando y protección de la instalación diseñada.

8.3.1. Cuadro de mando y protección de la instalación

El cuadro de mando y protección de la instalación se compone de:

- Interruptor general IV automático, de corte omnipolar de 400 A con poder de corte de 10kA y curva B.

- 2 diferenciales toroidales con relé y transformador de 30mA de sensibilidad e intensidad nominal de 160 A para f.m.1 y de 125 A para f.m.2 y ambos con un poder de corte de 10kA.

- 1 magnetotérmico bipolar de 32 A. junto con su diferencial bipolar de 40 A /30mA para circuito de alumbrado nave.

- 1 magnetotérmico tetrapolar de 50 A. junto con su diferencial tetrapolar de 63 A/ 30mA para circuito de oficinas.

- 1 magnetotérmico bipolar de 10A junto a su diferencial bipolar de 25 A/30mA para circuito de alumbrado de emergencia.

9. INSTALACI3N INTERIOR

9.1. Diagrama unifilar

El diagrama unifilar se ha dise1ado de manera que la instalaci3n quede completamente segura y se pueda abaratar costes en longitudes de cable por proximidad de receptores y l3neas.

El esquema unifilar de la instalaci3n es el siguiente, en el anexo de planos encontramos varios planos con el esquema unifilar, tanto completo como dividido por tramos para poder ver los detalles de cada l3nea.

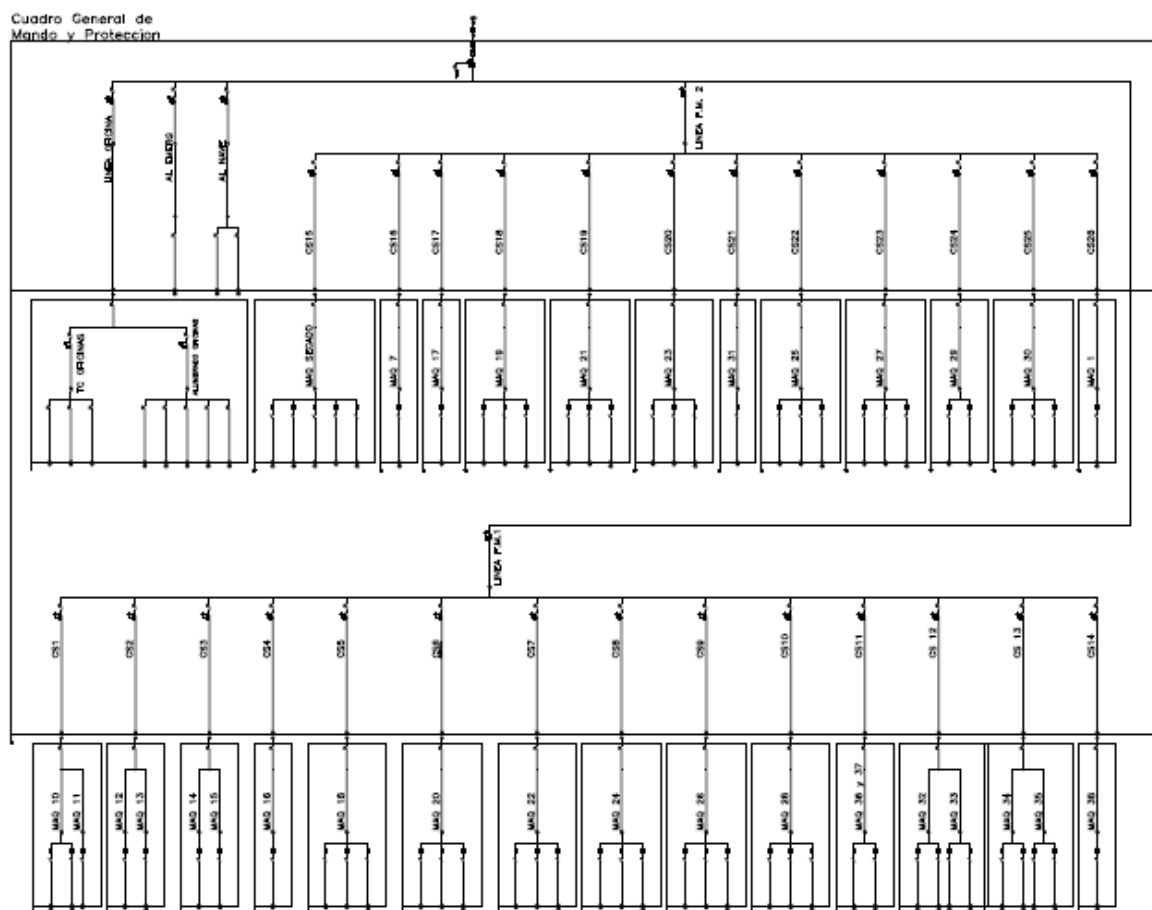


Imagen 1 Esquema unifilar de la instalaci3n

Como se observa en la imagen, el cuadro general alimenta a 5 l3neas principales, 3 l3neas que se derivar3n a los diferentes cuadros secundarios repartidos por la nave y 2 l3neas para el alumbrado de la nave y el de emergencia.

De las 3 l3neas que alimentan a cuadros secundarios, 2 son las l3neas de fuerza motriz F.M1 y F.M2, estas l3neas son las que abastecen los cuadros secundarios de cada m3quina de la instalaci3n.

La otra l3nea, conecta el subcuadro que contiene las l3neas para las oficinas, con alumbrado, tomas de corriente y ciertas m3quinas (aire acondicionado y termo el3ctrico).

La localizaci3n de las m3quinas, los cuadros secundarios y las l3neas de distribuci3n se visualizan en el siguiente apartado.

9.2. Distribución en planta (Máquinas, líneas y cuadros eléctricos)

La distribución en planta se detalla en los planos 2 y 3 del documento nº 5 “PLANOS”. En este apartado se muestran dos imágenes de la distribución obtenida en los planos.

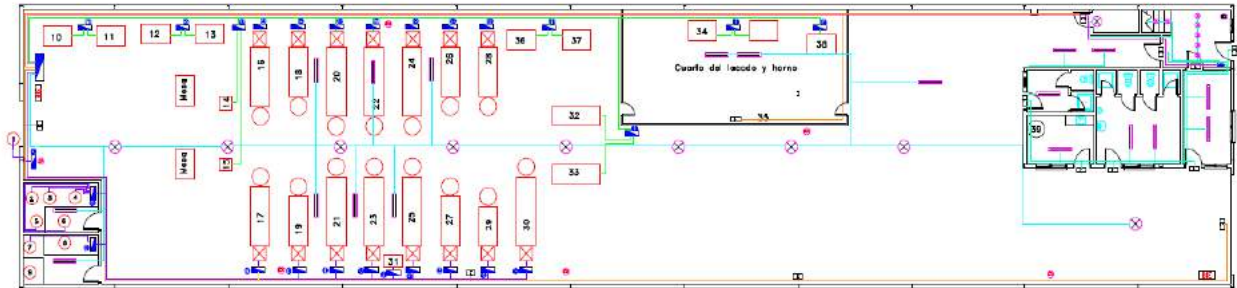


Imagen 2 Planta baja

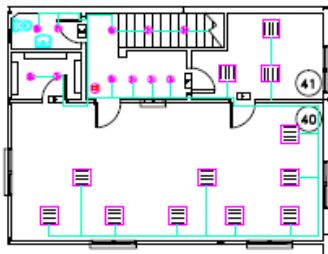


Imagen 3 Oficinas, primera planta

9.3. Conductores

Los conductores que se utilizan en la instalación interior son de cobre y aislados. La tensión asignada es de 450/750 V. La sección de los conductores a utilizar se calcula de forma que la caída de tensión no supere el 4,5 % para alumbrado y el 6,5 % para los demás usos.

Los cálculos de la sección de los conductores se realizan de tres maneras:

- Utilizando un programa comercial (DMELECT)
- Programando una hoja Excel para el cálculo de la intensidad de cada línea y comprobando la sección necesaria dada en las tablas de la norma UNE 20.460-5-523.
- Manualmente, se elige una línea desde la derivación individual hasta su receptor y se dimensiona parte por parte.

En el ANEXO de cálculos aparece el dimensionado manual de la línea escogida y a continuación unas tablas donde se resume el dimensionado de toda la instalación, calculada con el programa comercial comprobando los resultados con la hoja Excel.

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

Sección conductores fase (mm²)

$S_f \leq 16$
 $16 < S_f \leq 35$
 $S_f > 35$

Sección conductores protección (mm²)

S_f
16
 $S_f/2$

NOTA: Cuando hay presencia de cargas no lineales que puedan inyectar armónicos en la red, la norma dicta que la sección del conductor del neutro debe ser igual que la sección de la fase. En el caso de esta instalación se va a realizar un estudio de armónicos en el ANEXO IV, donde se compensarán estas corrientes armónicas, además de conectar estas cargas no lineales (rectificadores) de manera que las líneas están equilibradas para la eliminación del tercer armónico por tanto no es necesario el cumplimiento de esta norma.

9.4. Identificación de los conductores.

Se tendrá en cuenta la Instrucción MI BT 023, apartado 6.3, en relación con la identificación de los conductores, que en nuestro caso, serán:

Conductores de fase: Negro, marrón o gris.

Conductores de protección: Doble color amarillo verde.

Conductor de neutro: Azul claro.

9.5. Subdivisión de la instalación

Como se ha detallado en el punto 9.1, la instalación se ha dividido instalación se divide en varios circuitos con la finalidad de:

- Evitar interrupciones de todo el circuito y, por tanto, la parada de todo el proceso industrial, además de limitar las consecuencias de un fallo.
- Facilitar verificaciones además de poder realizar ensayos y mantenimientos únicamente en cierta parte de la instalación.
- Evitar los riesgos que resultan del fallo de un solo circuito. Si el alumbrado está en un único circuito al fallar éste, se quedaría sin luz toda la nave, en cambio, al subdividirse, solo se quedaría sin iluminación la zona correspondiente al circuito que ha fallado.

9.6. Canalizaciones

9.6.1. Canalizaciones fijas

Las canalizaciones se realizan con conductores aislados, colocados en tubos fijados de forma superficial en las paredes o techos, o empotrados en obra.

Los tubos son aislantes rígidos normales. Estos tubos son estancos y no propagadores de la llama, y soportan una temperatura de 60º C, sin deformación alguna.

El diámetro interior de los tubos es el que se señala en las Tablas de la Instrucción MI BT 019 y se han calculado en función del número, clase y sección de conductores que han de alojar, según el sistema de instalación y clase de tubos.

Los tubos se ensamblan entre sí en caliente, recubriendo el empalme con cola, de forma que se asegura la continuidad de la protección que proporcionan a los conductores.

9.6.2. Canalizaciones móviles.

Se realizan con conductores aislados sin fijación alguna, bajo tubo utilizando conductores de cobre electrolítico de coeficiente de conductividad de $56 \text{ m}^{-1}\Omega^{-1}$, con aislamiento de doble capa y cubierta exterior.

El tubo contendrá, además de los conductores activos, un conductor de tierra claramente identificable. Su conexión a la fuente de suministro se realiza mediante tomas de corriente o cajas terminales adecuadas.

9.7. Resistencia de aislamiento y rigidez dieléctrica.

Las instalación presenta una resistencia de aislamiento $\geq 0,25 \text{ M}\Omega$ como se indica en la tabla siguiente sacada del ITC CBT-19 (Tabla3):

<u>Tensión nominal instalación</u>	<u>Tensión ensayo CC (V)</u>	<u>Resistencia de aislamiento (MΩ)</u>
MBTS o MBTP	250	$\geq 0,25$
$\leq 500 \text{ V}$	500	$\geq 0,50$
$> 500 \text{ V}$	1000	$\geq 1,00$

9.8. Líneas de distribución y canalizaciones.

Con todo lo expuesto anteriormente la instalación queda subdividida en los 5 circuitos principales ya comentados y que ahora se definen en la siguiente tabla junto con las líneas de los cuadros que alimentan:

Denominación	P.Cálculo (W)	Dist.Cálc (m)	Sección (mm²)	I.Cálculo (A)	I.Admi. (A)	C.T.Parc. (%)	C.T.Total (%)	Canaliz. (mmø)
ACOMETIDA	143764.3	10	3x120/70+TTx70Cu	259.39	280	0.08	0.16	
LINEA GENERAL ALIMENT.	143764.3	5	3x120/70+TTx70Cu	259.39	280	0.08	0.16	
DERIVACION IND.	143764.3	5	3x120/70+TTx70Cu	259.39	280	0.08	0.16	
LINEA OFICINA	14102	0.3	4x16Cu	25.44	66	0	0.17	
CS OFICINA	14102	86	4x16+TTx16Cu	25.44	59	0.94	1.11	40
AL EMERG	60	0.3	2x1.5Cu	0.33	16.5	0	0.17	
AL EMERG NAVE	60	84	2x1.5+TTx1.5Cu	0.26	16.5	0.25	0.41	16
AL NAVE	5050	0.3	2x6Cu	27.45	40	0.02	0.2	
AL NAVE 1	3600	85	2x6+TTx6Cu	15.65	36	3.82	4.02	25
AL NAVE 2	1450	85	2x2.5+TTx2.5Cu	6.3	21	3.65	3.86	20

LINEA F.M.1	73009.45	0.3	4x70Cu	131.73	160	0	0.17	
CS1	11280	7	4x6+TTx6Cu	20.35	32	0.17	0.34	25
CS2	1412	13	4x2.5+TTx2.5Cu	2.55	18.5	0.09	0.26	20
CS3	6000	16	4x4+TTx4Cu	10.83	24	0.3	0.47	25
CS4	6000	17	4x10+TTx10Cu	10.83	44	0.12	0.29	32
CS5	4830	19.5	4x6+TTx6Cu	8.71	32	0.19	0.36	25
CS6	15230	22	4x16+TTx16Cu	27.48	59	0.26	0.43	40
CS7	15230	24.5	4x16+TTx16Cu	27.48	59	0.29	0.46	40
CS8	18230	27	4x16+TTx16Cu	32.89	59	0.39	0.55	40
CS9	4830	29	4x6+TTx6Cu	8.71	32	0.29	0.45	25
CS10	4830	31	4x6+TTx6Cu	8.71	32	0.31	0.47	25
CS11	1288	35	4x2.5+TTx2.5Cu	2.32	18.5	0.22	0.39	20
CS 12	16472	40	4x6+TTx6Cu	29.72	32	1.46	1.63	25
CS 13	5144.64	47	4x2.5+TTx2.5Cu	9.28	18.5	1.21	1.37	20
CS14	4600	53	4x2.5+TTx2.5Cu	8.3	18.5	1.21	1.38	20
LINEA F.M. 2	59279.04	0.3	4x50Cu	106.96	125	0	0.17	
CS15	6385.6	13.5	4x4+TTx4Cu	11.52	24	0.27	0.44	25
CS16	1840	29	4x2.5+TTx2.5Cu	3.32	18.5	0.26	0.43	20
CS17	6000	29	4x10+TTx10Cu	10.83	44	0.21	0.38	32
CS18	4830	32	4x6+TTx6Cu	8.71	32	0.32	0.48	25
CS19	15230	34.5	4x16+TTx16Cu	27.48	59	0.41	0.58	40
CS20	15230	37	4x16+TTx16Cu	27.48	59	0.44	0.61	40
CS21	100	38.5	4x2.5+TTx2.5Cu	0.18	18.5	0.02	0.19	20
CS22	18230	40	4x16+TTx16Cu	32.89	59	0.57	0.74	40
CS23	2330	42.5	4x2.5+TTx2.5Cu	4.2	18.5	0.48	0.65	20
CS24	11000	45	4x16+TTx16Cu	19.85	59	0.38	0.55	40
CS25	5430	47.5	4x6+TTx6Cu	9.8	32	0.53	0.7	25
CS26	5060	6.5	4x2.5+TTx2.5Cu	9.13	18.5	0.16	0.33	20

Tabla 1 Líneas de distribución

10. PROTECCIÓN DE LA INSTALACIÓN

10.1. Protección contra sobreintensidades

Todo circuito está protegido contra las diversas sobreintensidades que puedan darse, interrumpiendo el funcionamiento del circuito en un tiempo que garantice que no se produzcan daños en los cables y en las uniones.

Algunas causas de la aparición de sobreintensidades son:

- Sobrecargas debidas a los aparatos de utilización o defectos de aislamiento de gran impedancia.
- Cortocircuitos.
- Descargas eléctricas atmosféricas.

La norma UNE-HD 60364-5-52 recoge todos los aspectos requeridos para los dispositivos de protección.

Protección contra sobrecargas:

El límite de intensidad de corriente admisible en un conductor queda garantizado por el dispositivo de protección utilizado.

El dispositivo de protección que se utiliza en la instalación es el interruptor automático de corte omnipolar con curva térmica tipo C y de capacidad de corte dependiendo de la intensidad de la línea donde se instale.

En el anexo de planos se definen los dispositivos de protección utilizados para cada línea, en este caso se define cada interruptor automático con su poder de corte como se muestra en la siguiente imagen.

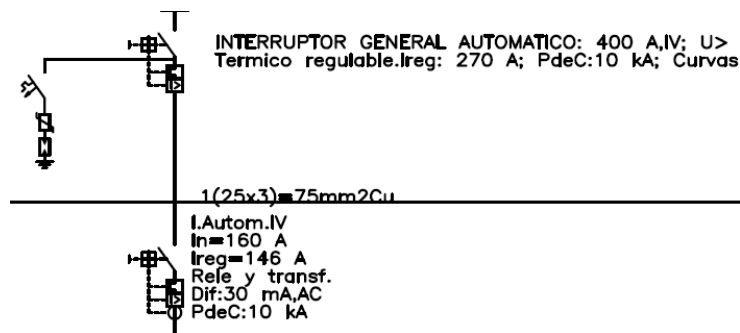


Imagen 4 Interruptor Automático de la instalación

Protección contra cortocircuitos:

Los dispositivos se han seleccionado de acuerdo con la norma UNE EN 60909 de forma que se garantiza la desconexión del circuito en un tiempo suficientemente corto para asegurar calentamientos en los cables inferiores a los admisibles, cualquiera que sea el punto en que se produzca el cortocircuito.

Al inicio de todo circuito se instala un dispositivo de protección contra cortocircuitos cuya capacidad de corte está de acuerdo con la intensidad de cortocircuito que se presenta en el punto de su conexión.

Cuando se trata de circuitos derivados de uno principal, cada uno de estos circuitos derivados dispone de protección contra sobrecargas, de manera que se instala un solo dispositivo de protección contra cortocircuitos en el circuito principal que asegura la protección de todos los circuitos derivados.

Se utilizan como dispositivos de protección contra cortocircuitos los fusibles calibrados de características de funcionamiento adecuadas según las corrientes de cortocircuito de cada línea y los interruptores automáticos con sistema de corte omnipolar.

10.2. Protección contra sobretensiones.

10.2.1. Categorías de las sobretensiones.

En primer lugar se debe clasificar la instalación diseñada dentro de las cuatro categorías existentes en la normativa para el conocer los límites de la tensión soportada a impulsos que no debe

sobrepasar la instalación para, posteriormente, diseñar correctamente el dispositivo de protección frente a sobretensiones que debemos instalar.

Se distinguen 4 categorías diferentes, indicando en cada caso el nivel de tensión soportada a impulsos, en kV, según la tensión nominal de la instalación:

<u>Tensión nominal instalación</u>		<u>Tensión soportada a impulsos 1,2/50 (kV)</u>			
<u>Sistemas III</u>	<u>Sistemas II</u>	<u>Categoría IV</u>	<u>Categoría III</u>	<u>Categoría II</u>	<u>Categoría I</u>
230/400	230	6	4	2,5	1,5
400/690 1000		8	6	4	2,5

Esta instalación se clasifica como Categoría III:

- ***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 (armarios de distribución, embarrados, apartamentas: interruptores, seccionadores, tomas de corriente, etc, canalizaciones y sus accesorios: cables, caja de derivación, etc, motores con conexión eléctrica fija: ascensores, máquinas industriales, etc.

De manera que la tensión soportada a impulsos en la instalación a diseñar es de 4kV.

10.2.2. Medidas para el control de las sobretensiones.

Según el Reglamento de baja tensión, la instalación se considera en situación controlada , ya que se instalan estos dispositivos para mejorar la seguridad de la instalación:

- Se considera situación controlada aquella situación natural en que es conveniente incluir dispositivos de protección para una mayor seguridad (continuidad de servicio, valor económico de los equipos, pérdidas irreparables, etc.).

Los dispositivos de protección contra sobretensiones de origen atmosférico se seleccionan de forma que su nivel de protección sea inferior a la tensión soportada a impulso de la categoría de los equipos y materiales que se prevé que se vayan a instalar.

El descargador instalado en el origen de la instalación tiene un nivel de protección de 3,5kV con I_{max} de 40kA, acompañado de un interruptor automático de 40 A, curva C y con corriente máxima de descarga también de 40 kA.

Los descargadores se conectan entre cada uno de los conductores, incluyendo el neutro o compensador y la tierra de la instalación.

10.3. Protección contra contactos directos e indirectos.

10.3.1. Protección contra contactos directos.

Protección con barreras o envoltentes.

En las máquinas de la instalación queda definido, en su placa de características, el grado de protección que posee y éste debe adecuarse a la norma UNE20.324. Normalmente el fabricante de estos equipos ya ha adecuado el grado de protección a la norma y las partes activas de las máquinas están bien aisladas para impedir el contacto directo.

Solo será posible acceder a las partes activas de este modo:

- Con la ayuda de una llave o de una herramienta.
- Después de quitar la tensión de las partes activas protegidas, no pudiendo ser restablecida la tensión hasta después de volver a colocar las barreras o envoltentes.
- Si hay interpuesta una segunda barrera con el grado de protección adecuado que no pueda ser quitada más que con la ayuda de una herramienta y que impida todo contacto con las partes activas.

10.3.2. Protección contra contactos indirectos.

El sistema de protección contra contactos indirectos que se utiliza es el de “Puesta a Tierra de las masas y dispositivos de corte por intensidad de defecto” (MIE BT 021, punto 2.7, condición b),

La protección contra contactos indirectos se efectúa mediante interruptores diferenciales, instalados en el origen de cada circuito principal y en los cuadros secundarios como se puede ver en los planos del diagrama unifilar.

Además se realiza un buen diseño de la puesta a tierra, descrito en el siguiente apartado.

11. PUESTA A TIERRA DE LAS MASAS DE BAJA TENSIÓN

Se dispone una toma de tierra para unir eléctricamente a ella las masas de los receptores y enchufes. A esta toma también se conectarán las armaduras y fundas metálicas de los cables aunque estén protegidos por una cubierta exterior no metálica.

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

El valor de resistencia de tierra será tal que cualquier masa no pueda dar lugar a tensiones de contacto permanentes superiores a 50V.

Conocido este valor y dado que el esquema de protección adoptada contra contactos indirectos es del tipo TT, según la instrucción ITC-BT-24, apartado 4.1.2 y que los relés diferenciales empleados tienen una sensibilidad mínima de 300mA, nos impone una resistencia a tierra, de valor:

$$R \ll \frac{50}{I_s} = \frac{50}{0,3} = 166,67$$

Siendo:

I_s = Valor de la sensibilidad del interruptor diferencial a emplear en amperios, que en este caso es de 300 Miliamperios = 0,3.

Como indica el ITC-BT-26, para la instalación de la puesta a tierra de la planta industrial se utilizará un cable de cobre desnudo de 75 mm². Este cable estará colocado por todo el perímetro de la planta en las zanjas de la cimentación y la profundidad no debe ser mayor de 0,5 m.

No es necesaria la utilización de picas ya que el perímetro de la planta es superior a 67m y el terreno de Valencia se considera arena arcillosa, como se indica en la tabla A de la GUÍA-BT-26.

Para el cálculo del cable enterrado, aplicaremos la fórmula:

$$R = \frac{2 \rho}{L} = \frac{2 \cdot 200}{140} = 2,86 \Omega$$

Con la utilización del cable desnudo enterrado la instalación de tierra queda correctamente diseñada.

Se debe tener en cuenta que las tomas de tierra se instalan del mismo tipo que las fases de los conductores y la sección de los conductores de tierra están en función de las secciones de los conductores de fases, según ITC BT 18.

Tabla 2. Relación entre las secciones de los conductores de protección y los de fase

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

La instalación de puesta a tierra con el conductor desnudo se puede ver gráficamente en el último plano del documento nº5.

12. RECEPTORES DE ALUMBRADO

Los receptores de alumbrado instalados en la nave industrial son los siguientes:

- 8 lámparas fluorescentes de 65 W.....520 W
- 48 lámparas fluorescentes de 40 W.....1.920 W
- 18 lámparas halógenas de 80 W.....1.440 W
- 16 luminarias de emergencia de 12 W..... 192 W

En el plano de distribución en planta de las líneas, adjunto en el anexo de planos, se indica la ubicación de cada uno de los elementos citados.

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

Se dedica especial atención en las condiciones siguientes:

- La masa de las luminarias suspendida de cables flexibles no excede de 5 kg. Los conductores, que soportan este peso, no presentan empalmes intermedios y el esfuerzo se realiza sobre un elemento distinto del borne de conexión.
- Las partes metálicas accesibles de las luminarias tienen un elemento de conexión para su puesta a tierra, que va conectado de manera fiable y permanente al conductor de protección del circuito.
- En el caso de los receptores con lámparas de descarga, se compensa el factor de potencia hasta un valor de 0,95 utilizando condensadores individuales en cada lámpara.
- Se instala alumbrado de emergencia y señalización constituido por aparatos autónomos de 1 hora de duración.

13. RECEPTORES A MOTOR.

Los motores que forman parte de la instalación se describen en el punto 6 de esta memoria, (Programa de necesidades) en la tabla donde se describen los elementos de fuerza motriz de la instalación.

Los motores se instalan de manera segura, de tal manera que la aproximación a sus partes en movimiento no pueda causar ningún tipo de accidente.

Los conductores que alimentan a un solo motor están dimensionados para una intensidad del 125 % de la intensidad a plena carga del motor como se indica en el ITC-BT-47. En caso de que un conductor alimente más de un motor se dimensionará multiplicando solo por 1,25 la intensidad nominal del motor con más potencia y el resto con su intensidad nominal directamente.

Los motores están protegidos contra cortocircuitos y contra sobrecargas en todas sus fases. En el caso de motores con arrancador estrella-triángulo, se asegurara la protección, tanto para la conexión en estrella como en triángulo.

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

14. CONSIDERACIONES FINALES DE LA INSTALACIÓN

Con todo lo dispuesto a lo largo de esta memoria y la información detallada en los planos y anexos, queda perfectamente definida la instalación eléctrica que se va a ejecutar. La instalación se ha diseñado siguiendo correctamente la normativa vigente e intentando, dentro de lo posible, abaratar los costes de la misma.

A continuación se adjuntan cuatro anexos en los que se detallan los cálculos que justifican las soluciones constructivas descritas en la memoria. Hay que destacar que se incluye un anexo específico dedicados al análisis de las posibles perturbaciones armónicas, tema habitualmente no tratado en los proyectos profesionales.

ANEXO I: CÁLCULOS DEL DIMENSIONADO DE LAS LÍNEAS

ÍNDICE

1. OBJETIVO	25
2. METODOLOGÍA	25
3. DIMENSIONADO DE UNA LÍNEA	25
3.1. Selección de la línea	25
3.2. Descripción de las partes de la línea	25
3.3. Condiciones a seguir para el dimensionado de una línea.	26
3.4. Cálculo del dimensionado de la línea	28
4. RESULTADO DEL DIMENSIONADO DE LAS LINEAS DE LA INSTALCION	31
4.1. Cuadro principal	31
4.2. Cuadros secundarios	32

CÁLCULOS DE LA INSTALCIÓN

1. OBJETIVO

El objetivo de este documento es realizar una justificación analítica de los resultados obtenidos en la instalación.

2. METODOLOGÍA

En primer lugar, en este documento se selecciona una línea desde la derivación individual hasta la máquina receptora y se calcula su sección manualmente, asumiendo los dos criterios (criterio de calentamiento y de caída de tensión), para conocer el proceso a seguir para el dimensionado de las líneas.

El cálculo de la instalación se ha realizado con un programa comercial llamado DMELECT, una vez se define el diagrama unifilar con la distribución de todas las líneas, las canalizaciones, las protecciones y las agrupaciones necesarias, el programa te realiza un cálculo de la sección de cada línea junto con el cálculo de sus respectivas protecciones.

Una vez realizado el cálculo de la instalación con el programa DMELECT, se ha comprobado que los resultados son correctos por medio de una hoja Excel donde se calculaba una a una la sección de todas las líneas tanto por el criterio de calentamiento, con ayuda de las tablas de la norma UNE 60364-523, como por el criterio de caída de tensión, que para nuestra instalación se debe cumplir un máximo del 4,5% para alumbrado y un 6,5% para el resto de usos.

3. DIMENSIONADO DE UNA LÍNEA

3.1. Selección de la línea

La línea que se va a dimensionar es la línea que parte desde la derivación individual (línea incluida) hasta el motor de la máquina 24.

3.2. Descripción de las partes de la línea

Esta línea consta de 5 partes y todas son trifásicas:

-Derivación individual

Esta línea tiene una longitud de 5 metros, debe soportar la potencia total de la instalación (143764,3W) y la línea es de conductores unipolares sobre pared (canalización tipo C).

-Línea F.M.1

La longitud de esta línea es de 0,3 m, es la línea que agrupa todos los cuadros secundarios al cuadro general. La potencia que debe soportar esta línea es de 73009,45W ya que contiene la mitad de las máquinas de la instalación (cuadros secundarios del 1-14). Se considera conductor unipolar sobre pared (canalización tipo C).

-Línea CS8 (Cuadro secundario 8)

Es la línea que une el cuadro general con el cuadro secundario y mide 27 metros. La potencia que debe soportar es la potencia de la máquina 24 (18230 W). La línea va en tubo por la superficie (canalización tipo B1)

-Línea MÁQ 24.3

Esta línea conecta el motor de la máquina 24 con el cuadro secundario 8 y mide 1 metro, soporta tan solo la potencia del motor (184W) y su canalización es un tubo de PVC (Tipo B1)

Para el cálculo de la potencia de cada línea, se han tenido en cuenta los motores que alimenta, multiplicando por 1,25 su intensidad nominal como exige el reglamento (ITC BT-47).

$$I_B = 1,25 \cdot I_{max} + \sum_{i=2}^n I_i$$

3.3. Condiciones a seguir para el dimensionado de una línea.

Para el dimensionado de las líneas se debe seguir con las normas del reglamento electrotécnico ITCBT-19 (para instalaciones interiores) donde se hace referencia a la norma UNE 20-460-5-523-2004 aplicada a cables aislados de tensión nominal de aislamiento de hasta 1000 V.

El criterio de calentamiento es el siguiente:

$$I_B, K \rightarrow I_B/K \rightarrow Tablas(S_1) \rightarrow I_{Tb} > I_B/K$$

$$I_z = I_{Tb} \cdot K$$

Siendo:

I_B : la intensidad de diseño.

K : el coeficiente corrector según las condiciones de instalación conductor.

I_{Tb} : es la intensidad que aparece en tablas de la Norma UNE 20-460-5-523-2004 para las condiciones tipo de la instalación.

I_z : es la intensidad admisible en el conductor en las condiciones en que se instala.

Todas las líneas llevan conductor de protección que se calcula según el ITC BT-18 donde se impone el siguiente criterio para seleccionar su sección (ya comentado en la memoria descriptiva).

Sección conductores fase (mm²)

$S_f \leq 16$
 $16 < S_f \leq 35$
 $S_f > 35$

Sección conductores protección (mm²)

S_f
 16
 $S_f/2$

El cálculo de la sección de los conductores de fase se realizará por medio de las diferentes tablas facilitadas en la norma, a continuación se añade la *tabla A52-1* donde se puede ver claramente el método de selección de la dimensión de los conductores.

Según el material del aislamiento y el número de conductores, conociendo la intensidad de diseño de la línea, obtenemos la sección del cable.

Tabla 52-B1 y A.52-1 bis. (UNE 20460-5-523:2004)










Instalación de referencia	Tabla y columna				
	Intensidad admisible para los circuitos simples				
	Aislamiento PVC	Aislamiento XLPE-EPR		Número de conductores	
	2	3	2	3	
	AI	columna 4	columna 3	columna 7	columna 6
	A2	columna 3	columna 2	columna 6	columna 5
	B1	columna 6	columna 5	columna 10	columna 8
	B2	columna 5	columna 4	columna 8	columna 7
	C	columna 8	columna 6	columna 11	columna 9
	D	columna 3	columna 4	columna 5	columna 6
	E	columna 9	columna 7	columna 12	columna 10
	F	columna 10	columna 8	columna 13	columna 11
	G	—	Ver UNE 20460-5-523	—	Ver UNE 20460-5-523
XLPE: Polietileno reticulado (90 °) • EPR: Eileno-propileno (90 °) • PVC: Policloruro de vinilo (70 °)					
www.tuveras.com					

Imagen 5 Tablas para obtener la sección del conductor (UNE 20460-5-523:2004)

Para los cálculos de la caída de tensión se usa la siguiente expresión:

$$\Delta U(\%) = \frac{100 \cdot \sqrt{3} \cdot I \cdot (R \cdot \cos\varphi + X \cdot \sin\varphi)}{400}$$

El valor de la resistencia de la línea se obtiene de $R = \rho \cdot \frac{L}{n \cdot S}$

Siendo:

n = número de conductores por fase.

ρ = resistividad a 90 °C (porque es el caso más desfavorable) = $0,022 \text{ mm}^2 \cdot \frac{\Omega}{m}$

S = sección.

L = longitud.

El valor de reactancia de las líneas (en mΩ) es: $X = x' L$

Donde:

x' toma el valor de 0,08 mΩ/m en cables tripolares.

L = longitud de la línea (en metros).

El valor de la caída de tensión en la línea a dimensionar no debe superar el 6,5% ya que es una línea de motor.

3.4. Cálculo del dimensionado de la línea

3.4.1. Criterio por calentamiento

Línea de derivación individual

$$I_B = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos\varphi \cdot \eta} = \frac{143764,3}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0,8 \cdot 0,99} = 262 \text{ A}$$

Como no existe unión de más de un conductor por línea o canalización para toda la línea el coeficiente de agrupación (k) es 1.

Entrando en la tabla A52-1, canalización tipo C y aislamiento XLPE 3, se obtiene:

$$S = 120 \text{ mm}^2 \rightarrow I_{adm} = 280 \text{ A} \rightarrow I_z = 280 \text{ A} > I_B$$

Quedando finalmente, tres fases de 120 mm² cada una, más el conductor de protección de 70 mm²:

3 x 120 mm² + TT 70 mm²

Línea F.M.1

$$I_B = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos\varphi \cdot \eta} = \frac{73009,45}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0,8 \cdot 0,99} = 133,056 \text{ A}$$

Entrando en la tabla A52-1, canalización tipo C y aislamiento PVC 3, se obtiene:

$$S = 50 \text{ mm}^2 \rightarrow I_{adm} = 160 \text{ A} \rightarrow I_z = 160 \text{ A} > I_B$$

Finalmente queda, tres fases y neutro de 70 mm² cada una, como se trata de una línea de agrupación no lleva conductor de protección ya que está en el cuadro general el cual se encuentra ya protegido.

4 x 70 mm²

Línea CS8

$$I_B = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos\varphi \cdot \eta} = \frac{18230}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0,8 \cdot 0,99} = 33,22 \text{ A}$$

Al tratarse de una línea que alimenta un motor la intensidad admisible será:

$$I_{adm} = 1,25 \cdot 33,22 = 41,525 \text{ A}$$

TABLA A52-1 → Canalización tipo B1 y aislamiento XLPE 3, se obtiene:

$$S = 16 \text{ mm}^2 \rightarrow I_{adm} = 59 \text{ A} \rightarrow I_z = 59 \text{ A} > I_B$$

Quedando, tres fases y neutro de 6 mm² cada una, más el conductor de protección de 6 mm².

4 x 16 mm² + TT 16 mm²

Línea MAQUINA 24.3

$$I_B = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos\varphi \cdot \eta} = \frac{230}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0,8 \cdot 0,99} = 0,42 \text{ A}$$

$$I_{adm} = 1,25 \cdot 0,42 = 0,525 \text{ A}$$

TABLA A52-1 → Canalización tipo B1 y aislamiento PVC 3, se obtiene:

$$S = 2,5 \text{ mm}^2 \rightarrow I_{adm} = 18,5 \text{ A} \rightarrow I_z = 18,5 \text{ A} > I_B$$

Quedando finalmente, tres fases 2,5 mm² cada una, más el conductor de protección de 2,5 mm². Al ser línea de motor, no es necesario que lleve neutro.

3 x 2,5 mm² + TT 2,5 mm²

NOTA: Este es el criterio de calentamiento, como se observa en el dimensionado no se tiene en cuenta la longitud de la línea, por tanto debemos comprobar que también cumple el criterio de caída de tensión.

3.4.2.Criterio por caída de tensión

Línea de derivación individual

$$R = \rho \cdot \frac{L}{n \cdot S} = 0,022 \cdot \frac{5}{120} = 0,916 \text{ m}\Omega$$

$$X = 0,08 \cdot 5 = 0,4 \text{ m}\Omega$$

$$\Delta U(\%) = \frac{100 \cdot \sqrt{3} \cdot I \cdot (R \cdot \cos\varphi + X \cdot \sin\varphi)}{400} = \frac{100 \cdot \sqrt{3} \cdot 262 \cdot (0,916 \cdot 0,8 + 0,4 \cdot 0,6) \cdot 10^{-3}}{400} = 0,11$$

La caída de tensión en la derivación individual es de 0,11% muy inferior al límite exigido.

Línea F.M.1

$$R = \rho \cdot \frac{L}{n \cdot S} = 0,022 \cdot \frac{0,3}{70} = 0,09428 \text{ m}\Omega$$

$$X = 0,08 \cdot 0,3 = 0,024 \text{ m}\Omega$$

$$\Delta U(\%) = \frac{100 \cdot \sqrt{3} \cdot I \cdot (R \cdot \cos\varphi + X \cdot \sin\varphi)}{400} = \frac{100 \cdot \sqrt{3} \cdot 133 \cdot (0,09428 \cdot 0,8 + 0,024 \cdot 0,6) \cdot 10^{-3}}{400} = 0,057$$

La caída de tensión en la línea de agrupación FM 1 es de 0,057% muy inferior al límite exigido.

Línea CS8

$$R = \rho \cdot \frac{L}{n \cdot S} = 0,022 \cdot \frac{27}{6} = 99 \text{ m}\Omega$$

$$X = 0,08 \cdot 27 = 2,16 \text{ m}\Omega$$

$$\Delta U(\%) = \frac{100 \cdot \sqrt{3} \cdot I \cdot (R \cdot \cos\varphi + X \cdot \sin\varphi)}{400} = \frac{100 \cdot \sqrt{3} \cdot 33,22 \cdot (99 \cdot 0,8 + 2,16 \cdot 0,6) \cdot 10^{-3}}{400} = 1,158$$

La caída de tensión en la línea CS8 es de 1,158% muy inferior al límite exigido a pesar de que es una línea larga y de sección reducida, la intensidad que la atraviesa tiene un valor reducido.

Línea Máquina 24.3

$$R = \rho \cdot \frac{L}{n \cdot S} = 0,022 \cdot \frac{1}{2,5} = 88 \text{ m}\Omega$$

$$X = 0,08 \cdot 1 = 0,08 \text{ m}\Omega$$

$$\Delta U(\%) = \frac{100 \cdot \sqrt{3} \cdot I \cdot (R \cdot \cos\varphi + X \cdot \sin\varphi)}{400} = \frac{100 \cdot \sqrt{3} \cdot 0,42 \cdot (88 \cdot 0,8 + 0,08 \cdot 0,6) \cdot 10^{-3}}{400} = 0,0128$$

La caída de tensión en la línea del motor de la Máquina 24 es de 0,0128%.

La caída de tensión total en la línea es la suma de las caídas de tensión de cada tramo, por tanto, la caída de tensión total de esta línea es:

$$\Delta U(\%)_{TOTAL} = 0,11 + 0,057 + 1,158 + 0,0128 = 1,338$$

Con todo esto, podemos concluir diciendo que la línea está correctamente diseñada tanto por sobrecalentamiento de cables como por caída de tensión.

A continuación se resumen los resultados, de todas las líneas de la instalación, obtenidos con el programa comercial DMELECT en diferentes tablas, por cuadros y subcuadros.

El programa funciona del siguiente modo; conociendo las longitudes de las líneas y las potencias de los consumos, creas el diagrama unifilar añadiendo las agrupaciones y los subcuadros que has diseñado anteriormente. Defines las características de las líneas, tipo de cable, canalización, la longitud, si es trifásica o monofásica, etc. Una vez introducidas las características de las líneas y las potencias de los consumos, el programa te realiza el cálculo de las secciones de las mismas y las protecciones de cada una de ellas. Hay que tener en cuenta que puedes seleccionar el tipo de protección a instalar, pero el programa te pone las protecciones básicas en caso de no definir las.

4. RESULTADO DEL DIMENSIONADO DE LAS LINEAS DE LA INSTALACION

4.1. Cuadro principal

Denominación	P.Cálculo (W)	Dist.Cálc (m)	Sección (mm²)	I.Cálculo (A)	I.Adm. (A)	C.T.Parc. (%)	C.T.Total (%)	Canaliz. (mmø)
ACOMETIDA	143764.3	10	3x120/70+TTx70Cu	259.39	280	0.08	0.16	
LINEA GENERAL ALIMENT.	143764.3	5	3x120/70+TTx70Cu	259.39	280	0.08	0.16	
DERIVACION IND.	143764.3	5	3x120/70+TTx70Cu	259.39	280	0.08	0.16	
LINEA OFICINA	14102	0.3	4x16Cu	25.44	66	0	0.17	
CS OFICINA	14102	86	4x16+TTx16Cu	25.44	59	0.94	1.11	40
AL EMERG	60	0.3	2x1.5Cu	0.33	16.5	0	0.17	
AL EMERG NAVE	60	84	2x1.5+TTx1.5Cu	0.26	16.5	0.25	0.41	16
AL NAVE	5050	0.3	2x6Cu	27.45	40	0.02	0.2	
AL NAVE 1	3600	85	2x6+TTx6Cu	15.65	36	3.82	4.02	25
AL NAVE 2	1450	85	2x2.5+TTx2.5Cu	6.3	21	3.65	3.86	20
LINEA F.M.1	73009.45	0.3	4x70Cu	131.73	160	0	0.17	
CS1	11280	7	4x6+TTx6Cu	20.35	32	0.17	0.34	25
CS2	1412	13	4x2.5+TTx2.5Cu	2.55	18.5	0.09	0.26	20
CS3	6000	16	4x4+TTx4Cu	10.83	24	0.3	0.47	25
CS4	6000	17	4x10+TTx10Cu	10.83	44	0.12	0.29	32
CS5	4830	19.5	4x6+TTx6Cu	8.71	32	0.19	0.36	25
CS6	15230	22	4x16+TTx16Cu	27.48	59	0.26	0.43	40
CS7	15230	24.5	4x16+TTx16Cu	27.48	59	0.29	0.46	40
CS8	18230	27	4x16+TTx16Cu	32.89	59	0.39	0.55	40
CS9	4830	29	4x6+TTx6Cu	8.71	32	0.29	0.45	25
CS10	4830	31	4x6+TTx6Cu	8.71	32	0.31	0.47	25
CS11	1288	35	4x2.5+TTx2.5Cu	2.32	18.5	0.22	0.39	20
CS 12	16472	40	4x6+TTx6Cu	29.72	32	1.46	1.63	25
CS 13	5144.64	47	4x2.5+TTx2.5Cu	9.28	18.5	1.21	1.37	20
CS14	4600	53	4x2.5+TTx2.5Cu	8.3	18.5	1.21	1.38	20
LINEA F.M. 2	59279.04	0.3	4x50Cu	106.96	125	0	0.17	
CS15	6385.6	13.5	4x4+TTx4Cu	11.52	24	0.27	0.44	25
CS16	1840	29	4x2.5+TTx2.5Cu	3.32	18.5	0.26	0.43	20
CS17	6000	29	4x10+TTx10Cu	10.83	44	0.21	0.38	32
CS18	4830	32	4x6+TTx6Cu	8.71	32	0.32	0.48	25

CS19	15230	34.5	4x16+TTx16Cu	27.48	59	0.41	0.58	40
CS20	15230	37	4x16+TTx16Cu	27.48	59	0.44	0.61	40
CS21	100	38.5	4x2.5+TTx2.5Cu	0.18	18.5	0.02	0.19	20
CS22	18230	40	4x16+TTx16Cu	32.89	59	0.57	0.74	40
CS23	2330	42.5	4x2.5+TTx2.5Cu	4.2	18.5	0.48	0.65	20
CS24	11000	45	4x16+TTx16Cu	19.85	59	0.38	0.55	40
CS25	5430	47.5	4x6+TTx6Cu	9.8	32	0.53	0.7	25
CS26	5060	6.5	4x2.5+TTx2.5Cu	9.13	18.5	0.16	0.33	20

4.2. Cuadros secundarios

Subcuadro CS OFICINA

Denominación	P.Cálculo (W)	Dist.Cálc. (m)	Sección (mm ²)	I.Cálculo (A)	I.Adm. (A)	C.T.Parc. (%)	C.T.Total (%)	Canaliz (mmø)
TC OFICINAS	11400	0.3	4x10Cu	20.57	50	0	1.11	
MAQ 40	7700	3	2x10+TTx10Cu	41.85	50	0.18	1.29	25
MAQ 41	2700	3	2x2.5+TTx2.5Cu	14.67	21	0.25	1.36	20
MAQ 39	1000	8	2x2.5+TTx2.5Cu	5.43	21	0.24	1.35	20
ALUMBRADO OFICINAS	2702	0.3	4x1.5Cu	4.88	15	0.01	1.11	
AL 1	520	15	2x1.5+TTx1.5Cu	2.26	15	0.38	1.5	16
AL 2	1920	10	2x1.5+TTx1.5Cu	8.35	15	0.97	2.08	16
AL 3	130	20	2x1.5+TTx1.5Cu	0.57	15	0.13	1.24	16
AL EMERG 1	72	15	2x1.5+TTx1.5Cu	0.31	15	0.05	1.17	16
AL EMERG 2	60	20	2x1.5+TTx1.5Cu	0.26	15	0.06	1.17	16

Subcuadro CS1

Denominación	P.Cálculo (W)	Dist.Cálc. (m)	Sección (mm ²)	I.Cálculo (A)	I.Adm. (A)	C.T.Parc. (%)	C.T.Total (%)	Canaliz (mmø)
MAQ 10	8280	0.1	4x4Cu	14.94	27	0	0.34	
MAQ 10 1	4600	1	3x2.5+TTx2.5Cu	8.3	18.5	0.02	0.36	20
MAQ 10 2	3680	1	3x2.5+TTx2.5Cu	6.64	18.5	0.02	0.36	20
MAQ 11	3000	0.1	4x4Cu	5.41	27	0	0.34	
MAQ 11	3000	1	2x4+TTx4Cu	16.3	27	0.06	0.39	20

Subcuadro CS2

Denominación	P.Cálculo (W)	Dist.Cálc. (m)	Sección (mm ²)	I.Cálculo (A)	I.Adm. (A)	C.T.Parc. (%)	C.T.Total (%)	Canaliz (mmø)
MAQ 12	400	0.3	4x2.5Cu	0.72	21	0	0.26	
MAQ 12	400	1	2x2.5+TTx2.5Cu	2.17	21	0.01	0.27	20
MAQ 13	1012	0.3	4x2.5Cu	1.83	21	0	0.26	
MAQ 13	1012	1	3x2.5+TTx2.5Cu	1.83	18.5	0	0.26	20

Subcuadro CS3

Denominación	P.Cálculo (W)	Dist.Cálc. (m)	Sección (mm ²)	I.Cálculo (A)	I.Adm. (A)	C.T.Parc. (%)	C.T.Total (%)	Canaliz (mmø)
MAQ 14	3000	0.3	4x4Cu	5.41	27	0	0.47	
MAQ 14	3000	5	2x4+TTx4Cu	16.3	27	0.29	0.76	20
MAQ 15	3000	0.3	4x4Cu	5.41	27	0	0.47	
MAQ 15	3000	10	2x4+TTx4Cu	16.3	27	0.57	1.04	20

Subcuadro CS4

Denominación	P.Cálculo (W)	Dist.Cálc. (m)	Sección (mm ²)	I.Cálculo (A)	I.Adm. (A)	C.T.Parc. (%)	C.T.Total (%)	Canaliz (mmø)
MAQ 16	6000	0.3	4x10Cu	10.83	50	0	0.3	
MAQ 16	6000	1	2x10+TTx10Cu	32.61	50	0.05	0.34	25

Subcuadro CS5

Denominación	P.Cálculo (W)	Dist.Cálc. (m)	Sección (mm ²)	I.Cálculo (A)	I.Adm. (A)	C.T.Parc. (%)	C.T.Total (%)	Canaliz (mmø)
MAQ 18	4830	0.3	4x6Cu	8.71	36	0	0.36	
MAQ 18 1	600	1	2x2.5+TTx2.5Cu	3.26	21	0.02	0.38	20
MAQ 18 2	4000	1	2x6+TTx6Cu	21.74	36	0.05	0.41	25
MAQ 18 3	230	1	3x2.5+TTx2.5Cu	0.41	18.5	0	0.36	20

Subcuadro CS6

Denominación	P.Cálculo (W)	Dist.Cálc. (m)	Sección (mm ²)	I.Cálculo (A)	I.Adm. (A)	C.T.Parc. (%)	C.T.Total (%)	Canaliz (mmø)
MAQ 20	15230	0.3	4x16Cu	27.48	66	0	0.43	
MAQ 20 1	6000	1	2x10+TTx10Cu	32.61	50	0.05	0.48	25
MAQ 20 2	9000	1	2x16+TTx16Cu	48.91	66	0.04	0.48	32
MAQ 20 3	230	1	3x2.5+TTx2.5Cu	0.41	18.5	0	0.43	20

Subcuadro CS7

Denominación	P.Cálculo (W)	Dist.Cálc. (m)	Sección (mm ²)	I.Cálculo (A)	I.Adm. (A)	C.T.Parc. (%)	C.T.Total (%)	Canaliz (mmø)
MAQ 22	15230	0.3	4x16Cu	27.48	66	0	0.46	
MAQ 22 1	6000	1	2x10+TTx10Cu	32.61	50	0.05	0.51	25
MAQ 22 2	9000	1	2x16+TTx16Cu	48.91	66	0.04	0.51	32
MAQ 22 3	230	1	3x2.5+TTx2.5Cu	0.41	18.5	0	0.46	20

Subcuadro CS8

Denominación	P.Cálculo (W)	Dist.Cálc. (m)	Sección (mm ²)	I.Cálculo (A)	I.Adm. (A)	C.T.Parc. (%)	C.T.Total (%)	Canaliz (mmø)
MAQ 24	18230	0.3	4x16Cu	32.89	66	0	0.56	
MAQ 24 1	9000	1	2x16+TTx16Cu	48.91	66	0.04	0.6	32
MAQ 24 2	9000	1	2x16+TTx16Cu	48.91	66	0.04	0.6	32
MAQ 24 3	230	1	3x2.5+TTx2.5Cu	0.41	18.5	0	0.56	20

Subcuadro CS9

Denominación	P.Cálculo (W)	Dist.Cálc. (m)	Sección (mm ²)	I.Cálculo (A)	I.Adm. (A)	C.T.Parc. (%)	C.T.Total (%)	Canaliz (mmø)
MAQ 26	4830	0.3	4x6Cu	8.71	36	0	0.46	
MAQ 26 1	600	1	2x2.5+TTx2.5Cu	3.26	21	0.02	0.48	20
MAQ 26 2	4000	1	2x6+TTx6Cu	21.74	36	0.05	0.51	25
MAQ 26 3	230	1	3x2.5+TTx2.5Cu	0.41	18.5	0	0.46	20

Subcuadro CS10

Denominación	P.Cálculo (W)	Dist.Cálc. (m)	Sección (mm ²)	I.Cálculo (A)	I.Adm. (A)	C.T.Parc. (%)	C.T.Total (%)	Canaliz (mmø)
MAQ 28	4830	0.3	4x6Cu	8.71	36	0	0.48	
MAQ 28. 1	600	1	2x2.5+TTx2.5Cu	3.26	21	0.02	0.49	20
MAQ 28.2	4000	1	2x6+TTx6Cu	21.74	36	0.05	0.53	25
MAQ 28.3	230	1	3x2.5+TTx2.5Cu	0.41	18.5	0	0.48	20

Subcuadro CS11

Denominación	P.Cálculo (W)	Dist.Cálc. (m)	Sección (mm ²)	I.Cálculo (A)	I.Adm. (A)	C.T.Parc. (%)	C.T.Total (%)	Canaliz (mmø)
MAQ 36 y 37	1288	0.3	4x2.5Cu	2.32	21	0	0.39	
MAQ 36	920	1	3x2.5+TTx2.5Cu	1.66	18.5	0	0.39	20
MAQ 37	460	1	3x2.5+TTx2.5Cu	0.83	18.5	0	0.39	20

Subcuadro CS 12

Denominación	P.Cálculo (W)	Dist.Cálc. (m)	Sección (mm ²)	I.Cálculo (A)	I.Adm. (A)	C.T.Parc. (%)	C.T.Total (%)	Canaliz (mmø)
MAQ 32	8236	0.3	4x6Cu	14.86	36	0.01	1.63	
MAQ 32 1	920	4	3x2.5+TTx2.5Cu	1.66	18.5	0.02	1.65	20
MAQ 32 2	7500	4	3x2.5+TTx2.5Cu	13.53	18.5	0.15	1.79	20
MAQ 33	8236	0.3	4x6Cu	14.86	36	0.01	1.63	
MAQ 33 1	920	4	3x2.5+TTx2.5Cu	1.66	18.5	0.02	1.65	20
MAQ 33 2	7500	4	3x2.5+TTx2.5Cu	13.53	18.5	0.15	1.79	20

Subcuadro CS 13

Denominación	P.Cálculo (W)	Dist.Cálc. (m)	Sección (mm²)	I.Cálculo (A)	I.Adm. (A)	C.T.Parc. (%)	C.T.Total (%)	Canaliz (mmø)
MAQ 34	2576	0.3	4x2.5Cu	4.65	21	0	1.38	
MAQ 34 1	1840	1	3x2.5+TTx2.5Cu	3.32	18.5	0.01	1.39	20
MAQ 34 2	736	1	3x2.5+TTx2.5Cu	1.33	18.5	0	1.38	20
MAQ 35	2936.64	0.3	4x2.5Cu	5.3	21	0	1.38	
MAQ 35 1	2760	1	3x2.5+TTx2.5Cu	4.98	18.5	0.01	1.39	20
MAQ 35 2	220.8	1	3x2.5+TTx2.5Cu	0.4	18.5	0	1.38	20

Subcuadro CS14

Denominación	P.Cálculo (W)	Dist.Cálc. (m)	Sección (mm²)	I.Cálculo (A)	I.Adm. (A)	C.T.Parc. (%)	C.T.Total (%)	Canaliz (mmø)
MAQ 38	4600	0.3	4x2.5Cu	8.3	21	0.01	1.38	
MAQ 38	4600	1	3x2.5+TTx2.5Cu	8.3	18.5	0.02	1.41	20

Subcuadro CS15

Denominación	P.Cálculo (W)	Dist.Cálc. (m)	Sección (mm²)	I.Cálculo (A)	I.Adm. (A)	C.T.Parc. (%)	C.T.Total (%)	Canaliz (mmø)
MAQ SECADO	6385.6	0.3	4x4Cu	11.52	27	0.01	0.44	
MAQ 2	460	4	3x2.5+TTx2.5Cu	0.83	18.5	0.01	0.45	20
MAQ 3	460	4	3x2.5+TTx2.5Cu	0.83	18.5	0.01	0.45	20
MAQ 4	1012	4	3x2.5+TTx2.5Cu	1.83	18.5	0.02	0.46	20
MAQ 5	3000	4	2x4+TTx4Cu	16.3	27	0.23	0.67	20
MAQ 6	1840	8	3x2.5+TTx2.5Cu	3.32	18.5	0.07	0.52	20

Subcuadro CS16

Denominación	P.Cálculo (W)	Dist.Cálc. (m)	Sección (mm²)	I.Cálculo (A)	I.Adm. (A)	C.T.Parc. (%)	C.T.Total (%)	Canaliz (mmø)
MAQ 7	1840	0.3	4x2.5Cu	3.32	21	0	0.43	
MAQ 7	1840	1	3x2.5+TTx2.5Cu	3.32	18.5	0.01	0.44	20

Subcuadro CS17

Denominación	P.Cálculo (W)	Dist.Cálc. (m)	Sección (mm²)	I.Cálculo (A)	I.Adm. (A)	C.T.Parc. (%)	C.T.Total (%)	Canaliz (mmø)
MAQ 17	6000	0.3	4x10Cu	10.83	50	0	0.38	
MAQ 17	6000	1	2x10+TTx10Cu	32.61	50	0.05	0.43	25

Subcuadro CS18

Denominación	P.Cálculo (W)	Dist.Cálc. (m)	Sección (mm ²)	I.Cálculo (A)	I.Adm. (A)	C.T.Parc. (%)	C.T.Total (%)	Canaliz (mmø)
MAQ 19	4830	0.3	4x6Cu	8.71	36	0	0.49	
MAQ 19.1	600	1	2x2.5+TTx2.5Cu	3.26	21	0.02	0.51	20
MAQ 19.2	4000	1	2x6+TTx6Cu	21.74	36	0.05	0.54	25
MAQ 19.3	230	1	3x2.5+TTx2.5Cu	0.41	18.5	0	0.49	20

Subcuadro CS19

Denominación	P.Cálculo (W)	Dist.Cálc. (m)	Sección (mm ²)	I.Cálculo (A)	I.Adm. (A)	C.T.Parc. (%)	C.T.Total (%)	Canaliz (mmø)
MAQ 21	15230	0.3	4x16Cu	27.48	66	0	0.58	
MAQ 21.1	6000	1	2x10+TTx10Cu	32.61	50	0.05	0.63	25
MAQ 21.2	9000	1	2x16+TTx16Cu	48.91	66	0.04	0.62	32
MAQ 21.3	230	1	3x2.5+TTx2.5Cu	0.41	18.5	0	0.58	20

Subcuadro CS20

Denominación	P.Cálculo (W)	Dist.Cálc. (m)	Sección (mm ²)	I.Cálculo (A)	I.Adm. (A)	C.T.Parc. (%)	C.T.Total (%)	Canaliz (mmø)
MAQ 23	15230	0.3	4x16Cu	27.48	66	0	0.61	
MAQ 23.1	6000	1	2x10+TTx10Cu	32.61	50	0.05	0.66	25
MAQ 23.2	9000	1	2x16+TTx16Cu	48.91	66	0.04	0.65	32
MAQ 23.3	230	1	3x2.5+TTx2.5Cu	0.41	18.5	0	0.61	20

Subcuadro CS21

Denominación	P.Cálculo (W)	Dist.Cálc. (m)	Sección (mm ²)	I.Cálculo (A)	I.Adm. (A)	C.T.Parc. (%)	C.T.Total (%)	Canaliz (mmø)
MAQ 31	100	0.3	4x2.5Cu	0.18	21	0	0.19	
MAQ 31	100	1	2x2.5+TTx2.5Cu	0.54	21	0	0.19	20

Subcuadro CS22

Denominación	P.Cálculo (W)	Dist.Cálc. (m)	Sección (mm ²)	I.Cálculo (A)	I.Adm. (A)	C.T.Parc. (%)	C.T.Total (%)	Canaliz (mmø)
MAQ 25	18230	0.3	4x16Cu	32.89	66	0	0.75	
MAQ 25.1	9000	1	2x16+TTx16Cu	48.91	66	0.04	0.79	32
MAQ 25.2	9000	1	2x16+TTx16Cu	48.91	66	0.04	0.79	32
MAQ 25.3	230	1	3x2.5+TTx2.5Cu	0.41	18.5	0	0.75	20

Subcuadro CS23

Denominación	P.Cálculo (W)	Dist.Cálc. (m)	Sección (mm ²)	I.Cálculo (A)	I.Adm. (A)	C.T.Parc. (%)	C.T.Total (%)	Canaliz (mmø)
MAQ 27	2330	0.3	4x2.5Cu	4.2	21	0	0.66	
MAQ 27.1	600	1	2x2.5+TTx2.5Cu	3.26	21	0.02	0.67	20
MAQ 27.2	1500	1	2x2.5+TTx2.5Cu	8.15	21	0.04	0.7	20
MAQ 27.3	230	1	3x2.5+TTx2.5Cu	0.41	18.5	0	0.66	20

Subcuadro CS24

Denominación	P.Cálculo (W)	Dist.Cálc. (m)	Sección (mm ²)	I.Cálculo (A)	I.Adm. (A)	C.T.Parc. (%)	C.T.Total (%)	Canaliz (mmø)
MAQ 29	11000	0.3	4x16Cu	19.85	66	0	0.55	
MAQ 29.1	9000	1	2x16+TTx16Cu	48.91	66	0.04	0.6	32
MAQ 29.2	2000	1	2x2.5+TTx2.5Cu	10.87	21	0.06	0.61	20

Subcuadro CS25

Denominación	P.Cálculo (W)	Dist.Cálc. (m)	Sección (mm ²)	I.Cálculo (A)	I.Adm. (A)	C.T.Parc. (%)	C.T.Total (%)	Canaliz (mmø)
MAQ 30	5430	0.3	4x6Cu	9.8	36	0	0.7	
MAQ 30.1	1200	1	2x2.5+TTx2.5Cu	6.52	21	0.04	0.74	20
MAQ 30.2	4000	1	2x6+TTx6Cu	21.74	36	0.05	0.75	25
MAQ 30.3	230	1	3x2.5+TTx2.5Cu	0.41	18.5	0	0.7	20

Subcuadro CS26

Denominación	P.Cálculo (W)	Dist.Cálc. (m)	Sección (mm ²)	I.Cálculo (A)	I.Adm. (A)	C.T.Parc. (%)	C.T.Total (%)	Canaliz (mmø)
MAQ 1	5060	0.3	4x2.5Cu	9.13	21	0.01	0.34	
MAQ 1	5060	6	3x2.5+TTx2.5Cu	9.13	18.5	0.15	0.49	20

ANEXO II: CÁLCULO DE CORRIENTES DE CORTOCIRCUITO

ÍNDICE

1. OBJETIVO	41
2. PROCEDIMIENTO PARA EL CÁLCULO DE CORRIENTES DE CORTOCIRCUITO.....	41
2.1. Cálculo de la corriente de cortocircuito máxima en el secundario del transformador	41
2.2. Cálculo de las corrientes de cortocircuito en la instalación	43
3. PROCEDIMIENTO PARA SELECCIONAR LAS PROTECCIONES CONTRA CORTOCIRCUITOS	44
3.1. Protección mediante fusibles	44
3.2. Protección mediante Interruptor automático.....	44
3.3. Selección de las protecciones para una línea.....	44
4. RESUMEN DE LAS PROTECCIONES DE LA INSTALACIÓN	46

CÁLCULOS DE CORRIENTE DE CORTOCIRUITO

1. OBJETIVO

Se ha realizado el cálculo de corrientes de cortocircuito de todas las líneas para poder instalar correctamente las protecciones. En este documento, a título de ejemplo, se va a realizar el cálculo detallado del circuito de alimentación completo de una de las cargas, en el que se explica el procedimiento de cálculo seguido para la determinación de las corrientes de cortocircuito y el procedimiento a seguir para seleccionar las protecciones contra cortocircuitos.

2. PROCEDIMIENTO PARA EL CÁLCULO DE CORRIENTES DE CORTOCIRUITO

2.1. Cálculo de la corriente de cortocircuito máxima en el secundario del transformador

En primer lugar se debe conocer la potencia del transformador:

Se suman las potencias activa y reactiva absorbidas de todos los elementos de la instalación y con ellas se obtiene la potencia aparente total de los consumos:

$$\left. \begin{aligned} P_{T,abs} &= \sum P_i = 146,33 kW \\ Q_{T,abs} &= \sum Q_i = 101,74 kVAr \end{aligned} \right\} S_{Trafo} = 178,22 kVA$$

La potencia del transformador se escoge de entre los valores normalizados más próximos 200-250 KVA. Se debe considerar un coeficiente de simultaneidad; si éste es bajo (<0.7) escogeríamos el valor inferior de 200 KVA. Si por el contrario se supone que todas las máquinas van a funcionar simultáneamente, se cogería el de 300 KVA.

En este caso se va a tomar el primer supuesto (200KVA), ya que el coeficiente de simultaneidad que se ha tomado para esta instalación es de 0,65.

Una vez conocemos los datos del transformador que se instala, procedemos al cálculo de las corrientes de cortocircuito en sus bornes:

Datos de la red:

Potencia de cortocircuito de la red:

$$S_k = 350 \text{ MVA}$$

Datos del transformador:

Se instala un transformador seco cuyas características son:

$S_n = 200 \text{ KVA}$
 $U_n = 400 \text{ V}$
 $\varepsilon_{cc} (\%) = 6$.

Se supone un $\varepsilon_{cc} (\%) = 1$, por lo que despreciaremos la resistencia de la línea frente a su reactancia.

Calculemos las corrientes de cortocircuito en bornes del transformador:

$Z_L \text{ (m}\Omega\text{)}$: Impedancia total hasta el pto. de cortocircuito.

$X_L \text{ (m}\Omega\text{)}$: Resistencia total hasta el pto. de cortocircuito.

$R_L \text{ (m}\Omega\text{)}$: Reactancia total hasta el pto. de cortocircuito.

$$Z_L = 1,1 \cdot \frac{U_n^2}{1000 \cdot S_k} = 1,1 \cdot \frac{400^2}{1000 \cdot 350} = 0,503 \text{ m}\Omega$$

$$X_L = 0,995 \cdot Z_L = 0,995 \cdot 0,503 = 0,5 \text{ m}\Omega$$

$$R_L = 0,1 \cdot X_L = 0,1 \cdot 0,5 = 0,05 \text{ m}\Omega$$

$Z_{CC} \text{ (m}\Omega\text{)}$: Impedancia de cortocircuito del transformador.

$R_{cc} \text{ (m}\Omega\text{)}$: Resistencia de cortocircuito del transformador.

$X_{cc} \text{ (m}\Omega\text{)}$: Reactancia de cortocircuito del transformador.

$$\varepsilon_{cc} = \sqrt{\varepsilon_{XCC}^2 + \varepsilon_{RCC}^2} \rightarrow \varepsilon_{XCC} = \sqrt{\varepsilon_{cc}^2 - \varepsilon_{RCC}^2} = \sqrt{6^2 - 1^2} = 5,916 \%$$

$$X_{cc} = \frac{\varepsilon_{XCC}(\%) \cdot U_{nt}^2}{100 \cdot S_{nt}} = \frac{5,916 \cdot 400^2}{100 \cdot 200} = 47,328 \text{ m}\Omega$$

$$R_{cc} = \frac{\varepsilon_{RCC}(\%) \cdot U_{nt}^2}{100 \cdot S_{nt}} = \frac{1 \cdot 400^2}{100 \cdot 200} = 8 \text{ m}\Omega \rightarrow \text{despreciable frente a la reactancia.}$$

$$Z_{CC} = \sqrt{R_{CC}^2 + X_{CC}^2} = \sqrt{8^2 + 47,328^2} = 48 \text{ m}\Omega$$

$$Z_K = Z_{total} = \sqrt{(R_L + R_{cc})^2 + (X_L + X_{CC})^2} = \sqrt{(0,05 + 8)^2 + (0,5 + 47,328)^2} = 48,5 \text{ m}\Omega$$

$$I_K = I_{PCC} = \frac{U}{\sqrt{3} \cdot Z_K} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 48,5} = 4,76 \text{ KA}$$

$$I_S = I_{PCC,MAX} = \sqrt{2} \cdot \chi \cdot I_K = 10,9 \text{ KA (*)}$$

(*) χ la obtenemos de la figura 13 del tema 6, página 234 del libro de Tecnología Eléctrica.

Sabiendo que:

$$\frac{R_K}{X_K} = \frac{8,05}{47,83} = 0,168 \rightarrow \chi = 1,62$$

2.2. Cálculo de las corrientes de cortocircuito en la instalación

En la tabla se representan los valores de las corrientes de cortocircuito permanente (I_k) desde el transformador al cuadro principal y del cuadro principal a cada uno de los cuadros secundarios.

Los cálculos se han realizado para valores de la resistencia a 90°C ($\rho_{90^\circ\text{C}} = 0,02198 \text{ mm}^2\Omega/\text{m}$), ya que cuando se presenta un cortocircuito, con los cables a la temperatura ambiente, éstos se calientan y aumenta mucho su temperatura, de modo que se ha estimado que 90°C es la temperatura media que pueden alcanzar .

Las columnas R y X, representan los valores parciales de cada línea, mientras las columnas ΣR y ΣX , dan los valores totales desde el origen de la instalación hasta el punto considerado, incluyendo el transformador.

Circuito	R(m Ω)	X(m Ω)	Z(m Ω)	ΣR (m Ω)	ΣX (m Ω)	Z_t (m Ω)	I_k (kA)
Trafo	8,05	47,83	48,50	8,05	47,83	48,50	4,762
Derivación	9,20	0,40	9,21	17,25	48,23	51,22	4,509
CS1	25,67	0,56	25,67	42,92	48,79	64,98	3,554
CS2	114,40	1,04	114,40	131,65	49,27	140,57	1,643
CS3	88,00	1,28	88,01	105,25	49,51	116,31	1,986
CS4	37,40	1,36	37,42	54,65	49,59	73,79	3,130
CS5	71,50	1,56	71,52	88,75	49,79	101,76	2,269
CS6	30,25	1,76	30,30	47,50	49,99	68,96	3,349
CS7	33,69	1,96	33,74	50,94	50,19	71,51	3,230
CS8	37,13	2,16	37,19	54,38	50,39	74,13	3,115
CS9	106,33	2,32	106,36	123,58	50,55	133,52	1,730
CS10	113,67	2,48	113,69	130,92	50,71	140,39	1,645
CS11	308,00	2,80	308,01	325,25	51,03	329,23	0,701
CS12	146,67	3,20	146,70	163,92	51,43	171,79	1,344
CS13	413,60	3,76	413,62	430,85	51,99	433,98	0,532
CS14	466,40	4,24	466,42	483,65	52,47	486,49	0,475
CS15	74,25	1,08	74,26	91,50	49,31	103,94	2,222
CS16	255,20	2,32	255,21	272,45	50,55	277,10	0,833
CS17	63,80	2,32	63,84	81,05	50,55	95,52	2,418
CS18	117,33	2,56	117,36	134,58	50,79	143,85	1,605
CS19	47,44	2,76	47,52	64,69	50,99	82,37	2,804
CS20	50,88	2,96	50,96	68,13	51,19	85,21	2,710
CS21	338,80	3,08	338,81	356,05	51,31	359,73	0,642
CS22	55,00	3,20	55,09	72,25	51,43	88,68	2,604
CS23	374,00	3,40	374,02	391,25	51,63	394,64	0,585
CS24	61,88	3,60	61,98	79,13	51,83	94,59	2,442
CS25	174,17	3,80	174,21	191,42	52,03	198,36	1,164
CS26	57,20	0,52	57,20	74,45	48,75	88,99	2,595

El procedimiento a seguir para el cálculo de las corrientes de cortocircuito es el siguiente:

Se calcula la resistencia y la reactancia de cada una de las líneas, como se ha explicado en el anexo de dimensionado de las líneas por el criterio de caída de tensión .

Se suma en cada tramo la resistencia y la reactancia de las líneas de las que deriva, una vez se obtiene ΣR y ΣX de cada una de las líneas, se calcula la impedancia de cada una de las líneas

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

Seguidamente se calcula la corriente de cortocircuito I_k ,

$$I_k = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot Z}$$

Con este procedimiento se han calculado las corrientes de cortocircuito al inicio y al final de cada línea.

3. PROCEDIMIENTO PARA SELECCIONAR LAS PROTECCIONES CONTRA CORTOCIRCUITOS

3.1. Protección mediante fusibles

Las condiciones que debe cumplir el fusible para proteger contra cortocircuitos de manera eficaz son:

1. Poder de corte del fusible $> I_{CC,max}$
2. $> I_{CC,min} > I_a$, que es equivalente a $t_{adm} > t_{fusión}$

Este dato lo obtenemos de las curvas asociadas a los fusibles de cualquier catálogo.

Además, por razones económicas se va a escoger el fusible con menor intensidad nominal.

3.2. Protección mediante Interruptor automático

Las condiciones que debe cumplir un interruptor automático son las siguientes:

1. Poder de corte del IA $> I_{CC,max}$
2. $I_{CC,min} > I_a$, intensidad de actuación del disparador electromagnético.
3. $I_{CC,max} < I_B$ (intensidad correspondiente al $(I^2t)_{adm}$ del conductor determinada sobre la curva característica de I^2t del interruptor)

3.3. Selección de las protecciones para una línea

Línea de derivación individual

$$I_B' = 262 \text{ A}$$

$$I_Z' = 280 \text{ A}$$

$$I_{CC,max} = I_K = 4,509 \text{ kA}$$

$$I_{CC,min} = I_K \cdot 0,33 = 1,49 \text{ kA}$$

Protección contra cortocircuitos:

1. Poder de corte $10 \text{ kA} > 4,509 \text{ kA} = I_{CC,max}$
2. $I_{CC,min} = 2,25 \text{ kA} > I_a = 400 \text{ A}$.

$$3. (I^2t)_{conductor} = 20449 \cdot 120^2 = 294,46 \cdot 10^6 A^2 \cdot s. \text{ (Curva del interruptor automático)}$$

Leyendo en la gráfica a $I_{cc,max}$ le corresponde una I^2t de :

$$(I^2t)_{automático} = 8 \cdot 10^5 A^2 \cdot s.$$

Vemos que cumple la condición $(I^2t)_{conductor} > (I^2t)_{automático}$

Por tanto interruptor automático instalado cumple la protección contra cortocircuitos en la línea de derivación individual.

Línea CS12

$$I_B' = 29,72 \text{ A}$$

$$I_Z' = 40 \text{ A}$$

$$I_{cc,max} = I_K = 1,344 \text{ kA}$$

$$I_{cc,min} = I_K \cdot 0,5 = 0,672 \text{ kA}$$

Protección contra cortocircuitos:

$$1. \text{ Poder de corte } 10 \text{ kA} > 1,344 \text{ kA} = I_{cc,max}$$

$$2. I_{cc,min} = 672 \text{ A} > I_a = 40 \text{ A}.$$

$$3. (I^2t)_{conductor} = 20449 \cdot 6^2 = 7,36 \cdot 10^6 A^2 \cdot s. \text{ (Curva del interruptor automático)}$$

Leyendo en la gráfica a $I_{cc,max}$ le corresponde una I^2t de :

$$(I^2t)_{automático} = 2,2 \cdot 10^4 A^2 \cdot s.$$

Vemos que cumple la condición $(I^2t)_{conductor} > (I^2t)_{automático}$

Por tanto interruptor automático instalado cumple la protección contra cortocircuitos en la línea que alimenta al cuadro secundario CS12.

Para la protección de las líneas de cada máquina se va a utilizar un fusible, a continuación se justifica su selección.

Máquina 33.3

$$I_B' = 18,5 \text{ A}$$

$$I_{cc,max} = I_K = 1,19 \text{ kA}$$

$$I_{cc,min} = I_K \cdot 0,5 = 0,595 \text{ kA}$$

el fusible ha de cumplir que:

$$1. \text{ Poder de corte del fusible} > I_{cc,max}$$

$$2. t_{adm}(I_{cc,min}) > t_{fusión}.$$

$$1. \text{ Poder de corte del fusible (100kA)} > I_{cc,max} = 1,19 \text{ kA}$$

2. Los fabricantes solo nos dan gráficas de tiempo de prearco, pero la norma UNE 21103 dice que para $t > 0,1 \text{ s}$ el tiempo de fusión es similar al de prearco.

$$t_{adm} = K^2 \cdot \left(\frac{S}{I_{cc,min}} \right)^2 = 143^2 \cdot \left(\frac{16}{8,23 \cdot 10^3} \right)^2 = 0,077 \text{ s} = 77 \text{ ms}$$

Observando las distintas gráficas de fusibles que tenemos en el catálogo, nos damos cuenta que en las gráficas de los fusibles de tamaño 0 y 00, entrando con nuestra $I_{cc,min}$, el punto nos queda a la derecha de la gráfica, por tanto, asegura la fusión de cualquiera de estos fusible con $t_{fusión} < 4ms$ siempre y cuando $I_N > I_B = 18,5 A$.

Elegimos el fusible de 40 A por ser el de menor I_N y por tanto menor coste.

Vemos que se cumple $t_{adm}(I_{cc,min}) > t_{fusión} \rightarrow 77ms > 4ms$

Por tanto el fusible protege correctamente esta línea.

Las protecciones del resto de las líneas han sido calculadas por el programa DMELECT, se puede ver el tipo de protección de cada punto de la instalación en el anexo de planos donde se visualiza todo detalle del diagrama unifilar.

3. RESUMEN DE LAS PROTECCIONES DE LA INSTALACIÓN

3.1. Medición de magnetotermicos, interruptores automáticos y fusibles.

<u>Descripción</u>	<u>Intensidad(A)</u>	<u>P.Corte (kA)</u>	<u>Cantidad</u>
Mag/Bip.	10	4.5	5
Mag/Tetr.	10	4.5	1
Mag/Bip.	10	10	3
Mag/Bip.	16	4.5	2
Mag/Tetr.	16	4.5	8
Mag/Bip.	16	10	1
Mag/Tetr.	16	10	8
Fusibles	16	50	116
Mag/Tetr.	20	4.5	2
Mag/Tetr.	20	10	2
Fusibles	20	50	8
Mag/Tetr.	25	4.5	6
Mag/Tetr.	25	10	6
Fusibles	25	50	10
Mag/Tetr.	32	4.5	1
Mag/Bip.	32	10	1
Mag/Tetr.	32	10	1
Fusibles	35	50	12
Mag/Tetr.	40	4.5	2
Mag/Tetr.	40	10	2
Mag/Bip.	50	4.5	1
Mag/Tetr.	50	4.5	9
Mag/Tetr.	50	10	8
Fusibles	50	50	18
I.Aut/Tetr.	125	10	1
I.Aut/Tetr.	160	10	1

3.2. Medición de diferenciales.

<u>Descripción</u>	<u>Clase</u>	<u>Intens(A)</u>	<u>Sensibilidad(mA)</u>	<u>Cantidad</u>
Diferen./Bipo.	AC	25	300	1
Diferen./Tetr.	AC	25	300	17
Diferen./Bipo.	AC	40	300	1
Diferen./Tetr.	AC	40	300	3
Diferen./Tetr.	AC	63	300	9
Relé y Transf.	AC	125	300	1
Relé y Transf.	AC	160	300	1

3.3. Medicion de elementos de control-maniobra.

<u>Descripción</u>	<u>Intens(A)</u>	<u>Cantidad</u>
Interr/Bip.	16	10
Interr/Trip.	16	32
Interr/Bip.	20	4
Interr/Bip.	25	5
Interr/Bip.	40	6
Interr/Bip.	50	9

ANEXO III: COMPENSACIÓN DE LA ENERGÍA REACTIVA

ÍNDICE

1. NATURALEZA DE LA ENERGÍA REACTIVA.....	51
2. VENTAJAS DE LA COMPENSACIÓN.....	51
3. MÉTODOS DE COMPENSACIÓN DE LA ENERGÍA REACTIVA	52
3.1. Compensación centralizada y regulada.....	52
3.2. Compensación fija: motores y transformadores.....	52
4. VENTAJAS E INCONVENIENTES DE CADA UNO DE LOS TIPOS DE COMPENSACIÓN.....	53
5. DIMENSIONADO DE LA BATERIA DE CONDESADORES A INSTALAR	53
6. SELECCIÓN DE LA BATERÍA DE CONDENSADORES.....	54

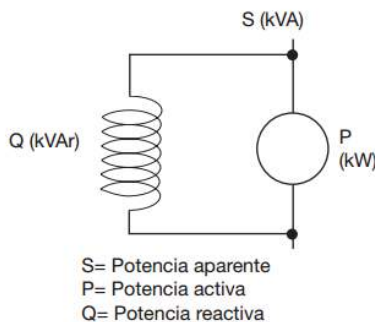
Antes del cálculo de la compensación de reactiva, se añade una introducción al concepto de energía reactiva, los métodos que se utilizan para compensarla y las ventajas e inconvenientes de estos métodos obtenido del manual de Schneider electric: Compensación de energía reactiva.

1. NATURALEZA DE LA ENERGÍA REACTIVA

Todas las máquinas eléctricas (motores, transformadores...) alimentadas en corriente alterna necesitan para su funcionamiento dos tipos de energía:

Energía activa: Es la que se transforma íntegramente en trabajo o en calor (pérdidas). Se mide en Kw/h.

Energía Reactiva: Se pone de manifiesto cuando existe un trasiego de energía activa entre la fuente y la carga. Generalmente está asociada a los campos magnéticos internos de los motores y transformadores. Se mide en KVar/h. Como esta energía provoca sobrecarga en las líneas transformadoras y generadoras, sin producir un trabajo útil, es necesario neutralizarla o compensarla.



Los capacitores generan energía reactiva de sentido inverso a la consumida en la instalación. La aplicación de éstos neutraliza el efecto de las pérdidas por campos magnéticos. Al instalar condensadores, se reduce el consumo total de energía (activa + reactiva), de lo cual se obtienen varias ventajas

2. VENTAJAS DE LA COMPENSACIÓN

- Reducción de los recargos

Las compañías eléctricas aplican recargos o penalizaciones al consumo de energía reactiva con objeto de incentivar su corrección.

- Reducción de las caídas de tensión

La instalación de condensadores permite reducir la energía reactiva transportada disminuyendo las caídas de tensión en la línea.

- Reducción de la sección de los conductores

Al igual que en el caso anterior, la instalación de condensadores permite la reducción de la energía reactiva transportada, y en consecuencia es posible, a nivel de proyecto, disminuir la sección de los conductores a instalar. En la tabla se muestra la reducción de la sección resultante de una mejora del $\cos \varphi$ transportando la misma potencia activa.

$\cos \varphi$	Factor reducción
1	40%
0,8	50%
0,6	67%
0,4	100%

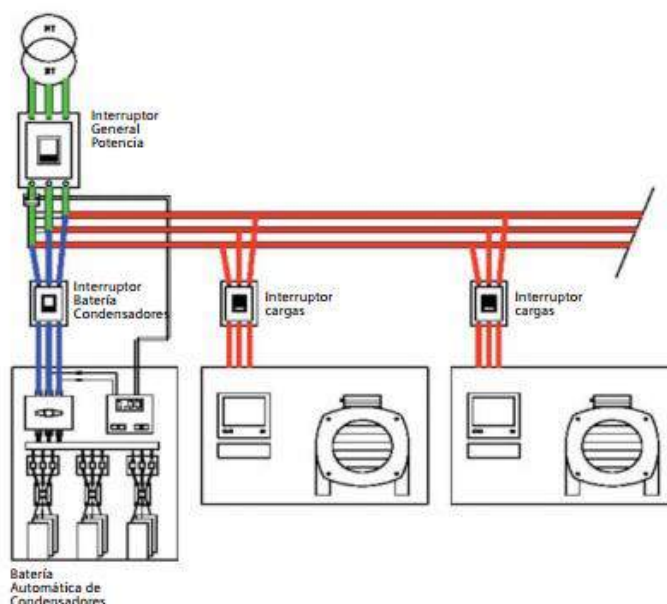
- Aumento de la potencia disponible en la instalación

La instalación de condensadores permite aumentar la potencia disponible en una instalación sin necesidad de ampliar los equipos como cables, aparatos y transformadores. Esto es consecuencia de la reducción de la intensidad de corriente que se produce al mejorar el factor de potencia.

3. MÉTODOS DE COMPENSACIÓN DE LA ENERGÍA REACTIVA

3.1. Compensación centralizada y regulada

Es la más utilizada entre todos los tipos de compensación. Se trata de compensar en la acometida de la instalación, de forma que la instalación quede sin energía reactiva justo antes del contador de energía eléctrica. Para ello es necesaria una batería de condensadores regulada. El equipo, pues, contiene un regulador que a partir de las señales de intensidad y tensión provenientes de la instalación es capaz de conectar y/o desconectar aquellos pasos necesarios para alcanzar el nivel de compensación requerido.

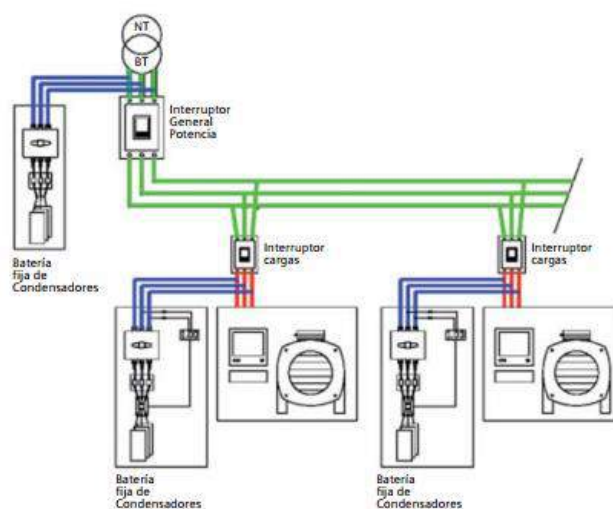


3.2. Compensación fija: motores y transformadores

La compensación fija o distribuida acomete la compensación de todos los elementos generadores de energía reactiva punto a punto.

Para los motores se realiza una compensación retardada para evitar la desexcitación del rotor durante la arrancada del motor.

Para los transformadores se instalan condensadores fijos dimensionados al 5% de la potencia nominal del transformador. Estas compensaciones de transformadores se realizan en instalaciones donde el contador de la compañía se halla situado en Media



Tensión, debiéndose compensar en esta situación, la energía reactiva del mismo.
Es aconsejable la colocación de seccionadores en carga para la eventual sustitución de fusibles.

En la instalación vamos a realizar la compensación de reactiva utilizando el primer método instalando una batería de condensadores conectada al embarrado del cuadro general.

4. VENTAJAS E INCONVENIENTES DE CADA UNO DE LOS TIPOS DE COMPENSACIÓN

Aunque los 2 sistemas son válidos para la compensación de la energía reactiva, cada uno de ellos tiene su utilidad.

Generalmente, la compensación centralizada es la más utilizada, dado que el precio del equipo y de la instalación es más económica que la distribución de toda la fábrica. Tiene el inconveniente de que la mejora en el rendimiento de la instalación se realiza únicamente a nivel del interruptor general de la empresa.

La compensación distribuida, aunque más cara, tiene la ventaja de dejar toda la instalación en el mejor punto de funcionamiento.

Normalmente, en instalaciones nuevas se utiliza la compensación centralizada, dejando la compensación distribuida para posteriores ampliaciones de maquinaria, las cuales pueden dejar algunas líneas con potencia limitada, las cuales conviene dejar en condiciones óptimas de transmisión, o dejar la batería de condensadores regulada sin suficiente potencia para compensar dichas ampliaciones. En estos casos, puede resultar más económica la instalación de equipos fijos sincronizados con la puesta en marcha de sus maquinarias para favorecer su alimentación y no sobrecargar la batería central.

5. DIMENSIONADO DE LA BATERIA DE CONDESADORES A INSTALAR

Para la compensación de energía reactiva de la instalación y conocer la potencia de la batería de condensadores que debemos instalar necesitamos saber el factor de potencia de la instalación y el que queremos obtener:

$$\cos\varphi_1 = 0,8 \text{ y } \operatorname{tg}\varphi_1 = 0,75$$

El factor de potencia que queremos obtener después de la compensación es $\cos\varphi_2 = 0,95$, siendo $\operatorname{tg}\varphi_2 = 0,3287$

$$Q_c = P \cdot (\operatorname{tg}\varphi_1 - \operatorname{tg}\varphi_2) = 146,33 \cdot (0,75 - 0,3287) = 61,65 \text{ kVar}$$

Siendo la capacidad de los condesadores de:

$$C = Q_c \cdot \frac{1000}{3 \cdot U^2 \cdot \omega} = 61,65 \cdot 10^3 \cdot \frac{1000}{3 \cdot 400^2 \cdot 314,16} = 0,4088 \text{ F}$$

Otra manera para calcular la potencia de la batería de condensadores es a partir de la siguiente tabla que se facilita en los diferentes catálogos de venta de estas baterías

En nuestro caso tenemos un $\cos\varphi$ de 0,8 y queremos compensar para obtener un factor de potencia de 0,95:

Antes de la compensación		Potencia del condensador en kVAr a instalar por kW de carga para elevar el factor de potencia ($\cos\varphi$) o la $\tan\varphi$ a:											
$\tan\varphi$	$\cos\varphi$	$\tan\varphi$	0,59	0,48	0,45	0,42	0,39	0,36	0,32	0,29	0,25		
		$\cos\varphi$	0,86	0,9	0,91	0,92	0,93	0,94	0,95	0,96	0,97		
1,52	0,55		0,925	1,034	1,063	1,092	1,123	1,156	1,190	1,227	1,268		
1,48	0,56		0,886	0,995	1,024	1,053	1,084	1,116	1,151	1,188	1,229		
1,44	0,57		0,848	0,957	0,986	1,015	1,046	1,079	1,113	1,150	1,191		
1,40	0,58		0,811	0,920	0,949	0,979	1,009	1,042	1,076	1,113	1,154		
1,37	0,59		0,775	0,884	0,913	0,942	0,973	1,006	1,040	1,077	1,118		
1,33	0,6		0,740	0,849	0,878	0,907	0,938	0,970	1,005	1,042	1,083		
1,30	0,61		0,706	0,815	0,843	0,873	0,904	0,936	0,970	1,007	1,048		
1,27	0,62		0,672	0,781	0,810	0,839	0,870	0,903	0,937	0,974	1,015		
1,23	0,63		0,639	0,748	0,777	0,807	0,837	0,870	0,904	0,941	0,982		
1,20	0,64		0,607	0,716	0,745	0,775	0,805	0,838	0,872	0,909	0,950		
1,17	0,65		0,576	0,685	0,714	0,743	0,774	0,806	0,840	0,877	0,919		
1,14	0,66		0,545	0,654	0,683	0,712	0,743	0,775	0,810	0,847	0,888		
1,11	0,67		0,515	0,624	0,652	0,682	0,713	0,745	0,779	0,816	0,857		
1,08	0,68		0,485	0,594	0,623	0,652	0,683	0,715	0,750	0,787	0,828		
1,05	0,69		0,456	0,565	0,593	0,623	0,654	0,686	0,720	0,757	0,798		
1,02	0,7		0,427	0,536	0,565	0,594	0,625	0,657	0,692	0,729	0,770		
0,99	0,71		0,398	0,508	0,536	0,566	0,597	0,629	0,663	0,700	0,741		
0,96	0,72		0,370	0,480	0,508	0,538	0,569	0,601	0,635	0,672	0,713		
0,94	0,73		0,343	0,452	0,481	0,510	0,541	0,573	0,608	0,645	0,686		
0,91	0,74		0,316	0,425	0,453	0,483	0,514	0,546	0,580	0,617	0,658		
0,88	0,75		0,289	0,398	0,426	0,456	0,487	0,519	0,553	0,590	0,631		
0,86	0,76		0,262	0,371	0,400	0,429	0,460	0,492	0,526	0,563	0,605		
0,83	0,77		0,235	0,344	0,373	0,403	0,433	0,466	0,500	0,537	0,578		
0,80	0,78		0,209	0,318	0,347	0,376	0,407	0,439	0,474	0,511	0,552		
0,78	0,79		0,183	0,292	0,320	0,350	0,381	0,413	0,447	0,484	0,525		
0,75	0,8		0,157	0,266	0,294	0,324	0,355	0,387	0,421	0,458	0,499		
0,72	0,81		0,131	0,240	0,268	0,298	0,329	0,361	0,395	0,432	0,473		
0,70	0,82		0,105	0,214	0,242	0,272	0,303	0,335	0,369	0,406	0,447		
0,67	0,83		0,079	0,188	0,216	0,246	0,277	0,309	0,343	0,380	0,421		
0,65	0,84		0,053	0,162	0,190	0,220	0,251	0,283	0,317	0,354	0,395		
0,62	0,85		0,026	0,135	0,164	0,194	0,225	0,257	0,291	0,328	0,369		
0,59	0,86		0,109	0,138	0,167	0,198	0,230	0,265	0,302	0,343			
0,57	0,87		0,082	0,111	0,141	0,172	0,204	0,238	0,275	0,316			
0,54	0,88		0,055	0,084	0,114	0,145	0,177	0,211	0,248	0,289			
0,51	0,89		0,028	0,057	0,086	0,117	0,149	0,184	0,221	0,262			
0,48	0,9				0,029	0,058	0,089	0,121	0,156	0,193	0,234		

Tabla 2 Cálculo de Potencia de Batería de Condensadores

Nuestra instalación tiene una potencia de 146,33 kW, por tanto la potencia de la batería de condensadores a instalar será:

$$Q_c = 146,33 \cdot 0,421 = 61,6$$

6. SELECCIÓN DE LA BATERÍA DE CONDENSADORES

Con todos los datos obtenidos se procede a la selección de la batería condensadores. Se selecciona la baterías que se ajusta a la potencia de compensación necesaria del catálogo de siemens.

BATERÍA ES2:4RY0060-3NP40 2 101,22 € (SIEMENS)

Se escoge esta batería porque se aproxima mucho al valor que necesitamos, además es de la gama más económica con regulación ya que posee 4 escalones de entrada de condensadores, 2 de 10 y 2 de 20 para ajustarse a la potencia consumida.

La siguiente imagen se ha obtenido del catálogo de siemens donde se ha seleccionado, se indican sus principales características.

Proyecto de Instalación Eléctrica para una Nave Industrial dedicada a Baños Electrolíticos de Piezas Metálicas; Análisis Y Mitigación de las Perturbaciones Producidas por los Armónicos de Tensión y Corriente.

Potencia	Composición	Referencia	Dimensiones	Peso	Sección	Plazo
KVAr / 400V	KVAr / 50 Hz		H x A x P	Kg.	mm²	Semanas
7,5	2,5+5	ES2:4RY0007-2NP40	604x372x260	20	4	1
12,5	2,5+2x5	ES2:4RY0012-2NP40	604x372x260	20	4	1
15	3x5	ES2:4RY0015-2NP40	604x372x260	20	4	1
20	2x5+10	ES2:4RY0020-2NP40	604x372x260	24	6	1
25	5+2x10	ES2:4RY0025-2NP40	604x372x260	24	10	1
30	5+10+15	ES2:4RY0030-2NP40	604x372x260	25	16	1
35	5+10+20	ES2:4RY0035-2NP40	604x372x260	25	16	1
40	4x10	ES2:4RY0040-2NP40	604x372x260	26	16	1
45	5+2x10+20	ES2:4RY0045-2NP40	604x372x260	27	25	1
50	10+2x20	ES2:4RY0050-2NP40	604x372x260	28	25	1
60	2x10 + 2x20	ES2:4RY0060-3NP40	705x710x260	40	35	1
70	10 + 3x20	ES2:4RY0070-3NP40	705x710x260	41	50	1
80	4 x 20	ES2:4RY0080-3NP40	705x710x260	41	50	1
90	10 + 4x20	ES2:4RY0090-3NP40	705x710x260	42	70	1
100	10 + 20 + 30 + 40	ES2:4RY0100-3NP40	705x710x260	43	70	1

Imagen 6 Baterías de condensadores (SIEMENS)

ANEXO IV: ESTUDIO DE LAS PERTURBACIONES PRODUCIDAS POR ARMÓNICOS DE TENSIÓN Y CORRIENTE Y DE LAS MEDIDAS PARA MITIGAR SUS EFECTOS.

ÍNDICE

1. OBJETIVO	58
2. METODOLOGÍA	58
3. RESONANCIA EN SERIE.....	58
3.1. CONSECUENCIAS DE LA RESONANCIA EN SERIE	59
3.2. CÁLCULOS APROXIMADOS	59
3.3. CÁLCULO, RESULTADOS Y CONCLUSIONES DE LA RESONANCIA EN SERIE	59
3.3.1. Gráficos de resonancia en serie para el armónico de orden n.....	62
3.3.2. Resultados de la resonancia en serie	63
3.3.3. Solución aportada para evitar la resonancia en serie (BOBINA DE BLOQUEO)	63
4. RESONANCIA EN PARALELO	65
4.1. CORRIENTES ARMÓNICAS EN LOS RECTIFICADORES MONOFÁSICOS	65
4.2. CÁLCULO DE LA RESONANCIA EN SERIE DE LA INSTALACIÓN.....	67
4.3. RESULTADOS Y CONCLUSIONES DE LA RESONANCIA EN PARALELO.....	68

1. OBJETIVO

Se realiza un análisis aproximado del estudio de armónicos de la instalación con la finalidad de conocer la tasa de distorsión armónica, comprobar cómo afectan a la instalación y demostrar que cumple con los mínimos establecidos por la norma.

El estudio se realiza con estas hipótesis:

Se desprecian las resistencias de todos los elementos (red, trafo, líneas)

Se supone la instalación vacía, de manera que solo se conectan las cargas que afecten al estudio de armónicos.

2. METODOLOGÍA

Se realizará un estudio del fenómeno de resonancia que se puede producir debido a la existencia de cargas no lineales y a la batería de condensadores que generan armónicos de corriente.

Los elementos críticos son los rectificadores que se emplean en las cubas de los baños electrolíticos para transformar la corriente alterna en corriente continua con la finalidad de adherir eléctricamente la capa del material del baño empleado a las diversas piezas que se quieren tratar.

Para el caso de estos rectificadores se realizará un estudio de resonancia en paralelo ya que se trata de cargas no lineales que inyectan armónicos afectando a la onda de tensión de la instalación provocando perturbaciones.

La batería de condensadores también es un elemento crítico ya que, al ser su potencia de valor variable dependiendo de los escalones que se activan en función el consumo, hay ciertos valores que debemos evitar ya que puede aparecer el fenómeno de resonancia.

Para este caso se va a realizar un estudio de resonancia en serie donde se obtendrán las bandas de potencia que se deben evitar cuando se instale la batería de condensadores para inhabilitar la inyección de armónicos de orden n en la instalación.

3. RESONANCIA EN SERIE

Debido a la posible aparición de armónicos en la onda de tensión de la red, la batería de condensadores absorbe estas corrientes y puede producir resonancia en serie, para que se produzca este tipo de resonancia no es necesario que existan cargas no lineales en la instalación.

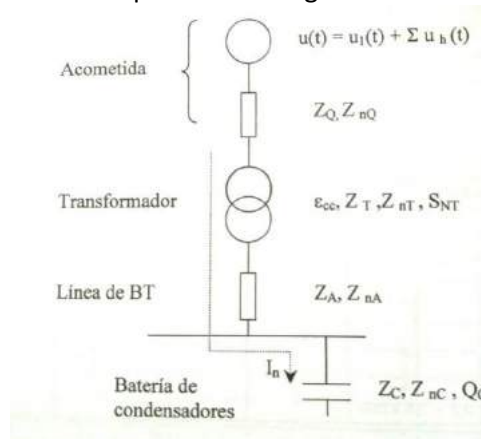


Imagen 7 Diagrama unifilar simplificado de la instalación

3.1. Consecuencias de la resonancia en serie

Cuando se dan las condiciones de resonancia en serie, circula un armónico de corriente I_n que puede alcanzar un valor superior a la corriente nominal de la batería de condensadores o incluso superior a la corriente nominal del transformador.

Esta corriente afecta a la instalación provocando el disparo de los elementos de protección contra sobrecorrientes y por tanto la interrupción del proceso industrial.

Otro efecto de la resonancia en serie son las caídas de tensión armónicas debidas a la corriente I_n que provocan una deformación en la onda de tensión tanto de la instalación del propio usuario como de la red que puede afectar a otros usuarios.

3.2. Cálculos aproximados

Para realizar estimaciones rápidas se van a despreciar las impedancias de la acometida y de los conductores de baja tensión ya que tienen un valor reducido en comparación con la impedancia de cortocircuito del transformador. De este modo, se puede expresar la condición de resonancia en función de las características del transformador y de la batería de condensadores.

$$X_L \approx X_T = \frac{\varepsilon_{cc} U_{NT}^2}{S_{NT}}$$
$$X_C = \frac{U_{NC}^2}{Q_{NC}}$$

En donde:

U_{NT}, U_{NC} son las tensiones nominales del transformador y de la batería de condensadores.

S_{NT} es la potencia nominal del transformador.

Q_{NC} es la potencia reactiva nominal de los condensadores conectados

X_L es la reactancia de cortocircuito del transformador.

X_C es la impedancia por fase de la batería de condensadores (en estrella) o la impedancia por fase de la estrella equivalente si está conectada en triángulo.

Como $U_{NT} \approx U_{NC}$, el orden del armónico de tensión que se produce en la resonancia es:

$$n_{res} \approx \sqrt{\frac{S_{NT}}{\varepsilon_{cc} \cdot Q_{NC}}}$$

Siendo n_{max} el límite del orden de armónicos permitido en la instalación se debe cumplir que

$n_{max} < n_{res}$, por tanto:

$$Q_{Cmax} < \frac{S_{NT}}{\varepsilon_{cc} \cdot n_{max}^2}$$

3.3. Cálculo, resultados y conclusiones de la resonancia en serie

Con todas las estimaciones y formulas desarrolladas en el punto anterior se procede al cálculo de la resonancia en serie que se produce en la batería de condensadores instalada.

En primero lugar calculamos el orden mínimo de armónico que puede producir resonancia:

$$n = \sqrt{\frac{S_{NT}}{\varepsilon_{cc} \cdot Q_c}} = \sqrt{\frac{200}{0,06 \cdot 60}} = 7,453$$

Los primeros armónicos hasta el séptimo, nunca podrán producir resonancia. Los armónicos que producirán resonancia en la instalación serán del orden 11, 13, 17 o superior. Sólo se muestra el estudio de estos tres armónicos (11, 13 y 17).

El valor de la potencia de la batería de condensadores que puede producir resonancia del armónico de orden n viene dado por la siguiente expresión.

$$Q_{cn} = \frac{S_{NT}}{\varepsilon_{cc} \cdot n^2} = \frac{200}{0,06 \cdot n^2} \rightarrow \text{para } n = 11, 13 \text{ y } 17$$

Los resultados son los siguientes:

n	11	13	17
Q_{cn}	27,55	19,723	11,534

Tabla 3 Valores de Q_c que producen resonancia

Se debe tener en cuenta que no es necesario que la potencia de los condensadores tengan exactamente esos valores para producir resonancia. Si la potencia de la batería se aproxima a estos valores también puede provocar perturbaciones importantes. Esto va a depender de la amplitud del armónico de la onda de tensión, ya que, puede provocar que cuando la potencia de los condensadores está cerca de estos valores, el armónico de corriente alcance valores inadmisibles.

Se va a estudiar ahora la banda de valores próximos a los obtenidos anteriormente donde es posible la aparición de resonancia, para ello se calculará la tasa de armónico en función de la potencia de la batería.

Corriente del armónico de corriente de orden n :

$$I_{nc} = \frac{U_n}{X_n}$$

Reactancia armónica:

$$X_n \approx X_{ncc} - X_{nc} = \frac{n\varepsilon_{cc}U_1^2}{S_{NT}} - \frac{U_1^2}{nQ_c} = \frac{n^2U_1^2\left(\frac{Q_c}{S_{NT}}\right)\varepsilon_{cc} - U_1^2}{nQ_c}$$

Sustituyendo en $I_{nc} = \frac{U_n}{X_n}$, finalmente queda:

$$I_{nc} = \frac{U_n}{X_n} = \frac{U_n \cdot nQ_c}{n^2U_1^2\left(\frac{Q_c}{S_{NT}}\right)\varepsilon_{cc} - U_1^2}$$

El valor de U_n viene definido por la norma. Según la instrucción *IEEE 519*, el valor de la tensión armónica queda limitada al 3% de la tensión nominal:

Proyecto de Instalación Eléctrica para una Nave Industrial dedicada a Baños Electrolíticos de Piezas Metálicas; Análisis Y Mitigación de las Perturbaciones Producidas por los Armónicos de Tensión y Corriente.

Voltaje de barra en el punto de acoplamiento común	Distorsión individual de Voltaje (%)	Distorsión total del voltaje THD (%)
Hasta 69 KV	3.0	5.0
De 69 KV a 137.9 KV	1.5	2.5
138 KV y mas	1.0	1.5
Nota: Los sistemas de alto voltaje pueden llegar hasta un 2.0% en THD cuando lo que causa es un alto voltaje terminal DC, el cual podría ser atenuado.		

Tabla 4 Límites de armónicos de tensión permitidos

Por tanto la tensión armónica máxima previsible U_n es la misma para todos los armónicos y de valor $U_n = 400 \cdot 0,03 = 12V$

La instrucción *IEEE 519* también nos limita la intensidad de las corrientes armónicas según el tipo de instalación y el orden del armónico:

Límites de Corriente Armónica para Carga no lineal en el Punto Común de acoplamiento con Otras Cargas, para voltajes entre 120 - 69,000 volts.						
Maxima Distorsión Armónica Impar de la Corriente, en % del Armónico fundamental						
ISC/IL	<11	11?h<17	17?h<23	23?h<35	35?h	TDD
<20*	4.0	2.0	1.5	0.6	0.3	5.0
20<50	7.0	3.5	2.5	1.0	0.5	8.0
50<100	10.0	4.5	4.0	1.5	0.7	12.0
100<1000	12.0	5.5	5.0	2.0	1.0	15.0
>1000	15.0	7.0	6.0	2.5	1.4	20.0

Tabla 5 Límites de armónicos de corriente permitidos

Conociendo la corriente de cortocircuito máxima en el punto de acoplamiento común y la intensidad debida a las cargas conectadas:

$$\frac{I_{SC}}{I_L} = \frac{10900}{259,36} = 42$$

Los armónicos que vamos a estudiar son de orden 11, 13 y 17. Por tanto la tasa de distorsión armónica admisible es de 3,5% para armónicos 11 y 13 y de 2,5% para el armónico de orden 17.

La intensidad máxima para cada armónico será:

$$\begin{aligned} \mathbf{11 \text{ y } 13:} & \quad 256,36 \cdot 0,035 = \underline{8,97 \text{ A}} \\ \mathbf{17:} & \quad 256,36 \cdot 0,025 = \underline{6,409 \text{ A}} \end{aligned}$$

3.3.1. Gráficos de resonancia en serie para el armónico de orden n

A continuación se exponen las gráficas obtenidas, introduciendo los datos de la instalación a diseñar, donde se reflejan los intervalos en los que no debe funcionar la batería de condensadores para evitar sobrepasar la tasa de distorsión armónica permitida y por tanto evitar perturbaciones tanto en la red como en la propia instalación.

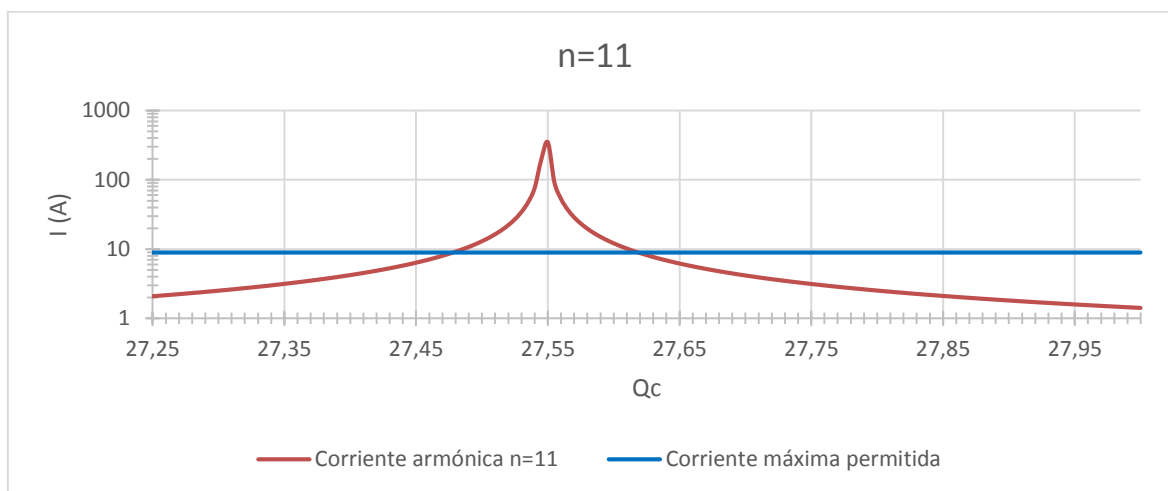


Gráfico 1 Relación de la potencia de la batería de condensadores con la corriente armónica para $n=11$

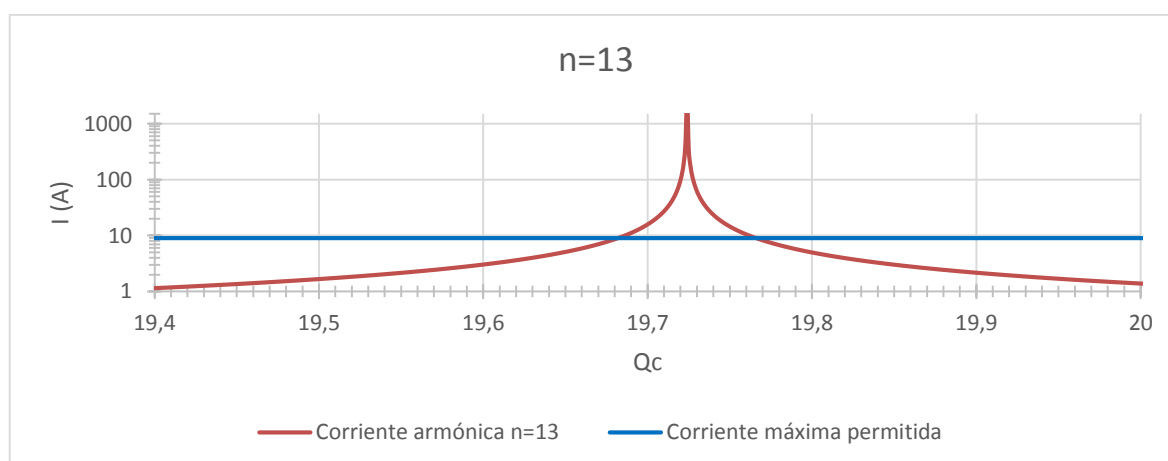


Gráfico 2 Relación de la potencia de la batería de condensadores con la Tasa de distorsión armónica para $n=13$

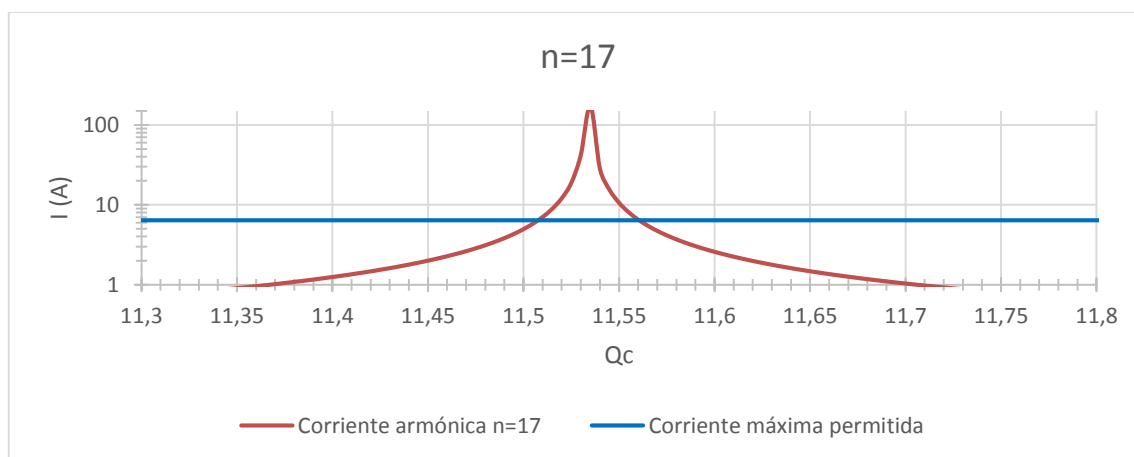


Gráfico 3 Relación de la potencia de la batería de condensadores con la Tasa de distorsión armónica para $n=17$

3.3.2. Resultados de la resonancia en serie

Como se ha podido observar en los diferentes gráficos del apartado anterior, existe un valor para Q_c en el que el valor del armónico de corriente de orden n tiende a infinito, ese valor se ha definido al inicio de este apartado en la *Tabla 1*.

Para los tres armónicos estudiados, los valores de Q_c que debemos evitar para no superar el límite de corriente exigido por la norma, están muy próximos al valor dado inicialmente con lo que la banda de potencias a evitar es muy estrecha.

Los valores que no debemos sobrepasar se resumen en la siguiente tabla:

Armónico de orden n	Valores inadmisibles de Q_c
11	27,48-27,62
13	19,68 – 19,765
17	11,505-11,56

Tabla 6 Valores inadmisibles para la batería de condensadores

La batería diseñada para la instalación tiene 4 escalones, 2 escalones de 10 y otros 2 de 20. Ninguno de estos valores está dentro del rango de las potencias inadmisibles pero se debe tener en cuenta que la batería de condensadores puede no estar diseñada a la perfección y que al entrar el escalón para la potencia de 20 kVar, puede estar comprendida entre los valores inadmisibles para el armónico de orden 13.

3.3.3. Solución aportada para evitar la resonancia en serie (BOBINA DE BLOQUEO)

La solución más común y económica para evitar la resonancia en serie producida por el tercer armónico es la colocación de una bobina de bloqueo.

La bobina de bloqueo se conecta en serie con la batería de condensadores como se muestra en la siguiente imagen 2.

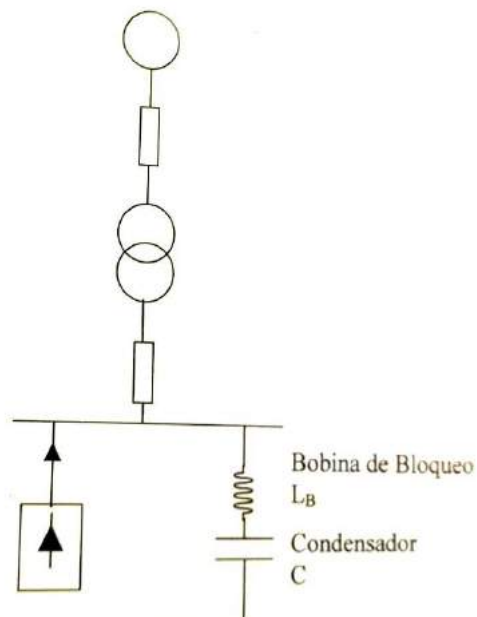


Imagen 8 Diagrama de la instalación. Bobina de bloqueo.

El conjunto condensador-bobina de bloqueo se diseña de modo que sea resonante a cierta frecuencia. Esta frecuencia debe ser mayor que la frecuencia fundamental (50Hz) y no debe coincidir con la frecuencia de ningún posible armónico.

El armónico fundamental y los armónicos menores a esa frecuencia, ven al conjunto bobina-condensador como una carga capacitiva en cambio los armónicos superiores a esa frecuencia ven al conjunto como una carga inductiva de manera que no pueden producir resonancia.

La impedancia del conjunto Condensador-Bobina para el armónico de orden n vale:

$$X_{nC} = n \cdot \omega \cdot L_B - \frac{1}{n \cdot \omega \cdot C} = nX_B - \frac{X_C}{n}$$

El valor de la inductancia L_B debe elegirse de modo que la reactancia del conjunto para el armónico fundamental sea capacitiva, es decir que:

$$X_C < 0$$

O bien:

$$L_B < \frac{1}{\omega^2 \cdot C \cdot n^2}$$

Al cumplirse esta condición al aumentar el orden del armónico, aumenta X_{nC} , ya que su componente inductiva (positiva) crece con n y su parte capacitiva (negativa) disminuye.

Existe un orden de armónico donde la reactancia X_{nC} se hace positiva y el conjunto Condensador-Bobina se comporta como una carga a ser inductiva de manera que ningún armónico a partir de este provocará resonancia.

El valor de ese armónico se obtiene con $X_{nC} = 0$.

$$n \approx \frac{1}{\omega \cdot \sqrt{C \cdot L_B}}$$

Calculamos la reactancia de la batería de condensadores que se ha instalado como:

$$X_C = 3 \frac{U_{nt}^2}{Q_C} = 3 \frac{400^2}{60 \cdot 10^3} = 8\Omega \text{ (Conectado en triangulo y con caracter capacitivo)}$$

$$C = \frac{1}{8 \cdot 314,16} = 398 \mu F$$

Para evitar la posible resonancia en la instalación a diseñar debemos contrarrestar del armónico de orden 13 en adelante, por tanto la inductancia que debemos instalar tendrá un valor de:

$$13 = \frac{1}{314,16 \cdot \sqrt{398 \cdot 10^{-6} \cdot L_B}} \rightarrow L_B = 0,15 \text{ mH}$$

Como era de esperar, ya que pasa en la mayoría de los casos, el valor de esta inductancia es muy pequeño. Para conseguir el efecto de la bobina de bloqueo se formarán varias espiras (tres como máximo) con los cables que alimentan las fases de la batería de condensadores de manera que se crea la inductancia evitando instalar bobinas como componentes específicos.

4. RESONANCIA EN PARALELO

El objetivo del estudio es evaluar la distorsión armónica introducida en la tensión de la red por los armónicos generados por las cargas no lineales. Esta distorsión está limitada por las normas de compatibilidad electromagnética, y puede resultar inadmisible en el caso de que se produzcan condiciones de resonancia.

Para que se produzca este tipo de resonancia es preciso que existan cargas no lineales y condensadores conectados a la instalación, en la instalación diseñada aparecen rectificadores que son los que van a provocar este tipo de resonancia.

Este es el esquema de la instalación, simplificando los elementos que nos interesan para el estudio de este tipo de resonancia.

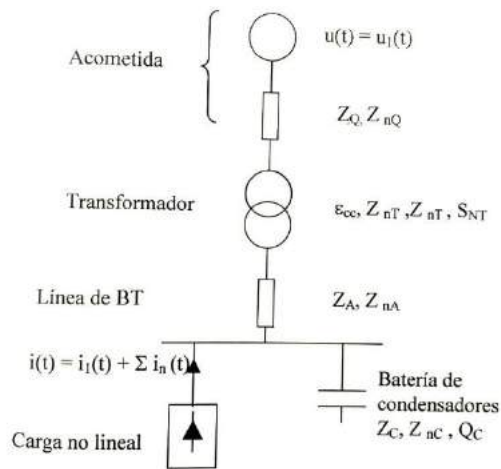


Imagen 9 Esquema unifilar simplificado de la instalación

4.1. Corrientes armónicas en los rectificadores monofásicos

Para simplificar el estudio de este fenómeno de resonancia debemos realizar unas suposiciones:

- La carga no lineal (los rectificadores) es la única carga conectada en la instalación.
- La inductancia en la parte de continua tiene un valor muy elevado, de manera que la corriente que circula por la carga es prácticamente constante
- Las corrientes de los rectificadores están de fase de manera que se pueden sumar las intensidades que circulan por cada uno para conseguir la intensidad total de la carga no lineal.

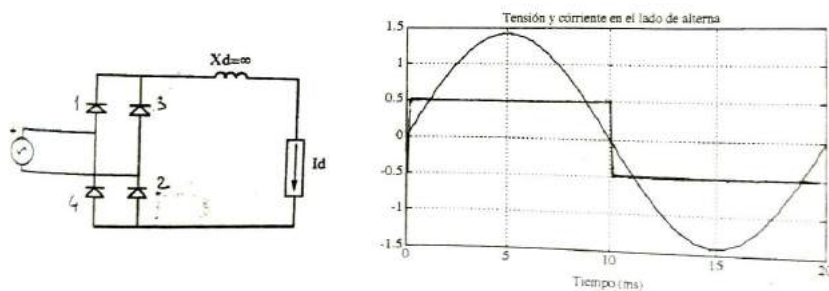


Imagen 10 Esquema eléctrico diodo monofásico

El espectro de la onda rectangular de la *Imagen 3* contiene únicamente armónicos impares de amplitud:

$$I_n = \frac{2}{\pi} \cdot \frac{\sqrt{2} \cdot I_d}{n}$$

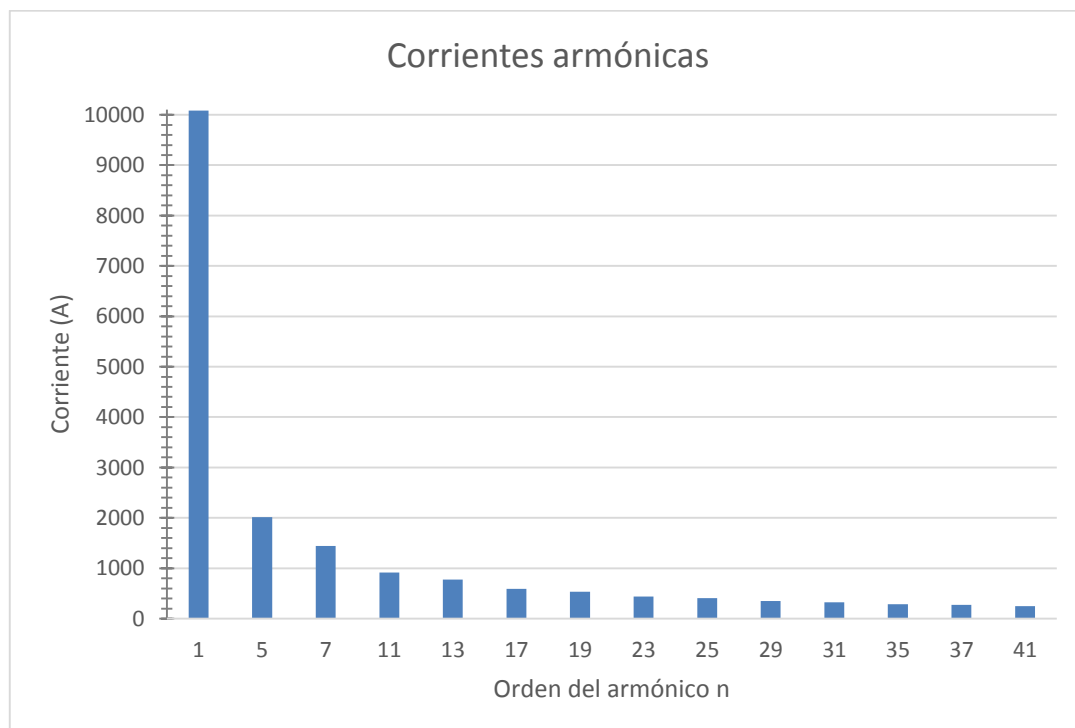
Para conocer la corriente I_d de nuestra instalación asumimos la condición de que los 15 rectificadores están en fase por tanto debemos sumar las corrientes rectificadas en continua de cada uno de los rectificadores.

$$I_d = \sum_{k=1}^{k=15} I_{rk}$$

Nº de rectificadores	I_r (A)
6	1000 x 6 = 6000
3	1500 x 3 = 4500
5	100 x 5 = 500
1	200 x 1 = 200
I_d TOTAL:	11200

Una vez conocida la corriente I_d , podemos hallar la corriente de los primeros 40 armónicos para el cálculo de la distorsión armónica mediante la ecuación $I_n = \frac{2}{\pi} \cdot \frac{\sqrt{2} \cdot I_d}{n}$.

El cálculo se ha realizado utilizando una hoja, los resultados obtenidos se visualizan en el siguiente gráfico:



4.2. Cálculo de la resonancia en serie de la instalación

En primer lugar debemos conocer las diferentes impeancias de la instalación:

Red:

$$Z_R = 1,1 \cdot \frac{U_n^2}{1000 \cdot S_k} = 1,1 \cdot \frac{400^2}{1000 \cdot 350} = 0,503 \text{ m}\Omega$$

$$X_R = 0,995 \cdot Z_L = 0,995 \cdot 0,503 = 0,5 \text{ m}\Omega$$

Trafo:

$$\varepsilon_{cc} = \sqrt{\varepsilon_{XCC}^2 + \varepsilon_{RCC}^2} \rightarrow \varepsilon_{XCC} = \sqrt{\varepsilon_{cc}^2 - \varepsilon_{RCC}^2} = \sqrt{6^2 - 1^2} = 5,916 \%$$

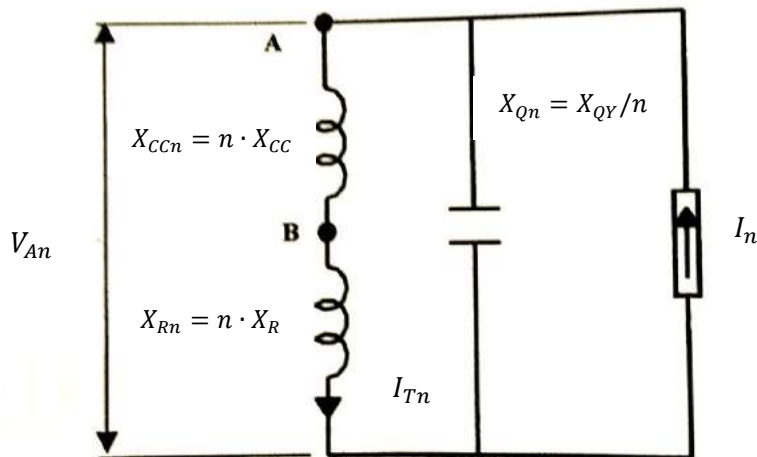
$$X_{cc} = \frac{\varepsilon_{XCC}(\%) \cdot U_{nt}^2}{100 \cdot S_{nt}} = \frac{5,916 \cdot 400^2}{100 \cdot 250} = 37,86 \text{ m}\Omega$$

Batería de condensadores:

$$X_Q = -j \cdot 3 \cdot \frac{U_{nt}^2}{Q_C} = -j \cdot 3 \cdot \frac{400^2}{60 \cdot 10^3} \cdot 10^3 = -8000j \text{ m}\Omega \text{ (Conectado en triangulo)}$$

$$X_{QY} = -j \cdot \frac{X_Q}{3} = -j \cdot \frac{8000}{3} = -2666,67j \text{ m}\Omega \text{ (Conectado en estrella)}$$

El circuito equivalente para el armónico de orden n es:



Resolviendo el circuito:

$$X_n = [(X_{CCn} + X_{Rn} // X_{Qn})] = \frac{[j(37,86 + 0,5) \cdot n] * [-j \cdot \frac{2666,67}{n}]}{[j(37,86 + 0,5) \cdot n] + [-j \cdot \frac{2666,67}{n}]}$$

$$V_{An} = X_n \cdot I_n$$

$$I_{Tn} = \frac{V_{An}}{n(X_{cc} + X_R)}$$

$$V_{Bn} = X_{nR} \cdot I_{nT} = I_{nT} \cdot (n \cdot 0,5)$$

4.3. Resultados y conclusiones de la resonancia en paralelo

Con los datos obtenidos anteriormente, es posible calcular la tasa de distorsión armónica de la tensión en la red (Punto B) mediante la siguiente ecuación, aproximando la tensión del armónico fundamental con la tensión de la instalación (400V).

$$THD = \frac{\sqrt{\sum_{k=2}^{40} (V_k)^2}}{V_1} \cdot 100$$

Los cálculos se han realizado utilizando una hoja Excel para los primeros 40 armónicos.

Como se trata de rectificadores monofásicos, los armónicos pares se eliminan. También se eliminan los armónicos múltiplos de 3 ya que las líneas donde se conectan los rectificadores están perfectamente equilibradas.

En el siguiente gráfico se muestran los armónicos de tensión que se inyectan en la red (Punto B) para cada uno de los primeros 40 armónicos que afectan a la instalación diseñada

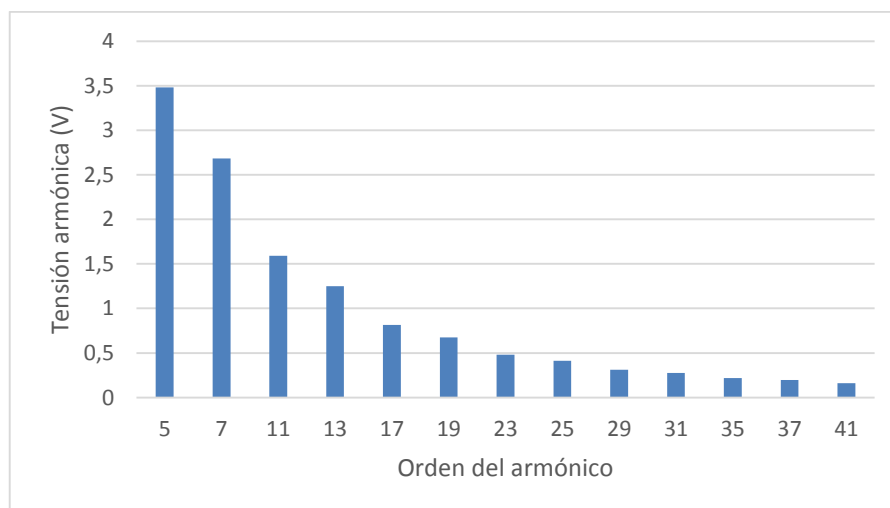


Gráfico 4 Armónicos de tensión inyectados en la red

La tasa de armónicos de tensión de la instalación se calcula utilizando la fórmula mencionada anteriormente, siendo el resultado:

$$THD(\%) = \frac{\sqrt{\sum_{k=2}^{40} (V_k)^2}}{V_1} \cdot 100 = 2,174\%$$

Inferior al valor exigido en la norma *IEEE 519*, como se indica en la *tabla 2* donde el límite exigido para la tasa de distorsión armónica de tensión en el total de la instalación es del 5%.

Finalmente, no es necesario instalar ningún tipo de filtros o cualquier otro elemento externo para la compensación de armónicos ya que su tasa de distorsión está por debajo de los límites exigidos.

No se exceden los límites exigidos en la red pero sí en la propia instalación. La tasa de distorsión armónica de tensión en el transformador (Punto A) es del 208%, valor totalmente inadmisible.

Para la mitigación de los armónicos de tensión y de corriente provocados por los rectificadores de la instalación se instalarán filtros activos en los 15 cuadros secundarios donde se alimentan las máquinas con rectificadores.

El filtro activo mide la corriente total de carga que inyecta los armónicos que se van a mitigar, determina la componente fundamental e inyecta a la red la componente armónica en fase opuesta, de tal forma que los armónicos quedan cancelados.

El filtro activo no se centra en frecuencias específicas, como ocurría con la bobina de bloqueo, sino que más bien, crea una forma de onda en tiempo real sobre la base de los aportes de sus circuitos de detección, independientemente de las frecuencias que la corriente de carga no lineal contiene.

El filtro analiza la carga a través de transformadores de corriente montados en el cuadro secundario que alimenta la carga con el rectificador.

Hoy en día existen muchos catálogos de fabricantes de filtros activos donde pueden obtenerse, estos filtros, una vez seleccionados en función de las características de la instalación, garantizan una tasa de distorsión de armónicos de tensión del 8% como mínimo, valor muy aceptable para una instalación industrial.

Se añade un ejemplo de un catálogo de filtros activos donde se selecciona en función de la potencia reactiva del sistema.

Tabla de selección del filtro AccuSine® PCS

Corriente nominal (rms)	Máxima potencia reactiva (kVAR)			Referencia	Encerramiento	Dimensiones	Peso
	208 V	400 V	480 V		Clase	Figura #	Lbs (kg)
50	18	34,8	41,8	PCS050D5N126S	NEMA 12	1	661 (300)
				PCS050D5IP306S	IP 30		
100	38	88,2	83,1	PCS100D5N126S	NEMA 12	2	771 (350)
				PCS100D5IP306S	IP 30		
300	108	207,8	249,4	PCS300D5N126S	NEMA 12	3	1212 (550)
				PCS300D5N126S	IP 30		

Tabla de selección de transformadores de corriente

Capacidad en Amp	Catálogo No.	Dimensiones		Peso (lb)	Precisión	Capacidad de carga	Corriente secundaria
		A (ID)	D (OD)				
500	CT500SC	4.0	6.5	3.5	2%	3 VA	5 A
1000	CT1000SC	4.0	6.5	3.5	1%	10 VA	5 A
3000	CT3000SC	6.0	8.5	4.25	1%	45 VA	5 A
5000	CTFCL5000	8.0	10.5	5.5	1%	45 VA	5 A

Imagen 11 Selección de un filtro activo. Catálogo Schneider electric

3. REFERENCIAS UTILIZADAS PARA EL DESARROLLO DE LOS ANEXOS

3.1. Bibliografía

- Cálculo de instalaciones eléctricas: Martín V. Riera Guasp y Carlos Roldán Porta.
- Problemas de instalaciones eléctricas: Martín V. Riera Guasp y Carlos Roldán Porta.
- Tecnología eléctrica: Jose Roger Folch, Martín V. Riera Guasp y Carlos Roldán Porta.

3.2. Catálogos y manuales eléctricos.

- Schneider electric: Compensación de energía reactiva.
http://www.schneider-electric.com.ar/documents/recursos/myce/capitulo02_1907.pdf
- Schneider electric: Protección contra las sobretensiones.
https://www.schneiderelectric.es/documents/local/productos-servicios/distribucion_electrica/guia_instalaciones_electricas/capitulo-j-proteccion-sobretensiones.pdf
- Siemens: Baterías de condensadores.
https://w5.siemens.com/spain/web/es/EM/mvllv/low_voltage/Baterias_condensadores/Documents/Catalogo_PFC_Baterias_Condesadores_BT_LV%20Oct09.pdf
- Schneider electric: Filtro activo de armónicos
<http://www.schneider-electric.com.ar/documents/local/Accusine.pdf>

DOCUMENTO Nº3 **PLIEGO DE CONDICIONES**

ÍNDICE

1. CONDICIONES GENERALES.	73
2. CANALIZACIONES ELECTRICAS.	73
2.1. Conductores aislados bajo tubos protectores.	73
2.2. Conductores aislados fijados directamente sobre las paredes.	76
2.3. Conductores aislados enterrados.	76
2.4. Conductores aislados directamente empotrados en estructuras.	76
2.5. Conductores aislados en el interior de la construccion.	77
2.6. Conductores aislados bajo canales protectoras.	77
2.7. Accesibilidad a las instalaciones.	78
3. CONDUCTORES.	78
3.1. Materiales.	78
3.2. Dimensionado.	79
3.3. Identificación de las instalaciones.	80
3.4. Resistencia de aislamiento y rigidez dieléctrica.	80
4. CAJAS DE EMPALME.	80
5. MECANISMOS Y TOMAS DE CORRIENTE.	81

6. APARAMENTA DE MANDO Y PROTECCION.	81
6.1. Cuadros electricos.	81
6.2. Interruptores automaticos.	83
6.3. Guardamotores.	83
6.4. Fusibles.	84
6.5. INTERRUPTORES DIFERENCIALES.	84
6.6. Seccionadores.	85
6.7. Embarrados.	86
6.8. Prensaestopas y etiquetas.	86
7. RECEPTORES DE ALUMBRADO.	86
8. RECEPTORES A MOTOR.....	87
9. PUESTAS A TIERRA.....	90
9.1. Uniones a tierra.....	90
10. INSPECCIONES Y PRUEBAS EN FÁBRICA.	92
11. CONTROL.	93
12. SEGURIDAD.....	93
13. LIMPIEZA.....	94
14. MANTENIMIENTO.....	94
15. CRITERIOS DE MEDICION.	94

PLIEGO DE CONDICIONES

1. CONDICIONES GENERALES.

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

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

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

Todos los trabajos incluidos en el presente proyecto se ejecutarán esmeradamente, con arreglo a las buenas prácticas de las instalaciones eléctricas, de acuerdo con el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión, y cumpliendo estrictamente las instrucciones recibidas por la Dirección Facultativa, no pudiendo, por tanto, servir de pretexto al contratista la baja en subasta, para variar esa esmerada ejecución ni la primerísima calidad de las instalaciones proyectadas en cuanto a sus materiales y mano de obra, ni pretender proyectos adicionales.

2. CANALIZACIONES ELECTRICAS.

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

Antes de iniciar el tendido de la red de distribución, deberán estar ejecutados los elementos estructurales que hayan de soportarla o en los que vaya a ser empotrada: forjados, tabiquería, etc. Salvo cuando al estar previstas se hayan dejado preparadas las necesarias canalizaciones al ejecutar la obra previa, deberá replantearse sobre ésta en forma visible la situación de las cajas de mecanismos, de registro y protección, así como el recorrido de las líneas, señalando de forma conveniente la naturaleza de cada elemento.

2.1. Conductores aislados bajo tubos protectores.

Los tubos protectores pueden ser:

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

Los tubos se clasifican según lo dispuesto en las normas siguientes:

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

Las características de protección de la unión entre el tubo y sus accesorios no deben ser inferiores a los declarados para el sistema de tubos.

La superficie interior de los tubos no deberá presentar en ningún punto aristas, asperezas o fisuras susceptibles de dañar los conductores o cables aislados o de causar heridas a instaladores o usuarios.

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

El diámetro interior mínimo deberá ser declarado por el fabricante.

En lo relativo a la resistencia a los efectos del fuego considerados en la norma particular para cada tipo de tubo, se seguirá lo establecido por la aplicación de la Directiva de Productos de la Construcción (89/106/CEE).

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

Instalación.

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

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

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

- El trazado de las canalizaciones se hará siguiendo líneas verticales y horizontales o paralelas a las aristas de las paredes que limitan el local donde se efectúa la instalación.
- Los tubos se unirán entre sí mediante accesorios adecuados a su clase que aseguren la continuidad de la protección que proporcionan a los conductores.
- Los tubos aislantes rígidos curvables en caliente podrán ser ensamblados entre sí en caliente, recubriendo el empalme con una cola especial cuando se precise una unión estanca.
- Las curvas practicadas en los tubos serán continuas y no originarán reducciones de sección inadmisibles. Los radios mínimos de curvatura para cada clase de tubo serán los especificados por el fabricante conforme a UNE-EN
- Será posible la fácil introducción y retirada de los conductores en los tubos después de colocarlos y fijados éstos y sus accesorios, disponiendo para ello los registros que se consideren convenientes, que en tramos rectos no estarán separados entre sí más de 15 metros. El número de curvas en

ángulo situadas entre dos registros consecutivos no será superior a 3. Los conductores se alojarán normalmente en los tubos después de colocados éstos.

- Los registros podrán estar destinados únicamente a facilitar la introducción y retirada de los conductores en los tubos o servir al mismo tiempo como cajas de empalme o derivación.
- Las conexiones entre conductores se realizarán en el interior de cajas apropiadas de material aislante y no propagador de la llama. Si son metálicas estarán protegidas contra la corrosión. Las dimensiones de estas cajas serán tales que permitan alojar holgadamente todos los conductores que deban contener. Su profundidad será al menos igual al diámetro del tubo mayor más un 50 % del mismo, con un mínimo de 40 mm. Su diámetro o lado interior mínimo será de 60 mm. Cuando se quieran hacer estancas las entradas de los tubos en las cajas de conexión, deberán emplearse prensaestopas o racores adecuados.
- En los tubos metálicos sin aislamiento interior, se tendrá en cuenta la posibilidad de que se produzcan condensaciones de agua en su interior, para lo cual se elegirá convenientemente el trazado de su instalación, previendo la evacuación y estableciendo una ventilación apropiada en el interior de los tubos mediante el sistema adecuado, como puede ser, por ejemplo, el uso de una "T" de la que uno de los brazos no se emplea.
- Los tubos metálicos que sean accesibles deben ponerse a tierra. Su continuidad eléctrica deberá quedar convenientemente asegurada. En el caso de utilizar tubos metálicos flexibles, es necesario que la distancia entre dos puestas a tierra consecutivas de los tubos no exceda de 10 metros.
- No podrán utilizarse los tubos metálicos como conductores de protección o de neutro.

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

- Los tubos se fijarán a las paredes o techos por medio de bridas o abrazaderas protegidas contra la corrosión y sólidamente sujetas. La distancia entre éstas será, como máximo, de 0,50 metros. Se dispondrán fijaciones de una y otra parte en los cambios de dirección, en los empalmes y en la proximidad inmediata de las entradas en cajas o aparatos.
- Los tubos se colocarán adaptándose a la superficie sobre la que se instalan, curvándose o usando los accesorios necesarios.
- En alineaciones rectas, las desviaciones del eje del tubo respecto a la línea que une los puntos extremos no serán superiores al 2 por 100.
- Es conveniente disponer los tubos, siempre que sea posible, a una altura mínima de 2,50 metros sobre el suelo, con objeto de protegerlos de eventuales daños mecánicos.

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

- En la instalación de los tubos en el interior de los elementos de la construcción, las rozas no pondrán en peligro la seguridad de las paredes o techos en que se practiquen. Las dimensiones de las rozas serán suficientes para que los tubos queden recubiertos por una capa de 1 centímetro de espesor, como mínimo. En los ángulos, el espesor de esta capa puede reducirse a 0,5 centímetros.
- No se instalarán entre forjado y revestimiento tubos destinados a la instalación eléctrica de las plantas inferiores.
- Para la instalación correspondiente a la propia planta, únicamente podrán instalarse, entre forjado y revestimiento, tubos que deberán quedar recubiertos por una capa de hormigón o mortero de 1 centímetro de espesor, como mínimo, además del revestimiento.
- En los cambios de dirección, los tubos estarán convenientemente curvados o bien provistos de codos o "T" apropiados, pero en este último caso sólo se admitirán los provistos de tapas de registro.

- Las tapas de los registros y de las cajas de conexión quedarán accesibles y desmontables una vez finalizada la obra. Los registros y cajas quedarán enrasados con la superficie exterior del revestimiento de la pared o techo cuando no se instalen en el interior de un alojamiento cerrado y practicable.
- En el caso de utilizarse tubos empotrados en paredes, es conveniente disponer los recorridos horizontales a 50 centímetros como máximo, de suelo o techos y los verticales a una distancia de los ángulos de esquinas no superior a 20 centímetros.

2.2. Conductores aislados fijados directamente sobre las paredes.

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

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

- Se fijarán sobre las paredes por medio de bridas, abrazaderas, o collares de forma que no perjudiquen las cubiertas de los mismos.
- Con el fin de que los cables no sean susceptibles de doblarse por efecto de su propio peso, los puntos de fijación de los mismos estarán suficientemente próximos. La distancia entre dos puntos de fijación sucesivos, no excederá de 0,40 metros.
- Cuando los cables deban disponer de protección mecánica por el lugar y condiciones de instalación en que se efectúe la misma, se utilizarán cables armados. En caso de no utilizar estos cables, se establecerá una protección mecánica complementaria sobre los mismos.
- Se evitará curvar los cables con un radio demasiado pequeño y salvo prescripción en contra fijada en la Norma UNE correspondiente al cable utilizado, este radio no será inferior a 10 veces el diámetro exterior del cable.
- Los cruces de los cables con canalizaciones no eléctricas se podrán efectuar por la parte anterior o posterior a éstas, dejando una distancia mínima de 3 cm entre la superficie exterior de la canalización no eléctrica y la cubierta de los cables cuando el cruce se efectúe por la parte anterior de aquélla.
- Los extremos de los cables serán estancos cuando las características de los locales o emplazamientos así lo exijan, utilizándose a este fin cajas u otros dispositivos adecuados. La estanqueidad podrá quedar asegurada con la ayuda de prensaestopas.
- Los empalmes y conexiones se harán por medio de cajas o dispositivos equivalentes provistos de tapas desmontables que aseguren a la vez la continuidad de la protección mecánica establecida, el aislamiento y la inaccesibilidad de las conexiones y permitiendo su verificación en caso necesario.

2.3. Conductores aislados enterrados.

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

2.4. Conductores aislados directamente empotrados en estructuras.

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

2.5. Conductores aislados en el interior de la construcción.

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

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

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

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

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

Se evitarán, dentro de lo posible, las asperezas en el interior de los huecos y los cambios de dirección de los mismos en un número elevado o de pequeño radio de curvatura.

La canalización podrá ser reconocida y conservada sin que sea necesaria la destrucción parcial de las paredes, techos, etc., o sus guarnecidos y decoraciones.

Los empalmes y derivaciones de los cables serán accesibles, disponiéndose para ellos las cajas de derivación adecuadas.

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

2.6. Conductores aislados bajo canales protectoras.

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

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

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

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

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

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

La tapa de las canales quedará siempre accesible.

2.7. Accesibilidad a las instalaciones.

Las canalizaciones deberán estar dispuestas de forma que faciliten su maniobra, inspección y acceso a sus conexiones. Las canalizaciones eléctricas se establecerán de forma que mediante la conveniente identificación de sus circuitos y elementos, se pueda proceder en todo momento a reparaciones, transformaciones, etc.

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

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

3. CONDUCTORES.

Los conductores utilizados se regirán por las especificaciones del proyecto, según se indica en Memoria, Planos y Mediciones.

3.1. Materiales.

Los conductores serán de los siguientes tipos:

- De 450/750 V de tensión nominal.
 - Conductor: de cobre.
 - Formación: unipolares.
 - Aislamiento: policloruro de vinilo (PVC).
 - Tensión de prueba: 2.500 V.
 - Instalación: bajo tubo.
 - Normativa de aplicación: UNE 21.031.
- De 0,6/1 kV de tensión nominal.

- Conductor: de cobre (o de aluminio, cuando lo requieran las especificaciones del proyecto).
- Formación: uni-bi-tri-tetrapolares.
- Aislamiento: policloruro de vinilo (PVC) o polietileno reticulado (XLPE).
- Tensión de prueba: 4.000 V.
- Instalación: al aire o en bandeja.
- Normativa de aplicación: UNE 21.123.

Los conductores de cobre electrolítico se fabricarán de calidad y resistencia mecánica uniforme, y su coeficiente de resistividad a 20 °C será del 98 % al 100 %. Irán provistos de baño de recubrimiento de estaño, que deberá resistir la siguiente prueba: A una muestra limpia y seca de hilo estañado se le da la forma de círculo de diámetro equivalente a 20 o 30 veces el diámetro del hilo, a continuación de lo cual se sumerge durante un minuto en una solución de ácido hidrociorídrico de 1,088 de peso específico a una temperatura de 20 °C. Esta operación se efectuará dos veces, después de lo cual no deberán apreciarse puntos negros en el hilo. La capacidad mínima del aislamiento de los conductores será de 500 V.

Los conductores de sección igual o superior a 6 mm² deberán estar constituidos por cable obtenido por trenzado de hilo de cobre del diámetro correspondiente a la sección del conductor de que se trate.

3.2. Dimensionado.

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

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

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

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

La sección del conductor neutro será la especificada en la Instrucción ITC-BT-07, apartado 1, en función de la sección de los conductores de fase o polares de la instalación.

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

3.3. Identificación de las instalaciones.

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

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

3.4. Resistencia de aislamiento y rigidez dieléctrica.

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

<u>Tensión nominal instalación</u>	<u>Tensión ensayo CC (V)</u>	<u>Resistencia de aislamiento (MΩ)</u>
MBTS o MBTP	250	≥0,25
≤500 V	500	≥0,50
>500 V	1000	≥1,00

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

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

4. CAJAS DE EMPALME.

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

como empalmes o derivaciones por simple retorcimiento o arrollamiento entre sí de los conductores, sino que deberá realizarse siempre utilizando bornes de conexión.

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

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

5. MECANISMOS Y TOMAS DE CORRIENTE.

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

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

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

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

6. APARAMENTA DE MANDO Y PROTECCION.

6.1. Cuadros electricos.

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

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

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

Los cuadros serán diseñados para servicio interior, completamente estancos al polvo y la humedad, ensamblados y cableados totalmente en fábrica, y estarán constituidos por una estructura metálica de perfiles laminados en frío, adecuada para el montaje sobre el suelo, y paneles de cerramiento de chapa de acero de fuerte espesor, o de cualquier otro material que sea mecánicamente resistente y no inflamable.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

- los compartimentos que hayan de ser accesibles para accionamiento o mantenimiento estando el cuadro en servicio no tendrán piezas en tensión al descubierto.
- el cuadro y todos sus componentes serán capaces de soportar las corrientes de cortocircuito (kA) según especificaciones reseñadas en planos y mediciones.

6.2. Interruptores automáticos.

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

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

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

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

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

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

6.3. Guardamotores.

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

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

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

En caso de arranque duro, de larga duración, se instalarán relés térmicos de característica retardada. En ningún caso se permitirá cortocircuitar el relé durante el arranque.

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

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

6.4. Fusibles.

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

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

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

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

6.5. INTERRUPTORES DIFERENCIALES.

1º/ La protección contra contactos directos se asegurará adoptando las siguientes medidas:

Protección por aislamiento de las partes activas.

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

Protección por medio de barreras o envolventes.

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

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

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

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

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

Protección complementaria por dispositivos de corriente diferencial-residual.

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

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

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

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

Se cumplirá la siguiente condición:

$$R_a \times I_a \leq U$$

donde:

- R_a es la suma de las resistencias de la toma de tierra y de los conductores de protección de masas.
- I_a es la corriente que asegura el funcionamiento automático del dispositivo de protección. Cuando el dispositivo de protección es un dispositivo de corriente diferencial-residual es la corriente diferencial-residual asignada.
- U es la tensión de contacto límite convencional (50 ó 24V).

6.6. Seccionadores.

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

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

6.7. Embarrados.

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

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

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

6.8. Prensaestopas y etiquetas.

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

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

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

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

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

7. RECEPTORES DE ALUMBRADO.

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

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

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

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

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

Los circuitos de alimentación estarán previstos para transportar la carga debida a los propios receptores, a sus elementos asociados y a sus corrientes armónicas y de arranque. Para receptores con lámparas de descarga, la carga mínima prevista en voltiamperios será de 1,8 veces la potencia en vatios de las lámparas. En el caso de distribuciones monofásicas, el conductor neutro tendrá la misma sección que los de fase. Será aceptable un coeficiente diferente para el cálculo de la sección de los conductores, siempre y cuando el factor de potencia de cada receptor sea mayor o igual a 0,9 y si se conoce la carga que supone cada uno de los elementos asociados a las lámparas y las corrientes de arranque, que tanto éstas como aquéllos puedan producir. En este caso, el coeficiente será el que resulte.

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

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

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

8. RECEPTORES A MOTOR.

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

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

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

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

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

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

De 0,75 kW a 1,5 kW: 4,5
De 1,50 kW a 5 kW: 3,0
De 5 kW a 15 kW: 2
Más de 15 kW: 1,5

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

9. PUESTAS A TIERRA.

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

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

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

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

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

9.1. Uniones a tierra.

Tomas de tierra.

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

- barras, tubos;
- pletinas, conductores desnudos;
- placas;
- anillos o mallas metálicas constituidos por los elementos anteriores o sus combinaciones;
- armaduras de hormigón enterradas; con excepción de las armaduras pretensadas;
- otras estructuras enterradas que se demuestre que son apropiadas.

Los conductores de cobre utilizados como electrodos serán de construcción y resistencia eléctrica según la clase 2 de la norma UNE 21.022.

El tipo y la profundidad de enterramiento de las tomas de tierra deben ser tales que la posible pérdida de humedad del suelo, la presencia del hielo u otros efectos climáticos, no aumenten la resistencia de la toma de tierra por encima del valor previsto. La profundidad nunca será inferior a 0,50 m.

Conductores de tierra.

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

<u>Tipo</u>	<u>Protegido mecánicamente</u>	<u>No protegido mecánicamente</u>
Protegido contra la corrosión	Igual a conductores protección apdo. 7.7.1	16 mm ² Cu 16 mm ² Acero Galvanizado
No protegido contra la corrosión	25 mm ² Cu 50 mm ² Hierro	25 mm ² Cu 50 mm ² Hierro

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

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

Bornes de puesta a tierra.

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

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

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

Conductores de protección.

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

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

<u>Sección conductores fase (mm²)</u>	<u>Sección conductores protección (mm²)</u>
$S_f \leq 16$	S_f
$16 < S_f \leq 35$	16
$S_f > 35$	$S_f/2$

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

- 2,5 mm², si los conductores de protección disponen de una protección mecánica.
- 4 mm², si los conductores de protección no disponen de una protección mecánica.

Como conductores de protección pueden utilizarse:

- conductores en los cables multiconductores, o
- conductores aislados o desnudos que posean una envolvente común con los conductores activos, o
- conductores separados desnudos o aislados.

Ningún aparato deberá ser intercalado en el conductor de protección. Las masas de los equipos a unir con los conductores de protección no deben ser conectadas en serie en un circuito de protección.

10. INSPECCIONES Y PRUEBAS EN FÁBRICA.

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

En particular se harán por lo menos las siguientes comprobaciones:

- Se medirá la resistencia de aislamiento con relación a tierra y entre conductores, que tendrá un valor de al menos 0,50 Mohm.
- Una prueba de rigidez dieléctrica, que se efectuará aplicando una tensión igual a dos veces la tensión nominal más 1.000 voltios, con un mínimo de 1.500 voltios, durante 1 minuto a la frecuencia nominal. Este ensayo se realizará estando los aparatos de interrupción cerrados y los cortocircuitos instalados como en servicio normal.
- Se inspeccionarán visulamente todos los aparatos y se comprobará el funcionamiento mecánico de todas las partes móviles.
- Se pondrá el cuadro de baja tensión y se comprobará que todos los relés actúan correctamente.

- Se calibrarán y ajustarán todas las protecciones de acuerdo con los valores suministrados por el fabricante.

Estas pruebas podrán realizarse, a petición de la DO, en presencia del técnico encargado por la misma.

Cuando se exijan los certificados de ensayo, la EIM enviará los protocolos de ensayo, debidamente certificados por el fabricante, a la DO.

11. CONTROL.

Se realizarán cuantos análisis, verificaciones, comprobaciones, ensayos, pruebas y experiencias con los materiales, elementos o partes de la instalación que se ordenen por el Técnico Director de la misma, siendo ejecutados en laboratorio que designe la dirección, con cargo a la contrata.

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

12. SEGURIDAD.

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

- Siempre que se vaya a intervenir en una instalación eléctrica, tanto en la ejecución de la misma como en su mantenimiento, los trabajos se realizarán sin tensión, asegurándonos la inexistencia de ésta mediante los correspondientes aparatos de medición y comprobación.
- En el lugar de trabajo se encontrará siempre un mínimo de dos operarios.
- Se utilizarán guantes y herramientas aislantes.
- Cuando se usen aparatos o herramientas eléctricos, además de conectarlos a tierra cuando así lo precisen, estarán dotados de un grado de aislamiento II, o estarán alimentados con una tensión inferior a 50 V mediante transformadores de seguridad.
- Serán bloqueados en posición de apertura, si es posible, cada uno de los aparatos de protección, seccionamiento y maniobra, colocando en su mando un letrero con la prohibición de maniobrarlo.
- No se restablecerá el servicio al finalizar los trabajos antes de haber comprobado que no exista peligro alguno.
- En general, mientras los operarios trabajen en circuitos o equipos a tensión o en su proximidad, usarán ropa sin accesorios metálicos y evitarán el uso innecesario de objetos de metal o artículos

inflamables; llevarán las herramientas o equipos en bolsas y utilizarán calzado aislante, al menos, sin herrajes ni clavos en las suelas.

- Se cumplirán asimismo todas las disposiciones generales de seguridad de obligado cumplimiento relativas a seguridad, higiene y salud en el trabajo, y las ordenanzas municipales que sean de aplicación.

13. LIMPIEZA.

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

14. MANTENIMIENTO.

Cuando sea necesario intervenir nuevamente en la instalación, bien sea por causa de averías o para efectuar modificaciones en la misma, deberán tenerse en cuenta todas las especificaciones reseñadas en los apartados de ejecución, control y seguridad, en la misma forma que si se tratara de una instalación nueva. Se aprovechará la ocasión para comprobar el estado general de la instalación, sustituyendo o reparando aquellos elementos que lo precisen, utilizando materiales de características similares a los reemplazados.

15. CRITERIOS DE MEDICION.

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

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

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

Los cuadros y receptores eléctricos se medirán por unidades montadas y conexionadas.

La conexión de los cables a los elementos receptores (cuadros, motores, resistencias, aparatos de control, etc) será efectuada por el suministrador del mismo elemento receptor.

El transporte de los materiales en el interior de la obra estará a cargo de la EIM.

DOCUMENTO Nº4 **PRESUPUESTO**

ÍNDICE

1. PRESUPUESTO DETALLADO.....	97
2. PRESUPUESTO RESUMEN DE RECURSOS.....	101
3. RESUMEN PRESUPUESTO FINAL... ..	102

Proyecto de Instalación Eléctrica para una Nave Industrial dedicada a Baños Electrolíticos de Piezas Metálicas; Análisis Y Mitigación de las Perturbaciones Producidas por los Armónicos de Tensión y Corriente.

1. PRESUPUESTO DETALLADO

Menfis 8.0.92 - Versión educación				
			Pág.: 1	
PRESUPUESTO DE RECURSOS POR CLASE			Ref.: prorc8	
Instalaciones de enlace			Fec.:	

Código	Cantidad	Descripción del recurso		Precio	Importe
.					
000008		INSTALACIÓN ELECTRICA			
EIEE		Instalaciones de enlace			
2.0		Elemento constructivo			
EIEE.1\$	1,000	u	Caja general de protección	196,20	196,20
EIEE.2\$	1,000	u	CGP y medida comercio/industria	366,00	366,00
EIEE.4\$	10,000	m	Línea repartidora	38,95	389,50
Total 2.0:				.....	951,70
Total Capítulo EIEE				.....	951,70
EIEP		Puesta a tierra			
7.1		Mano de Obra			
MOOA.9a	28,000	h	Oficial 2ª construcción	9,35	261,80
MOOA12a	28,000	h	Peón ordinario construcción	10,84	303,52
MOOE.8a	71,310	h	Oficial 1ª electricidad	6,70	477,78
MOOE11a	0,410	h	Especialista electricidad	5,70	2,34
Total 7.1:				.....	1.045,44
7.3		Material			
PIEC11c	288,050	m	Cable cobre desnudo 1x35	3,10	892,96
PIEP.1b	1,000	u	Electrodo pica a ø14mm lg1.5m	9,88	9,88
PIEP.2a	71,000	u	Taco y collarín para sujección	0,50	35,50
PIEP.4a	1,000	u	Soldadura aluminotérmica	2,30	2,30
Total 7.3:				.....	940,64
7.4		Medio auxiliar			
%	39,750		Costes Directos Complementarios	1,00	39,75
Total 7.4:				.....	39,75
Total Capítulo EIEP				.....	2.025,83
EIEU.3hbb1		LINEAS INTERIORES DE DISTRIBUCIÓN			
EIEU1		PROTECCIONES DE LA LINEA DE FUERZA MOTRIZ 1			
7.1		Mano de Obra			
MOOE.8a	54,020	h	Oficial 1ª electricidad	6,70	361,93
MOOE11a	44,800	h	Especialista electricidad	5,70	255,36
Total 7.1:				.....	617,29
7.3		Material			
PIEA.6aaa	14,000	u	Armario ind/com 500x300mm IP43	74,45	1.042,30
PIED.1cfbb	4,000	u	Intr mgnt 16A tetrap C 10KA	38,03	152,12
PIED.1dfbb	1,000	u	Intr mgnt 20A tetrap C 10KA	39,17	39,17
PIED.1efbb	4,000	u	Intr mgnt 25A tetrap C 10KA	39,88	159,52
PIED.1ffbb	1,000	u	Intr mgnt 36A tetrap C 10KA	42,26	42,26
PIED.1gfb	1,000	u	Intr mgnt 40A tetrap C 10KA	47,57	47,57
PIED.1hfbb	3,000	u	Intr mgnt 50A tetrap C 10KA	70,09	210,27
PIED.3abca	9,000	u	Intr difl 25A tetrap 300mA	78,58	707,22
PIED.3bbca	2,000	u	Intr difl 40A tetrap 300mA	81,00	162,00
PIED.3cbca	3,000	u	Intr difl 63A tetrap 300mA	106,72	320,16
Total 7.3:				.....	2.882,59
7.4		Medio auxiliar			
%	69,960		Costes Directos Complementarios	1,00	69,96
Total 7.4:				.....	69,96

Menfis 8.0.92 - Versión educación

		Pág.: 2
	PRESUPUESTO DE RECURSOS POR CLASE	Ref.: prorec8
	PROTECCIONES DE LA LINEA DE FUERZA MOTRIZ 1	Fec.:

Código	Cantidad	Descripción del recurso	Precio	Importe
		Total Capítulo EIEU1		3.569,84
000001		LINEA DE FUERZA MOTRIZ 1		
7.1		Mano de Obra		
MOOA.9a	36,060	h Oficial 2ª construcción	9,35	337,16
MOOE.8a	59,475	h Oficial 1ª electricidad	6,70	398,48
		Total 7.1:		735,64
7.3		Material		
PIEC.2ab	777,000	m Cable Cu rígido 450/750V 1x2.5	1,15	893,55
PIEC.2ac	84,000	m Cable Cu rígido 450/750V 1x4	1,88	157,92
PIEC.2ad	501,375	m Cable Cu rígido 450/750V 1x6	2,90	1.453,99
PIEC.2ae	89,250	m Cable Cu rígido 450/750V 1x10	5,21	464,99
PIEC.2af	383,250	m Cable Cu rígido 450/750V 1x16	8,03	3.077,50
PIEC.2bh	0,315	m Cable Cu flexible 450/750V 1x35	19,73	6,21
PIEC.2bj	0,945	m Cable Cu flexible 450/750V 1x70	42,53	40,19
PIEC19bb	155,400	m Tb flx db capa PVC 16mm 30%acc	0,83	128,98
PIEC19cb	16,800	m Tb flx db capa PVC 20mm 30%acc	0,90	15,12
PIEC19db	100,275	m Tb flx db capa PVC 25mm 30%acc	1,20	120,33
PIEC19eb	17,850	m Tb flx db capa PVC 32mm 30%acc	1,86	33,20
PIEC19fb	76,650	m Tb flx db capa PVC 40mm 30%acc	2,22	170,16
		Total 7.3:		6.562,14
7.4		Medio auxiliar		
%	146,411	Costes Directos Complementarios	1,00	146,41
		Total 7.4:		146,41
		Total Capítulo 000001		7.444,19
000002		PROTECCIONES DE LA LINEA FUERZA MOTRIZ 2		
7.1		Mano de Obra		
MOOE.8a	46,560	h Oficial 1ª electricidad	6,70	311,95
MOOE11a	38,400	h Especialista electricidad	5,70	218,88
		Total 7.1:		530,83
7.3		Material		
PIEA.6aaa	12,000	u Armario ind/com 500x300mm IP43	74,45	893,40
PIED.1cfbb	4,000	u Intr mgnt 16A tetrap C 10KA	38,03	152,12
PIED.1dfbb	1,000	u Intr mgnt 20A tetrap C 10KA	39,17	39,17
PIED.1efbb	2,000	u Intr mgnt 25A tetrap C 10KA	39,88	79,76
PIED.1gfb	1,000	u Intr mgnt 40A tetrap C 10KA	47,57	47,57
PIED.1hfbb	4,000	u Intr mgnt 50A tetrap C 10KA	70,09	280,36
PIED.3abca	7,000	u Intr difl 25A tetrap 300mA	78,58	550,06
PIED.3bbca	1,000	u Intr difl 40A tetrap 300mA	81,00	81,00
PIED.3cbca	4,000	u Intr difl 63A tetrap 300mA	106,72	426,88
		Total 7.3:		2.550,32
7.4		Medio auxiliar		
%	61,600	Costes Directos Complementarios	1,00	61,60
		Total 7.4:		61,60
		Total Capítulo 000002		3.142,75
000003		LINEA FUERZA MOTRIZ 2		
7.1		Mano de Obra		
MOOA.9a	42,430	h Oficial 2ª construcción	9,35	396,72
MOOE.8a	61,345	h Oficial 1ª electricidad	6,70	411,01
		Total 7.1:		807,73

Menfis 8.0.92 - Versión educación

Proyecto de Instalación Eléctrica para una Nave Industrial dedicada a Baños Electrolíticos de Piezas Metálicas; Análisis Y Mitigación de las Perturbaciones Producidas por los Armónicos de Tensión y Corriente.

Menfis 8.0.92 - Versión educación				
			Pág.: 3	
PRESUPUESTO DE RECURSOS POR CLASE			Ref.: prorec8	
LINEA FUERZA MOTRIZ 2			Fec.:	
Código	Cantidad	Descripción del recurso	Precio	Importe
7.3		Material		
PIEC.2ab	611,625 m	Cable Cu rígido 450/750V 1x2.5	1,15	703,37
PIEC.2ac	70,875 m	Cable Cu rígido 450/750V 1x4	1,88	133,25
PIEC.2ad	417,375 m	Cable Cu rígido 450/750V 1x6	2,90	1.210,39
PIEC.2ae	152,250 m	Cable Cu rígido 450/750V 1x10	5,21	793,22
PIEC.2af	640,500 m	Cable Cu rígido 450/750V 1x16	8,03	5.143,22
PIEC.2bh	0,315 m	Cable Cu flexible 450/750V 1x35	19,73	6,21
PIEC.2bj	0,945 m	Cable Cu flexible 450/750V 1x70	42,53	40,19
PIEC19bb	122,325 m	Tb flx db capa PVC 16mm 30%acc	0,83	101,53
PIEC19cb	14,175 m	Tb flx db capa PVC 20mm 30%acc	0,90	12,76
PIEC19db	83,475 m	Tb flx db capa PVC 25mm 30%acc	1,20	100,17
PIEC19eb	30,450 m	Tb flx db capa PVC 32mm 30%acc	1,86	56,64
PIEC19fb	128,100 m	Tb flx db capa PVC 40mm 30%acc	2,22	284,38
		Total 7.3:		8.585,33
7.4		Medio auxiliar		
%	187,936	Costes Directos Complementarios	1,00	187,94
		Total 7.4:		187,94
		Total Capítulo 000003		9.581,00
000004		PROTECCIONES LINEA DE ALUMBRADO DE LA NAVE		
7.1		Mano de Obra		
MOOE.8a	1,250 h	Oficial 1ª electricidad	6,70	8,38
		Total 7.1:		8,38
7.3		Material		
PIED.1bcbb	3,000 u	Intr mgnt 10A bip C 10KA	18,08	54,24
PIED.1ccbb	1,000 u	Intr mgnt 16A bip C 10KA	18,39	18,39
PIED.1fcbb	1,000 u	Intr mgnt 36A bip C 10KA	20,46	20,46
		Total 7.3:		93,09
7.4		Medio auxiliar		
%	2,040	Costes Directos Complementarios	1,00	2,04
		Total 7.4:		2,04
		Total Capítulo 000004		103,51
000005		LINEA ALUMBRADO DE LA NAVE		
7.1		Mano de Obra		
MOOA.9a	20,240 h	Oficial 2ª construcción	9,35	189,24
MOOE.8a	25,300 h	Oficial 1ª electricidad	6,70	169,51
		Total 7.1:		358,75
7.3		Material		
PIEC.2aa	261,450 m	Cable Cu rígido 450/750V 1x1.5	0,38	99,35
PIEC.2ab	267,750 m	Cable Cu rígido 450/750V 1x2.5	1,15	307,91
PIEC.2ad	267,750 m	Cable Cu rígido 450/750V 1x6	2,90	776,48
PIEC19ab	87,150 m	Tb flx db capa PVC 13.5mm 30%acc	0,65	56,65
PIEC19bb	89,250 m	Tb flx db capa PVC 16mm 30%acc	0,83	74,08
PIEC19db	89,250 m	Tb flx db capa PVC 25mm 30%acc	1,20	107,10
		Total 7.3:		1.421,57
7.4		Medio auxiliar		
%	36,410	Costes Directos Complementarios	1,00	36,41
		Total 7.4:		36,41
		Total Capítulo 000005		1.816,73

Menfis 8.0.92 - Versión educación

		Pág.: 4
	PRESUPUESTO DE RECURSOS POR CLASE	Ref.: prorec8
	PROTECCIONES DE LA LINEA DE OFICINAS	Fec.:

Código	Cantidad	Descripción del recurso	Precio	Importe
000006		PROTECCIONES DE LA LINEA DE OFICINAS		
7.1		Mano de Obra		
MOOE.8a	2,020	h Oficial 1ª electricidad	6,70	13,53
		Total 7.1:		13,53
7.3		Material		
PIED.1ccbb	2,000	u Intr mgnt 16A bip C 10KA	18,39	36,78
PIED.1hcb	2,000	u Intr mgnt 50A bip C 10KA	37,55	75,10
PIED.1hfb	2,000	u Intr mgnt 50A tetrap C 10KA	70,09	140,18
		Total 7.3:		252,06
7.4		Medio auxiliar		
%	5,320	Costes Directos Complementarios	1,00	5,32
		Total 7.4:		5,32
		Total Capítulo 000006		270,91
000007		LINEA DE OFICINAS		
7.1		Mano de Obra		
MOOA.9a	16,240	h Oficial 2ª construcción	9,35	151,84
MOOE.8a	16,121	h Oficial 1ª electricidad	6,70	108,01
		Total 7.1:		259,85
7.3		Material		
PIEC.2ab	50,400	m Cable Cu rígido 450/750V 1x2.5	1,15	57,96
PIEC.2ae	22,050	m Cable Cu rígido 450/750V 1x10	5,21	114,88
PIEC.2af	426,510	m Cable Cu rígido 450/750V 1x16	8,03	3.424,88
PIEC19bb	16,800	m Tb flx db capa PVC 16mm 30%acc	0,83	13,94
PIEC19eb	7,350	m Tb flx db capa PVC 32mm 30%acc	1,86	13,67
PIEC19fb	85,050	m Tb flx db capa PVC 40mm 30%acc	2,22	188,81
		Total 7.3:		3.814,14
7.4		Medio auxiliar		
%	81,140	Costes Directos Complementarios	1,00	81,14
		Total 7.4:		81,14
		Total Capítulo 000007		4.155,13
		Total Capítulo EIEU.3hbb1		
		Total Capítulo 000008		
		Total Presupuesto		
		Total recursos		
		Costes indirectos, medios auxiliares y redondeos		31.039,66
		Total presupuesto		31.039,66

Menfis 8.0.92 - Versión educación

Proyecto de Instalación Eléctrica para una Nave Industrial dedicada a Baños Electrolíticos de Piezas Metálicas; Análisis Y Mitigación de las Perturbaciones Producidas por los Armónicos de Tensión y Corriente.

2. PRESUPUESTO RESUMEN DE TODOS LOS RECURSOS

Menfis 8.0.92 - Versión educación				
			Pág.: 1	
PRESUPUESTO DE RECURSOS POR CLASE			Ref.: prorec1	
			Fec.:	

Código	Cantidad	Descripción del recurso		Precio	Importe
2.0		Elemento constructivo			
EIEE.1\$	1,000	u	Caja general de protección	196,20	196,20
EIEE.2\$	1,000	u	CGP y medida comercio/industria	366,00	366,00
EIEE.4\$	10,000	m	Linea repartidora	38,95	389,50
Total 2.0:				.....	951,70
7.1		Mano de Obra			
MOOA.9a	114,970	h	Oficial 2ª construcción	9,35	1.074,97
MOOE.8a	266,091	h	Oficial 1ª electricidad	6,70	1.782,81
MOOE11a	83,200	h	Especialista electricidad	5,70	474,24
Total 7.1:				.....	3.332,02
7.3		Material			
PIEA.6aaa	26,000	u	Armario ind/com 500x300mm IP43	74,45	1.935,70
PIEC.2aa	261,450	m	Cable Cu rígido 450/750V 1x1.5	0,38	99,35
PIEC.2ab	1.706,775	m	Cable Cu rígido 450/750V 1x2.5	1,15	1.962,79
PIEC.2ac	154,875	m	Cable Cu rígido 450/750V 1x4	1,88	291,17
PIEC.2ad	1.186,500	m	Cable Cu rígido 450/750V 1x6	2,90	3.440,85
PIEC.2ae	263,550	m	Cable Cu rígido 450/750V 1x10	5,21	1.373,10
PIEC.2af	1.450,260	m	Cable Cu rígido 450/750V 1x16	8,03	11.645,59
PIEC.2bh	0,630	m	Cable Cu flexible 450/750V 1x35	19,73	12,43
PIEC.2bj	1,890	m	Cable Cu flexible 450/750V 1x70	42,53	80,38
PIEC19ab	87,150	m	Tb flx db capa PVC 13.5mm 30%acc	0,65	56,65
PIEC19bb	383,775	m	Tb flx db capa PVC 16mm 30%acc	0,83	318,53
PIEC19cb	30,975	m	Tb flx db capa PVC 20mm 30%acc	0,90	27,88
PIEC19db	273,000	m	Tb flx db capa PVC 25mm 30%acc	1,20	327,60
PIEC19eb	55,650	m	Tb flx db capa PVC 32mm 30%acc	1,86	103,51
PIEC19fb	289,800	m	Tb flx db capa PVC 40mm 30%acc	2,22	643,36
PIED.1bcbb	3,000	u	Intr mgnt 10A bip C 10KA	18,08	54,24
PIED.1ccbb	3,000	u	Intr mgnt 16A bip C 10KA	18,39	55,17
PIED.1cfbb	8,000	u	Intr mgnt 16A tetrap C 10KA	38,03	304,24
PIED.1dfbb	2,000	u	Intr mgnt 20A tetrap C 10KA	39,17	78,34
PIED.1efbb	6,000	u	Intr mgnt 25A tetrap C 10KA	39,88	239,28
PIED.1fcbb	1,000	u	Intr mgnt 36A bip C 10KA	20,46	20,46
PIED.1ffbb	1,000	u	Intr mgnt 36A tetrap C 10KA	42,26	42,26
PIED.1gfbb	2,000	u	Intr mgnt 40A tetrap C 10KA	47,57	95,14
PIED.1hcbb	2,000	u	Intr mgnt 50A bip C 10KA	37,55	75,10
PIED.1hfbb	9,000	u	Intr mgnt 50A tetrap C 10KA	70,09	630,81
PIED.3abca	16,000	u	Intr difl 25A tetrap 300mA	78,58	1.257,28
PIED.3bbca	3,000	u	Intr difl 40A tetrap 300mA	81,00	243,00
PIED.3cbca	7,000	u	Intr difl 63A tetrap 300mA	106,72	747,04
Total 7.3:				.....	26.161,25
7.4		Medio auxiliar			
%	590,817		Costes Directos Complementarios	1,00	590,82
Total 7.4:				.....	590,82
Total recursos				.....	31.035,79
Costes indirectos, medios auxiliares y redondeos				.....	3,87
Total presupuesto				.....	31.039,66

3. RESUMEN PRESUPUESTO FINAL

Menfis 8.0.92 - Versión educación		
		Pág.: 1
	RESUMEN DE CAPÍTULO	Ref.: prores2
		Fec.:

Nº Orden	Código	Descripción de los capitulos	Importe
01	000008	INSTALACIÓN ELECTRICA	31.039,66
01.01	EIEE	Instalaciones de enlace	951,70
01.04	EIEU.3hbb1	LINEAS INTERIORES DE DISTRIBUCIÓN	30.087,96
01.04.01	EIEU1	PROTECCIONES DE LA LINEA DE FUERZA MOTRIZ 1	3.569,80
01.04.02	000001	LINEA DE FUERZA MOTRIZ 1	7.445,85
01.04.03	000002	PROTECCIONES DE LA LINEA FUERZA MOTRIZ 2	3.142,72
01.04.04	000003	LINEA FUERZA MOTRIZ 2	9.582,46
01.04.05	000004	PROTECCIONES LINEA DE ALUMBRADO DE LA NAVE	103,53
01.04.06	000005	LINEA ALUMBRADO DE LA NAVE	1.817,36
01.04.07	000006	PROTECCIONES DE LA LINEA DE OFICINAS	270,92
01.04.08	000007	LINEA DE OFICINAS	4.155,32

PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL 31.039,66

13% Gastos Generales 4.035,16

6% Beneficio Industrial 1.862,38

PRESUPUESTO BRUTO 36.937,20

18% I.V.A. 6.648,70

PRESUPUESTO LIQUIDO 43.585,90

Suma el presente presupuesto la cantidad de:

CUARENTA Y TRES MIL QUINIENTOS OCHENTA Y CINCO EUROS CON NOVENTA CÉNTIMOS

DOCUMENTO Nº5

PLANOS

ÍNDICE

4. SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO

5. DISTRIBUCIÓN EN PLANTA

6. DISTRIBUCION EN DE LAS LÍNEAS

7. DIAGRAMA UNIFILAR

7.1. Detalle esquema unifilar, cuadro general, línea oficina , alumbrado y línea F.M.2.

7.2. Detalle esquema unifilar, cuadro general y línea F.M.1.

7.3. Detalle esquema unifilar, cuadro secundario oficina, 1 y 2.

7.4. Detalle esquema unifilar, cuadro secundario 3, 4, 5 y 6.

7.5. Detalle esquema unifilar, cuadro secundario 7, 8, 9 y 10.

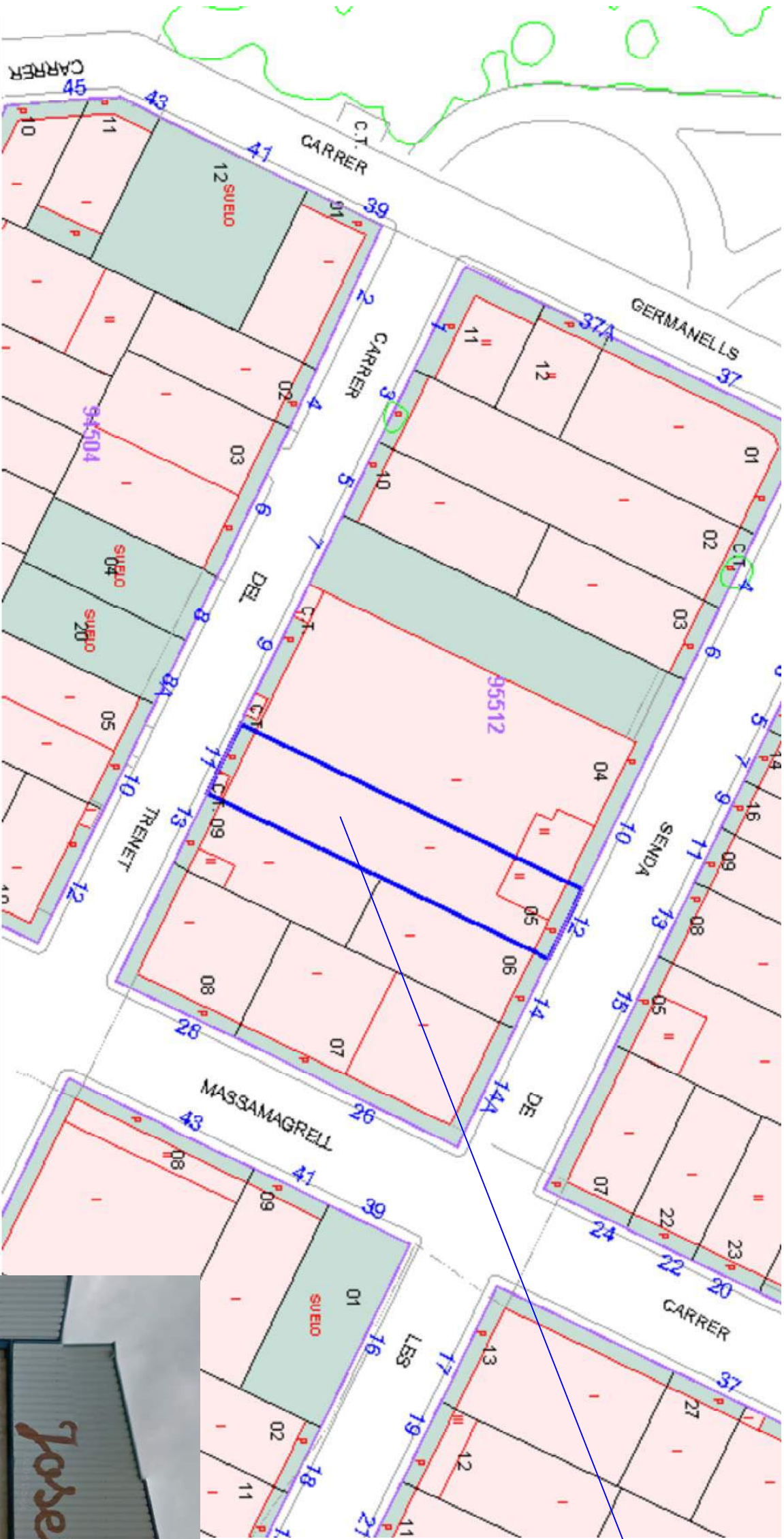
7.6. Detalle esquema unifilar, cuadro secundario 11, 12, 13 y 14.

7.7. Detalle esquema unifilar, cuadro secundario 15, 16, 17 y 18.

7.8. Detalle esquema unifilar, cuadro secundario 19, 20, 21 y 22.

7.9. Detalle esquema unifilar, cuadro secundario 23, 24, 25 y 26.

8. PUESTA A TIERRA

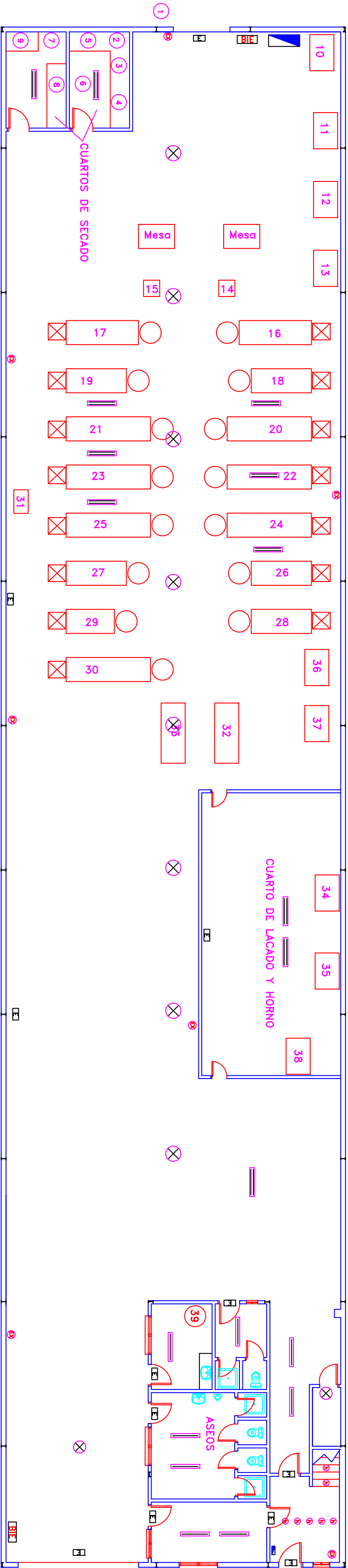


LOCAL

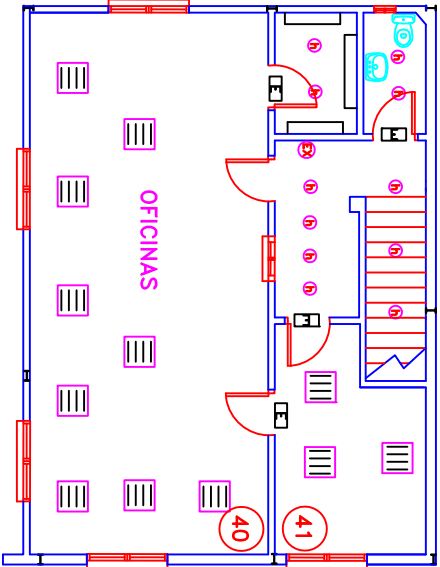


Referencia catastral: 9551205YJ2895N0001SK
Localización: C/ SENDA DE LES DEU 12
46138 - RAFELBUNYOL (VALENCIA)
Clase : Urbano
Superficie: 1.007 m2
Coeficiente de participación: 100%
Uso: Industrial
Año construcción local: 1997

ACCESO



PLANTA BAJA

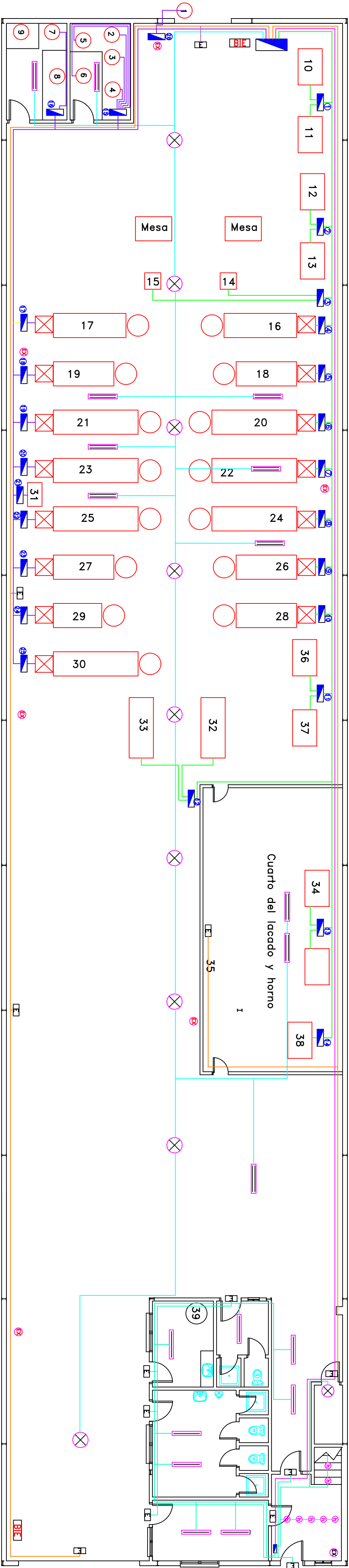


PLANTA 1

LEYENDA

1	Bomba sumergible modelo (GRUNFOS) , motor de 5,5 C.V. caudal 270ltrs/min.
2	Torno de 0,5 C.V.
3	Torno de 0,5 C.V.
4	Muela esmeril modelo (LETAJ) con e.m. de 1,1 C.V.
5	Cuba de desmenuado con entrada (Iil) a 380/220 y salida recificada a 15V y 500A.
6	Aspirador extractor de 2 C.V.
7	Aspirador extractor de 2 C.V.
8	Cuba limpieza bastidores
9	Cuba de salfuman
10	Vibro con dos motores de 5 C.V.
11	Cuba de Tricloretileno con dos calentadores de 1500 W.
12	Muela esmeril modelo (EINHELL) con electromotor de 400W.
13	Maquina taladradora modelo (EINHELL) de 1,1C.V.
14	Ultrasonidos con 6 calentadores de 500 W .
15	Ultrasonidos con 6 calentadores de 500 W .
16	Planta de intercambio ionico con equipo de regeneracion automatica de 250W con INP-100CA con produccion 2m3/hora
17	Cuba de desengrase con entrada (Iil) a 380/220 y salida recificada a 15V y 1000A.
18	Cuba de cobre con entrada (Iil) a 380/220 y salida recificada a 15V y 100A con motor de 0,25 H.P. y 2 calentadores de 2000W.
19	Cuba de cobre con entrada (Iil) a 380/220 y salida recificada a 15V y 100A con motor de 0,25 H.P. y 2 calentadores de 2000W.
20	Cuba de niquel con entrada (Iil) a 380/220 y salida recificada a 15V y 1000A con motor de 0,25 H.P. y 3 calentadores de 3000W.

21	Cuba de niquel con entrada (Iil) a 380/220 y salida recificada a 15V y 1000A con motor de 0,25 H.P. y 3 calentadores de 3000W.
22	Cuba de niquel con entrada (Iil) a 380/220 y salida recificada a 15V y 1000A con motor de 0,25 H.P. y 3 calentadores de 3000W.
23	Cuba de niquel con entrada (Iil) a 380/220 y salida recificada a 15V y 1000A con motor de 0,25 H.P. y 3 calentadores de 3000W.
24	Cuba de niquel con entrada (Iil) a 380/220 y salida recificada a 15V y 1500A con motor de 0,25 H.P. y 3 calentadores de 3000W.
25	Cuba de niquel con entrada (Iil) a 380/220 y salida recificada a 15V y 1500A con motor de 0,25 H.P. y 3 calentadores de 3000W.
26	Cuba de oro con entrada (Iil) a 380/220 y salida recificada a 15V y 100A con motor de 0,25 H.P. y 2 calentadores de 2000W.
27	Cuba de niquel negro con entrada (Iil) a 380/220 y salida recificada a 15V y 100A con motor de 0,25 H.P. y 1 calentador de 1500W.
28	Cuba de oro con entrada (Iil) a 380/220 y salida recificada a 15V y 100A con motor de 0,25 H.P. y 2 calentadores de 2000W.
29	Cuba de cromo con entrada (Iil) a 380/220 y salida recificada a 15V y 1500A y 1 calentador de 2000W.
30	Cuba de Iatlon con entrada (Iil) a 380/220 y salida recificada a 15V y 200A con motor de 0,25 H.P. y 2 calentadores de 2000W.
31	Planta de intercambio ionico con equipo de regeneracion automatica de 250W con INP-100CA con produccion 2m3/hora
32	Maquina secadora con motor (Iil) con brda de 1C.V. y 5 resistencias de aietas de 1500W.
33	Maquina secadora con motor (Iil) con brda de 1C.V. y 5 resistencias de aietas de 1500W.
34	Extraccion de 2 C.V. y 1 C.V.
35	Horno con chimenea con aspirador de 3 kW y 240 W el quemador.
36	Bomba movil modelo (SERFILCO) V4-8000 de 1C.V.
37	Bomba movil modelo (SERFILCO) V4-8000 de 0,5 C.V.
38	Compresor de martillo de 5 C.V.
39	Termo electrico de 1 KW.
40	Aire acondicionado modelo (FUJITSU) de 7,7 KW.
41	Aire acondicionado modelo (FUJITSU) de 2,7 KW.



SIMBOLOGIA.

Lampara halogena de 80 W.

Extintor de polvo seco polivalente de 9 Kg.

Conjunto de 4 lamparas fluorescentes de 40 W cada tubo.

Lampara de V.M.C.C. de 400 W.

Lampara fluorescente de 2 x 65 W.

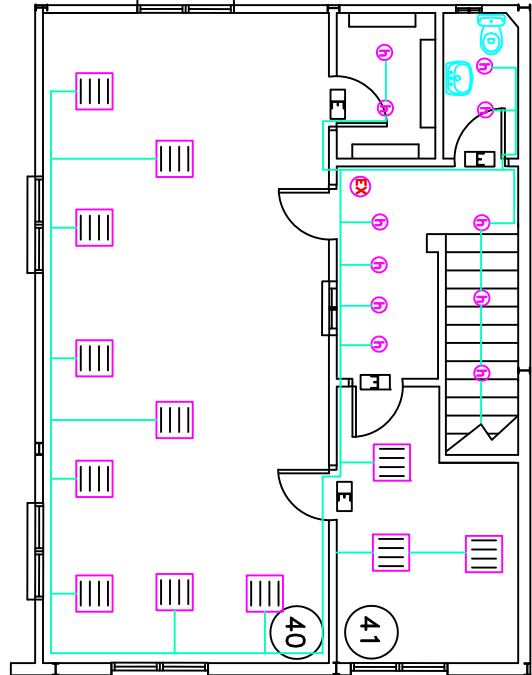
Lampara fluorescente de 65 W.

Cuadro secundario de proteccion.

Cuadro general de proteccion.

Boca de incendios equipada.

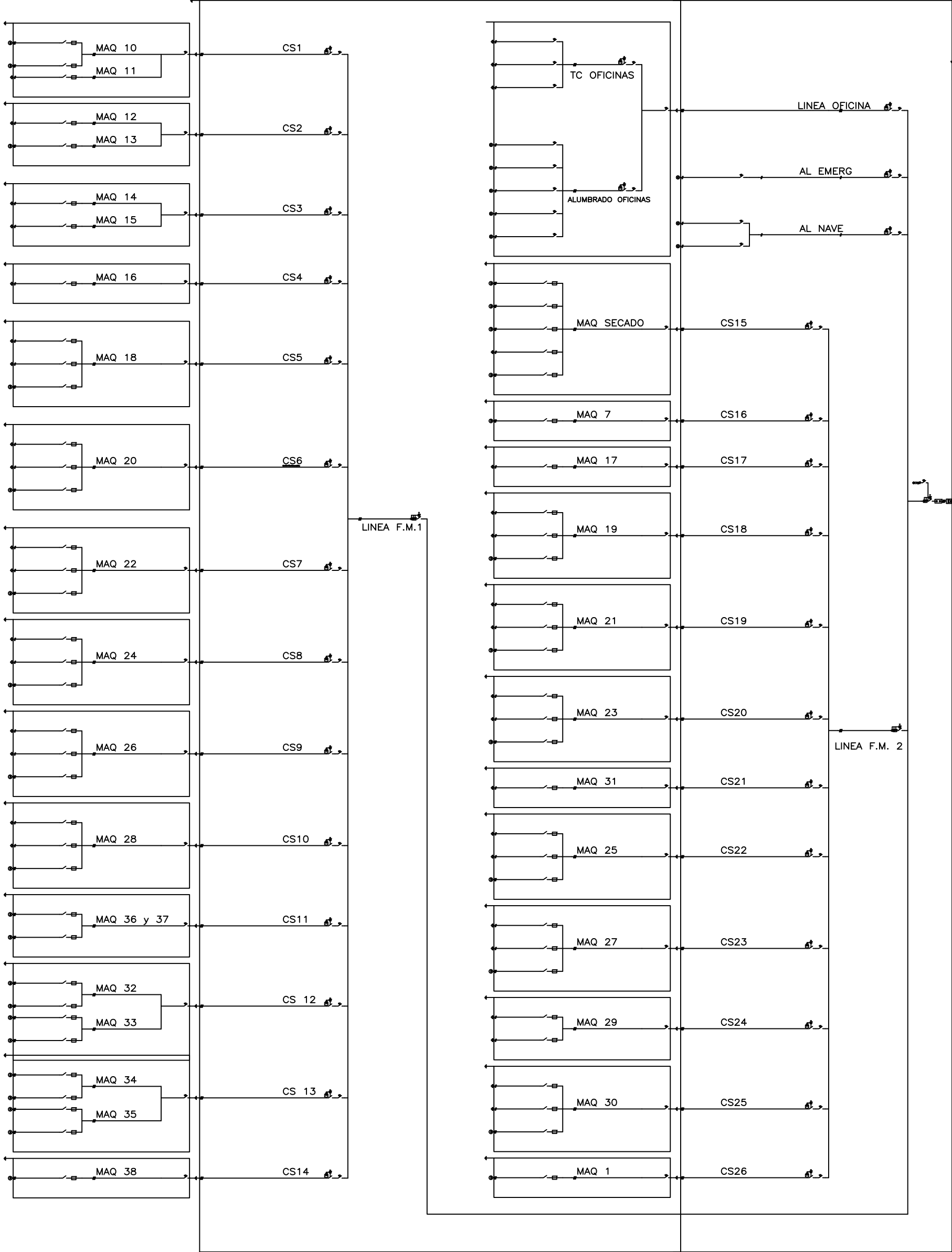
Señalizacion de emergencia.

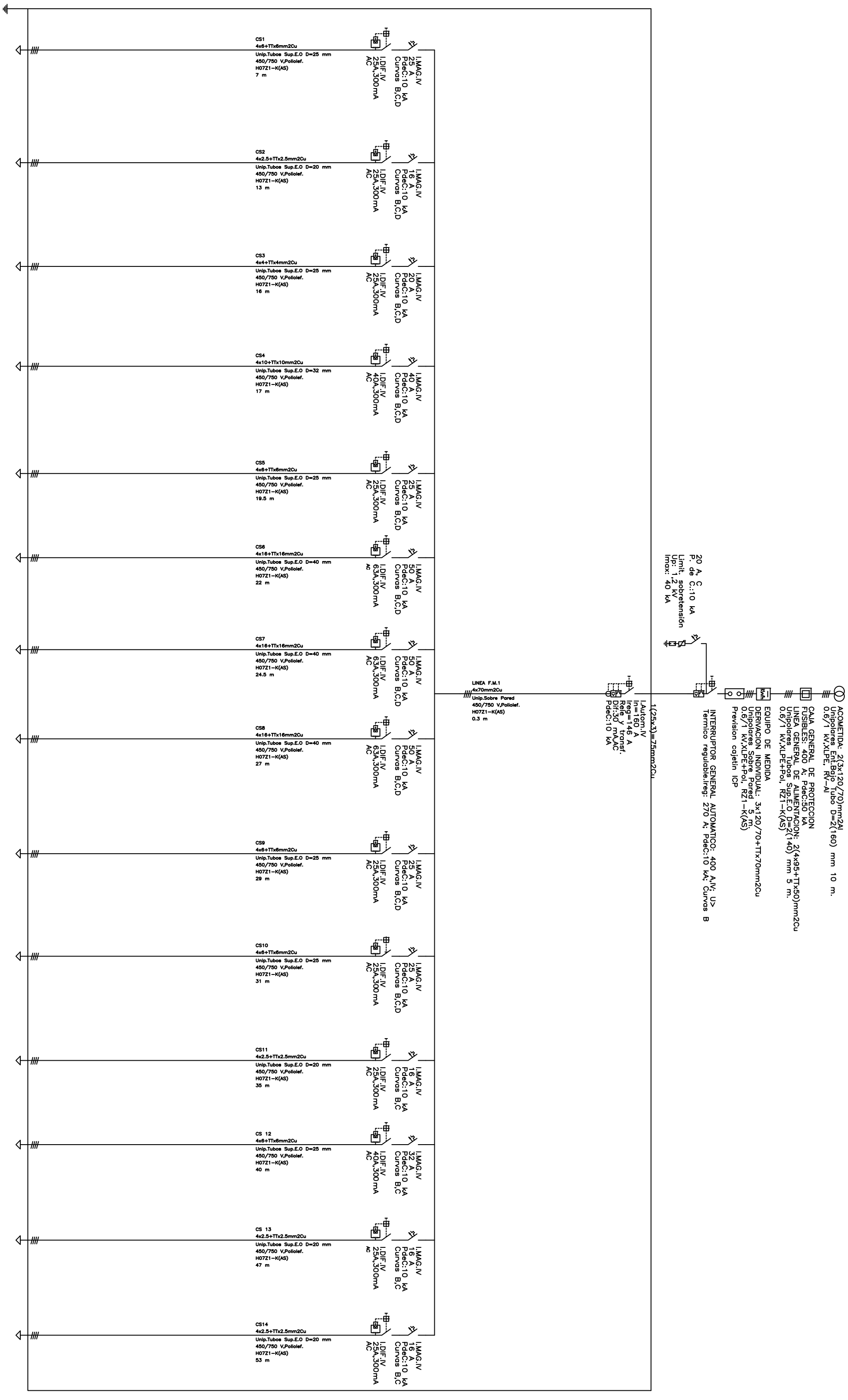


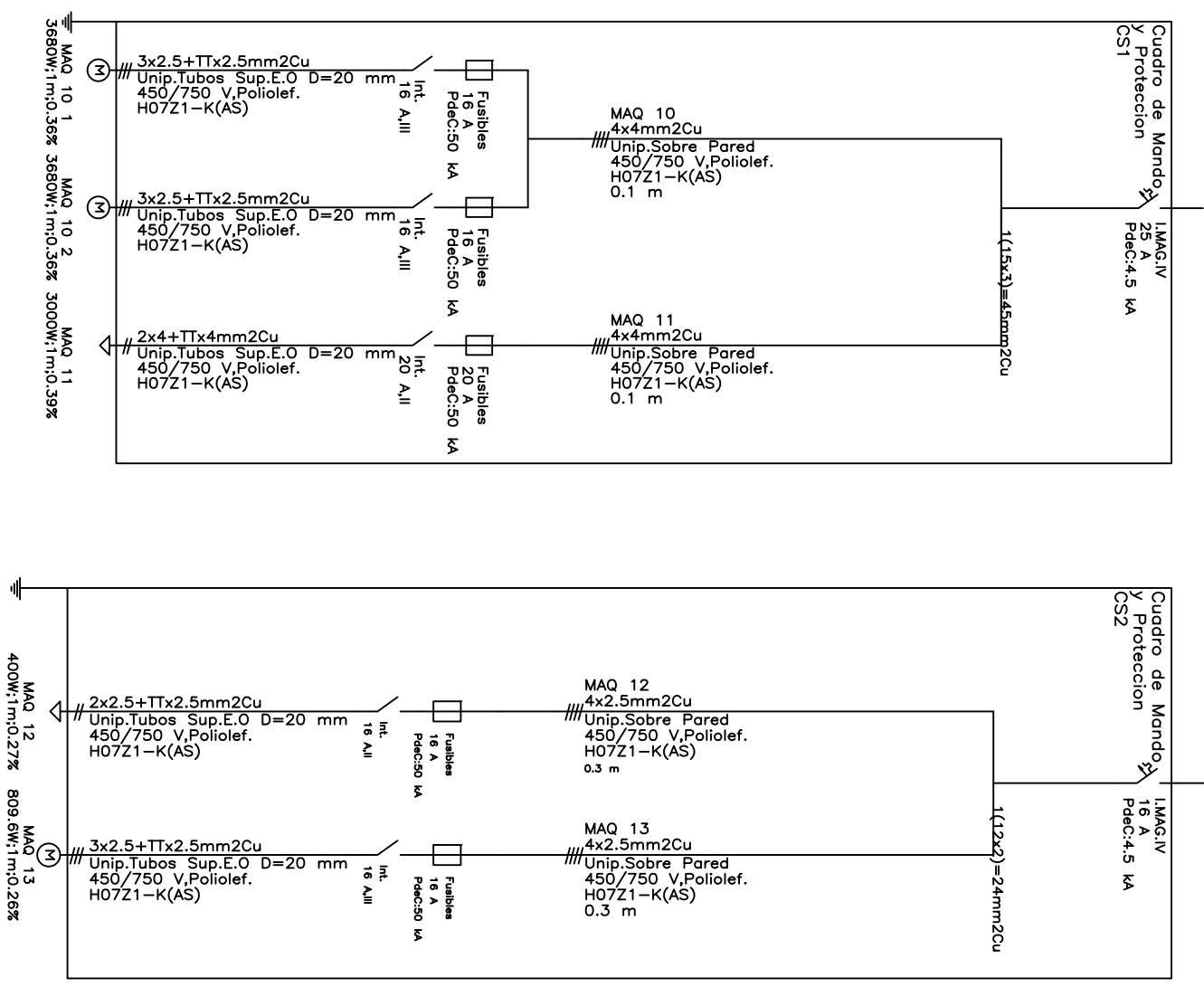
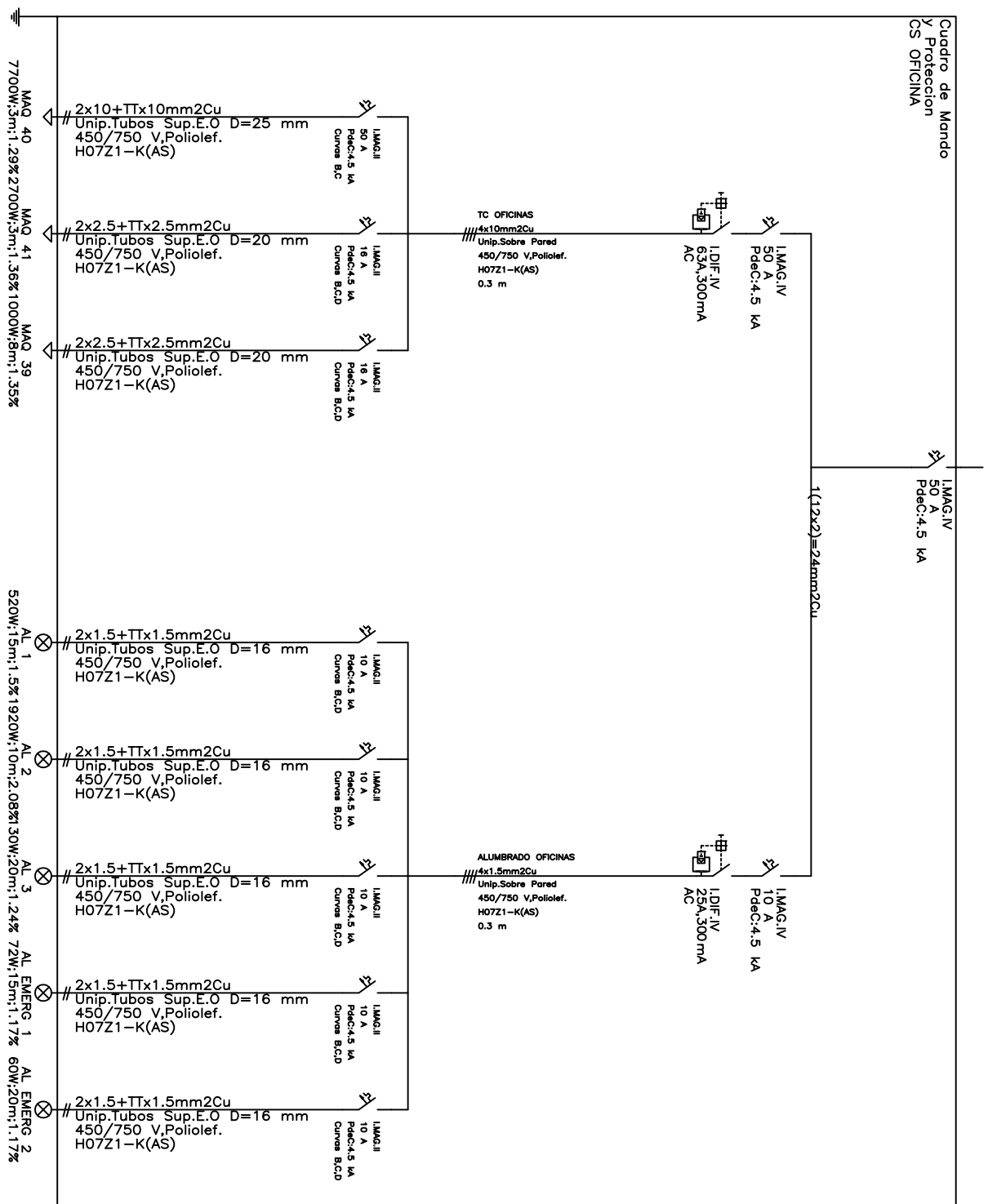
LEYENDA

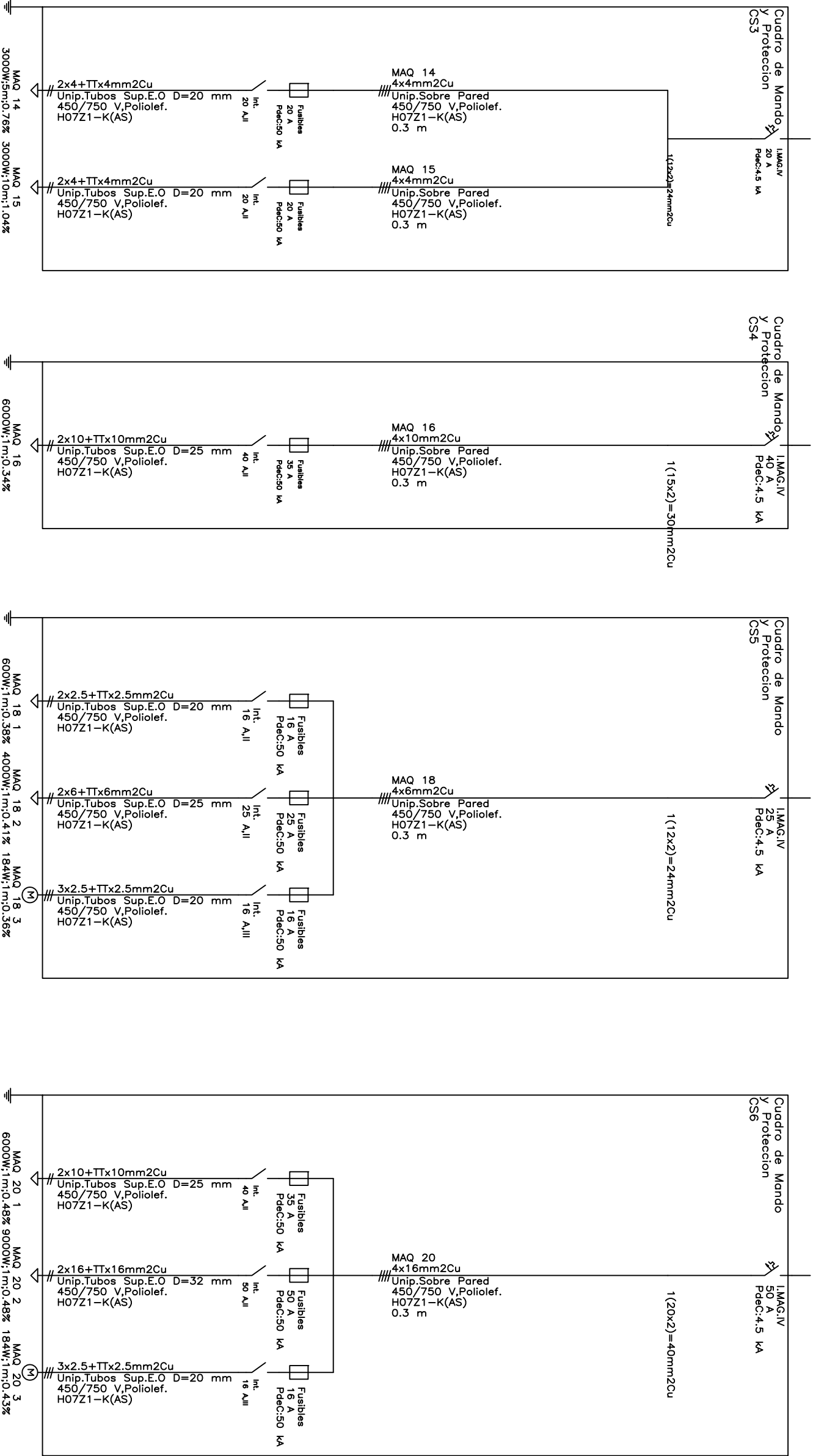
1	Bomba sumergible modelo (GRUNFOS) , motor de 5,5 C.V. caudal 270ltrs/min.
2	Torno de 0,5 C.V.
3	Torno de 0,5 C.V.
4	Muela esmeril modelo (LETAJ) con e.m. de 1,1 C.V.
5	Cuba de desniquelado con entrada (Iil) a 380/220 y salida recificada a 15V y 500A.
6	Aspirador extractor de 2 C.V.
7	Aspirador extractor de 2 C.V.
8	Cuba limpieza bastidores
9	Cuba de salfuman
10	Vibro con dos motores de 5 C.V.
11	Cuba de Tricloretileno con dos calentadores de 1500 W.
12	Muela esmeril modelo (EINHELL) con electromotor de 400W.
13	Maquina taladradora modelo (EINHELL) de 1,1C.V.
14	Ultrasonidos con 6 calentadores de 500 W .
15	Ultrasonidos con 6 calentadores de 500 W .
16	Planta de intercambio ionico con equipo de regeneracion automatica de 250W con INP-100CA con produccion 2m3/hora
17	Cuba de desengrase con entrada (Iil) a 380/220 y salida recificada a 15V y 1000A.
18	Cuba de cobre con entrada (Iil) a 380/220 y salida recificada a 15V y 100A con motor de 0,25 H.P. y 2 calentadores de 2000W.
19	Cuba de cobre con entrada (Iil) a 380/220 y salida recificada a 15V y 100A con motor de 0,25 H.P. y 2 calentadores de 2000W.
20	Cuba de niquel con entrada (Iil) a 380/220 y salida recificada a 15V y 1000A con motor de 0,25 H.P. y 3 calentadores de 3000W.

21	Cuba de niquel con entrada (Iil) a 380/220 y salida recificada a 15V y 1000A con motor de 0,25 H.P. y 3 calentadores de 3000W.
22	Cuba de niquel con entrada (Iil) a 380/220 y salida recificada a 15V y 1000A con motor de 0,25 H.P. y 3 calentadores de 3000W.
23	Cuba de niquel con entrada (Iil) a 380/220 y salida recificada a 15V y 1000A con motor de 0,25 H.P. y 3 calentadores de 3000W.
24	Cuba de niquel con entrada (Iil) a 380/220 y salida recificada a 15V y 1500A con motor de 0,25 H.P. y 3 calentadores de 3000W.
25	Cuba de niquel con entrada (Iil) a 380/220 y salida recificada a 15V y 1500A con motor de 0,25 H.P. y 3 calentadores de 3000W.
26	Cuba de oro con entrada (Iil) a 380/220 y salida recificada a 15V y 100A con motor de 0,25 H.P. y 2 calentadores de 2000W.
27	Cuba de niquel negro con entrada (Iil) a 380/220 y salida recificada a 15V y 100A con motor de 0,25 H.P. y 1 calentador de 1500W.
28	Cuba de oro con entrada (Iil) a 380/220 y salida recificada a 15V y 100A con motor de 0,25 H.P. y 2 calentadores de 2000W.
29	Cuba de cromo con entrada (Iil) a 380/220 y salida recificada a 15V y 1500A y 1 calentador de 2000W.
30	Cuba de iaton con entrada (Iil) a 380/220 y salida recificada a 15V y 200A con motor de 0,25 H.P. y 2 calentadores de 2000W.
31	Planta de intercambio ionico con equipo de regeneracion automatica de 250W con INP-100CA con produccion 2m3/hora
32	Maquina secadora con motor (Iil) con brida de 1C.V. y 5 resistencias de aietas de 1500W.
33	Maquina secadora con motor (Iil) con brida de 1C.V. y 5 resistencias de aietas de 1500W.
34	Extraccion de 2 C.V. y 1 C.V.
35	Horno con chimenea con aspirador de 3 kW y 240 W el quemador.
36	Bomba movil modelo (SERFILCO) V4-8000 de 1C.V.
37	Bomba movil modelo (SERFILCO) V4-8000 de 0,5 C.V.
38	Compresor de martillo de 5 C.V.
39	Termo electrico de 1 KW.
40	Aire acondicionado modelo (FUITSU) de 7,7 KW.
41	Aire acondicionado modelo (FUITSU) de 2,7 KW.









UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA
SUPERIOR INGENIEROS
INDUSTRIALES VALENCIA

TRABAJO FIN DE MÁSTER EN INGENIERÍA INDUSTRIAL

Proyecto:

PROYECTO DE INTALACIÓN ELÉCTRICA PARA UNA NAVE INDUSTRIAL
DEDICADA A BAÑOS ELECTROLÍTICOS DE PIEZAS METÁLICAS;
ANÁLISIS Y MITIGACIÓN DE LAS PERTURBACIONES PRODUCIDAS POR
LOS ARMÓNICOS DE TENSIÓN Y CORRIENTE.

Plano:

DETALLE ESQUEMA UNIFILAR, CUADRO SECUNDARIO
CUADRO SECUNDARIO 3, 4, 5 Y 6

Autor:

ALBA AÑÓN ALONSO

Fecha:

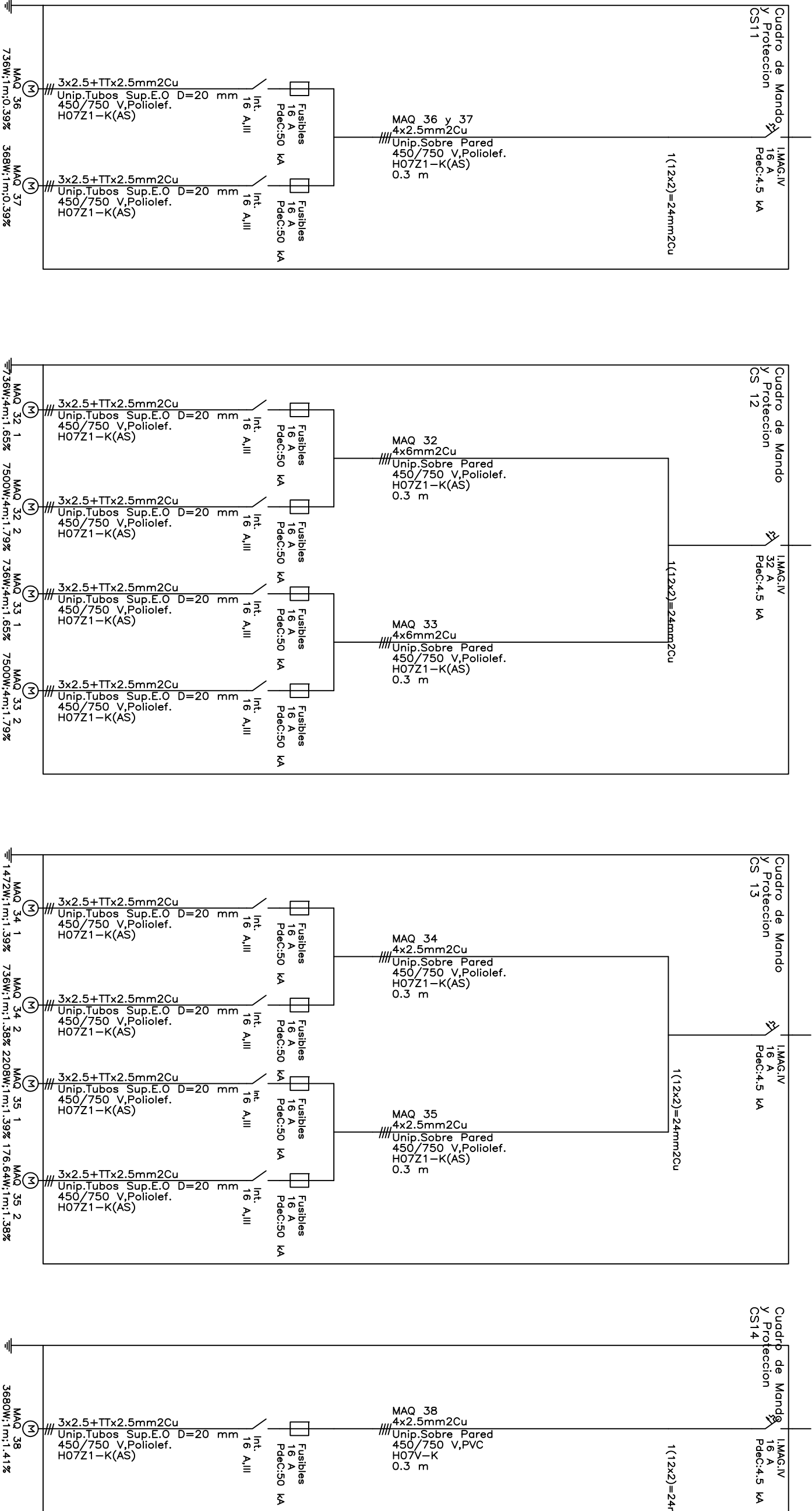
Septiembre 2016

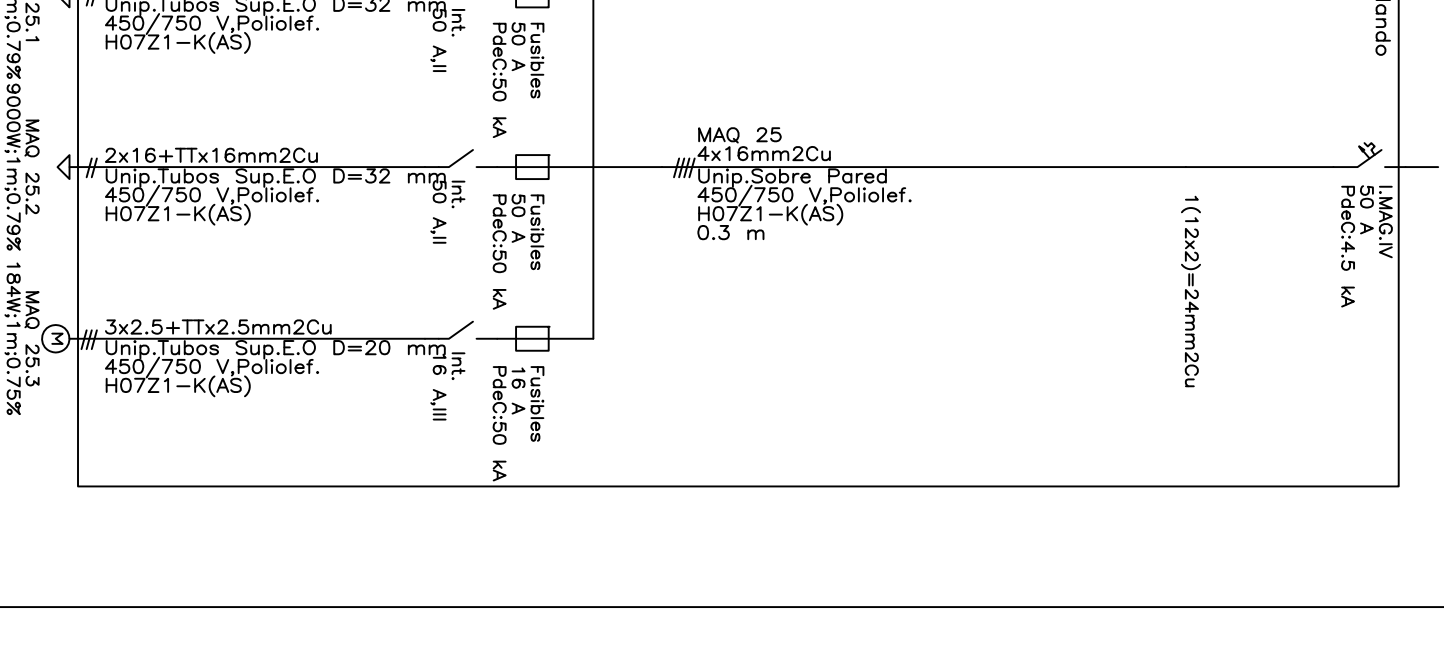
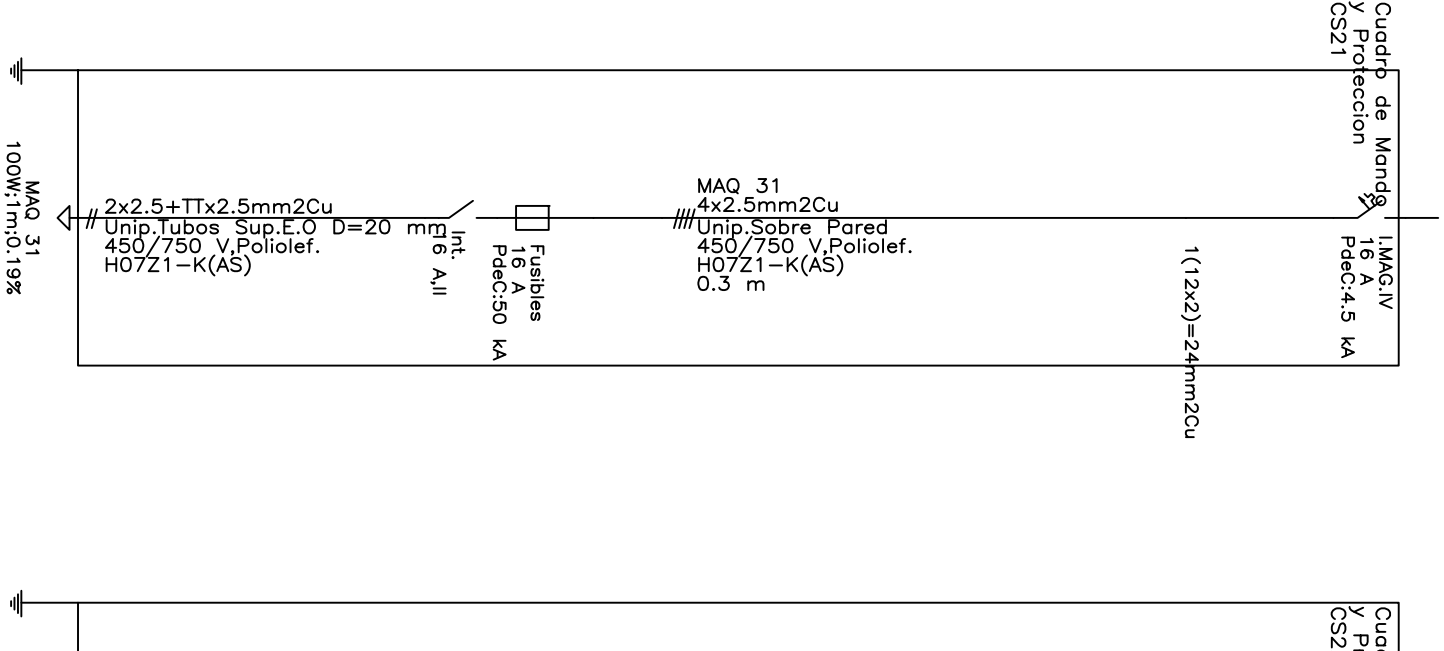
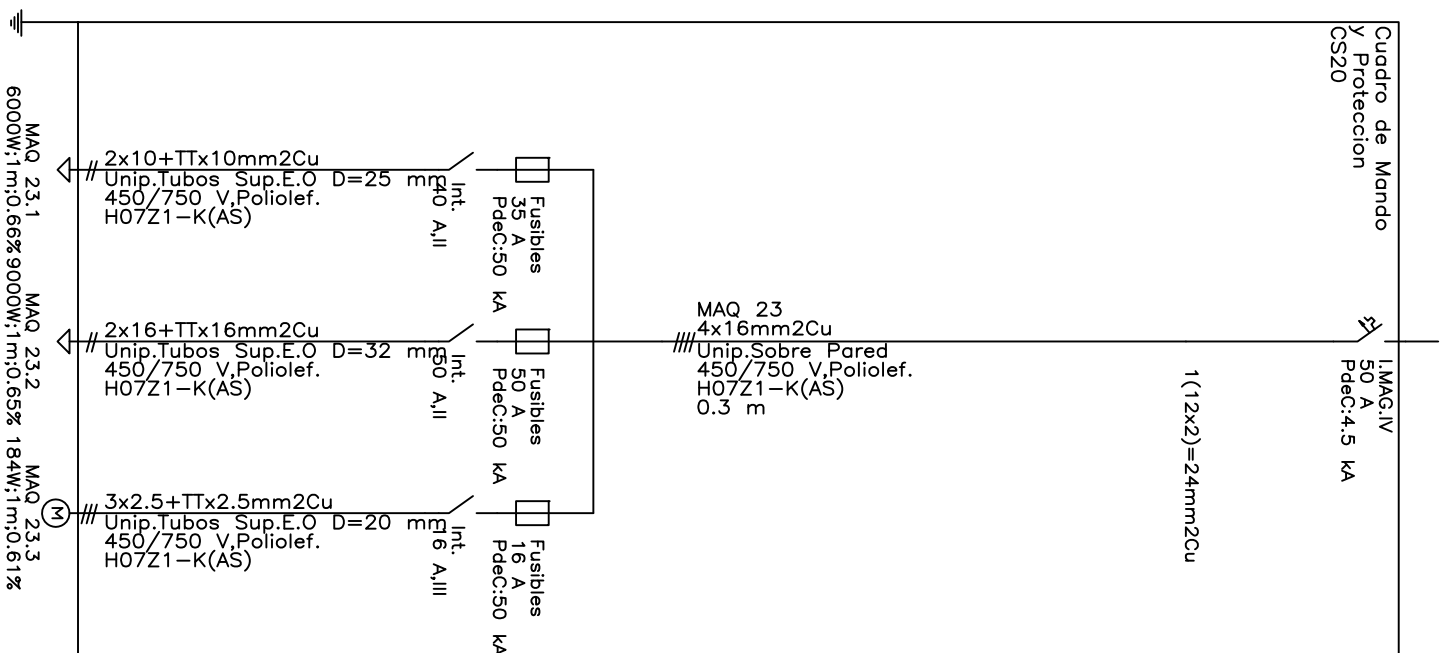
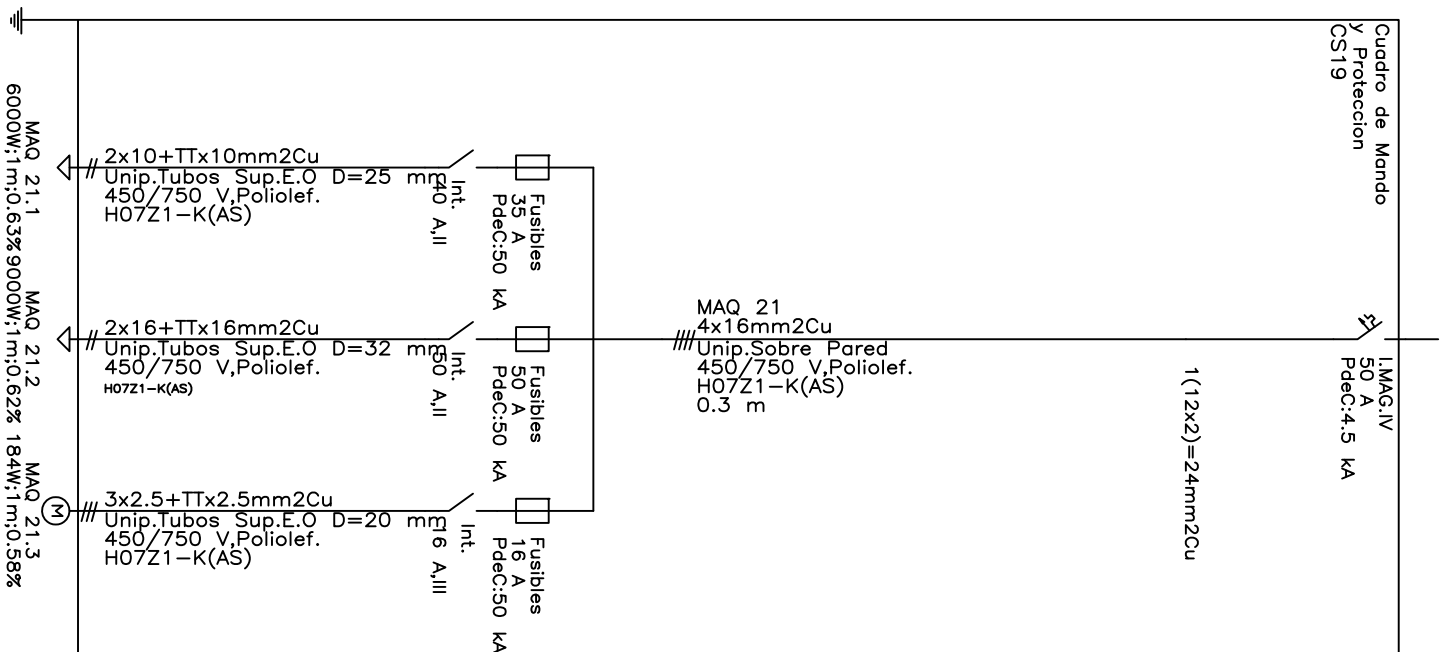
Escala:

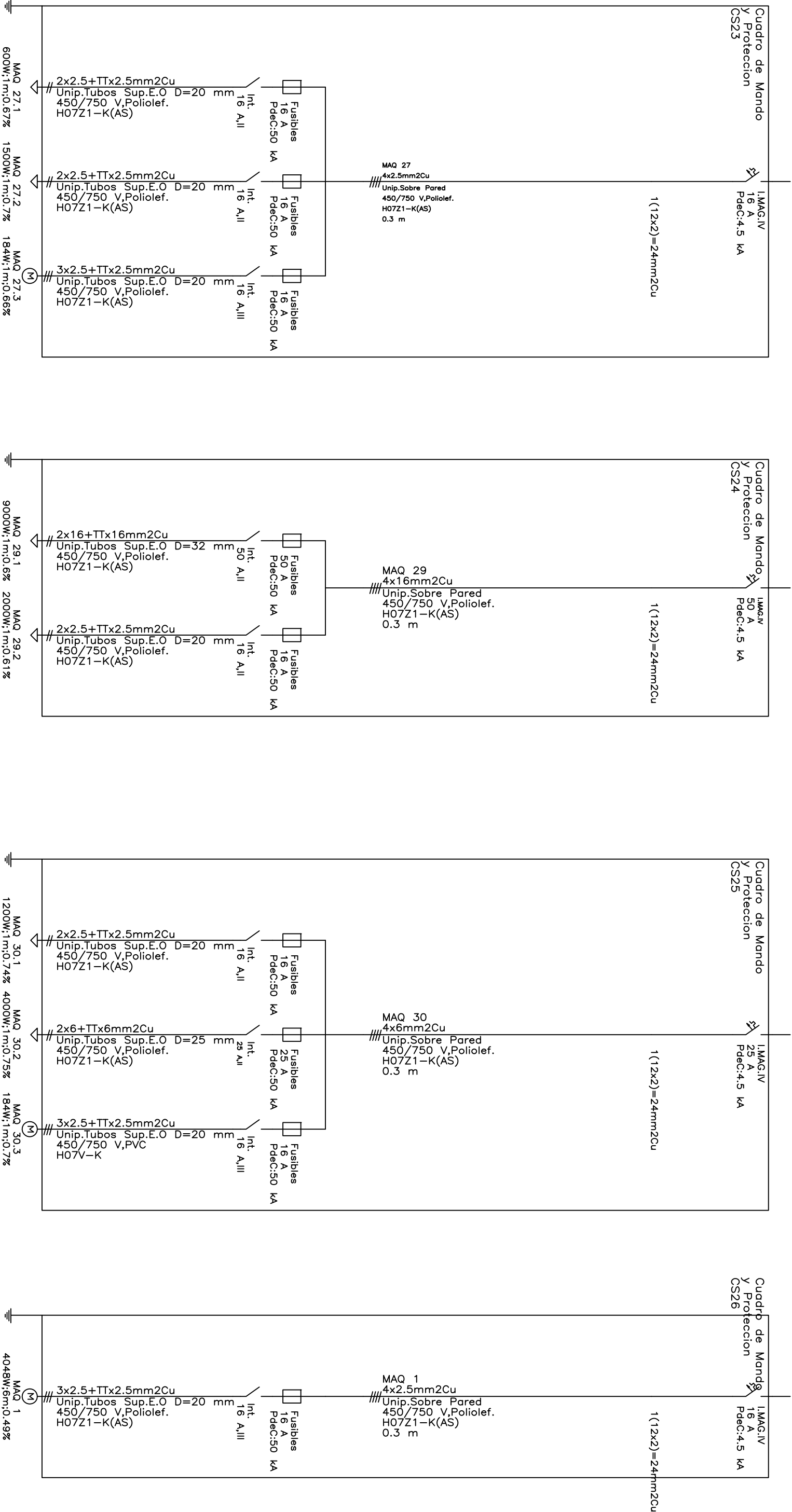
S.E.

Nº Plano:

8







UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA
SUPERIOR INGENIEROS
INDUSTRIALES VALENCIA

TRABAJO FIN DE MÁSTER EN INGENIERIA INDUSTRIAL

Proyecto:

PROYECTO DE INTALACIÓN ELÉCTRICA PARA UNA NAVE INDUSTRIAL
DEDICADA A BAÑOS ELECTROLITICOS DE PIEZAS METÁLICAS;
ANÁLISIS Y MITIGACIÓN DE LAS PERTURBACIONES PRODUCIDAS POR
LOS ARMÓNICOS DE TENSIÓN Y CORRIENTE.

Plano:

DETALLE ESQUEMA UNIFILAR, CUADRO SECUNDARIO
CUADRO SECUNDARIO 23, 24, 25 Y 26

Autor:

ALBA AÑÓN ALONSO

Fecha:

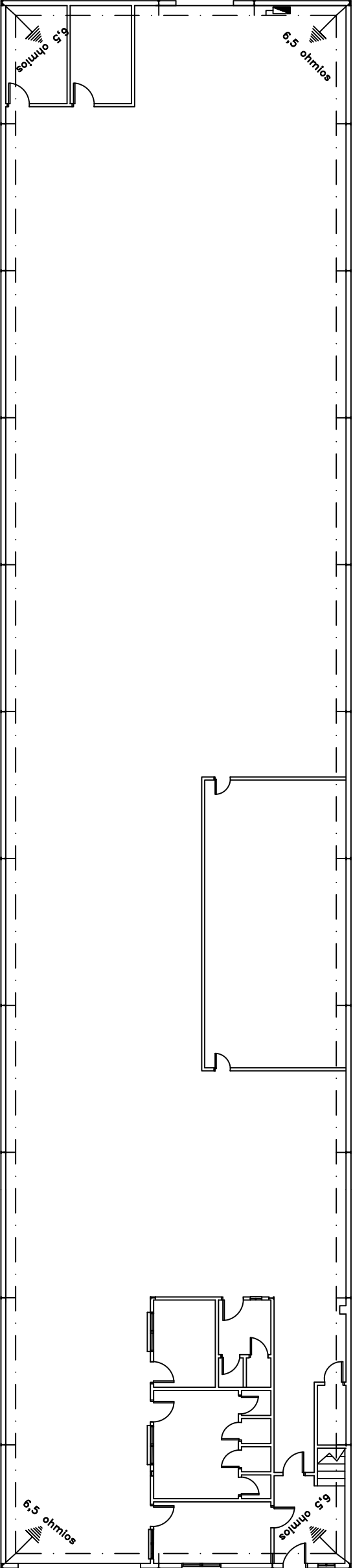
Septiembre 2016

Escala:

S.E.

Nº Plano:

13



— — LINEA PRINCIPAL DE TIERRA DE CABLE DE COBRE DESNUDDO DE 35 mm DE SECCION