



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA  
SUPERIOR INGENIEROS  
INDUSTRIALES VALENCIA

Curso Académico:

# ÍNDICE

<b>RESUMEN</b> .....	4
<b>MEMORIA</b> .....	5
1. OBJETO DEL PROYECTO .....	5
2. SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO .....	6
3. PROCESO INDUSTRIAL .....	6
4. ALUMBRADO INDUSTRIAL .....	7
4.1 Tipo de luminarias.....	8
4.1.1 Zona de oficinas y archivo .....	8
4.1.2 Zona de vestuarios y servicios.....	10
4.1.3 Zona de proceso industrial .....	10
4.2.4 Zonas de almacenaje .....	13
4.2 Tabla resumen.....	14
5. POTENCIA REQUERIDA .....	15
5.1 Proceso industrial.....	15
5.2 Oficinas.....	17
5.3 Iluminación.....	17
5.4 Otros usos .....	17
5.5 Potencia total .....	18
6. DIMENSIONADO .....	18
6.1 Intensidad nominal y de cálculo .....	18
6.2 Dimensionado térmico.....	18
6.3 Dimensionado por caída de tensión .....	24
7. INSTALACION ELÉCTRICA .....	26
7.1 Centro de transformación.....	26
7.2 Cuadro general.....	26
7.3 Cuadros secundarios .....	26
7.4 Tomas de corriente .....	27
7.5 Método de instalación .....	27

7.6 Conductores .....	29
8. PROTECCIÓN DE LA INSTALACIÓN .....	31
8.1 Protección frente a sobrecargas .....	31
8.1.1. Sobrecargas .....	31
8.1.2 Cortocircuito .....	32
8.1.3 Dispositivos de protección .....	34
8.2 Puesta a tierra de la instalación .....	38
8.2.1 Esquema de distribución .....	38
8.3 Protección contra contactos directos e indirectos .....	39
8.3.1 Protección contra contactos directos .....	39
8.3.2 Protección contra contactos indirectos .....	39
9. COMPENSACIÓN DE ENERGÍA REACTIVA .....	43
10. CONCLUSIÓN .....	45
11. BIBLIOGRAFÍA .....	46
<b>ANEXO DE CÁLCULOS</b> .....	47
1. CENTRO DE TRANSFORMACIÓN .....	47
2. DISEÑO DE LOS CONDUCTORES .....	48
2.1 Diseño por criterio térmico .....	48
2.2 Diseño por caída de tensión .....	53
3. PROTECCIÓN FRENTE A SOBRECARGAS .....	57
3.1 Protección frente a sobrecargas .....	57
3.2 Protección frente a cortocircuitos .....	57
4. CÁLCULO DE LA PUESTA A TIERRA DE LAS MASAS DE BAJA TENSIÓN .....	59
5. PROTECCIÓN FRENTE A CONTACTOS INDIRECTOS .....	60
5.1 Selección de los interruptores diferenciales .....	60
<b>PRESUPUESTO</b> .....	61
<b>PLANOS</b> .....	74
1. SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO .....	75
2. VISTA EN PLANTA .....	76
3. UBICACIÓN DE LAS LUMINARIAS .....	77

4. CUADROS DE PROTECCIÓN, PUNTOS DE CONSUMO Y TOMAS DE CORRIENTE .....	78
5. ESQUEMA UNIFILAR .....	79
6. INSTALACIÓN DE PUESTA A TIERRA.....	80
7. DETALLE DE LÍNEAS.....	81
ÍNDICE DE TABLAS Y FIGURAS.....	82

# RESUMEN

La empresa Talleres Arcot S.L. se va a trasladar de su ubicación actual, en el interior de Burriana (Castellón) a un polígono en las afueras de esta misma población. Así mismo, se va a aprovechar para aumentar su capacidad y volumen de producción con lo que aumentará también la potencia eléctrica necesaria para llevar a cabo la actividad.

Este proyecto va a abordar todo el diseño de la instalación eléctrica, desde la elección de los cables hasta la elección de las medidas de protección necesarias para garantizar la seguridad de las personas.

Se va a partir de la planta industrial, conociendo la situación de la maquinaria y las principales cargas de la instalación y se concluirá indicando concretamente dónde va a estar situado cada elemento de la instalación eléctrica de baja tensión y cómo se va a realizar su montaje.

# MEMORIA

## 1.OBJETO DEL PROYECTO

El objeto de este trabajo de final de grado es documentar el proceso de diseño y dimensionado de la instalación eléctrica de baja tensión de la nueva nave industrial. Para realizar dicho proyecto se van a tomar una serie de decisiones que van a quedar argumentadas y desarrolladas en este documento.

Ambas partes (diseño y dimensionado) se complementan entre ellas. Por otra parte, la forma habitual de abordar el proyecto es, de primera mano, decidir la forma general de la instalación. Qué tipo de cables se van a utilizar y cómo van a ser instalados, posición del transformador y de los cuadros general y secundarios, interruptores y tomas de corriente. Así mismo, llegar a una idea general del tipo y potencia de las luminarias.

Una vez decidido todo lo anterior, se procede al dimensionado. Escoger de forma exacta el número y la disposición de las luminarias. También de las luces de emergencia. Las secciones necesarias para los conductores de acuerdo con el criterio térmico y de caída de tensión y a su vez revisar, con los cálculos presentes, si su instalación se podría llevar a cabo de una forma más eficiente. Calcular protecciones de sobreintensidad y para contactos indirectos, así como la toma de tierra. Determinar el tipo y potencia concreta para tomas de corriente e interruptores.



Para las operaciones de mecanizado se utilizan herramientas manuales y automáticas. Los cortes se llevan a cabo mediante radiales manuales para trabajos pequeños; sierras de cinta y disco, para el corte a medida de los perfiles metálicos y piezas de grandes dimensiones; corte por plasma de manejo manual, para piezas de mayor grosor y que requieran un mejor acabado que con la radial. También se dispone de taladros de pie. Además, para cortar chapa se utilizan cizallas hidráulicas y de plegadoras hidráulicas para plegarla.

Se hace uso de los tornos para el mecanizado de mayor precisión. Con él se realizan operaciones de torneado y de taladrado y roscado. Además, se ha decidido incorporar una máquina de corte por láser de control numérico para poder hacer piezas en grandes cantidades de forma rápida y precisa ya que, anteriormente, este trabajo se externalizaba, con los costes añadidos que esto suponía.

Por otra parte, la nave dispone de un puente grúa de 5 toneladas para facilitar el transporte y manejo de grades pesos.

El montaje de toda la maquinaria se realiza de forma manual por lo que se considera que el trabajo en la zona de taller es de una precisión media, por ello se habilitará la zona para tal uso. Además, en la zona de torneado se realizarán montajes manuales y operaciones de mecanizado que requieran de mayor precisión.

#### 4.ALUMBRADO INDUSTRIAL

El cálculo del alumbrado de la nave se realizará con el programa Dialux. Consiste en conseguir una iluminancia media mínima sobre el plano de trabajo, de acuerdo con la norma UNE 12464 y que depende del tipo de proceso que se lleve a cabo en cada una de las habitaciones y recintos de la nave. La normativa también exige un nivel máximo de deslumbramiento UGR y un rendimiento cromático mínimo para las luminarias.

La iluminancia media ( $E_m$ ), cuya unidad es el lux ( $lm/m^2$ ), se define como la cantidad de flujo luminoso en lúmens ( $lm$ ) que atraviesa una superficie de  $1 m^2$ . El flujo luminoso nos indica la potencia luminosa que se percibe de una fuente de luz, esto es, la potencia luminosa total que emite la fuente corregida a la sensibilidad a las diferentes longitudes de onda del ojo humano.

El índice de deslumbramiento unificado (UGR, por sus siglas en inglés), mide la cantidad de luz incidente en los ojos del receptor y lo compara con la iluminación de fondo. De forma que si la iluminación es uniforme el UGR será bajo, y si hay puntos de luz muy intensos sobre un fondo oscuro, el UGR será alto.

El último parámetro, el rendimiento cromático, indica si la luz que emite una fuente es capaz de reproducir con exactitud el color del objeto sobre el que incide.

Color	Factor de reflexión	Material	Factor de reflexión
Blanco	0,70-0,85	Mortero claro	0,35-0,55
Techo acústico blanco, según orificios	0,50-0,65	Mortero oscuro	0,20-0,30
Gris claro	0,40-0,50	Hormigón claro	0,30-0,50
Gris oscuro	0,10-0,20	Hormigón oscuro	0,15-0,25
Negro	0,03-0,07	Arenisca clara	0,30-0,40
Crema, amarillo claro	0,50-0,75	Arenisca oscura	0,15-0,25
Marrón claro	0,30-0,40	Ladrillo claro	0,30-0,40
Marrón oscuro	0,10-0,20	Ladrillo oscuro	0,15-0,25
Rosa	0,45-0,55	Mármol blanco	0,60-0,70
Rojo claro	0,30-0,50	Granito	0,15-0,25
Rojo oscuro	0,10-0,20	Madera clara	0,30-0,50
Verde claro	0,45-0,65	Madera oscura	0,10-0,25
Verde oscuro	0,10-0,20	Espejo de vidrio plateado	0,80-0,90
Azul claro	0,40-0,55	Aluminio mate	0,55-0,60
Azul oscuro	0,05-0,15	Aluminio anodizado y abrigantado	0,80-0,85
		Acero pulido	0,55-0,65

**Tabla 4.1 – Coeficientes de reflexión**

#### 4.1 Tipo de Luminarias

Las luminarias que se van a utilizar para toda la instalación van a ser de tipo LED. Los criterios que se han tomado para llegar a la conclusión de que las de tipo LED son las más adecuadas son las siguientes:

- 1- Ahorro energético. La tecnología LED presenta un rendimiento lumínico mucho mayor que sus antecesoras, las lámparas incandescentes y halógenas. Hoy en día, los LEDs superan rendimientos de 100 lúmenes por vatio pudiendo llegar has 150lm/w, mientras que las lámparas incandescentes y halógenas tienen rendimientos de 15lm/w y de 50lm/w. Con lo que se consigue un ahorro energético considerable.
- 2- Ahorro en la instalación. Debido a que la potencia consumida será menor, la sección necesaria en los conductores también será más pequeña, con el consiguiente ahorro en los costes de la instalación eléctrica.
- 3- Mayor vida útil. Las luminarias LED tendrán, según su hoja de datos, una vida de 20000h
- 4- Mejor rendimiento cromático. Los colores se reproducen con más exactitud.

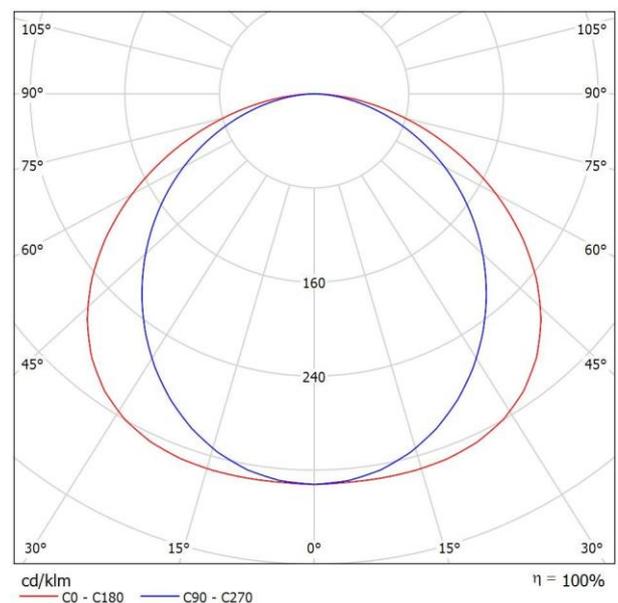
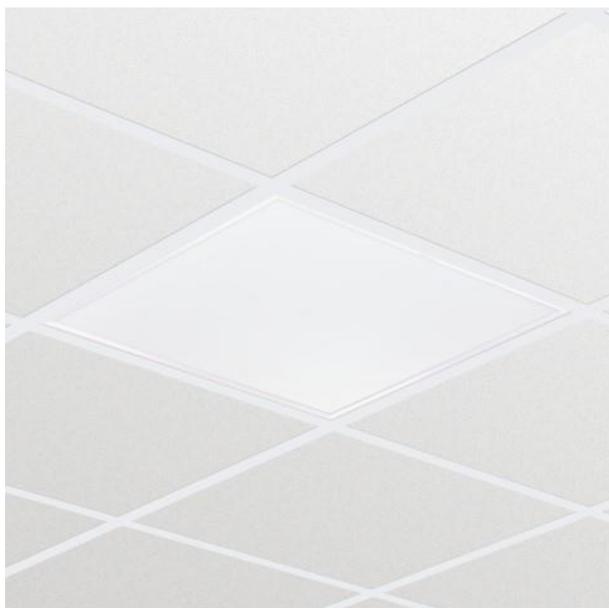
##### 4.1.1 Zona Oficinas y Archivo

En la zona de oficinas es donde se va a llevar a cabo todo el trabajo de ingeniería de la fábrica. Esto significa que se van a consultar y diseñar planos con mucho detalle y se va a pasar gran cantidad de tiempo trabajando delante de pantallas de ordenador. Además, también se realizan las tareas administrativas.

Todo ello conlleva que la norma exija un nivel alto de iluminación debido, en gran medida, al hecho de trabajar con planos, ya que se necesita de una buena iluminación para que el trabajo se desarrolle con normalidad. De acuerdo con la normativa el nivel de iluminancia media debe ser como mínimo de 500 lux, que corresponde con el apartado "1. Oficinas" sección "1.4 Puestos de trabajo de CAD". Un índice de deslumbramiento máximo de 19 y un rendimiento cromático de 80.

Las características constructivas de las oficinas son: está construida con un falso techo situado a tres metros de altura de color blanco y hay instaladas ventanas en las paredes que dan al exterior. Las paredes son lisas y están pintadas también de color blanco y el suelo es de azulejos de colores claros. Conociendo esto, podemos deducir los coeficientes de reflexión de dichas superficies.

Las luminarias que se van a instalar van a ser de tipo led, con una potencia de 36W cada una, concretamente el modelo Phillips REC132W W60L60. Las luminarias se situarán formando 3 filas y 4 columnas dispuestas según el plano anexo. Se han distribuido de tal forma que la distribución de la iluminancia sea lo más uniforme posible, evitando zonas con mucha luz y zonas oscuras, centrándonos, sobre todo, en que los 500 lux se cumplan en las mesas de trabajo. Además, se dotará a cada una de las filas de un interruptor independiente para poder elegir, en función de la forma en la que se esté trabajando en ese instante, la iluminación necesaria. Del mismo modo, se ahorrará energía apagando filas individuales en las horas de luz diurna.



**Figura 4.1 – Luminaria Phillips REC132W W60L60 36W**

El archivo está destinado al almacenamiento en estanterías de la documentación en formato papel que se produce en la empresa y deberá ser habilitado para su consulta de forma esporádica en esta misma habitación.

La habitación del archivo está construida con falso techo blanco, también situado a 3 metros de altura. Con paredes lisas blancas y el mismo azulejo que las oficinas. Así, los coeficientes de reflexión serán los mismos que para éstas. La iluminancia media necesaria para esta habitación es de 200 lux, según el apartado “1. Oficinas” y sección “1.7 Archivos” de la normativa. El índice UGR de deslumbramiento será de 25 y el rendimiento cromático mínimo 80.

Para lograr las especificaciones se instalarán 2 luminarias Phillips REC132W W60L60 situadas en una sola fila en el centro de la habitación.

#### 4.1.2 Zonas de Vestuario y Servicios

El vestuario y los baños para el personal del taller están situados en la planta baja. Ambos están en la misma habitación que está construida con un falso techo a una altura de 3 metros del suelo de color blanco, con unas paredes chapadas hasta la mitad en azulejo de colores claros y con un acabado brillante y el resto pintada de blanco. El suelo es también de azulejos de color claro con acabado mate.

Para el vestuario se requiere, según la sección “Zona de tráfico y áreas comunes” apartado “2.4 Vestuarios, salas de lavado, servicios”, de una iluminancia de 200 lux, índice UGR de 25 y rendimiento cromático de 80.

Para lograr estas especificaciones, se instalarán dos luminarias Phillips REC132 W60L60 formando una sola columna en el centro de habitación.

En cuanto a los baños, dado que sus paredes llegan hasta el techo, se va a necesitar tener una luminaria en cada uno de ellos. Los valores necesarios de iluminación serán los mismos que para el vestuario, aunque debido a que el recinto es muy reducido bastará con unos pequeños downlights de 11W Phillips DN131B en el centro del techo.

Los mismos requisitos se aplican para el baño de la zona de oficinas, para el que se han utilizado los mismos valores de coeficientes de reflexión que para los baños de la primera planta. Al ser su superficie mayor, es necesario un downlight de 20W (Phillips DN130B).

#### 4.1.3 Zona de Proceso Industrial

Hay dos zonas bien diferenciadas en las que se lleva a cabo el proceso industrial:

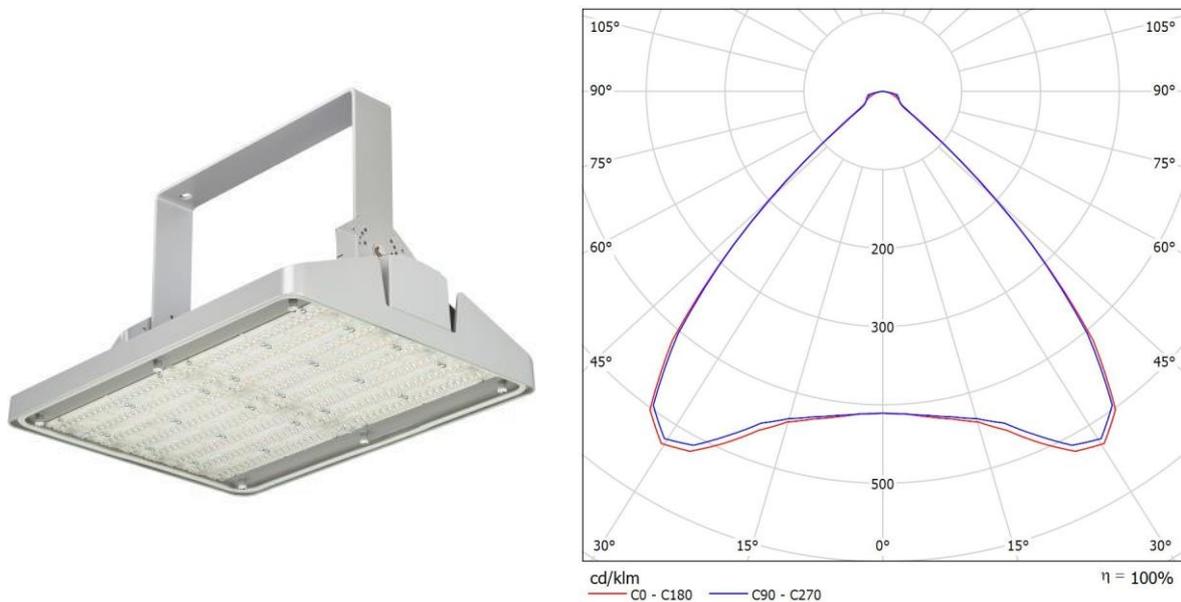
Zona de taller. Donde se concentra la producción. Aquí se realiza prácticamente la totalidad de la actividad industrial. Como se ha explicado anteriormente, las operaciones de mecanizado y montaje las efectúan operarios de forma manual con lo que se ha establecido que la precisión de estas operaciones será de acabado medio. Es importante conocer el proceso industrial de cara a la iluminación ya que éste nos va a determinar las condiciones necesarias. En este caso, corresponde con la norma en el apartado “13. Trabajo y tratamiento de metales” que describe perfectamente la actividad, sección

“13.11 Montaje medio”. Aquí se nos requiere que la iluminancia media sea de 300 lux con un índice de deslumbramiento de 25 y reproducción cromática de 80.

En esta zona, debido a sus grandes dimensiones y altura del techo van a ser necesarias luminarias de tipo industrial de gran potencia. Además, como van a estar instaladas a gran altura (7.4 metros) no se va a efectuar una limpieza de forma periódica, sino un mantenimiento con largos intervalos. Para evitar que la luminaria pierda efectividad de forma rápida o incluso se estropee debido a las condiciones de polvo y suciedad, ésta es conveniente que tenga protección frente a la penetración de polvo.

Se ha elegido un modelo con un difusor que presenta un ángulo de proyección de luz ancho para que la superficie que se abarca por cada luminaria sea la más grande posible. La forma de situar las luminarias se ha pensado para que se cumplan el mínimo de 300 lux en las zonas de bancos de trabajo.

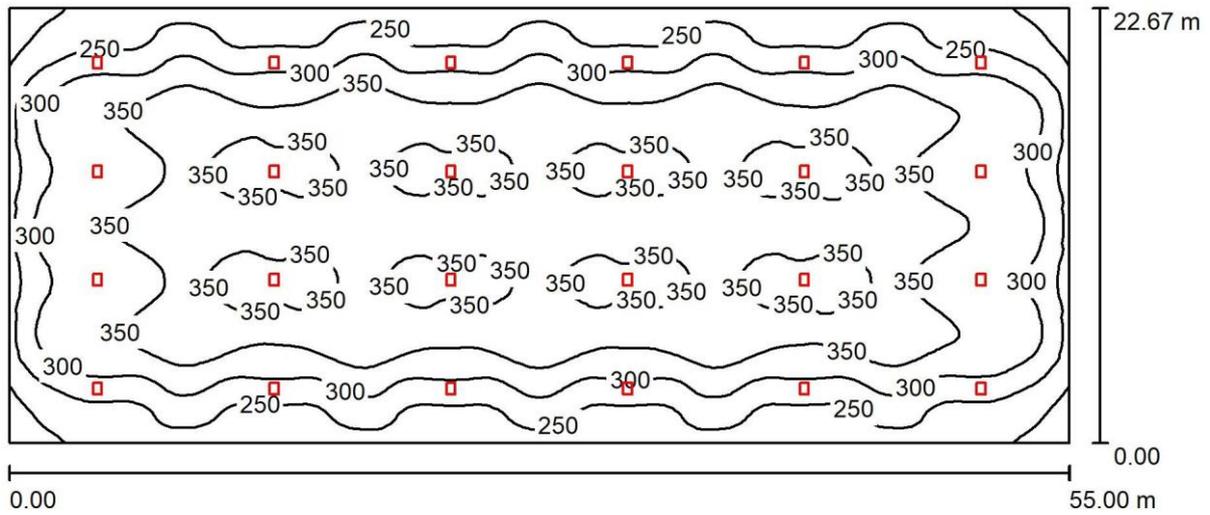
El modelo concreto es el Phillips BY471P, se trata de una luminaria industrial para grandes alturas. Tiene una potencia de 200W y produce 25000lux de intensidad luminosa. Además, cuenta con protección IP65, es decir, totalmente estanco al polvo y protegido contra chorros de agua.



**Figura 4.2 – Luminaria Phillips BY471P 200W**

Estas luminarias se encenderán por medio de telerruptores. Los telerruptores son un tipo de contactores que cambian de estado cuando reciben un pulso eléctrico. De esta forma, se instalarán los telerruptores en el cuadro general y los conductores cargados por las luminarias solo llegarán hasta estos. Los telerruptores serán accionados por los pulsadores situados en las puertas de acceso. De esta forma evitamos realizar una instalación conmutada que obligaría, prácticamente, a duplicar la longitud de los conductores cargados y a aumentar su sección.

## Taller / Resumen



Altura del local: 7.400 m, Altura de montaje: 7.400 m, Factor mantenimiento: 0.70

Valores en Lux, Escala 1:394

Superficie	r [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano útil	/	317	152	396	0.478
Suelo	30	309	158	410	0.509
Techo	30	75	47	92	0.624
Paredes (4)	40	119	40	290	/

Plano útil:

Altura: 0.850 m  
 Trama: 128 x 128 Puntos  
 Zona marginal: 0.000 m

UGR  
 Pared izq 23  
 Pared inferior 23  
 (CIE, SHR = 0.25.)

Longi- 23  
 Tran 23  
 al eje de luminaria

Zona de mecanizado y montaje de precisión. En esta zona se llevan a cabo tareas en las que se requiere una precisión de montaje mayor que en taller, donde se mecanizan piezas de pequeñas dimensiones y con menores tolerancias. Así, se ha determinado que será una zona descrita por la norma en la sección “13.2 Montaje fino” del apartado de “13. Trabajo y tratamiento de metales”.

Las características de este recinto son las mismas que para la zona de taller, solo que, en este caso, el techo se sitúa a una altura de 3.85 metros. Ya que la altura de instalación de las luminarias va a ser menor, será suficiente con luminarias de menor potencia a pesar de que se necesite una mayor iluminación.

La norma nos exige una iluminancia media de 500 lux con un UGR de 22 y rendimiento cromático de 80. Para conseguirlo, se instalarán 6 luminarias Phillips LL120X de 108W cada una formando 3 filas y 2 columnas de forma que las luminarias queden repartidas uniformemente en el recinto.

#### 4.1.4 Zonas de Almacenaje

Se pueden ver dos zonas de almacén.

La zona en la planta baja está destinada al almacenaje de tornillería, rodamientos, interruptores... En general, artículos de pequeño tamaño que son de uso habitual en el taller.

Esta habitación está construida como las demás. Tiene falso techo a 3 metros, paredes blancas y suelo de azulejo de color claro. Por lo que los coeficientes de reflexión son similares a los de otras habitaciones al tener características parecidas.

Según la normativa (“Zona de tráfico y áreas comunes” sección “4.1 Almacenes y cuarto de almacén”), los parámetros requeridos para la actividad a la que se destina esta habitación son de 100 lux, UGR de 25 y rendimiento cromático de 80. Sin embargo, una iluminación de 100 lux sería demasiado débil para el uso real que se va a dar a este almacén. Dado que se va a tratar de piezas bastante pequeñas y, por ejemplo, en el caso de la tornillería, muy parecidas entre sí (solo cambia la métrica), se ha decidido que se va a proyectar una iluminancia media de 200 lux, para facilitar la diferenciación entre este tipo de artículos y la comodidad visual dentro de este almacén.

Con esto en mente, se instalarán dos luminarias REC132W W60L60 de 36W centradas en el techo y situadas en una columna.

El altillo, también utilizado para el almacenaje, se va a proyectar con la intensidad de 100 lux, ya que será una zona muy poco transitada y las piezas o material a almacenar será de mayores dimensiones.

## 4.2 Tabla Resumen

Zona	Coef. Reflexión Superficies			E <sub>m</sub>		UGR		Sección (Apartado) de la Norma
	T	P	S	Norma	Resultado	Norma	Resultado	
Taller	30	40	30	300	318	25	23	13.11 Montaje medio (13. Trabajo y tratamiento de metales)
Almacén	70	70	50	(200)	200	25	17	4.1 Almacenes y cuarto de almacén (Tabla de Zona de tráfico y áreas comunes de edificios)
Vestuario	70	65	60	200	302	25	21	2.4 Vestuarios, salas de lavado, servicios (Tabla de Zona de tráfico y áreas comunes de edificios)
Baño	70	80	60	200	268	25	<10	2.4 Vestuarios, salas de lavado, servicios (Tabla de Zona de tráfico y áreas comunes de edificios)
Vestíbulo	70	60	50	100	98	28	<10	1.1 Áreas de Circulación y pasillos (Tabla de Zona de Tráfico y áreas comunes de edificios)
Comedor	70	70	50	200	209	55	12	2.1 Cantinas, despensas (Tabla de Zona de Tráfico y áreas comunes de edificios)
Altillo	30	40	30	100	126	25	25	4.1 Almacenes y cuarto de almacén (Tabla de Zona de tráfico y áreas comunes de edificios)
Baño 1p	70	80	60	200	357	25	<10	2.4 Vestuarios, salas de lavado, servicios (Tabla de Zona de tráfico y áreas comunes de edificios)
Archivo	70	70	50	200	256	25	14	1.7 Archivos (1. Oficinas)
Escalera	70	60	50	150	150	25	11	1.2 Escaleras, ... (Tabla de Zona de tráfico y áreas comunes de edificios)
Oficina	70	70	50	500	647	19	17	1.4 Puestos de trabajo de CAD 1.5 Salas de conferencias y reuniones (1. Oficinas)
Mecanizado	30	40	30	500	500	22	20	13.11 Montaje medio (13. Trabajo y tratamiento de metales)

Tabla 4.2 – Resultados luminotécnicos

## 5. POTENCIA REQUERIDA DE LA INSTALACIÓN

Los cálculos se han llevado a cabo de la siguiente manera:

$$S = \frac{C P f}{\cos(\varphi)} \quad [5.1]$$

S – Potencia aparente (kVa)

C – Cantidad de cada máquina

P – Potencia requerida por la máquina (kW)

$\cos(\varphi)$  – Factor de potencia

f – Factor de uso

### 5.1 Proceso Industrial

La potencia para iluminación se resume en la tabla siguiente:

ILUMINACION			
ZONA	MODELO	CANTIDAD	P (W)
Taller	BY471P	24	200
Mecanizado precisión	LL120X	6	108

**Tabla 5.1 – Iluminación proceso industrial**

El proceso industrial comprende las zonas de taller y de mecanizado de precisión.

En estas zonas es donde se va a concentrar la mayor carga de potencia, principalmente por los aparatos de soldadura y corte. En la siguiente tabla se describe la potencia de cada una de las maquinas que se van a utilizar.

ITEM	CANTIDAD	MAQUINA	P (kW)	Cos (φ)	S(kVa)
3	2	TORNO	55	08	1375
4	1	MORTAJADORA	0736	07	105
5	1	TALADRO PIE	0736	07	105
6	1	PUENTE GRUA	65	08	812
7	1	CIZALLA MÚLTIPLE (PUNZÓN CUADRUPLE)	1472	08	184
8	1	ENROLLADORA	4	08	5
9	1	PLEGADORA	41	08	512
10	1	PLEGADORA HIDRÁULICA	41	08	512
11	1	CIZALLA GUILLOTINA	59	08	737
12	1	SIERRA CINTA	167	08	208
13	1	SIERRA CIRCULAR	1472	08	184
14	1	SIERRA ARCO	0736	07	105
15	1	TALADRO PIE	0736	07	105
*16	1	CORTE PLASMA	9	08	1125
*17	1	CORTE PLASMA	4	08	5
*18	3	SOLDADOR ELÉCTRICO	475	05	285
19	1	TALADRO PIE	1472	07	210
21	1	COMPRESOR	2208	08	276
25	1	ELECTROESMERILADORA	05	07	071
**26	6	TALADROS MANUALES	05	07	3
**27	10	RADIALES	075	07	75
**28	4	ATORNILLADORES	035	07	14
29	1	CORTE LASER CNC	56	08	7

**Tabla 5.2 – Cargas proceso industrial**

Los elementos marcados con (\*) representan las máquinas que son enchufables y que se pueden mover de un lado a otro por lo que necesitan de toma de corriente trifásica.

Las marcadas con (\*\*) indican herramientas manuales de pequeña potencia que serán también enchufables. Necesitan de toma de corriente monofásica. Además, se les ha aplicado un factor de uso de 0.7, ya que no van a estar todas las herramientas en uso al mismo tiempo.

Para el resto de las máquinas se ha supuesto un factor de 1.

## 5.2 Oficinas

Para las oficinas se van a instalar dos circuitos independientes para las tomas de corriente. De esta forma se podrá dar una protección extra a los sistemas informáticos evitando que se queden sin electricidad en caso de un fallo externo. El resto, son cargas comunes de iluminación y aire acondicionado.

ITEM	CANTIDAD	MAQUINA	P (kW)	Cos (φ)	S(kVa)
1	1	A/C 1	4	0.9	4.44
2	1	A/C 2	3	0.9	3.33

**Tabla 5.3 – Consumos de fuerza oficinas**

## 5.3 Iluminación

LISTA LUMINARIAS				
MODELO	CANTIDAD	POTENCIA (W)	Cos (φ)	S (kVa)
BY471P	24	200	0.9	5,33
DN131B	6	11,6	0.9	0,08
LL120X	6	108	0.9	0,72
LL121X	6	32	0.9	0,21
REC132W W60L60	20	36	0.9	0,80
WL120V	3	18	0.9	0,06
<b>TOTAL</b>				<b>7,20</b>

**Tabla 5.5 – Lista de luminarias**

## 5.4 Otros usos

Además, habrá 4 circuitos adicionales de 16A (3.68 kVa). En cambio, para el cálculo de la potencia total se van a suponer solamente 2 circuitos, ya que es muy poco probable que los 4 estén cargados al 100%. En total 7.36 kVa.

También hay que añadir la bomba de agua y el termo para ACS, que formarán parte de un mismo circuito. Y el secamanos, que estará junto con las tomas de corriente de esa zona. Ya que serán consumos que ocurrirán a la vez, se ha decidido separarlos para minimizar las caídas de tensión y secciones de cables. Formarán parte de la potencia de fuerza.

ITEM	CANTIDAD	MAQUINA	P (kW)	Cos (φ)	S(kVa)
22	1	BOMBA AGUA	1.47	0.8	1.84
	1	TERMO AGUA	1.7	0.9	1.9
	1	SECAMANOS	1.2	0.9	1.33

**Tabla 5.4 – Fuerza saneamiento**

## 5.5 Potencia total

En consecuencia, nos encontramos con las siguientes demandas de potencia.

RESUMEN DE CARGAS	
USO	S (kVa)
Potencia de fuerza	137.47
Iluminación	7.20
Otros usos	7.36
<b>TOTAL</b>	<b>150.18</b>

**Tabla 5.6 – Resumen de cargas**

## 6. DIMENSIONADO

### 6.1 Intensidad Nominal y de Cálculo

La intensidad demandada es la corriente nominal que necesita cada máquina para su funcionamiento normal.

Se calcula de la siguiente manera para los sistemas trifásicos:

$$I_n = \frac{S}{\sqrt{3} * V_L} \quad [6.1]$$

Siendo:

- $I_n$  – Intensidad nominal (A)
- $S$  – Potencia aparente (VA)
- $V_L$  – Tensión de línea (V)

La tensión de línea para sistemas trifásicos se tomará como 400V.

Para sistemas monofásicos:

$$I_n = \frac{S}{V} \quad [6.2]$$

La tensión para sistemas monofásicos será de 230V.

Sin embargo, en algunos casos, la corriente que se utiliza para los cálculos no es la nominal. Los motores eléctricos necesitan de una corriente mayor a la nominal durante su arranque. De esta forma, la ITC-BT-47 nos dice que hay que prever un

aumento del 25% respecto a la corriente nominal, por lo que seguiremos el siguiente procedimiento:

Líneas sin motores	$I_b = \sum I_n$
Líneas con motores	$I_b = 1.25 \times I_{n,mot.max} + \sum I_n$

**Tabla 6.1 – Intensidad de cálculo**

Siendo  $I_{n,mot.max}$  la corriente nominal del motor de mayor potencia en la línea.

## 6.2 Dimensionado Térmico

Cuando la corriente circula por un conductor, debido a su resistencia, se producen unas pérdidas de potencia que lo calientan. La temperatura máxima que puede soportar viene determinada por el tipo de aislamiento (en este caso XLPE que soporta hasta 90°C).

La corriente admisible que puede circular por un conductor sin que llegue a esta temperatura dependerá de la temperatura ambiente, del método de instalación que se haya efectuado y del tipo de cable (unipolar o multipolar).

La tabla norma UNE 20460-5-523 nos presenta en la tabla A.52-1 las intensidades admisibles para un único circuito instalado a 30°C en el aire y A.52-2 para conductores enterrados con una temperatura del terreno de 20°C.

**Tabla A.52-1**  
**Intensidades admisibles en amperios**  
**Temperatura ambiente 30 °C en el aire**

Método de instalación de la tabla 52 – B1	Número de conductores cargados y tipo de aislamiento												
		PVC3	PVC2		XLPE3	XLPE2							
A1		PVC3	PVC2		XLPE3	XLPE2							
A2	PVC3	PVC2		XLPE3	XLPE2								
B1				PVC3	PVC2		XLPE3		XLPE2				
B2			PVC3	PVC2		XLPE3	XLPE2						
C					PVC3		PVC2	XLPE3		XLPE2			
E						PVC3		PVC2	XLPE3		XLPE2		
F							PVC3		PVC2	XLPE3		XLPE2	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
Sección mm <sup>2</sup>													
Cu													
1,5	13	13,5	14,5	15,5	17	18,5	19,5	22	23	24	26	–	
2,5	17,5	18	19,5	21	23	25	27	30	31	33	36	–	
4	23	24	26	28	31	34	36	40	42	45	49	–	
6	29	31	34	36	40	43	46	51	54	58	63	–	
10	39	42	46	50	54	60	63	70	75	80	86	–	
16	52	56	61	68	73	80	85	94	100	107	115	–	
25	68	73	80	89	95	101	110	119	127	135	149	161	
35	–	–	–	110	117	126	137	147	158	169	185	200	
50	–	–	–	134	141	153	167	179	192	207	225	242	
70	–	–	–	171	179	196	213	229	246	268	289	310	
95	–	–	–	207	216	238	258	278	298	328	352	377	
120	–	–	–	239	249	276	299	322	346	382	410	437	
150	–	–	–	–	285	318	344	371	395	441	473	504	
185	–	–	–	–	324	362	392	424	450	506	542	575	
240	–	–	–	–	380	424	461	500	538	599	641	679	
Aluminio													
2,5	13,5	14	15	16,5	18,5	19,5	21	23	24	26	28	–	
4	17,5	18,5	20	22	25	26	28	31	32	35	38	–	
6	23	24	26	28	32	33	36	39	42	45	49	–	
10	31	32	36	39	44	46	49	54	58	62	67	–	
16	41	43	48	53	58	61	66	73	77	84	91	–	
25	53	57	63	70	73	78	83	90	97	101	108	121	
35	–	–	–	86	90	96	103	112	120	126	135	150	
50	–	–	–	104	110	117	125	136	146	154	164	184	
70	–	–	–	133	140	150	160	174	187	198	211	237	
95	–	–	–	161	170	183	195	211	227	241	257	289	
120	–	–	–	186	197	212	226	245	263	280	300	337	
150	–	–	–	–	226	245	261	283	304	324	346	389	
185	–	–	–	–	256	280	298	323	347	371	397	447	
240	–	–	–	–	300	330	352	382	409	439	470	530	

Es necesario consultar las tablas 52 – C1 a 52 – C12 con el fin de determinar la sección de los conductores para la que la intensidad admisible anterior es aplicable para cada uno de los métodos de instalación.

**Tabla A.52-2**  
**Intensidades admisibles en amperios**  
**Temperatura ambiente 20 °C en el terreno**

Método de instalación	Sección mm <sup>2</sup>	Número de conductores cargados y tipo de aislamiento			
		PVC2	PVC3	XLPE2	XLPE3
D	Cobre				
	1,5	22	18	26	22
	2,5	29	24	34	29
	4	38	31	44	37
	6	47	39	56	46
	10	63	52	73	61
	16	81	67	95	79
	25	104	86	121	101
	35	125	103	146	122
	50	148	122	173	144
	70	183	151	213	178
	95	216	179	252	211
	120	246	203	287	240
	150	278	230	324	271
	185	312	258	363	304
	240	361	297	419	351
300	408	336	474	396	
D	Aluminio				
	2,5	22	18,5	26	22
	4	29	24	34	29
	6	36	30	42	36
	10	48	40	56	47
	16	62	52	73	61
	25	80	66	93	78
	35	96	80	112	94
	50	113	94	132	112
	70	140	117	163	138
	95	166	138	193	164
	120	189	157	220	186
	150	213	178	249	210
	185	240	200	279	236
240	277	230	322	272	
300	313	260	364	308	

En caso de que haya más de un circuito junto o una temperatura diferente de 30°C se deben utilizar factores de corrección para la intensidad según las tablas A.52-3 y 52-D1.

**Tabla A.52-3**  
**Factores de reducción por agrupamiento de varios circuitos o de varios cables multiconductores**  
 (a utilizar con los valores de intensidades admisibles de la tabla A.52-1 y A.52-1 bis)

Punto	Disposición	Número de circuitos o de cables multiconductores								
		1	2	3	4	6	9	12	16	20
1	Empotrados o embutidos	1,00	0,80	0,70	0,70	0,55	0,50	0,45	0,40	0,40
2	Capa única sobre los muros o los suelos o bandejas no perforadas	1,00	0,85	0,80	0,75	0,70	0,70	–	–	–
3	Capa única en el techo	0,95	0,80	0,70	0,70	0,65	0,60	–	–	–
4	Capa única sobre bandejas perforadas horizontales o verticales	1,00	0,90	0,80	0,75	0,75	0,70	–	–	–
5	Capa única sobre escaleras de cables, abrazaderas, etc.	1,00	0,85	0,80	0,80	0,80	0,80	–	–	–

**Tabla 52 – D1**  
**Factores de corrección para temperaturas ambiente diferentes de 30 °C a aplicar a los valores de las intensidades admisibles para cables al aire libre**

Temperatura ambiente °C	Aislamiento			
	PVC	XLPE y EPR	Mineral*	
			Cubierta de PVC o cable desnudo y accesible 70 °C	Cable desnudo e inaccesible 105 °C
10	1,22	1,15	1,26	1,14
15	1,17	1,12	1,20	1,11
20	1,12	1,08	1,14	1,07
25	1,06	1,04	1,07	1,04
35	0,94	0,96	0,93	0,96
40	0,87	0,91	0,85	0,92
45	0,79	0,87	0,87	0,88
50	0,71	0,82	0,67	0,84
55	0,61	0,76	0,57	0,80
60	0,50	0,71	0,45	0,75
65	–	0,65	–	0,70
70	–	0,58	–	0,65
75	–	0,50	–	0,60
80	–	0,41	–	0,54
85	–	–	–	0,47
90	–	–	–	0,40
95	–	–	–	0,32

\* Para temperaturas ambiente más elevadas, consultar al fabricante.

En el caso de conductores enterrados se debe tener en cuenta la conductividad térmica del terreno, la temperatura de éste y el coeficiente de agrupación. Según tablas 52-D2 y 52-D3.

**Tabla 52 – D2**  
**Factores de corrección para temperaturas ambiente del terreno diferentes de 20 °C a aplicar a los valores de las intensidades admisibles para cables en conductos enterrados**

Temperatura del terreno °C	Aislamiento	
	PVC	XLPE y EPR
10	1,10	1,07
15	1,05	1,04
25	0,95	0,96
30	0,89	0,93
35	0,84	0,89
40	0,77	0,85
45	0,71	0,80
50	0,63	0,76
55	0,55	0,71
60	0,45	0,65
65	–	0,60
70	–	0,53
75	–	0,46
80	–	0,38

**Tabla 52 – D3**  
**Factores de corrección para cables en conductos enterrados en terrenos de resistividad diferente de 2,5 K·m/W a aplicar a los valores de las intensidades admisibles para el método de referencia D**

Resistividad térmica K·m/W	1	1,5	2	2,5	3
Factor de corrección	1,18	1,1	1,05	1	0,96
<p>NOTA 1 – Los factores de corrección dados están promediados para los rangos de dimensiones de conductores y los tipos de instalación de las tablas 52-C1 a 52 – C4. La precisión de los factores de corrección es de ±5%.</p> <p>NOTA 2 – Los factores de corrección se aplican a los cables en canalizaciones enterradas; para cables depositados directamente en el terreno los factores de corrección para resistividades térmicas inferiores a 2,5 K·m/W serán más elevados. Si son necesarios valores más precisos, pueden ser calculados por medio de los métodos dados en la Norma IEC 60287.</p> <p>NOTA 3 – Los factores de corrección se aplican a los conductos enterrados hasta una profundidad de 0,8 m.</p>					

El factor de corrección (K) se calcula así:

$$K = k_T k_A k_R \quad [6.3]$$

$k_T$  – Coeficiente de temperatura

$k_A$  – Coeficiente de agrupación

$k_R$  – Coeficiente de resistividad del terreno (conductores enterrados)

La corriente de diseño para el cálculo térmico resulta de la siguiente ecuación:

$$I_z = \frac{I_b}{K} \quad [6.4]$$

$I_z$  – Intensidad de diseño corregida (A)

$I_b$  – Intensidad de diseño (A)

El criterio a seguir para la selección de la sección es que la corriente de diseño deber ser, en todo caso, menor que la corriente admisible del cable a 30°C para su método de instalación.

### 6.3 Dimensionado por Caída de Tensión

En el extremo en que se conecte la carga, la tensión será menor que al inicio de la línea. Esto se debe a que, al circular la corriente por el cable, la resistencia de éste produce una caída de tensión a lo largo de la línea. Se debe diseñar la sección para que esta caída de tensión no supere los siguientes valores que dicta la ITC-BT-19 para instalaciones con transformador propio:

Uso	Caída de tensión
Alumbrado	≤4.5%
Otros usos (Fuerza)	≤6.5%

**Tabla 6.2 – Caída de tensión máxima**

La caída de tensión se debe también a la reactancia del conductor, pero en este caso se ha considerado despreciable por ser varios órdenes de magnitud menor que la resistencia. Así, calcularemos la caída de tensión porcentual:

Líneas trifásicas	$\Delta U(\%) = 100 \cdot \frac{\rho \cdot L \cdot P}{V_n^2 \cdot S}$	[6.5]
Líneas monofásicas	$\Delta U(\%) = 100 \cdot \frac{2 \cdot \rho \cdot L \cdot P}{V_n^2 \cdot S}$	[6.6]

$\rho$  – Resistividad del cobre ( $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$ )

L – Longitud del conductor (m)

P – La potencia de la línea (W)

Vn – Tensión nominal de la línea (trifásico:400V o monofásico:230V)

S – Sección del conductor (mm<sup>2</sup>)

La resistividad del cobre varía con la temperatura. Y la temperatura, es función del grado de carga al que está sometido el conductor. Es decir, cuanto más se acerque la corriente a la máxima admisible, más caliente estará el cobre. Para calcular esta temperatura se va a realizar una aproximación, ya que, la corriente también es función de la resistencia de forma que necesitaríamos un proceso iterativo para resolver este problema.

Se usará la siguiente fórmula que aproxima la temperatura en función del grado de carga del conductor:

$$T = T_{amb} + (T_{adm} - T_{amb}) \left( \frac{I_z}{I_{adm}} \right)^2 \quad [6.7]$$

T – Temperatura del conductor (°C)

T<sub>amb</sub> – Temperatura ambiente

T<sub>adm</sub> – Temperatura admisible del conductor (XLPE=90°C)

I<sub>z</sub> – Intensidad de cálculo corregida (A)

I<sub>adm</sub> – Intensidad admisible para esa sección de conductor (A)

Ahora que ya conocemos la temperatura, la resistividad se puede calcular con esta fórmula:

$$\rho = \rho_{20^{\circ}C} \frac{234.5 + T}{254.5} \quad [6.8]$$

ρ – Resistividad del cobre a temperatura T (Ω·mm<sup>2</sup>/m)

ρ<sub>20°C</sub> – Resistividad del cobre a 20°C (0.017 Ω·mm<sup>2</sup>/m)

T – Temperatura del conductor (°C)

Con esto, ya tenemos todos los valores necesarios para aplicar la fórmula de la caída de tensión.

Luego, hay que sumar todas las caídas de tensiones de las líneas hasta llegar al punto donde se quiere saber la caída de tensión acumulada de la línea, que deberá ser menor que los valores especificados en la tabla 6.2.

## 7. INSTALACIÓN ELÉCTRICA

### 7.1 Centro de Transformación

Debido a que la potencia necesaria para la instalación es mayor de 100kW, es necesario la instalación de un transformador ya que la empresa distribuidora no proporciona potencias mayores de 100kW en baja tensión.

El transformador será de titularidad particular y se instalará dentro de la parcela. A pesar de ello, la empresa suministradora tiene que tener acceso a éste con lo que deberá ser instalado en el exterior de la nave.

El transformador tendrá las especificaciones que se detallan en la tabla siguiente:

<b>ESPECIFICACIONES TRANSFORMADOR</b>	
Relación de transformación	20 kV/400V
Potencia nominal	160 kVA
Tensión de cortocircuito	4 %

**Tabla 7.1 – Especificaciones del transformador**

### 7.2 Cuadro General

El cuadro general es el cuadro principal de protecciones de la instalación. En él se realizan las conexiones al transformador de potencia que está en el exterior de la nave por medio de cables enterrados y saldrán las líneas hacia los cuadros secundarios.

Este cuadro se instalará cercano a las zonas de mayor consumo. De esta forma, nos aseguraremos de que la distancia de las líneas hasta los cuadros secundarios sea la menor posible para minimizar la caída de tensión.

Además, se instalará cerca de una puerta de acceso al exterior, para que, en caso de emergencia, los servicios de emergencia puedan llegar hasta este cuadro con rapidez en caso de que necesiten realizar maniobras en él.

### 7.3 Cuadros Secundarios

Los cuadros secundarios se situarán repartidos por la nave de forma que queden cercanos a las cargas de la instalación. Se pondrán en las paredes a una altura de 1.5m. En ellos, se instalarán las protecciones oportunas para cada circuito saliente de éstos.

#### 7.4 Tomas de Corriente

Debido a que se van a utilizar máquinas que se van a poder mover por toda la nave, es imperativo que la conexión de éstas a la red se realice mediante una toma de corriente y no con una instalación directa.

Todas las tomas que se instalarán en la zona de taller y altillo, tanto trifásicas como monofásicas, serán de tipo Schuko con tapa de protección para evitar la entrada de polvo. Las que se instalen en las zonas comunes y oficinas serán sin tapa.

Debido a la elevada potencia necesaria para los apartados de soldadura y corte plasma, las tomas trifásicas serán todas de 32A de intensidad nominal dotadas de las 3 fases, neutro y toma de tierra. Las tomas monofásicas serán de 16A con toma de tierra.

Estas tomas (de uso común) tienen la característica de seguridad de que siempre se va a conectar la toma de tierra antes que las fases.

Se van a conectar varias tomas a un mismo circuito, esto viene detallado en el plano "Esquema unifilar".

#### 7.5 Método de instalación

El método de instalación, así como el tipo de conductor nos determinan la intensidad admisible de los conductores. Según el método de instalación se deben aplicar una serie de coeficientes correctores a la intensidad máxima que podría circular por éste en condiciones ideales, como ya se ha explicado en el apartado 6. DIMENSIONADO.

Se han utilizado dos métodos de instalación:

- 1- Bandeja portacables de escalera: Método de instalación F según la norma UNE 20460-5-523. Para las líneas desde el cuadro general hasta los cuadros secundarios. Se va a instalar a 4m de altura y rodeando toda la nave pegada a la pared.
- 2- Tubo metálico o plástico flexible: Método de instalación B2. Para bajar desde las bandejas hasta los cuadros secundarios y hasta las máquinas. También se instalarán bajo tubo el resto de los conductores para luminarias y tomas de corriente.

Por otra parte, se van a llevar varios cables agrupados en la mayoría de los casos. Tanto por las bandejas como por los tubos. El coeficiente de agrupación ( $k_a$ ) lo buscaremos en la tabla A.52-3, usaremos la fila 1 (Empotrados o embutidos) para los cables bajo tubo (B2) y la fila 5 (Capa única sobre escalera de cables, ...) para los cables al aire sobre bandeja de escalera (F).

Además, se ha supuesta una temperatura ambiente de 40°C. Al ser una zona con clima Mediterráneo, llegando fácilmente a los 35°C en verano. Dentro de la nave, con el proceso industrial en marcha la temperatura será mayor. Esto nos da un coeficiente de temperatura ( $k_t$ ) de 0.91.

Lo coeficientes correctores para todas las líneas quedan reflejados en la tabla siguiente:

LINEA	M.INST.	$k_a$	$k_t$	$k_r$	K
TRAFO-CG	D	1,00	0,89	1,18	1,05
CG-ALU1	B2	0,65	0,91	1,00	0,59
CG-ALU2	B2	0,65	0,91	1,00	0,59
CG-ALU3	B2	0,65	0,91	1,00	0,59
CG-ALU4	B2	0,65	0,91	1,00	0,59
CG-CS1	F	0,80	0,91	1,00	0,73
CG-CS1	B2	1,00	0,91	1,00	0,91
CS1-8	B2	1,00	0,91	1,00	0,91
CS1-15	B2	1,00	0,91	1,00	0,91
CG-CS2	B2	1,00	0,91	1,00	0,91
CG-CS2	F	0,80	0,91	1,00	0,73
CS2-19	B2	1,00	0,91	1,00	0,91
CS2-25	B2	1,00	0,91	1,00	0,91
CG-CS3	B2	1,00	0,91	1,00	0,91
CG-CS3	F	0,80	0,91	1,00	0,73
CS3-6	B2	1,00	0,91	1,00	0,91
CG-CS4	B2	1,00	0,91	1,00	0,91
CG-CS4	F	0,80	0,91	1,00	0,73
CS4-12	B2	0,80	0,91	1,00	0,73
CS4-13	B2	0,80	0,91	1,00	0,73
CS4-14	B2	1,00	0,91	1,00	0,91
CS4-7	B2	1,00	0,91	1,00	0,91
CG-CS5	B2	1,00	0,91	1,00	0,91
CG-CS5	F	0,80	0,91	1,00	0,73
CS5-9	B2	0,80	0,91	1,00	0,73
CS5-10	B2	0,80	0,91	1,00	0,73
CS5-29	B2	1,00	0,91	1,00	0,91
CG-CS6	B2	1,00	0,91	1,00	0,91
CG-CS6	F	0,80	0,91	1,00	0,73
CS6-3	B2	0,80	0,91	1,00	0,73
CS6-3L	B2	0,80	0,91	1,00	0,73
CS6-4	B2	1,00	0,91	1,00	0,91
CS6-ALU	B2	1,00	0,91	1,00	0,91
CS6-5	B2	1,00	0,91	1,00	0,91
CG-CS7	F	0,80	0,91	1,00	0,73

<b>CG-CS7</b>	B2	1,00	0,91	1,00	0,91
<b>CS7-BT</b>	B2	1,00	0,91	1,00	0,91
<b>CS7-TC</b>	B2	0,80	0,91	1,00	0,73
<b>CS7-ALU</b>	B2	0,80	0,91	1,00	0,73
<b>CG-CS8</b>	B2	1,00	0,91	1,00	0,91
<b>CG-CS8</b>	F	0,80	0,91	1,00	0,73
<b>CS8-ALU</b>	B2	0,80	0,91	1,00	0,73
<b>CS8-TC1</b>	B2	0,80	0,91	1,00	0,73
<b>CS8-TC2</b>	B2	0,80	0,91	1,00	0,73
<b>CS8-AC</b>	B2	0,80	0,91	1,00	0,73
<b>CG-CS9</b>	B2	1,00	0,91	1,00	0,91
<b>CG-CS9</b>	F	0,80	0,91	1,00	0,73
<b>CS9-21</b>	B2	0,80	0,91	1,00	0,73
<b>CS9-24</b>	B2	0,80	0,91	1,00	0,73
<b>CS9-ALU</b>	B2	0,80	0,91	1,00	0,73

**Tabla 7.2 – Coeficientes correctores**

## 7.6 Conductores

La totalidad de la instalación se va a realizar con conductor flexible de cobre libre de halógenos aislado con polietileno reticulado (XLPE). El aislamiento será de 0.6/1kV. La designación normalizada es RZ1-K.

Un cable con cubierta de PVC libera gases tóxicos en caso de incendio; a pesar de no estar en un local con riesgo alto de incendio, se justifica la elección de un cable libre de halógenos en que la diferencia de precio es mínima respecto al cable con cubierta de PVC. Por otra parte, el aislamiento en XLPE permite que el cable alcance temperaturas mayores con seguridad (90°C), de forma que la intensidad admisible por él será más alta.

La relación de secciones de cada línea de acuerdo con los cálculos de dimensionado será la siguiente:

<b>LÍNEA</b>	<b>MÉT. INST.</b>	<b>TENSIÓN (V)</b>	<b>SECCIÓN (mm<sup>2</sup>)</b>
<b>TRAFO-CG</b>	D	400	120,00
<b>CG-ALU1</b>	B2	230	1,50
<b>CG-ALU2</b>	B2	230	1,50
<b>CG-ALU3</b>	B2	230	1,50
<b>CG-ALU4</b>	B2	230	1,50
<b>CG-CS1</b>	F	400	1,50
<b>CG-CS1</b>	B2	400	1,50
<b>CS1-8</b>	B2	400	1,50
<b>CS1-15</b>	B2	400	1,50
<b>CG-CS2</b>	F	400	16,00

CG-CS2	B2	400	16,00
CS2-19	B2	400	1,50
CS2-25	B2	400	1,50
CG-CS3	F	400	25,00
CG-CS3	B2	400	25,00
CS3-6	B2	400	2,50
CG-CS4	F	400	1,50
CG-CS4	B2	400	1,50
CS4-12	B2	400	1,50
CS4-13	B2	400	1,50
CS4-14	B2	400	1,50
CS4-7	B2	400	1,50
CG-CS5	F	400	10,00
CG-CS5	B2	400	10,00
CS5-9	B2	400	1,50
CS5-10	B2	400	1,50
CS5-29	B2	400	1,50
CG-CS6	F	400	25,00
CG-CS6	B2	400	25,00
CS6-3	B2	400	2,50
CS6-3L	B2	400	2,50
CS6-4	B2	400	1,50
CS6-ALU	B2	230	1,50
CS6-5	B2	400	1,50
CG-CS7	F	400	2,50
CG-CS7	B2	400	2,50
CS7-BT	B2	230	2,50
CS7-TC	B2	230	4,00
CS7-ALU	B2	230	1,50
CG-CS8	F	400	10,00
CG-CS8	B2	400	10,00
CS8-ALU	B2	230	4
CS8-TC1	B2	230	2,5
CS8-TC2	B2	230	2,5
CS8-AC	B2	230	4
CG-CS9	F	400	1,5
CG-CS9	B2	400	1,5
CS9-21	B2	400	1,5
CS9-24	B2	400	1,5
CS9-ALU	B2	230	1,5

**Tabla 7.3 – Secciones de los conductores**

## 8. PROTECCIÓN DE LA INSTALACIÓN

### 8.1 Protección Frente a Sobreintensidades

Dado que nuestros conductores tienen una intensidad máxima que pueden soportar, tendremos que asegurar que esta intensidad no se va a sobrepasar bajo ningún concepto. El hecho de sobrecargar una línea puede dar lugar a la degradación de los elementos que la componen o incluso provocar un incendio.

Existen dos tipos de fallos por sobreintensidad:

- Sobrecarga: En caso de que la potencia demandada a una línea sea mayor a la proyectada. Por ejemplo, conectando más cargas de las previstas a esa línea. En este caso, la corriente que circula por el conductor es del orden de hasta 10 veces la intensidad admisible por la línea.
- Cortocircuito: Cuando se produce un fallo en la línea y se crea un camino de baja resistencia entre dos conductores que deberían estar aislados el uno del otro. Por ejemplo, se conectan dos fases entre sí o una fase y neutro. Las corrientes serán del orden de miles de amperios en el mejor de los casos.

#### 8.1.1 Sobrecargas

El criterio de selección que se aplicará para seleccionar la intensidad nominal de los interruptores será, según la ITC-BT-22:

$$I_b \leq I_n \leq I_{z,adm} \quad [8.1]$$

$$I_2 \leq 1.45 I_z \quad [8.2]$$

Siendo:

$I_b$  – Intensidad de diseño de la línea (A)

$I_n$  – Intensidad nominal del interruptor (A)

$I_{z,adm}$  – Intensidad admisible corregida (A)

$I_2$  – Intensidad convencional de desconexión (A)

Los interruptores estarán contruidos según la norma UNE EN 60947-2 con lo que la intensidad  $I_2$  será:

$$I_2 = 1.3 I_n \quad [8.3]$$

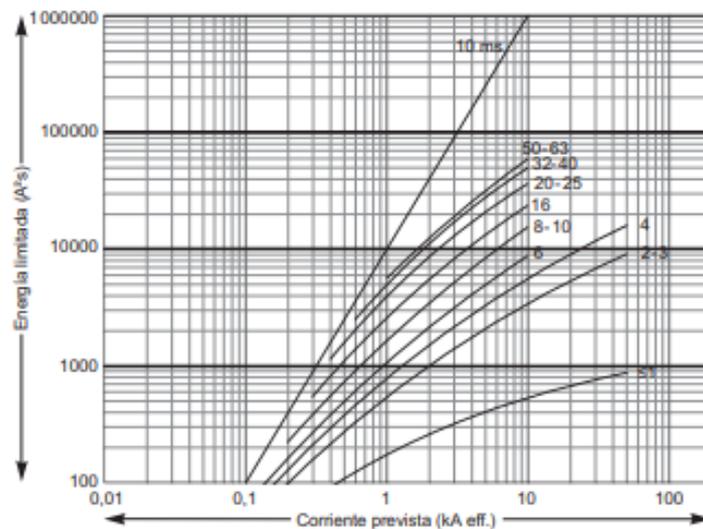
### 8.1.2 Cortocircuito

En el caso de un cortocircuito debemos tener varias cosas en cuenta. Primero debemos conocer la corriente de cortocircuito máxima que se puede dar en cada línea de modo que el interruptor sea capaz de cortarla. Por otra parte, debemos tener en cuenta que, debido a que se tarda un tiempo en desconectar el circuito, los conductores van a estar sometidos a intensidades mayores de las nominales y deben ser capaces de soportarlas durante este tiempo.

Las curvas  $I^2t$  de los interruptores, proporcionadas por el fabricante, nos indican la cantidad de energía que éstos dejan pasar desde que se produce el fallo hasta que se corta la corriente. Esta energía se traducirá en un calentamiento en los conductores.

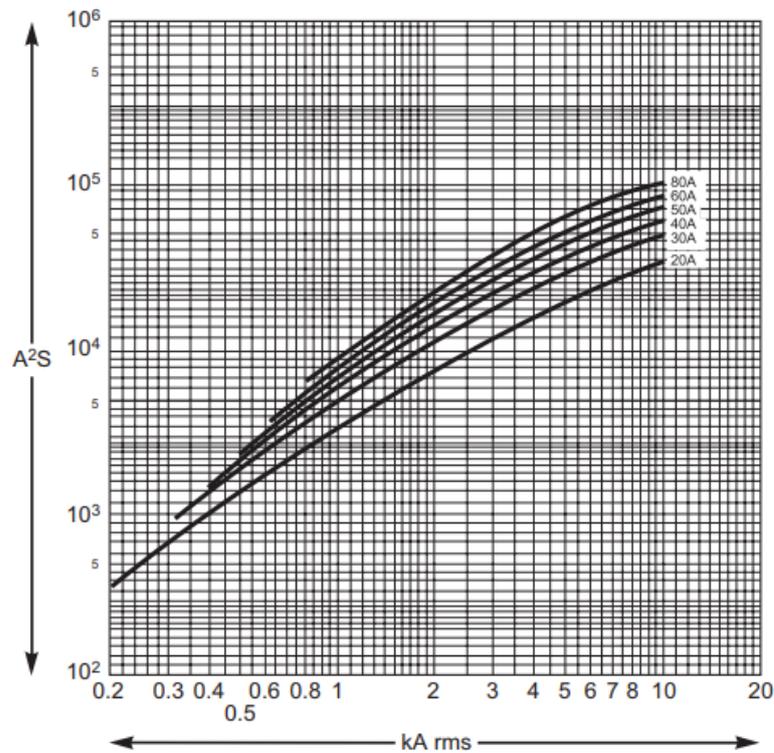
iC60N

Limitación térmica



### C120, curva C

Ue: 240 V ~ 1P  
Ue: 415 V ~ 2, 3P



**Figura 8.1 – Curvas de limitación térmica**

La energía máxima que podrá soportar el cable se calcula según la ITC- BT-22 se calculará de la siguiente forma:

$$(K \cdot S)^2 \quad [8.4]$$

Siendo  $K$  una constante que depende del material del conductor y del aislante. Para nuestros cables de cobre aislados con XLPE,  $K=143$ . Y  $S$  la sección de esa línea.

Entonces, tendremos que verificar que se cumple la siguiente condición:

$$(I^2t)_{Disparo} \leq (K \cdot S)^2 \quad [8.5]$$

$(I^2t)_{Disparo}$ - Valor en el eje de ordenadas de la gráfica según la corriente de cortocircuito y  $I_n$  del interruptor ( $A^2s$ ).

Verificaremos esta condición para dos valores de intensidad de cortocircuito. La intensidad máxima que se dará en bornes del magnetotérmico y la intensidad mínima que se dará en el punto más alejado de la línea, ya que la corriente será menor cuanto mayor sea la resistencia del cable y ésta aumenta proporcional a la longitud.

La corriente de cortocircuito máxima posible en la instalación se dará en bornes del transformador y corresponderá a un fallo de tipo cortocircuito tripolar. En este tipo de fallo entran en contacto las tres fases del transformador entre sí mediante un camino de baja resistencia. Este fallo es el menos frecuente, pero es el más desfavorable y él más fácil de analizar. De forma que, adoptando un criterio conservador, utilizaremos este valor como referencia. Se calcula así:

$$I_{cc} = \frac{S_t}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot \epsilon_{cc}} \quad [8.6]$$

La corriente de cortocircuito mínima será al final de la línea más larga. Y se trata de un defecto franco fase-neutro. Se supone neutro distribuido de la misma sección que los conductores de fase:

$$I_{cc,min} = 0.5 \cdot I_{cc} \quad [8.7]$$

- $I_{cc}$  – Corriente de cortocircuito máxima (kA)
- $S_t$  – Potencia máxima del transformador (kVa)
- $\epsilon_{cc}$  – Tensión de cortocircuito del transformador (tanto por 1)
- $I_{cc,min}$  – Corriente de cortocircuito mínima (kA)

La última consideración que debe cumplirse es que la corriente de cortocircuito mínima sea mayor que la corriente mínima de disparo magnético, asegurando de esta forma que, en cualquier caso, se producirá un disparo magnético del interruptor en caso de cortocircuito.

De no cumplirse las condiciones se deberá aumentar la sección de cable o buscar un interruptor más rápido.

### 8.1.3 Dispositivos de Protección

La protección de las líneas se efectuará mediante interruptores automáticos magnetotérmicos. Estos interruptores cortaran el paso de corriente cuando se den las condiciones de sobrecarga o cortocircuito.

Este interruptor tendrá dos posiciones y se podrá maniobrar de forma manual. Estas posiciones deberán estar claramente identificadas mediante un chivato que

indicará cuando el interruptor se encuentra en su estado abierto. El interruptor automático deberá ser capaz de realizar las operaciones de activación y desactivación de forma rápida y no progresiva. Además, estará dotado de una cámara apagachispas donde se efectuará la extinción del arco eléctrico que se forme durante el proceso de desconexión.

En caso de fallo catastrófico el dispositivo deberá garantizar un fallo seguro de forma que se minimice el daño en la dirección frontal al aparato.

Se instalará un interruptor magnetotérmico al inicio de cada una de las líneas, que las protegerá frente a estos dos tipos de fallos. Este interruptor automático consta de dos tipos de disparo:

- Disparo térmico: Es un disparo lento ya que puede tardar desde varios segundos a horas en producirse. Dentro de este interruptor, la corriente circula por una lámina bimetálica que al pasar la corriente por ella se calienta y se deforma. Cuando esta corriente alcanza un cierto valor, la lámina acciona el interruptor que abre el circuito. Está pensado para disparar en caso de pequeñas sobrecargas.
- Disparo magnético: Es un disparo muy rápido, el tiempo de corte se sitúa en las milésimas de segundo. Está pensado para cuando el fallo es un cortocircuito y se necesita un corte extremadamente rápido.

Las especificaciones de un magnetotérmico vienen impresas en él, y son las siguientes:

- Intensidad nominal ( $I_n$ ): Corriente que soporta el interruptor en funcionamiento normal.
- Intensidad convencional de desconexión ( $I_2$ ): Corriente mínima a la que se garantiza que el interruptor corte.
- Poder de corte (PdC): Corriente máxima que puede interrumpir de forma segura.
- Curva de accionamiento: Curva que relaciona el grado de sobrecarga ( $I/I_n$ ) con el tiempo que tarda en el interruptor en interrumpir esa corriente. Existen tres curvas: B, C, D.

### C120N/H

Según la norma UNE-EN 60898 (temperatura de referencia 30 °C).

Curvas B, C, D.

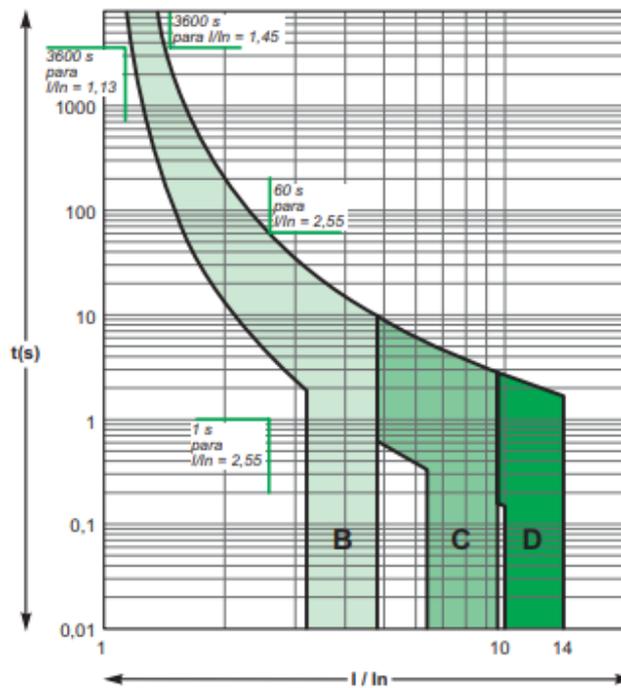


Figura 8.2 – Curvas de disparo

La zona curva de la gráfica corresponde con el disparo térmico y la zona recta, con el magnético.

Los de curva B, se suelen utilizar en caso de que la corriente mínima de cortocircuito no quede dentro de la zona de disparo magnético en la curva C. La curva D se utiliza en caso de motores con grandes corrientes de arranque, para garantizar que no se dispare el interruptor durante esta sobrecarga.

Cómo no se dan las condiciones excepcionales para utilizar curvas B o D. Se utilizarán interruptores con la curva C para todas las cargas, ya que es el interruptor estándar.

Instalaremos interruptores de la marca Schneider Electric con las características descritas según la tabla siguiente.

Línea	$I_n$ (A)	PdC (kA)	Nº Polos	Curva
TRAFO-CG	250	8	4	C
CG-ALU	10	6	2	C
CG-CS1	16	6	4	C
CS1-8	16	6	4	C
CS1-15	16	6	4	C

CG-CS2	63	6	4	C
CS2-TRIF1	32	6	4	C
CS2-TRIF2	32	6	4	C
CS2-MONO	16	6	2	C
CS2-19	16	6	4	C
CS2-25	16	6	4	C
CG-CS3	80	6	4	C
CS3-TRIF1	32	6	4	C
CS3-TRIF2	32	6	4	C
CS3-MONO	16	6	2	C
CS3-6	20	6	4	C
CG-CS4	16	6	4	C
CS4-12	10	6	4	C
CS4-13	10	6	4	C
CS4-14	16	6	4	C
CS4-7	16	6	4	C
CG-CS5	50	6	4	C
CS5-9	10	6	4	C
CS5-10	10	6	4	C
CS5-29	16	6	4	C
CS5-MONO	16	6	2	C
CG-CS6	80	6	4	C
CS6-3	16	6	4	C
CS6-3L	16	6	4	C
CS6-4	16	6	4	C
CS6-5	16	6	4	C
CS6-TRIF	32	6	4	C
CS6-MONO	16	6	2	C
CS6-ALU	10	6	2	C
CG-CS7	20	6	4	C
CS7-BT	20	6	2	C
CS7-ALU	10	6	2	C
CS7-TC	20	6	2	C
CG-CS8	50	6	4	C
CS8-ALU	10	6	2	C
CS8-TC1	16	6	2	C
CS8-TC2	16	6	2	C
CS8-AC	20	6	2	C
CG-CS9	16	6	4	C
CS9-24	16	6	4	C
CS9-21	16	6	4	C
CS9-ALU	10	6	2	C

**Tabla 8.1 – Protecciones contra sobrecorriente**

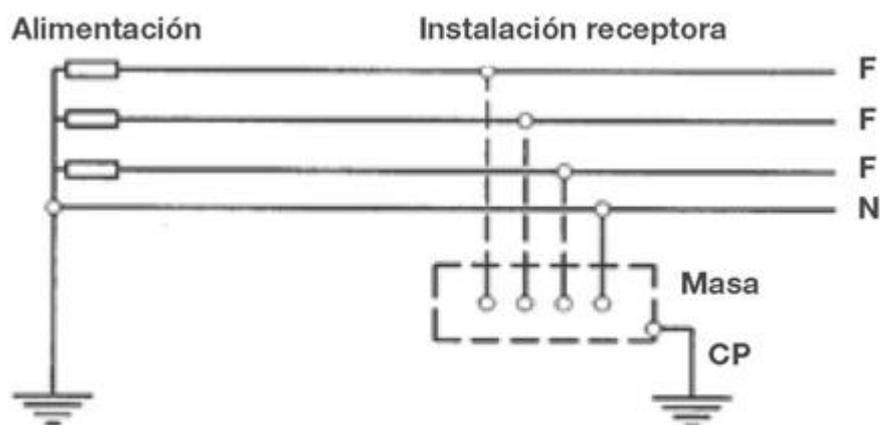
## 8.2 Puesta a Tierra de la Instalación

La puesta a tierra de la instalación está pensada para proteger a las personas en caso de que ocurra un fallo de aislamiento y aparezca tensión en las masas. Con la instalación, se busca que la tensión de contacto no supere un valor que pueda suponer un peligro para la vida de las personas.

La toma de tierra de las masas se va a realizar mediante un conductor de cobre desnudo de 25mm<sup>2</sup> de sección mínima. Enterrado horizontalmente en uno de los lados de mayor dimensión de la nave, en una zanja hecha durante la construcción.

La longitud del conductor será de 40 m. Este conductor tendrá, en su extremo más cercano al cuadro general, una abrazadera para poder conectar el conductor de protección. Esta salida a la superficie estará dentro de una arqueta.

### 8.2.1 Esquema de Distribución de la Instalación



**Figura 8.3 – Esquema de distribución de puestas a tierra**

El esquema de la instalación de puesta a tierra será de tipo TT. En este tipo de instalación, se conectará el neutro (N) del transformador a tierra con una toma independiente. Como el diseño del centro de transformación no corresponde a este proyecto, se obviará el cálculo de la resistencia de puesta a tierra del transformador.

Además, se conectarán también las masas a otra toma de tierra independiente mediante un conductor de protección (CP).

## 8.3 Protección Frente a Contactos Directos e Indirectos

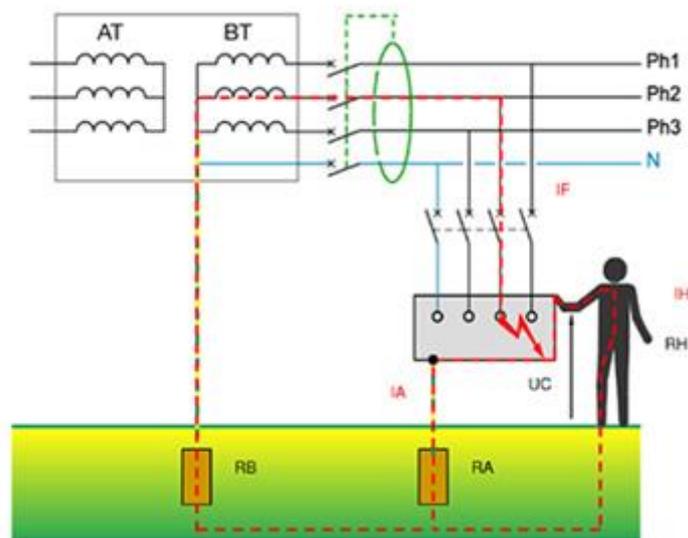
### 8.3.1 Protección Frente a Contactos Directos

Esta protección se basa en la protección de las personas contra los riesgos que suponen que se entre en contacto con una parte activa de la instalación eléctrica.

La primera forma de defensa que se utilizará será impedir que se pueda llegar a producir tal contacto. Esto se efectuará mediante los siguientes procedimientos:

- Aislamiento de las partes activas de la instalación: utilización de conductores provistos con una capa envolvente de materia aislante.
- Protección con barreras o envoltentes: En el caso de los cuadros eléctricos, vendrán provistos de tapas y barreras de forma que sea imposible el contacto con los bornes de los elementos de protección, embarrados o conductores que se encuentre en su interior. Además, estarán provistos de una puerta de seguridad.
- Protección mediante un dispositivo de desconexión automático en caso de corriente residual accidental: Se dotará a la instalación de protección mediante interruptores diferenciales que desconecten la tensión en caso de producirse un contacto con las partes cargadas de la instalación.

### 8.3.2 Protección Frente a Contactos Indirectos



**Figura 8.4 – Defecto de aislamiento**

Se refiere a contacto indirecto cuando se produce un fallo de aislamiento y partes que deberían estar sin tensión, como carcasas o partes estructurales de la maquinaria, pasan a ser peligrosas en caso de que las toque una persona.

Un fallo común, sería que un conductor de fase se soltara de un contacto y tocará la carcasa de protección de la máquina, dejando toda la parte exterior a 230V.

Lo que se pretende es reducir esta tensión de contacto a un valor seguro para la vida de las personas y, además, poder detectar estos fallos para cortar la alimentación de la línea lo más rápido posible.

La puesta a tierra permitirá que, en caso de un fallo de aislamiento, circule una pequeña corriente por el conductor de seguridad. Esta corriente será detectada por un interruptor diferencial y se interrumpirá el suministro de esa línea.

Como se dispone en la nave de locales húmedos (baños y vestuarios), se deberá limitar esta tensión de contacto ( $U_c$ ) a un máximo de 24 V en cualquier caso, como indica la ITC-BT-18.

La tensión de contacto  $U_c$  vendrá dada por la expresión siguiente:

$$U_c = I_{\Delta n} R_t \quad [8.8]$$

Siendo:

$U_c$  – Tensión de contacto (V)

$I_{\Delta n}$  – Corriente de defecto (A)

$R_t$  – Resistencia del electrodo de toma de tierra ( $\Omega$ )

Como  $U_c$  es proporcional tanto a la resistencia de tierra como a la corriente diferencial máxima así que tendremos que limitar estos valores. La corriente diferencial máxima nos viene dada por el interruptor diferencial que tenga menor sensibilidad (mayor corriente diferencial nominal). La resistencia de tierra será el valor que obtendremos de la ecuación.

La resistencia del electrodo de tierra máxima será de 48  $\Omega$ .

Para un electrodo horizontal, la resistencia viene dada por la siguiente ecuación:

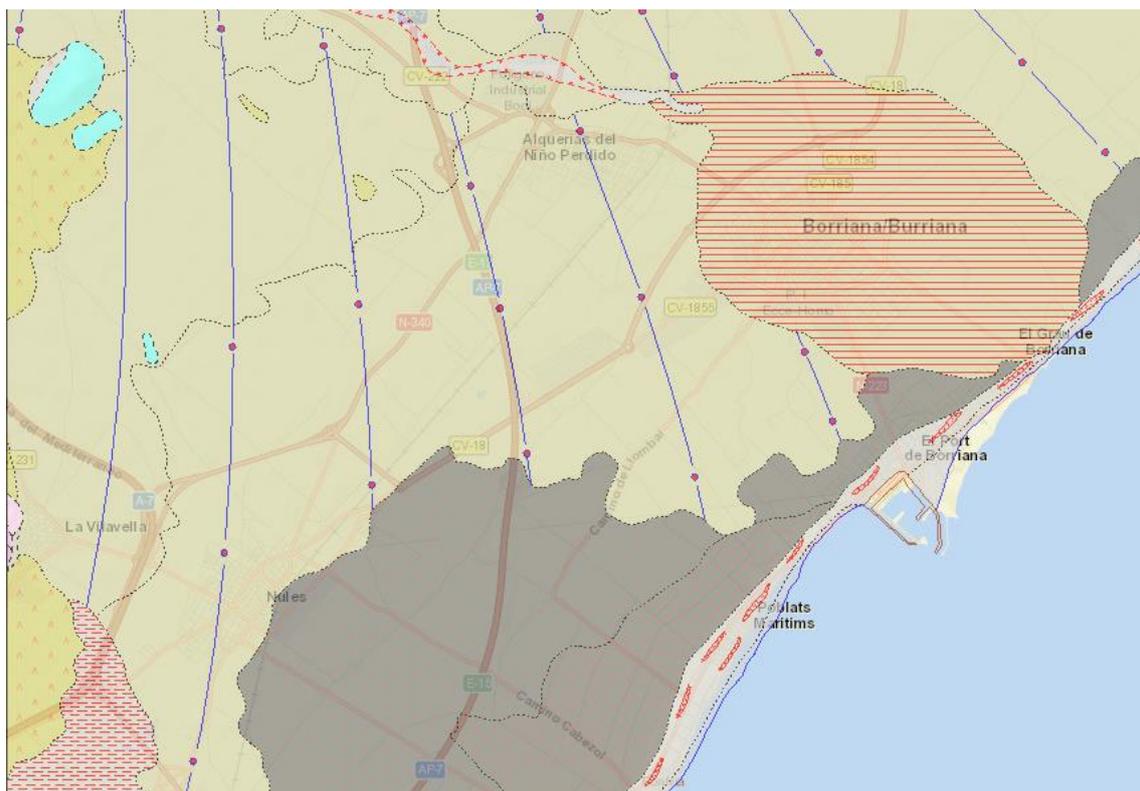
$$R_t = 2 \rho / L \quad [8.9]$$

Donde:

$R_t$  – Resistencia del electrodo ( $\Omega$ )

$\rho$  – Resistividad del terreno ( $\Omega \cdot m$ )

$L$  – Longitud del conductor (m)



**Figura 8.5 – Mapa geológico de la ubicación de la instalación**

De acuerdo con el mapa geológico, el emplazamiento, está sobre un terreno con materiales de gravas y arena arcillos. La resistividad para un terreno con estos materiales varía entre 50 y 500  $\Omega \cdot m$  con lo que se elige un valor intermedio de 200  $\Omega \cdot m$ .

De aquí se obtiene que la longitud mínima que puede tener el conductor es de 8.3 m. Se va a instalar un conductor de longitud igual o mayor a 40m.

La razón por la que se toma tan gran margen de seguridad viene dada principalmente porque en realidad, a esta resistencia habría que sumarle la de los conductores de protección desde la masa en la que se da el defecto hasta la toma de tierra y la resistencia de la toma de tierra del neutro del transformador (que en este cálculo será despreciada) con lo que la resistencia de tierra aumentaría. Otro motivo también se debe a las variaciones en la resistividad del terreno que pueden ocurrir a lo largo del año.

Por otra parte, la siguiente tabla indica las secciones que deben tener los conductores de protección según la sección de los conductores de fase:

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

**Tabla 8.2 Sección de los conductores de protección**

Aun así, para nuestra instalación se va a optar por igualar la sección de los conductores de protección a los de fase en todo caso. Esto es debido a que solo hay dos líneas con secciones mayores de 16 mm<sup>2</sup> y nos facilitará la instalación ya que no será necesario instalar un conductor separado de la manguera de cables.

También se van a instalar interruptores diferenciales que cortarán la alimentación en caso de que se produzca una corriente a tierra mayor de la prevista, lo que indicaría que ha habido un fallo de aislamiento o un contacto directo o indirecto.

El interruptor diferencial mide la corriente de fugas de la instalación utilizando el campo magnético que se genera en los conductores de fase y neutro cuando circula una corriente por ellos. Por norma general, este campo magnético debe ser cero, porque la suma de todas las corrientes que circulan por las fases y neutro, es cero. Si el diferencial detecta un campo, esto indica que se está yendo corriente a tierra, o bien porque la maquinaria presenta corrientes de fugas normales en su funcionamiento o porque se ha producido un fallo de aislamiento. Cuando esta corriente diferencial de fuga sea mayor que lo esperado, el diferencial desconectará la alimentación de la línea.

La forma de seleccionar los diferenciales es la siguiente: Su intensidad nominal debe ser igual o mayor a la máxima que puede circular por la línea que protegen. La mitad de su intensidad nominal diferencial debe ser mayor a la corriente de fugas prevista en la línea.

Además, el interruptor disparará entre 0.5 y 1 veces su intensidad nominal diferencial y se debe asegurar que un interruptor aguas arriba no se disparará antes que uno situado más abajo en la línea. De este modo, el interruptor aguas arriba debe tener una intensidad diferencial del doble del que se encuentra más abajo, como mínimo.

Los interruptores diferenciales que habría que instalar serían todos de 4 polos y siguen la siguiente relación, justificada en el apartado de cálculos correspondiente.

LÍNEA	$I_n$ (A)	$I_{\Delta n}$ (mA)
TRAFO-CG	250	500
CG-CS1	25	300
CG-CS2	63	300
CG-CS3	80	300
CG-CS4	25	300
CG-CS5	63	300
CG-CS6	80	300
CG-CS7	25	30
CG-CS8	63	30
CG-CS9	25	300

**Tabla 8.2 – Interruptores diferenciales**

## 9. COMPENSACIÓN DE ENERGÍA REACTIVA

La potencia activa es la potencia que se puede transformar en potencia útil. El problema surge cuando la carga no es puramente resistiva y esto produce que, además de potencia útil, se requiera de potencia reactiva para su funcionamiento.

Esta potencia reactiva no puede ser aprovechada como potencia útil, sin embargo, es necesaria para, por ejemplo, generar los campos magnéticos en transformadores y motores eléctricos.

Sin embargo, como esta potencia también necesita ser transportada por la red eléctrica, se añaden pérdidas por efecto Joule y se disminuye la capacidad de la línea para transportar potencia activa.

El factor de potencia, que es el coseno del ángulo de desfase entre las ondas de tensión e intensidad, nos indica la relación entre potencia reactiva y potencia activa. Siendo este mayor cuanto menor es el desfase y con ello, menor la potencia reactiva respecto de la activa.

Por estos motivos, el exceso de consumo de potencia reactiva se penaliza con un recargo en la factura eléctrica según el factor de potencia de la instalación:

FACTOR DE POTENCIA	PENALIZACIÓN
0-0.8	0.062332 €/kVarh
0.8-0.95	0.041554 €/kVarh
0.9-1	Sin penalización

**Tabla 9.1 – Tramos de penalización FdP**

El factor de potencia total de la instalación se calcula de esta forma:

$$\cos(\varphi) = \frac{P}{S} \quad [9.1]$$

Siendo:

$\cos(\varphi)$  – El factor de potencia total

P – La potencia activa total de la instalación (kW)

S – La potencia aparente total de la instalación (kVa)

En esta instalación, el factor de potencia total es de 0.75 con lo que nos situaríamos en el primer tramo.

La potencia reactiva total de la instalación (Q [kVar]) se calculará mediante:

$$Q = \sqrt{S^2 - P^2} \quad [9.2]$$

Siendo ésta de 94 kVar, nos daría unos gastos anuales de casi 12.000€.

Por lo tanto, se ve necesario instalar una batería de condensadores de compensación de energía reactiva para mejorar este factor de potencia de la instalación hasta un mínimo de 0.8, lo que nos ahorraría unos 7.000€ anualmente. La inversión sería de alrededor de 3000€ que se amortizaría en menos de 6 meses.

El equipo ya incluye sus protecciones y aparamenta necesaria para su correcta instalación y funcionamiento. Será una batería de condensadores de conexión automática (capaz de conectar los condensadores en función del factor de potencia de la instalación), para 80kVar.

## 10. CONCLUSIÓN

Para el proyecto de instalación eléctrica de baja tensión se han tenido en cuenta todos los conocimientos y capacidades obtenidas durante el grado. Especialmente, lo aprendido en la asignatura Tecnología Eléctrica, ya que esta asignatura está pensada especialmente para este tipo de proyectos.

La realización del proyecto se ha basado en las necesidades propias de las actividades que se van a desarrollar en la nave industrial. Así se han tratado de explicar para justificar las decisiones que se han tomado durante el proyecto.

En primer lugar, se ha realizado la distribución de toda la instalación eléctrica, pensando la ubicación más apropiada para el transformador y los cuadros general y secundarios. Así como el diseño de las canalizaciones y cables de acuerdo con la situación y potencia de las cargas de fuerza y alumbrado.

Luego se calculó el alumbrado para lograr las especificaciones de acuerdo con la norma para el uso que se le va a dar a cada recinto de la nave. Se eligieron las luminarias acorde a los criterios descritos para cumplir los requisitos pensando en las mejores soluciones de cara al consumo y fiabilidad.

El cálculo de los conductores se ha hecho teniendo en cuenta la normativa vigente. Se ha hecho el cálculo por criterio térmico para el cálculo inicial de las secciones, seguido del cálculo por caída de tensión.

También se diseñaron las protecciones pertinentes para cada circuito, siguiendo los criterios de sobrecarga y cortocircuito para elegir un dispositivo de protección adecuado. Así mismo, queda asegurada la seguridad de las personas mediante la puesta a tierra e interruptores diferenciales pertinentes.

En definitiva, se ha realizado un diseño completo desde cero de toda la instalación eléctrica requerida para cumplir con el proceso industrial y que se adecúe a la ley vigente.

## 11. BIBLIOGRAFÍA

- Tecnología Eléctrica (José Roger Folch, Martín Riera Guasp, Carlos Roldán Porta. Ed. Síntesis).
- Apuntes de la asignatura Tecnología Eléctrica.
- [www.schneider-electric.es](http://www.schneider-electric.es)
- [www.phillips.es](http://www.phillips.es)
- [www.getalamp.es](http://www.getalamp.es)
- [igme.maps.arcgis.com](http://igme.maps.arcgis.com)
- [www.hager.es](http://www.hager.es)
- <http://www.minhafp.gob.es>
- [www.iberdrola.es](http://www.iberdrola.es)
- [www.generadordeprecios.info](http://www.generadordeprecios.info) (CYPE ingenieros)
- [www.five.es](http://www.five.es) (Institut Valencià de l'Edificació)
- [www.certificadosenergéticos.com](http://www.certificadosenergéticos.com)
- UNE 12464
- UNE 60364
- UNE 20460-5-523

# ANEXO DE CÁLCULOS

## 1. CENTRO DE TRANSFORMACIÓN

El cálculo del centro de transformación no es objeto de este trabajo. Sí lo es la elección del transformador de acuerdo con las características de la instalación.

Para ello, es necesario calcular la potencia total requerida por la instalación. Se ha calculado la potencia real 'S' de todas las cargas con la fórmula [5.1].

ÍTEM	UNID	MÁQUINA	P (kW)	Pt (kW)	cos φ	f	S (kVa)
1	1	AIRE ACONDICIONADO 1	4	4	0.9	1	4.44
2	1	AIRE ACONDICIONADO 2	3	3	0.9	1	3.33
3	2	TORNO	5.5	11	0.8	1	13.75
4	1	MORTAJADORA	0.736	0.736	0.7	1	1.05
5	1	TALADRO PIE	0.736	0.736	0.7	1	1.05
6	1	PUENTE GRUA	6.5	6.5	0.8	1	8.13
7	1	CIZALLA MÚLTIPLE (PUNZÓN CUADRUPLE)	1.472	1.472	0.8	1	1.84
8	1	ENROLLADORA	4	4	0.8	1	5.00
9	1	PLEGADORA	4.1	4.1	0.8	1	5.13
10	1	PLEGADORA HIDRÁULICA	4.1	4.1	0.8	1	5.13
11	1	CIZALLA GUILLOTINA	5.9	5.9	0.8	1	7.38
12	1	SIERRA CINTA	1.67	1.67	0.8	1	2.09
13	1	SIERRA CIRCULAR	1.472	1.472	0.8	1	1.84
14	1	SIERRA ARCO	0.736	0.736	0.7	1	1.05
15	1	TALADRO PIE	0.736	0.736	0.7	1	1.05
16	1	CORTE PLASMA	9	9	0.8	1	11.25
17	1	CORTE PLASMA	4	4	0.8	1	5.00
18	3	SOLDADOR ELÉCTRICO	4.75	14.25	0.5	1	28.50
19	1	TALADRO PIE	1.472	1.472	0.7	1	2.10
21	1	COMPRESOR	2.208	2.208	0.8	1	2.76
22	1	BOMBA AGUA	1.472	1.472	0.8	1	1.84
24	1	POLIPASTO	0.75	0.75	0.8	1	0.94
25	1	ELECTROESMERILADORA	0.5	0.5	0.7	1	0.71
26	6	TALADROS MANUALES	0.5	3	0.7	0.7	3.00
27	10	RADIALES	0.75	7.5	0.7	0.7	7.50
28	4	ATORNILLADORES	0.35	1.4	0.7	0.7	1.40
29	1	CORTE LASER CNC	5.6	5.6	0.8	1	7.00
	1	SECAMANOS	1.2	1.2	0.9	1	1.33
	1	TERMO AGUA	1.7	1.7	0.9	1	1.89
	2	OTROS USOS	3.68	7.36	1	1	7.36
	1	ILUMINACION	6.48	6.48	0.9	1	7.2
<b>TOTAL</b>				114.48			<b>150.18</b>

Tabla A1 – Potencias de fuerza

La potencia máxima requerida por la instalación es de 150.18 kVa. La potencia nominal del transformador tiene que ser mayor que esta cifra por lo que se escoge un transformador de 160 kVa, que presenta las características siguientes:

<b>ESPECIFICACIONES TRANSFORMADOR</b>	
Relación de transformación	20 kV/400V
Potencia nominal	160 kVA
Tensión de cortocircuito	4 %

**Tabla A2 – Especificaciones transformador**

## 2. DISEÑO DE LOS CONDUCTORES

### 2.1 Diseño por Criterio Térmico

Se va a proceder al cálculo manual de la sección de una línea a modo de ejemplo, utilizando las fórmulas y criterios descritos en el apartado “6.2 Diseño térmico”. El resto de líneas se han calculado siguiendo el mismo modelo en una hoja de Excel.

La línea seleccionada será la CG-CS2. Los pasos a seguir son los siguientes:

- 1- Seleccionar qué máquinas se alimentarán por el cuadro CS2. Se ha supuesto que hay una gran probabilidad de que se conecten a la vez, 2 aparatos de soldadura 18- Soldador eléctrico y uno 16-Corte plasma. Además, las máquinas fijas que se conectarán a este cuadro serán la 19-Taladro de pie y 25-Electroesmeriladora. Por otra parte, para las máquinas herramienta, se ha supuesto una línea de 3.68kW de acuerdo con la intensidad nominal de las tomas de corriente monofásicas que se van a instalar.
- 2- Calcular la potencia nominal de cada máquina con la fórmula [5.1]:

$$S = \frac{C P f}{\cos(\varphi)}$$

<b>ITEM</b>	<b>CANT</b>	<b>MÁQUINA</b>	<b>P (Kw)</b>	<b>cos(φ)</b>	<b>f</b>
<b>16</b>	1	CORTE PLASMA	9	0.8	1
<b>18</b>	2	SOLDADOR ELÉCTRICO	4.75	0.5	1
<b>19</b>	1	TALADRO PIE	1.472	0.7	1
<b>25</b>	1	ELECTROESMERILADORA	0.5	0.7	1

**Tabla A3 – Máquinas CS2**

$$16: S = \frac{1 \times 9 \times 1}{0.8} = 11.25 \text{ kVa}$$

$$18: S = \frac{2 \times 4.75 \times 1}{0.5} = 19 \text{ kVa}$$

$$19: S = \frac{1 \times 1.472 \times 1}{0.7} = 2.1 \text{ kVa}$$

$$25: S = \frac{1 \times 0.5 \times 1}{0.7} = 0.71 \text{ kVa}$$

3- Calcular la intensidad nominal de cada máquina con la ecuación [6.1]:

$$I_n = \frac{S}{\sqrt{3} * V_L}$$

$$16: I_n = \frac{11250}{\sqrt{3} * 400} = 16.24 \text{ A}$$

$$18: I_n = \frac{19000}{\sqrt{3} * 400} = 27.42 \text{ A}$$

$$19: I_n = \frac{2100}{\sqrt{3} * 400} = 3.03 \text{ A}$$

$$25: I_n = \frac{710}{\sqrt{3} * 400} = 1.02 \text{ A}$$

$$\text{Tomas de corriente: } I_n = \frac{3680}{\sqrt{3} * 400} = 5.31 \text{ A}$$

4- Se calcula la corriente de diseño. En este caso, al tener máquinas con motores eléctricos (19- Taladro de pie y 25- Electroesmeriladora), de acuerdo con la tabla 6.1 tenemos que usar la fórmula de "Línea con motores":

$$I_b = 1.25 \times I_{n,mot.max} + \sum I_n$$

$$I_b = 1.25 \times 3.03 + 16.24 + 27.42 + 1.02 + 5.31 = 53.79 \text{ A}$$

5- A continuación, se comprobará si hay condiciones que requieran que se corrija esta intensidad de diseño. Se ha supuesto, como caso más desfavorable, una temperatura ambiente de 40°C. La línea discurrirá desde la salida del cuadro general, por una bandeja de alambre junto a otras 4 líneas, hasta encima del cuadro. La manguera bajara de la bandeja por un tubo hasta el cuadro secundario CS2.

Por tanto, se ven dos tramos diferenciados de tipo de instalación y agrupamiento de conductores: Bajo tupo (B2) y al aire sobre bandeja de alambre (F) con 4 circuitos.

6- Se procede al cálculo de los coeficientes correctores para los dos tramos con diferentes características de la línea.

- Coeficiente de temperatura ( $k_t$ ): De acuerdo con la tabla 52-D1, el valor de  $k_t$  para una temperatura ambiente de 40°C es  $k_t = 0.91$ . Este se aplicará a toda la línea.
- Coeficiente de agrupación ( $k_a$ ): De acuerdo con la tabla A52-3 para el tramo de tubo solo discurre un circuito (el que baja al cuadro), entonces  $k_a = 1$ . Para el tramo sobre bandeja, como hay otros 4 circuitos, la fila 5 de la tabla indica que  $k_a = 0.8$ .

El coeficiente K para cada tramo se calculará siguiendo la fórmula [6.3]:

$$K = k_T k_A k_R$$

$$\text{Tramo bajo tubo: } K = 0.91 \times 1 = 0.91$$

$$\text{Tramo sobre bandeja: } K = 0.91 \times 0.8 = 0.73$$

7- Se calcula la corriente de diseño corregida para cada tramo con la expresión [6.4]:

$$I_z = \frac{I_b}{K}$$

$$\text{Tramo bajo tubo: } I_z = \frac{53.79}{0.91} = 59.10 \text{ A}$$

$$\text{Tramo sobre bandeja: } I_z = \frac{53.79}{0.73} = 73.88 \text{ A}$$

- 8- Ahora que ya tenemos las corrientes de diseño modificadas, tenemos que seleccionar la sección del cable mínima para cada tramo. Se hará uso de la tabla [A.52-1], entrando por la fila de método de instalación y bajando por la columna de tipo de cable correspondiente:

**Tabla A.52-1**  
Intensidades admisibles en amperios  
Temperatura ambiente 30 °C en el aire

Método de instalación de la tabla 52 - B1	Número de conductores cargados y tipo de aislamiento											
		PVC3	PVC2			XLPE3	XLPE2					
A1		PVC3	PVC2			XLPE3	XLPE2					
A2	PVC3	PVC2			XLPE3	XLPE2						
B1				PVC3	PVC2			XLPE3		XLPE2		
B2			PVC3	PVC2		XLPE3	XLPE2					
C					PVC3		PVC2	XLPE3		XLPE2		
E						PVC3		PVC2	XLPE3		XLPE2	
F							PVC3	PVC2	XLPE3	XLPE2		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Sección mm <sup>2</sup>												
Cu												
1,5	13	13,5	14,5	15,5	17	18,5	19,5	22	23	24	26	-
2,5	17,5	18	19,5	21	23	25	27	30	31	33	36	-
4	23	24	26	28	31	34	36	40	42	45	49	-
6	29	31	34	36	40	43	46	51	54	57	63	-
10	39	42	46	50	54	60	63	70	75	80	86	-
16	52	56	61	68	73	80	85	94	100	107	115	-
25	68	73	80	89	95	101	110	119	127	135	149	161
35	-	-	-	110	117	126	137	147	158	169	185	200
50	-	-	-	134	141	153	167	179	192	207	225	242
70	-	-	-	171	179	196	213	229	246	268	289	310
95	-	-	-	207	216	238	258	278	298	328	352	377
120	-	-	-	239	249	276	299	322	346	382	410	437
150	-	-	-	-	285	318	344	371	395	441	473	504
185	-	-	-	-	324	362	392	424	450	506	542	575
240	-	-	-	-	380	424	461	500	538	599	641	679
Aluminio												
2,5	13,5	14	15	16,5	18,5	19,5	21	23	24	26	28	-
4	17,5	18,5	20	22	25	26	28	31	32	35	38	-
6	23	24	26	28	32	33	36	39	42	45	49	-
10	31	32	36	39	44	46	49	54	58	62	67	-
16	41	43	48	53	58	61	66	73	77	84	91	-
25	53	57	63	70	73	78	83	90	97	101	108	121
35	-	-	-	86	90	96	103	112	120	126	135	150
50	-	-	-	104	110	117	125	136	146	154	164	184
70	-	-	-	133	140	150	160	174	187	198	211	237
95	-	-	-	161	170	183	195	211	227	241	257	289
120	-	-	-	186	197	212	226	245	263	280	300	337
150	-	-	-	-	226	245	261	283	304	324	346	389
185	-	-	-	-	256	280	298	323	347	371	397	447
240	-	-	-	-	300	330	352	382	409	439	470	530

Es necesario consultar las tablas 52 - C1 a 52 - C12 con el fin de determinar la sección de los conductores para la que la intensidad admisible anterior es aplicable para cada uno de los métodos de instalación.

- Tramo bajo tubo: Método B2, cable XLPE3. La sección mínima con una intensidad admisible mayor que 59.10A sería  $S = 10 \text{ mm}^2$  (60 A).
- Tramo sobre bandeja: Método F, cable XLPE3. La sección mínima con una intensidad admisible mayor que 73.88 A sería  $S = 10 \text{ mm}^2$  (80 A).

9- Elección de la sección apropiada. La sección mínima que cumple los criterios térmicos es de  $10 \text{ mm}^2$  para los dos tramos, con lo que esta sección nos serviría y cumpliríamos con la normativa. Sin embargo, vemos que, para el tramo bajo tubo, la intensidad admisible es de 60 A, y la de diseño modificada es de 59.10 A, quedando solamente 0.9A de margen. Esto producirá que el cable esté funcionando constantemente a una temperatura muy cercana a su máximo ( $90^\circ\text{C}$ ) con lo que se aceleraría la degradación de éste, así como de los contactos a los que se conecte. Por ello se decide aumentar la sección hasta el siguiente valor de  $16\text{mm}^2$ , dejando mayor margen de seguridad.

CÁLCULO POR CRITERIO TÉRMICO									
LINEA	M.INST.	$I_b$ (A)	$k_a$	$k_t$	$k_r$	K	$I_z$ (A)	s ( $\text{mm}^2$ )	$I_{adm}$ (A)
TRAFO-CG	D	219,45	1,00	0,89	1,18	1,05	208,96	95,00	211,00
CG-ALU1	B2	5,80	0,65	0,91	1,00	0,59	9,80	1,50	18,50
CG-ALU2	B2	5,80	0,65	0,91	1,00	0,59	9,80	1,50	18,50
CG-ALU3	B2	5,80	0,65	0,91	1,00	0,59	9,80	1,50	18,50
CG-ALU4	B2	5,80	0,65	0,91	1,00	0,59	9,80	1,50	18,50
CG-CS1	F	10,54	0,80	0,91	1,00	0,73	14,47	1,50	24,00
CG-CS1	B2	10,54	1,00	0,91	1,00	0,91	11,58	1,50	18,50
CS1-8	B2	9,02	1,00	0,91	1,00	0,91	9,91	1,50	18,50
CS1-15	B2	1,89	1,00	0,91	1,00	0,91	2,08	1,50	18,50
CG-CS2	B2	53,79	1,00	0,91	1,00	0,91	59,11	16,00	80,00
CG-CS2	F	53,79	0,80	0,91	1,00	0,73	73,88	16,00	107,00
CS2-19	B2	3,79	1,00	0,91	1,00	0,91	4,16	1,50	18,50
CS2-25	B2	1,26	1,00	0,91	1,00	0,91	1,39	1,50	18,50
CG-CS3	B2	63,63	1,00	0,91	1,00	0,91	69,93	16,00	80,00
CG-CS3	F	63,63	0,80	0,91	1,00	0,73	87,41	16,00	107,00
CS3-6	B2	14,66	1,00	0,91	1,00	0,91	16,11	2,50	25,00
CG-CS4	B2	45,25	1,00	0,91	1,00	0,91	49,73	10,00	60,00
CG-CS4	F	45,25	0,80	0,91	1,00	0,73	62,16	10,00	80,00
CS4-12	B2	3,77	0,80	0,91	1,00	0,73	5,18	1,50	18,50
CS4-13	B2	3,32	0,80	0,91	1,00	0,73	4,56	1,50	18,50
CS4-14	B2	1,89	1,00	0,91	1,00	0,91	2,08	1,50	18,50
CS4-7	B2	3,32	1,00	0,91	1,00	0,91	3,65	1,50	18,50
CG-CS5	B2	62,22	1,00	0,91	1,00	0,91	68,38	16,00	80,00
CG-CS5	F	62,22	0,80	0,91	1,00	0,73	85,47	16,00	107,00
CS5-9	B2	7,40	0,80	0,91	1,00	0,73	10,16	1,50	18,50

CS5-10	B2	7,40	0,80	0,91	1,00	0,73	10,16	1,50	18,50
CS5-29	B2	10,10	1,00	0,91	1,00	0,91	11,10	1,50	18,50
CG-CS6	B2	63,71	1,00	0,91	1,00	0,91	70,01	16,00	80,00
CG-CS6	F	63,71	0,80	0,91	1,00	0,73	87,52	16,00	107,00
CS6-3	B2	12,40	0,80	0,91	1,00	0,73	17,04	1,50	18,50
CS6-3L	B2	12,40	0,80	0,91	1,00	0,73	17,04	1,50	18,50
CS6-4	B2	1,52	1,00	0,91	1,00	0,91	1,67	1,50	18,50
CS6-ALU	B2	3,13	1,00	0,91	1,00	0,91	3,44	1,50	18,50
CS6-5	B2	1,90	1,00	0,91	1,00	0,91	2,08	1,50	18,50
CG-CS7	F	11,85	0,80	0,91	1,00	0,73	16,28	1,50	24,00
CG-CS7	B2	11,85	1,00	0,91	1,00	0,91	13,02	1,50	18,50
CS7-BT	B2	18,26	1,00	0,91	1,00	0,91	20,07	1,50	18,50
CS7-TC	B2	16,00	0,80	0,91	1,00	0,73	21,98	1,50	18,50
CS7-ALU	B2	1,43	0,80	0,91	1,00	0,73	1,96	1,50	18,50
CG-CS8	B2	22,76	1,00	0,91	1,00	0,91	25,01	4,00	34,00
CG-CS8	F	22,76	0,80	0,91	1,00	0,73	31,27	4,00	45,00
CS8-ALU	B2	15,46	0,80	0,91	1,00	0,73	21,23	2,5	25,00
CS8-TC1	B2	16,00	0,80	0,91	1,00	0,73	21,98	2,5	25,00
CS8-TC2	B2	16,00	0,80	0,91	1,00	0,73	21,98	2,5	25,00
CS8-AC	B2	19,50	0,80	0,91	1,00	0,73	26,79	4	34,00
CG-CS9	B2	6,35	1,00	0,91	1,00	0,91	6,98	1,5	18,50
CG-CS9	F	6,35	0,80	0,91	1,00	0,73	8,72	1,5	24,00
CS9-21	B2	4,98	0,80	0,91	1,00	0,73	6,84	1,5	18,50
CS9-24	B2	1,28	0,80	0,91	1,00	0,73	1,76	1,5	18,50
CS9-ALU	B2	1,04	0,80	0,91	1,00	0,73	1,43	1,5	18,50
CSx-TRIF	B2	32	1,00	0,91	1,00	0,91	35,16	6	43,00
CSx-MONO	B2	16	1,00	0,91	1,00	0,91	17,58	1,5	18,50

**Tabla A4 – Cálculo de sección por criterio térmico**

## 2.2 Diseño por Caída de Tensión

Los cálculos de caída de tensión se realizarán de acuerdo con el apartado “6.3 Dimensionado por caída de tensión”. Se utilizará la misma línea que en el apartado anterior, de esta forma podremos ver todo el proceso de cálculo de forma detallada.

La línea CG-CS2 tiene unos consumos que coinciden con el tipo de uso de fuerza, por lo que, de acuerdo con la tabla [6.2], le corresponde una caída de tensión máxima acumulada del 6.5%.

Para averiguar la caída de tensión acumulada deberemos empezar desde el inicio de la instalación, en el transformador, hasta el punto final de la línea que estamos calculando. De esta forma se deberán calcular las caídas de tensión de las líneas TRAF0-CG y CG-CS2.

Este cálculo también debe hacerse por tramos, ya que diferentes métodos de instalación supondrán una temperatura diferente para el conductor que transcurre por ellos, cambiando la resistencia del conductor y por tanto la caída de tensión.

Los pasos para la selección de la sección por este criterio son los que siguen:

- 1- Se calcula la temperatura aproximada a la que va a funcionar el conductor en régimen permanente. Se hará uso de la fórmula [6.7], siguiendo lo descrito en el apartado 6.3.

$$T = T_{amb} + (T_{adm} - T_{amb}) \left( \frac{I_z}{I_{adm}} \right)^2$$

a) La temperatura ambiente, como en los cálculos anteriores, se ha supuesto de 40°C. Para los cables enterrados, se ha supuesto de 35°C (temperatura del terreno).

b) La temperatura admisible será la máxima que puede soportar el aislante del cable sin degradarse de forma inusual, los conductores utilizados en la instalación son de tipo RZ1-K, que tiene un aislante de polietileno reticulado (XLPE) con una temperatura admisible de 90°C.

c) La intensidad admisible, será la indicada en la tabla A1 para cada sección de cable calculada mediante el criterio térmico.

d) La intensidad de diseño, también está reflejada en la tabla A1.

Con todo esto, para la línea CS2-CG tenemos:

LÍNEA	M.INST.	$I_z$ (A)	$s$ (mm <sup>2</sup> )	$I_{adm}$ (A)
TRAFO-CG	D	193.72	95,00	211,00
CG-CS2	B2	59.11	16,00	80,00
CG-CS2	F	73.88	16,00	107,00

**Tabla A5 – Línea TRAFO-CS2**

$$TRAFO - CG: T = 25 + (90 - 25) \left( \frac{208.96}{211} \right)^2 = 88.7 \text{ } ^\circ C$$

$$CG - CS2 (B2): T = 40 + (90 - 40) \left( \frac{59.11}{80} \right)^2 = 67.3 \text{ } ^\circ C$$

$$CG - CS2 (F): T = 40 + (90 - 40) \left( \frac{63.78}{107} \right)^2 = 57.8 \text{ } ^\circ C$$

- 2- Teniendo calculada la temperatura, ya se puede saber cuál será la resistividad del cobre utilizando la fórmula [6.8]:

$$\rho = \rho_{20^{\circ}\text{C}} \frac{234.5 + T}{254.5}$$

A 20°C se tiene una resistividad de 0.017 Ω·mm<sup>2</sup>/m.

$$\text{TRAFO} - \text{CG}: \rho = 0.017 \frac{234.5 + 88.7}{254.5} = 0.022 \text{ } \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$$

$$\text{CG} - \text{CS2 (B2)}: \rho = 0.017 \frac{234.5 + 67.3}{254.5} = 0.020 \text{ } \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$$

$$\text{CG} - \text{CS2 (F)}: \rho = 0.017 \frac{234.5 + 57.8}{254.5} = 0.019 \text{ } \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$$

- 3- Ahora que ya tenemos todos los valores, se tendrá que calcular la caída de tensión y compararla con la máxima admisible. Se usará la fórmula [6.5]:

$$\text{TRAFO} - \text{CG}: \Delta U(\%) = 100 \cdot \frac{0.022 \cdot 10 \cdot 114.48}{400^2 \cdot 95} = 0.16\%$$

$$\text{CG} - \text{CS2 (B2)}: \Delta U(\%) = 100 \cdot \frac{0.020 \cdot 2.5 \cdot 24.15}{400^2 \cdot 95} = 0.05\%$$

$$\text{CG} - \text{CS2 (F)}: \Delta U(\%) = 100 \cdot \frac{0.020 \cdot 15 \cdot 24.15}{400^2 \cdot 95} = 0.28\%$$

- 4- La caída de tensión hasta el final de la línea CS2 será la suma de las caídas de tensiones que ocurren a lo largo todo el tramo, así:

$$\Delta U_{ac} = 0.16 + 0.05 + 0.28 = 0.44\%$$

- 5- Comparando la caída de tensión acumulada con la admisible máxima, vemos que cumple el criterio. Siendo la caída de tensión menor al máximo permitido.

La sección de 16 mm<sup>2</sup> cumple el criterio por caída de tensión.

LÍNEA	V (V)	I <sub>z</sub> (A)	S (mm <sup>2</sup> )	I <sub>adm</sub> (A)	T (°C)	ρ	L (m)	P (kW)	ΔU (%)	ΔU <sub>ac</sub> (%)
TRAFO-CG	400	208,96	95,0	211,0	88,7	,022	10	114,48	0,16	0,16
CG-ALU1	230	9,80	1,5	18,5	54,0	,019	54,9	1,2	3,20	3,36
CG-ALU2	230	9,80	1,5	18,5	54,0	,019	60,7	1,2	3,54	3,70
CG-ALU3	230	9,80	1,5	18,5	54,0	,019	66,7	1,2	3,89	4,05
CG-ALU4	230	9,80	1,5	18,5	54,0	,019	72,1	1,2	4,20	4,37
CG-CS1	400	14,47	1,5	24,0	58,2	,020	9	4,74	0,35	0,51
CG-CS1	400	11,58	1,5	18,5	59,6	,020	2,5	4,74	0,10	0,61
CS1-8	400	9,91	1,5	18,5	54,4	,019	11,2	4	0,36	0,97
CS1-15	400	2,08	1,5	18,5	40,6	,018	8,7	0,74	0,05	0,66
CG-CS2	400	73,88	16,0	107,0	63,8	,020	15	24,15	0,28	0,44
CG-CS2	400	59,11	16,0	80,0	67,3	,020	2,5	24,15	0,05	0,49
CS2-19	400	4,16	1,5	18,5	42,5	,019	8,5	1,47	0,10	0,59
CS2-25	400	1,39	1,5	18,5	40,3	,018	11,1	0,5	0,04	0,63
CG-CS3	400	87,41	16,0	107,0	73,4	,021	34,5	28,68	0,79	0,96
CG-CS3	400	69,93	16,0	80,0	78,2	,021	2,5	28,68	0,06	1,02
CS3-6	400	16,11	2,5	25,0	60,8	,020	10,7	6,5	0,34	1,36
CG-CS4	400	14,56	1,5	24,0	58,4	,020	48,5	4,02	1,59	1,75
CG-CS4	400	11,65	1,5	18,5	59,8	,020	2,5	4,02	0,08	1,84
CS4-12	400	5,18	1,5	18,5	43,9	,019	10,5	1,67	0,14	1,97
CS4-13	400	4,56	1,5	18,5	43,0	,019	7,2	1,47	0,08	1,92
CS4-14	400	2,08	1,5	18,5	40,6	,018	3,5	0,74	0,02	1,86
CS4-7	400	3,65	1,5	18,5	41,9	,018	3,7	1,47	0,04	1,88
CG-CS5	400	41,52	6,0	58,0	65,6	,020	62,6	17,48	2,29	2,45
CG-CS5	400	33,21	6,0	43,0	69,8	,020	2,5	17,48	0,09	2,54
CS5-9	400	10,16	1,5	18,5	55,1	,019	7,2	4,1	0,24	2,78
CS5-10	400	10,16	1,5	18,5	55,1	,019	12,7	4,1	0,42	2,96
CS5-29	400	11,10	1,5	18,5	58,0	,020	6,1	5,6	0,28	2,82
CG-CS6	400	87,52	16,0	107,0	73,4	,021	88,1	34,55	2,45	2,61
CG-CS6	400	70,01	16,0	80,0	78,3	,021	2,5	34,55	0,07	2,68
CS6-3	400	17,04	2,5	25,0	63,2	,020	16,9	5,5	0,46	3,14
CS6-3L	400	17,04	2,5	25,0	63,2	,020	20,7	5,5	0,57	3,25
CS6-4	400	1,67	1,5	18,5	40,4	,018	15,3	0,74	0,09	2,77
CS6-ALU	230	3,44	1,5	18,5	41,7	,018	31,8	0,64	0,96	3,64
CS6-5	400	2,08	1,5	18,5	40,6	,018	6,8	0,74	0,04	2,72
CG-CS7	400	16,28	2,5*	33,0	52,2	,019	48,5	7,15	1,66	1,82

CG-CS7	400	13,02	2,5*	25,0	53,6	,019	9	7,15	0,31	2,13
CS7-BT	230	20,07	2,5	25,0	72,2	,020	13	3,17	1,28	3,41
CS7-TC	230	21,98	2,5	25,0	78,6	,021	32	3,68	3,73	5,86
CS7-ALU	230	1,96	1,5	18,5	40,6	,018	80	0,29	1,10	3,23
CG-CS8	400	31,27	10,0*	80,0	47,6	,019	80	17,56	1,65	1,82
CG-CS8	400	25,01	10,0*	60,0	48,7	,019	3,9	17,56	0,08	1,90
CS8-ALU	230	3,82	4,0*	34,0	40,6	,018	43	3,2	2,39	4,29
CS8-TC1	230	21,98	2,5	25,0	78,6	,021	20	3,68	2,33	4,23
CS8-TC2	230	21,98	2,5	25,0	78,6	,021	20	3,68	2,33	4,23
CS8-AC	230	26,79	4,0	34,0	71,0	,020	9,2	7	1,24	3,14
CG-CS9	400	8,72	1,5	24,0	46,6	,019	80	3,17	1,98	2,15
CG-CS9	400	6,98	1,5	18,5	47,1	,019	3,9	3,17	0,10	2,24
CS9-21	400	5,47	1,5	18,5	44,4	,019	4	2,2	0,07	2,31
CS9-24	400	1,76	1,5	18,5	40,5	,018	10	0,75	0,06	2,30
CS9-ALU	230	1,43	1,5	18,5	40,3	,018	48,7	0,21	0,49	2,73
CS-TRIF	400	35,16	6,0	43,0	73,4	,021	1	0,21	0,00	
CS-MONO	230	17,58	1,5	18,5	85,2	,021	1	0,21	0,01	

**Tabla A6 – Secciones por caída de tensión**

\*Secciones que han tenido q ser aumentadas para cumplir con la caída de tensión.

### 3. PROTECCIÓN FRENTE A SOBREINTENSIDADES

#### 3.1 Protección Frente a Sobrecargas

Siguiendo lo descrito en el apartado 8.1.1, para la línea CG-CS2, las condiciones que se deberían cumplir para la elección del magnetotérmico serían, según las ecuaciones [8.1] y [8.2]:

$$53.79 \leq I_n \leq 72.8$$

Se elije un magnetotérmico con una intensidad nominal de 60 A.

Veamos si se cumple la segunda condición:

$$1.3 \cdot 63 \leq 1.45 \cdot 72.8 \rightarrow 101.4 < 105.56$$

Como se cumplen ambas condiciones, esta línea quedará correctamente corregida contra sobrecargas por un magnetotérmico de 63 A.

#### 3.2 Protección frente a cortocircuitos.

En la sección 8.1.2, se explica cuál es el método de cálculo para hallar los poderes de corte de los interruptores y la corriente de disparo magnético. Así como comprobar que se cumple la condición  $I^2t$ . Se va a calcular para la línea CG-CS2 a modo de ejemplo:

- 1- Corriente de cortocircuito máxima de la instalación. De acuerdo con la fórmula [8.6]:

$$I_{cc} = \frac{160}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0.04} = 5.77 \text{ kA}$$

Por lo tanto, se elegirán interruptores con un poder de corte mínimo de 6 kA.

- 2- Corriente mínima de cortocircuito en la instalación. Con la fórmula [8.7]:

$$I_{cc,min} = 0.5 \cdot 5.77 = 2.88 \text{ kA}$$

Para un interruptor con curva C, la corriente para que se produzca un disparo magnético puede llegar a ser de 10 veces la nominal. Entonces, para un interruptor de 63A, serían 630A. Como 2.88kA queda por encima de 630A, se cumple la condición.

- 3- Para la ecuación [8.5], tenemos que entrar en la gráfica de limitación térmica para iC60N con los 6kA de corriente máxima de cortocircuito, subir hasta la línea de 63A, e ir a la izquierda para tomar el valor de  $I^2t$  correspondiente:

$$4 \cdot 10^4 \leq (143 \cdot 16)^2 \rightarrow 4 \cdot 10^4 < 5.2 \cdot 10^6$$

Cumple, luego la línea quedará bien protegida con un magnetotérmico iC60N de 63A.

LÍNEA	$I_b$ (A)	K	SECCIÓN (mm <sup>2</sup> )	$I_{z,adm}$ (A)	$I_n$ (A)	PdC (kA)	Curva
TRAFO-CG	219,45	1,05	120,00*	252,05	250	8	C
CG-ALU1,2,3,4	5,80	0,59	1,50	10,94	10	6	C
CG-CS1	10,54	0,91	1,50	16,84	16	6	C
CS1-8	9,02	0,91	1,50	16,84	16	6	C
CS1-15	1,89	0,91	1,50	16,84	16	6	C
CG-CS2	53,79	0,91	16,00	72,80	63	6	C
CS2-19	3,79	0,91	1,50	16,84	16	6	C
CS2-25	1,26	0,91	1,50	16,84	16	6	C
CG-CS3	63,63	0,91	25,00*	91,91	80	6	C
CS3-6	14,66	0,91	2,50	22,75	20	6	C
CG-CS4	10,60	0,91	1,50	16,84	16	6	C
CS4-12	3,77	0,73	1,50	13,47	10	6	C
CS4-13	3,32	0,73	1,50	13,47	10	6	C
CS4-14	1,89	0,91	1,50	16,84	16	6	C
CS4-7	3,32	0,91	1,50	16,84	16	6	C
CG-CS5	30,22	0,91	10,00	54,60	50	6	C
CS5-9	7,40	0,73	1,50	13,47	10	6	C
CS5-10	7,40	0,73	1,50	13,47	10	6	C

CS5-29	10,10	0,91	1,50	16,84	16	6	C
CG-CS6	63,71	0,91	25,00*	91,91	80	6	C
CS6-3	12,40	0,73	2,50	18,20	16	6	C
CS6-3L	12,40	0,73	2,50	18,20	16	6	C
CS6-4	1,52	0,91	1,50	16,84	16	6	C
CS6-ALU	3,13	0,91	1,50	16,84	10	6	C
CS6-5	1,90	0,91	1,50	16,84	16	6	C
CG-CS7	11,85	0,91	2,50	22,75	20	6	C
CS7-BT	18,26	0,91	2,50	22,75	20	6	C
CS7-TC	16,00	0,73	4,00	24,75	16	6	C
CS7-ALU	1,43	0,73	1,50	13,47	10	6	C
CG-CS8	22,76	0,91	10,00	54,60	50	6	C
CS8-ALU	2,78	0,73	4	24,75	10	6	C
CS8-TC1	16,00	0,73	2,5	18,20	16	6	C
CS8-TC2	16,00	0,73	2,5	18,20	16	6	C
CS8-AC	19,50	0,73	4	24,75	20	6	C
CG-CS9	6,35	0,91	1,5	16,84	16	6	C
CS9-21	4,98	0,91	1,5	16,84	16	6	C
CS9-24	1,28	0,73	1,5	13,47	10	6	C
CS9-ALU	1,04	0,73	1,5	13,47	10	6	C
CSx-TRIF	32,00	0,91	6	39,13	32	6	C
CSx-MONO	16,00	0,91	1,5	16,835	16	6	C

**Tabla A7 – Secciones y magnetotérmicos por protección contra cortocircuitos**

\*Secciones que han sido aumentadas para cumplir con el criterio de sobrecarga.

#### 4. CÁLCULO DE LA PUESTA A TIERRA DE LAS MASAS DE BAJA TENSIÓN

Siguiendo las pautas marcadas en el apartado 8.3.2, se van a realizar los cálculos de la máxima resistencia de tierra y de la longitud del conductor que es necesario instalar para lograr la tensión de contacto máxima de 24V.

- 1- Cálculo de la resistencia a tierra máxima según la fórmula [8.8]:

$$24 = 0.5 \cdot R_t \rightarrow R_t = 48 \Omega$$

- 2- Cálculo de la longitud del conductor según la ecuación [8.9]:

$$48 = 2 \cdot \frac{200}{L} \rightarrow L = 8.33 \text{ m}$$

Por las razones descritas en la memoria, se opta por instalar un conductor enterrado de 25mm<sup>2</sup> de sección de cobre desnudo y de una longitud igual o superior a 40m.

## 5. PROTECCIÓN CONTRA CONTACTOS INDIRECTOS

### 5.1 Selección de los interruptores diferenciales

Dado que las principales operaciones que se van a llevar a cabo durante la actividad de la empresa son de soldadura y corte plasma, esto implica unas corrientes de fuga a tierra mayores a las habituales, ya que estos procesos se basan en hacer circular grandes corrientes por los metales para fundirlos.

De este modo, se ha decidido que los interruptores diferenciales en la zona del proceso industrial tengan una sensibilidad de 300 mA, se instalará un interruptor diferencial en cada cuadro secundario. Por otra parte, para los cuadros que alimenten las zonas comunes y oficinas, se van a instalar con una corriente diferencial nominal de 30mA, ya que no se prevén corrientes de fuga importantes en estas instalaciones.

El interruptor diferencial general de la instalación será de 500mA. Esta elección se hace en base a la experiencia de los instaladores. Según la normativa, este dispositivo podría dispararse desde 250mA hasta 500mA, la experiencia indica que, en la gran mayoría de los casos con esta intensidad nominal diferencial, el interruptor dispara por encima de los 300mA. Lo que lo hace un buen candidato para nuestra instalación.

La corriente nominal del interruptor diferencial será igual o menor a la del magnetotérmico que protege la línea donde esté instalado.

LÍNEA	$I_n$ Mag. (A)	$I_n$ del Dif. (A)	$I_{\Delta n}$ (mA)
TRAFO-CG	250	250	500
CG-CS1	16	25	300
CG-CS2	63	63	300
CG-CS3	80	80	300
CG-CS4	16	25	300
CG-CS5	50	63	300
CG-CS6	80	80	300
CG-CS7	20	25	30
CG-CS8	50	63	30
CG-CS9	16	25	300

Tabla A8 – Diseño diferenciales

# **PRESUPUESTO**

---

## Capítulo N° 1 Luminarias

N°	Ud	Descripción	Medición	Precio	Importe	
1.1	Ud	Luminaria Phillips Led BY741P 200W				
			Total Ud :	24,000	453,67	<b>10.888,08</b>
1.2	Ud	Luminaria Phillips Led DN 131B 11.6W				
			Total Ud :	6,000	76,12	<b>456,72</b>
1.3	Ud	Luminaria Phillips Led WL120W 18W				
			Total Ud :	6,000	74,37	<b>446,22</b>
1.4	Ud	Luminaria Phillips Led LL121X 32W				
			Total Ud :	6,000	159,89	<b>959,34</b>
1.5	Ud	Luminaria Phillips Led REC132 W60L60 36W				
			Total Ud :	20,000	50,47	<b>1.009,40</b>
1.6	Ud	Luminaria Phillips Led WL120W 18W				
			Total Ud :	3,000	306,72	<b>920,16</b>
1.7	Ud	Legrand URA34LED 450lm				
			Total Ud :	12,000	102,90	<b>1.234,80</b>
1.8	Ud	Legrand URA34LED 200lm				
			Total Ud :	11,000	83,84	<b>922,24</b>
<b>Parcial N° 1 Luminarias :</b>					<b>16.836,96</b>	

## Capítulo N° 2 Conductores

N°	Ud	Descripción	Medición	Precio	Importe	
2.1	M	Cable multipolar RZ1-K (AS), siendo su tensión asignada de 0,6/1 kV, reacción al fuego clase Cca-s1b,d1,a1, con conductor de cobre clase 5 (-K) de 5G25 mm <sup>2</sup> de sección, con aislamiento de polietileno reticulado (R) y cubierta de compuesto termoplástico a base de poliolefina libre de halógenos con baja emisión de humos y gases corrosivos (Z1).	Total m :	127,600	19,32	<b>2.465,23</b>
2.2	M	Cable multipolar RZ1-K (AS), siendo su tensión asignada de 0,6/1 kV, reacción al fuego clase Cca-s1b,d1,a1, con conductor de cobre clase 5 (-K) de 3G2,5 mm <sup>2</sup> de sección, con aislamiento de polietileno reticulado (R) y cubierta de compuesto termoplástico a base de poliolefina libre de halógenos con baja emisión de humos y gases corrosivos (Z1).	Total m :	76,500	1,82	<b>139,23</b>
2.3	M	Cable multipolar RZ1-K (AS), siendo su tensión asignada de 0,6/1 kV, reacción al fuego clase Cca-s1b,d1,a1, con conductor de cobre clase 5 (-K) de 5G6 mm <sup>2</sup> de sección, con aislamiento de polietileno reticulado (R) y cubierta de compuesto termoplástico a base de poliolefina libre de halógenos con baja emisión de humos y gases corrosivos (Z1).	Total m :	5,000	5,79	<b>28,95</b>
2.4	M	Cable multipolar RZ1-K (AS), siendo su tensión asignada de 0,6/1 kV, reacción al fuego clase Cca-s1b,d1,a1, con conductor de cobre clase 5 (-K) de 5G1,5 mm <sup>2</sup> de sección, con aislamiento de polietileno reticulado (R) y cubierta de compuesto termoplástico a base de poliolefina libre de halógenos con baja emisión de humos y gases corrosivos (Z1).	Total m :	266,100	1,92	<b>510,91</b>
2.5	M	Cable multipolar RZ1-K (AS), siendo su tensión asignada de 0,6/1 kV, reacción al fuego clase Cca-s1b,d1,a1, con conductor de cobre clase 5 (-K) de 3G6 mm <sup>2</sup> de sección, con aislamiento de polietileno reticulado (R) y cubierta de compuesto termoplástico a base de poliolefina libre de halógenos con baja emisión de humos y gases corrosivos (Z1).	Total m :	120,000	4,16	<b>499,20</b>
2.6	M	Cable multipolar RZ1-K (AS), siendo su tensión asignada de 0,6/1 kV, reacción al fuego clase Cca-s1b,d1,a1, con conductor de cobre clase 5 (-K) de 3G4 mm <sup>2</sup> de sección, con aislamiento de polietileno reticulado (R) y cubierta de compuesto termoplástico a base de poliolefina libre de halógenos con baja emisión de humos y gases corrosivos (Z1).	Total m :	45,500	2,44	<b>111,02</b>
2.7	M	Cable multipolar RZ1-K (AS), siendo su tensión asignada de 0,6/1 kV, reacción al fuego clase Cca-s1b,d1,a1, con conductor de cobre clase 5 (-K) de 5G2,5 mm <sup>2</sup> de sección, con aislamiento de polietileno reticulado (R) y cubierta de compuesto termoplástico a base de poliolefina libre de halógenos con baja emisión de humos y gases corrosivos (Z1).	Total m :	105,800	2,52	<b>266,62</b>
2.8	M	Cable multipolar RZ1-K (AS), siendo su tensión asignada de 0,6/1 kV, reacción al fuego clase Cca-s1b,d1,a1, con conductor de cobre clase 5 (-K) de 5G10 mm <sup>2</sup> de sección, con aislamiento de polietileno reticulado (R) y cubierta de compuesto termoplástico a base de poliolefina libre de halógenos con baja emisión de humos y gases corrosivos (Z1).	Total m :	149,000	8,60	<b>1.281,40</b>
2.9	M	Cable unipolar RZ1-K (AS), siendo su tensión asignada de 0,6/1 kV, reacción al fuego clase Cca-s1b,d1,a1, con conductor de cobre clase 5 (-K) de 1 mm <sup>2</sup> de sección, con aislamiento de polietileno reticulado (R) y cubierta de compuesto termoplástico a base de poliolefina libre de halógenos con baja emisión de humos y gases corrosivos (Z1).	Total m :	240,000	1,03	<b>247,20</b>
2.10	M	Cable multipolar RZ1-K (AS), siendo su tensión asignada de 0,6/1 kV, reacción al fuego clase Cca-s1b,d1,a1, con conductor de cobre clase 5 (-K) de 5G16 mm <sup>2</sup> de sección, con aislamiento de polietileno reticulado (R) y cubierta de compuesto termoplástico a base de poliolefina libre de halógenos con baja emisión de humos y gases corrosivos (Z1).				

---

## Capítulo N° 2 Conductores

N°	Ud	Descripción	Medición	Precio	Importe	
			Total m :	17,500	13,05	<b>228,38</b>
2.11	M	Cable multipolar RZ1-K (AS), siendo su tensión asignada de 0,6/1 kV, reacción al fuego clase Cca-s1b,d1,a1, con conductor de cobre clase 5 (-K) de 3G1,5 mm <sup>2</sup> de sección, con aislamiento de polietileno reticulado (R) y cubierta de compuesto termoplástico a base de poliolefina libre de halógenos con baja emisión de humos y gases corrosivos (Z1).				
			Total m :	417,800	1,45	<b>605,81</b>
2.12	M	Cable multipolar RZ1-K (AS), siendo su tensión asignada de 0,6/1 kV, reacción al fuego clase Cca-s1b,d1,a1, con conductor de cobre clase 5 (-K) de 4x120 mm <sup>2</sup> de sección, con aislamiento de polietileno reticulado (R) y cubierta de compuesto termoplástico a base de poliolefina libre de halógenos con baja emisión de humos y gases corrosivos (Z1).				
			Total m :	10,000	72,26	<b>722,60</b>
			<b>Parcial N° 2 Conductores :</b>			<b>7.106,55</b>

## Capítulo N° 3 Protecciones

N°	Ud	Descripción	Medición	Precio	Importe
<b>3.1.- Diferenciales</b>					
3.1.1	Ud	Interruptor diferencial instantáneo, tetrapolar (4P), intensidad nominal 25 A, sensibilidad 30 mA, clase AC, modelo iID A9R81425 "SCHNEIDER ELECTRIC".			
		Total Ud :	1,000	351,99	<b>351,99</b>
3.1.2	Ud	Interruptor diferencial instantáneo, tetrapolar (4P), intensidad nominal 63 A, sensibilidad 30 mA, clase AC, modelo iID A9R81463 "SCHNEIDER ELECTRIC".			
		Total Ud :	1,000	785,51	<b>785,51</b>
3.1.3	Ud	Interruptor diferencial instantáneo, tetrapolar (4P), intensidad nominal 80 A, sensibilidad 300 mA, clase AC, modelo iID A9R14480 "SCHNEIDER ELECTRIC".			
		Total Ud :	2,000	656,03	<b>1.312,06</b>
3.1.4	Ud	Interruptor diferencial instantáneo, tetrapolar (4P), intensidad nominal 63 A, sensibilidad 300 mA, clase AC, modelo iID A9R84463 "SCHNEIDER ELECTRIC".			
		Total Ud :	2,000	406,96	<b>813,92</b>
3.1.5	Ud	Interruptor diferencial instantáneo, tetrapolar (4P), intensidad nominal 25 A, sensibilidad 300 mA, clase AC, modelo iID A9R84425 "SCHNEIDER ELECTRIC".			
		Total Ud :	3,000	301,18	<b>903,54</b>
3.1.6	Ud	Relé diferencial electrónico, con monitorización de la corriente de fuga a tierra, ajuste de la intensidad de disparo de 0,03 a 30 A, ajuste del tiempo de disparo de 0 a 4,5 s, modelo Vigirex RH99M 56173 "SCHNEIDER ELECTRIC", con transformador toroidal abierto para relé diferencial, de 120 mm de diámetro útil para el paso de cables, tipo TOA120, modelo 50471.			
		Total Ud :	1,000	2.092,35	<b>2.092,35</b>
<b>3.2.- Magnetotérmicos</b>					
3.2.1	Ud	Interruptor automático magnetotérmico, tetrapolar (4P), intensidad nominal 32 A, poder de corte 6 kA, curva C, modelo iC60N A9F79432 "SCHNEIDER ELECTRIC".			
		Total Ud :	5,000	164,08	<b>820,40</b>
3.2.2	Ud	Interruptor automático magnetotérmico, tetrapolar (4P), intensidad nominal 10 A, poder de corte 6 kA, curva C, modelo iC60N A9F79410 "SCHNEIDER ELECTRIC".			
		Total Ud :	6,000	146,60	<b>879,60</b>
3.2.3	Ud	Interruptor automático magnetotérmico, tetrapolar (4P), intensidad nominal 20 A, poder de corte 6 kA, curva C, modelo iC60N A9F79420 "SCHNEIDER ELECTRIC".			
		Total Ud :	2,000	152,23	<b>304,46</b>
3.2.4	Ud	Interruptor automático magnetotérmico, tetrapolar (4P), intensidad nominal 50 A, poder de corte 6 kA, curva C, modelo iC60N A9F79450 "SCHNEIDER ELECTRIC".			
		Total Ud :	2,000	405,92	<b>811,84</b>
3.2.5	Ud	Interruptor automático magnetotérmico, bipolar (2P), intensidad nominal 80 A, poder de corte 10 kA, curva C, modelo C120N A9N18361 "SCHNEIDER ELECTRIC".			
		Total Ud :	2,000	218,36	<b>436,72</b>
3.2.6	Ud	Interruptor automático magnetotérmico, bipolar (2P), intensidad nominal 20 A, poder de corte 6 kA, curva C, modelo iC60N A9F79220 "SCHNEIDER ELECTRIC".			
		Total Ud :	3,000	74,19	<b>222,57</b>
3.2.7	Ud	Interruptor automático magnético en caja moldeada, tripolar (3P), intensidad nominal 220 A, poder de corte 36 kA a 400 V, ajuste de la intensidad de disparo magnético entre 9 y 14 x I <sub>n</sub> , modelo Compact NSX250F LV431748, "SCHNEIDER ELECTRIC", unidad de control magnética MA.			

## Capítulo N° 3 Protecciones

N°	Ud	Descripción	Medición	Precio	Importe	
			Total Ud :	1,000	2.014,77	<b>2.014,77</b>
<b>3.2.8</b>	<b>Ud</b>	Interruptor automático magnetotérmico, bipolar (2P), intensidad nominal 16 A, poder de corte 6 kA, curva C, modelo iC60N A9F79216 "SCHNEIDER ELECTRIC".				
			Total Ud :	4,000	73,46	<b>293,84</b>
<b>3.2.9</b>	<b>Ud</b>	Interruptor automático magnetotérmico, bipolar (2P), intensidad nominal 10 A, poder de corte 6 kA, curva C, modelo iC60N A9F79210 "SCHNEIDER ELECTRIC".				
			Total Ud :	3,000	72,25	<b>216,75</b>
<b>3.2.10</b>	<b>Ud</b>	Interruptor automático magnetotérmico, tetrapolar (4P), intensidad nominal 16 A, poder de corte 6 kA, curva C, modelo iC60N A9F79416 "SCHNEIDER ELECTRIC".				
			Total Ud :	17,000	148,22	<b>2.519,74</b>
<b>3.2.11</b>	<b>Ud</b>	Interruptor automático magnetotérmico, tetrapolar (4P), intensidad nominal 63 A, poder de corte 6 kA, curva C, modelo iC60N A9F79463 "SCHNEIDER ELECTRIC".				
			Total Ud :	1,000	430,21	<b>430,21</b>
<b>Parcial N° 3 Protecciones :</b>						<b>15.210,27</b>

## Capítulo N° 4 Tomas de corriente

N°	Ud	Descripción	Medición	Precio	Importe
4.1	Ud	Caja universal de un elemento, para colocar en superficie, de plástico ABS autoextinguible, libre de halógenos, de 93x93x42 mm, color blanco.			
		Total Ud :	3,000	3,99	<b>11,97</b>
4.2	Ud	Caja universal de dos elementos, para colocar en superficie, de plástico ABS autoextinguible, libre de halógenos, de 163x92x42 mm, color blanco.			
		Total Ud :	13,000	5,04	<b>65,52</b>
4.3	Ud	Base de toma de corriente con contacto de tierra (2P+T), tipo Schuko, gama básica, intensidad asignada 16 A, tensión asignada 250 V, con tapa, de color blanco y marco embellecedor para un elemento, de color blanco, empotrada.			
		Total Ud :	29,000	10,63	<b>308,27</b>
4.4	M	Suministro e instalación fija en superficie de canalización de canal protectora de PVC rígido, de 20x75 mm. Incluso accesorios.			
		Total m :	27,500	7,63	<b>209,83</b>
4.5	Ud	Base de toma de corriente con contacto de tierra (2P+T), tipo Schuko, estanco, con grado de protección IP55, monobloc, gama básica, intensidad asignada 16 A, tensión asignada 250 V, con tapa y caja con tapa, de color gris, instalada en superficie.			
		Total Ud :	14,000	12,01	<b>168,14</b>
4.6	Ud	Base de toma de corriente con contacto de tierra (3P+N+T), tipo Schuko, estanco, con grado de protección IP55, monobloc, gama básica, intensidad asignada 32 A, tensión asignada 440 V, con tapa y caja con tapa, de color gris, instalada en superficie.			
		Total Ud :	10,000	33,55	<b>335,50</b>
<b>Parcial N° 4 Tomas de corriente :</b>					<b>1.099,23</b>

---

## Capítulo N° 5 Varios

<b>N°</b>	<b>Ud</b>	<b>Descripción</b>	<b>Medición</b>	<b>Precio</b>	<b>Importe</b>
<b>5.1</b>	<b>Ud</b>	Batería automática de condensadores, para 99 kVAr de potencia reactiva, de 4 escalones con una relación de potencia entre condensadores de 1:1:1:1, para alimentación trifásica a 400 V de tensión y 50 Hz de frecuencia, con contactores y fusibles.			
		Total Ud :	1,000	2.811,81	<b>2.811,81</b>
			<b>Parcial N° 5 Varios :</b>		<b>2.811,81</b>

## Capítulo N° 6 Interruptores

N°	Ud	Descripción	Medición	Precio	Importe	
6.1	M	Suministro e instalación fija en superficie de canalización de canal protectora de PVC rígido, de 20x75 mm. Incluso accesorios.				
			Total m :	25,000	7,63	<b>190,75</b>
6.2	Ud	Caja universal de un elemento, para colocar en superficie, de plástico ABS autoextinguible, libre de halógenos, de 93x93x42 mm, color blanco.				
			Total Ud :	9,000	3,99	<b>35,91</b>
6.3	Ud	Caja universal de dos elementos, para colocar en superficie, de plástico ABS autoextinguible, libre de halógenos, de 163x92x42 mm, color blanco.				
			Total Ud :	2,000	5,04	<b>10,08</b>
6.4	Ud	Conmutador, gama básica, intensidad asignada 10 AX, tensión asignada 250 V, con tecla simple, de color blanco y marco embellecedor para un elemento, de color blanco, empotrado.				
			Total Ud :	10,000	11,38	<b>113,80</b>
6.5	Ud	Caja universal de tres elementos, para colocar en superficie, de plástico ABS autoextinguible, libre de halógenos, de 237x93x42 mm, color blanco.				
			Total Ud :	2,000	5,77	<b>11,54</b>
6.6	Ud	Interruptor unipolar (1P), gama básica, intensidad asignada 10 AX, tensión asignada 250 V, con tecla simple, de color blanco y marco embellecedor para un elemento, de color blanco, empotrado.				
			Total Ud :	9,000	10,68	<b>96,12</b>
6.7	Ud	Pulsador estanco, con grado de protección IP55, monobloc, gama básica, intensidad asignada 10 AX, tensión asignada 250 V, con un contacto NA, con tecla simple y caja, de color gris, instalado en superficie.				
			Total Ud :	8,000	15,82	<b>126,56</b>
6.8	Ud	Interruptor unipolar (1P) estanco, con grado de protección IP55, monobloc, gama básica, intensidad asignada 10 AX, tensión asignada 250 V, con tecla simple y caja, de color gris, instalado en superficie.				
			Total Ud :	2,000	14,01	<b>28,02</b>
6.9	Ud	Telerruptor de 1 módulo, bipolar (2P), de 16 A.				
			Total Ud :	4,000	49,94	<b>199,76</b>
<b>Parcial N° 6 Interruptores :</b>					<b>812,54</b>	

---

## Capítulo N° 7 Toma de tierra

N°	Ud	Descripción	Medición	Precio	Importe
7.1	M	Conductor de tierra formado por cable rígido desnudo de cobre trenzado, de 25 mm <sup>2</sup> de sección.			
			Total m :	40,000	3,39
					<b>135,60</b>
			<b>Parcial N° 7 Toma de tierra :</b>		<b>135,60</b>

---

## Capítulo N° 8 Canalizaciones

N°	Ud	Descripción	Medición	Precio	Importe
8.1	M	BANDEJA DE REJILLA 200x100 mm			
			Total m :	148,000	20,49
					<b>3.032,52</b>
8.2	M	Suministro e instalación fija en superficie de canalización de tubo rígido de policarbonato, exento de halógenos, enchufable, curvable en caliente, de color gris, de 16 mm de diámetro nominal, resistencia a la compresión 1250 N, con grado de protección IP547.			
			Total m :	600,000	4,20
					<b>2.520,00</b>
			<b>Parcial N° 8 Canalizaciones :</b>		<b>5.552,52</b>

---

## Capítulo N° 9 Cuadros eléctricos

N°	Ud	Descripción	Medición	Precio	Importe
9.1	U	ARMARIO CUADRO MANDO Y DISTRIB. 1500x1900mm METÁLICO SUPERFICIE			
		Total u :	1,000	3.857,28	<b>3.857,28</b>
9.2	U	ARMARIO CUADRO MANDO Y DISTRIB. 9 ELEM. PLÁSTICO SUPERFICIE			
		Total u :	9,000	27,09	<b>243,81</b>
9.3	Ud	Seccionador con mando rotativo, tetrapolar (4P), intensidad nominal 250 A, con fusible T1.			
		Total Ud :	1,000	453,84	<b>453,84</b>
		<b>Parcial N° 9 Cuadros eléctricos :</b>			<b>4.554,93</b>

---

## Presupuesto de ejecución material

---

1 Luminarias	16.836,96
2 Conductores	7.106,55
3 Protecciones	15.210,27
4 Tomas de corriente	1.099,23
5 Varios	2.811,81
6 Interruptores	812,54
7 Toma de tierra	135,60
8 Canalizaciones	5.552,52
9 Cuadros eléctricos	4.554,93
<b>Total .....</b>	<b>54.120,41</b>

Asciende el presupuesto de ejecución material a la expresada cantidad de CINCUENTA Y CUATRO MIL CIENTO VEINTE EUROS CON CUARENTA Y UN CÉNTIMOS.

---

## Presupuesto de ejecución por contrata

---

Presupuesto de Ejecución Material	54.120,41
13% Gastos Generales	7035,65
6% Beneficio Industrial	3247,22
<b>Presupuesto ejecución por contrata</b>	<b>64.403,28</b>

## PLANOS



TRABAJO FINAL DE GRADO EN INGENIERÍA EN  
TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES

 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

 ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR INGENIEROS INDUSTRIALES VALENCIA

Pablo Pinazo Gardú  
Autor proyecto

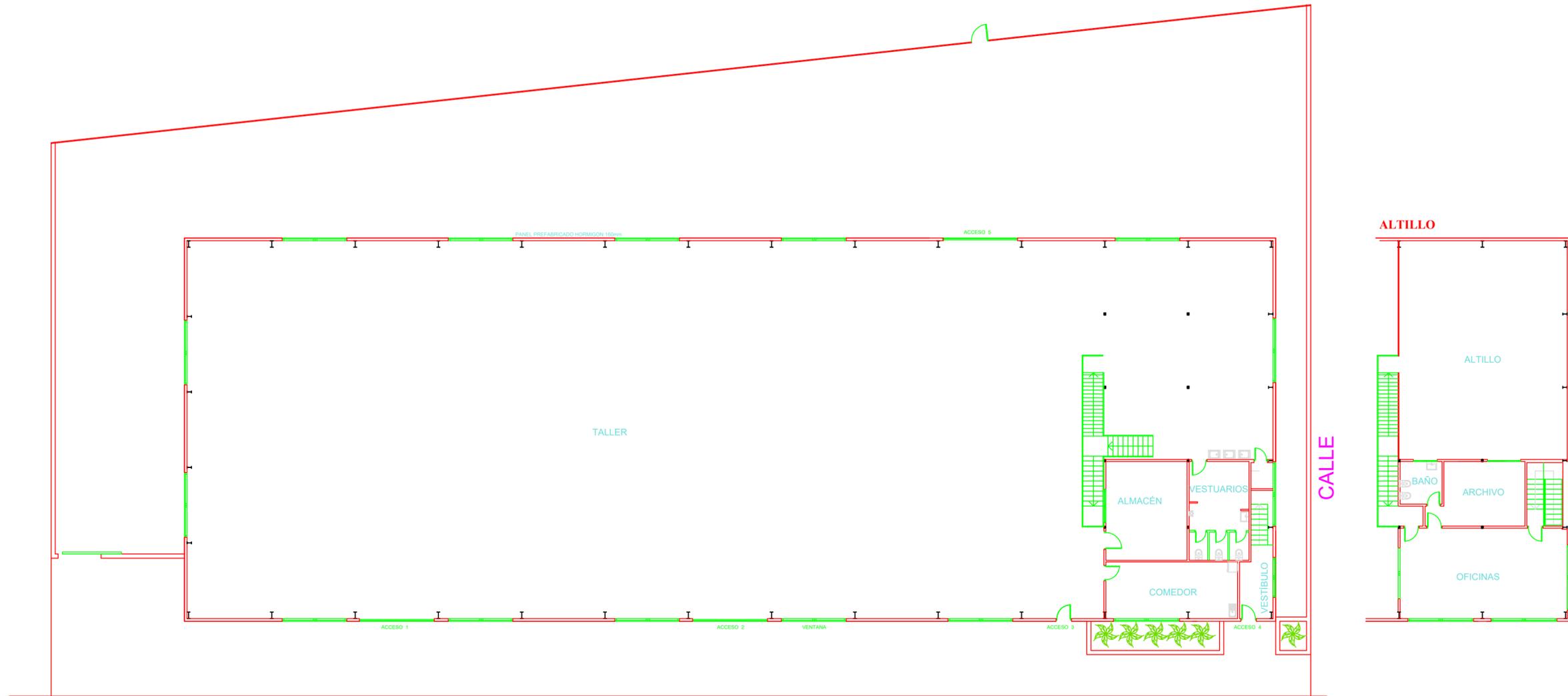
Proyecto: Diseño de instalación eléctrica de baja tensión de una industria de fabricación de maquinaria ubicada en Burriana

Fecha: Julio 2018

Plano: Situación y emplazamiento

Escala: 1:2000

Nº Plano: 1



FACHADA ACCESIBLE

TRABAJO FINAL DE GRADO EN INGENIERÍA EN  
TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES



Pablo Pinazo Gardú  
Autor proyecto

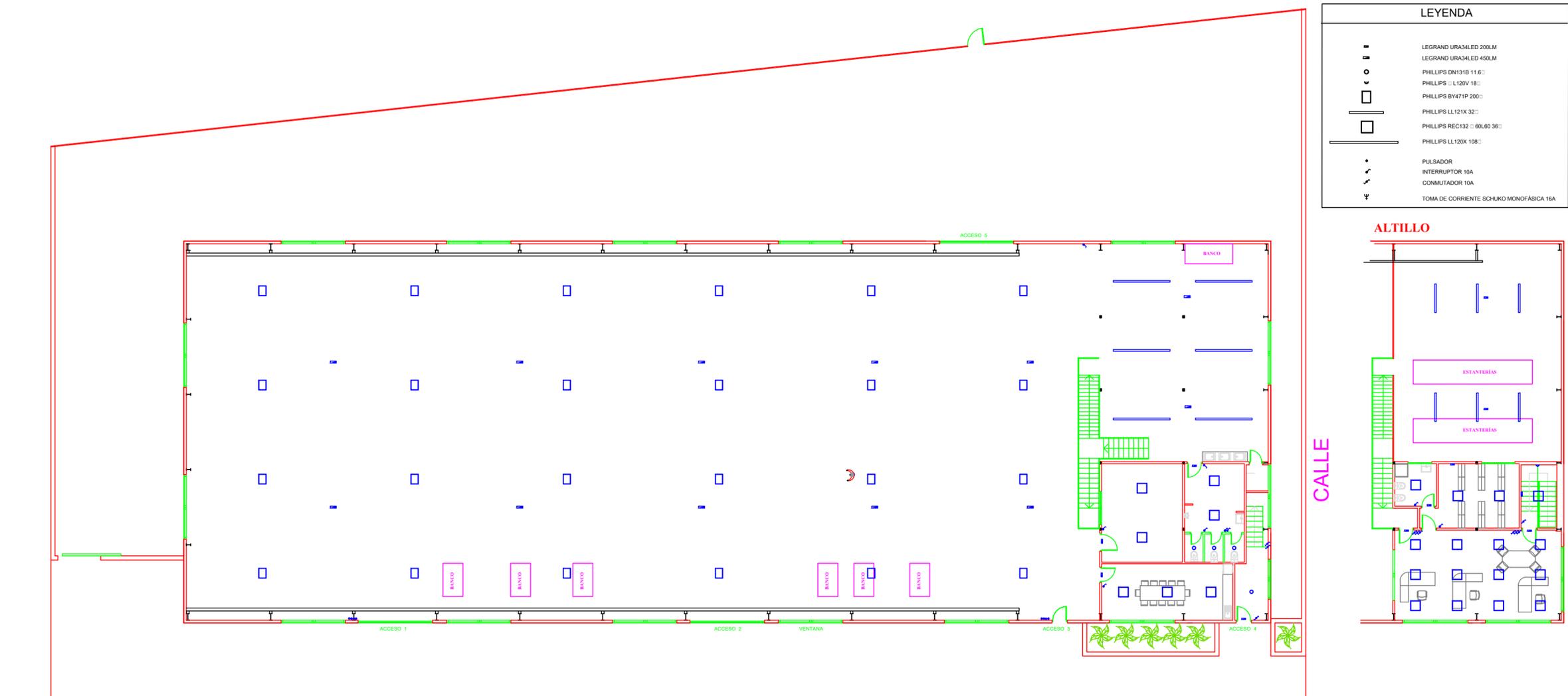
Proyecto: **Diseño de instalación eléctrica de baja tensión de una industria de fabricación de maquinaria ubicada en Burriana**

Fecha: **Julio 2018**

Plano: **Vista en planta**

Escala: **1:200**

Nº Plano:



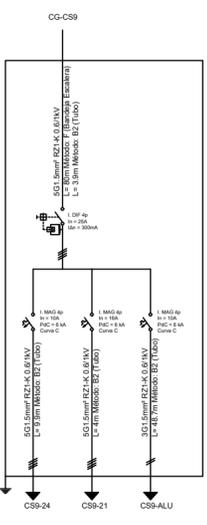
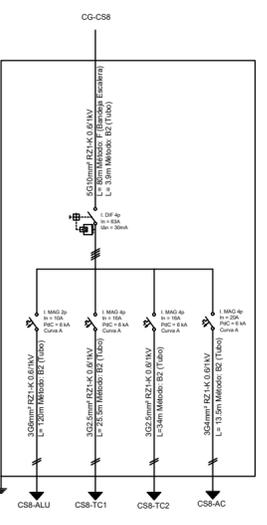
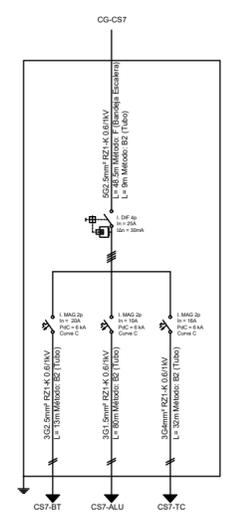
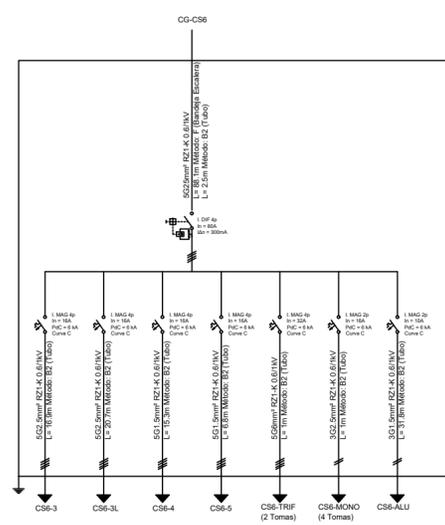
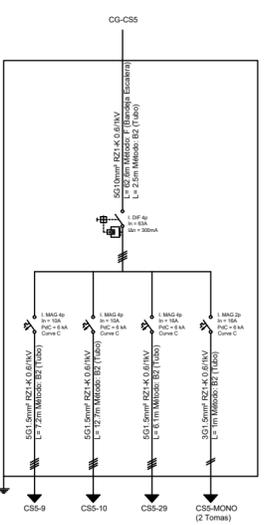
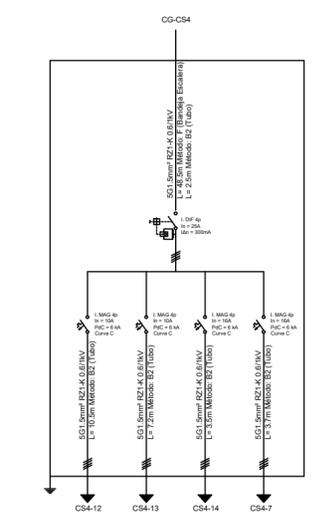
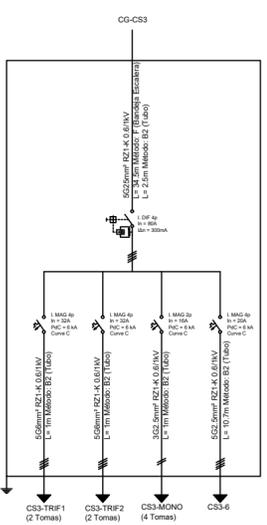
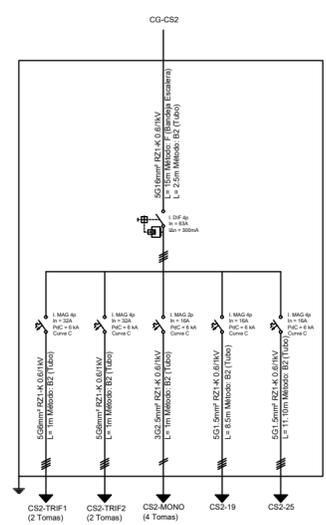
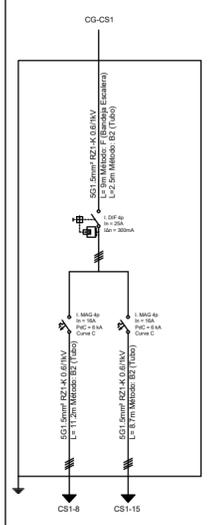
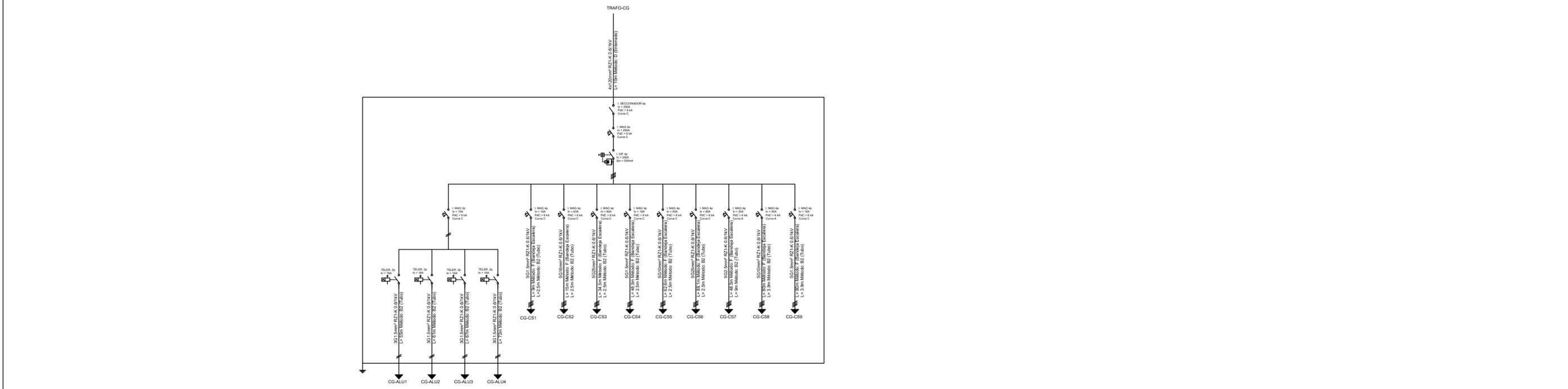
LEYENDA	
—	LEGRAND UR34LED 200LM
—	LEGRAND UR34LED 450LM
□	PHILIPS DN131B 11.6
□	PHILIPS L120V 18
□	PHILIPS BY471P 200
□	PHILIPS LL121X 32
□	PHILIPS REC132 60L60 36
□	PHILIPS LL120X 108
•	PULSADOR
⚡	INTERRUPTOR 10A
⚡	CONMUTADOR 10A
⚡	TOMA DE CORRIENTE SCHUKO MONOFÁSICA 16A

FACHADA ACCESIBLE

TRABAJO FINAL DE GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR INGENIEROS INDUSTRIALES VALENCIA	Proyecto: Diseño de instalación eléctrica de baja tensión de una industria de fabricación de maquinaria ubicada en Burriana
	Fecha: Julio 2018
Autor proyecto: Pablo Pinazo Gardú	Nº Plano: 3

Ubicación de las luminarias





TRABAJO FINAL DE GRADO EN INGENIERIA EN TECNOLOGIAS INDUSTRIALES

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR INGENIEROS INDUSTRIALES VALENCIA

Pablo Pinazo Gardú  
Autor proyecto

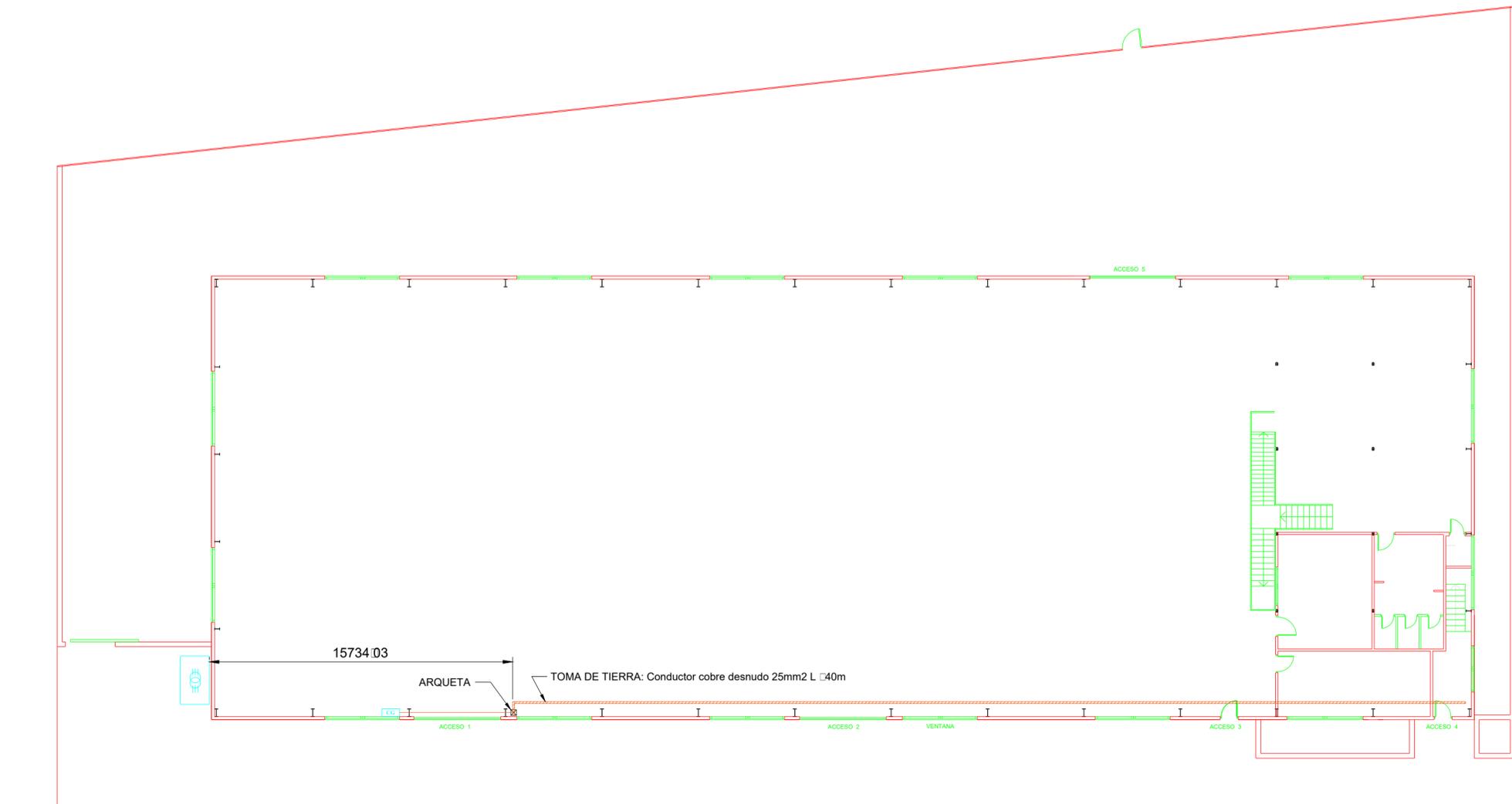
Proyecto: Diseño de instalación eléctrica de baja tensión de una industria de fabricación de maquinaria ubicada en Burriana

Fecha: Julio 2018

Escala: SE

Plano: Esquema unifilar

Nº Plano:



TRABAJO FINAL DE GRADO EN INGENIERÍA EN  
TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES

 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

 ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR INGENIEROS INDUSTRIALES VALENCIA

Pablo Pinazo Gardú  
Autor proyecto

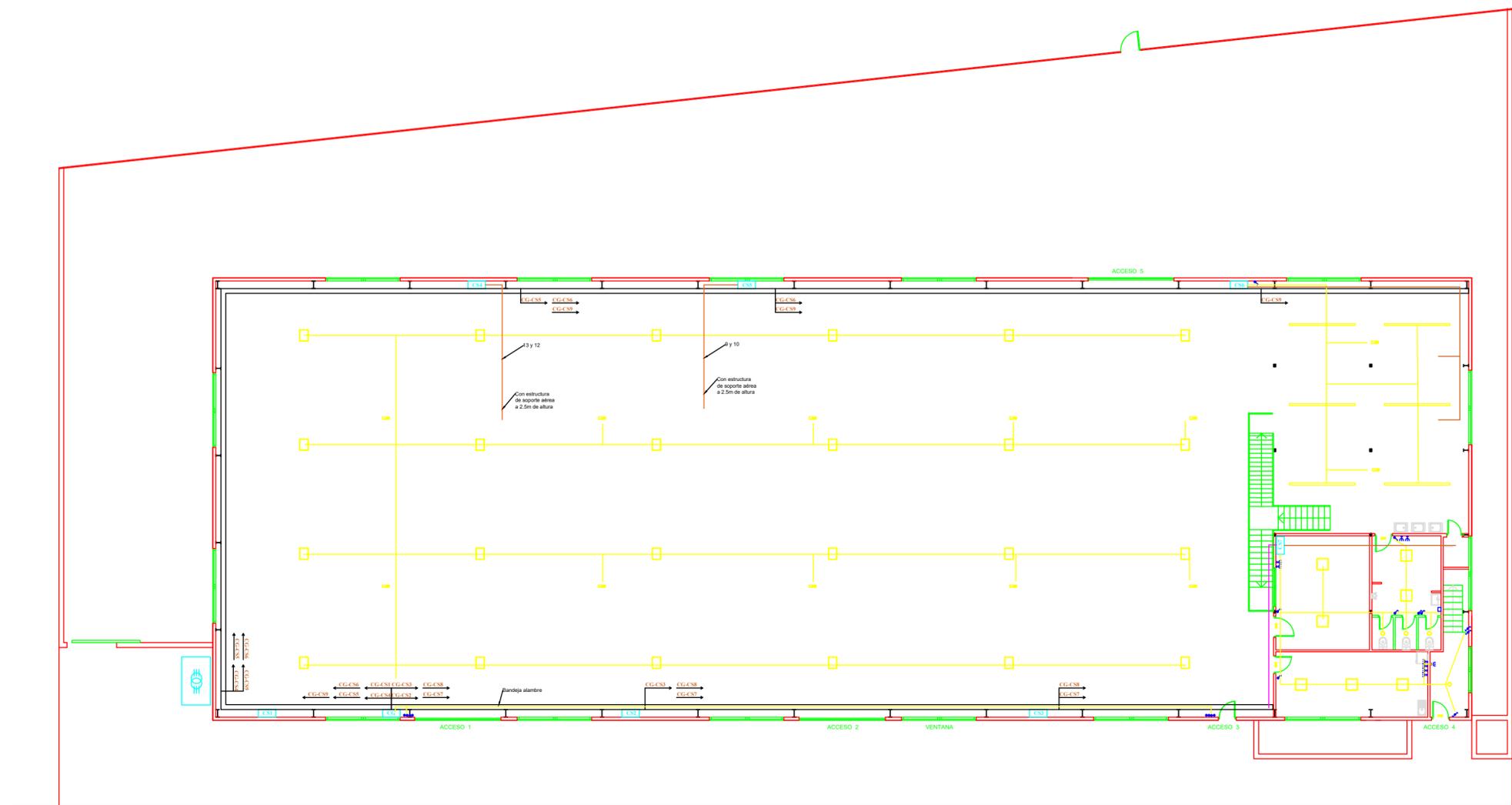
Proyecto: **Diseño de instalación eléctrica de baja tensión de una industria de fabricación de maquinaria ubicada en Burriana**

Fecha: **Julio 2018**

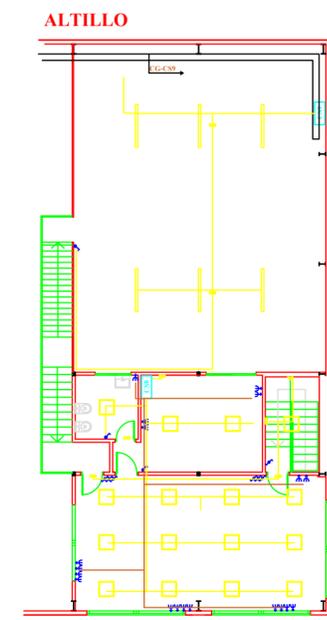
Plano: **Instalación de puesta a tierra**

Escala: **1:200**

Nº Plano:



LEYENDA	
—	LEGRAND UR34LED 200LM
—	LEGRAND UR34LED 450LM
□	PHILLIPS DN131B 11.6
□	PHILLIPS L120V 18
□	PHILLIPS BY471P 200
□	PHILLIPS LL121X 32
□	PHILLIPS REC132 - 60L60 36
□	PHILLIPS LL120X 108
—	LEGRAND
•	PULSADOR
•	INTERRUPTOR 10A
•	CONMUTADOR 10A
⚡	TOMA DE CORRIENTE SCHUKO MONOFÁSICA 16A



TRABAJO FINAL DE GRADO EN INGENIERÍA EN  
TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES

**UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA**

**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR INGENIEROS INDUSTRIALES VALENCIA**

Pablo Pinazo Gardú  
Autor proyecto

Proyecto: Diseño de instalación eléctrica de baja tensión de una industria de fabricación de maquinaria ubicada en Burriana

Fecha: Julio 2018

Plano: Detalle de líneas

Escala: 1:200

Nº Plano:

## INDICE DE TABLAS Y FIGURAS

Figura 2.1 – Cartografía catastral. Ubicación de la industria .....	6
Tabla 4.1 – Coeficientes de reflexión .....	8
Figura 4.1 – Luminaria Phillips REC132W W60L60 36W .....	9
Figura 4.2 – Luminaria Phillips BY471P 200W .....	11
Tabla 4.2 – Resultados luminotécnicos .....	14
Tabla 5.1 – Iluminación proceso industrial.....	15
Tabla 5.2 – Cargas proceso industrial.....	16
Tabla 5.3 – Consumos de fuerza oficinas .....	17
Tabla 5.5 – Lista de luminarias .....	17
Tabla 5.4 – Fuerza saneamiento.....	17
Tabla 5.6 – Resumen de cargas .....	18
Tabla 6.1 – Intensidad de cálculo .....	19
Tabla A.52-1 Intensidades admisibles en amperios. Temperatura ambiente 30°C en el aire .....	20
Tabla A.52-2 Intensidades admisibles en amperios. Temperatura ambiente 20°C en el terreno.....	21
Tabla A.52-3 Factores de reducción por agrupamiento de varios circuitos o de varios cables multiconductores .....	22
Tabla 52-D1 Factores de corrección para temperaturas ambiente diferentes de 30°C a aplicar a los valores de las intensidades admisibles para cables al aire libre .....	22
Tabla 52-D2 Factores de corrección para temperaturas ambiente diferentes de 20°C a aplicar a los valores de las intensidades admisibles para cables en conductos enterrados .....	23
Tabla 52-D3 Factores de corrección en conductos enterrados en terrenos de resistividad diferente de 2.5 K·m/W a aplicar a los valores de intensidades admisibles para el método de referencia D .....	23
Tabla 6.2 – Caída de tensión máxima.....	24
Tabla 7.1 – Especificaciones del transformador.....	26
Tabla 7.2 – Coeficientes correctores .....	28
Tabla 7.3 – Secciones de los conductores .....	29
Figura 8.1 – Curvas de limitación térmica .....	32

Figura 8.2 – Curvas de disparo .....	36
Tabla 8.1 – Protecciones contra sobrecorriente .....	36
Figura 8.3 – Esquema de distribución de puestas a tierra .....	38
Figura 8.4 – Defecto de aislamiento .....	39
Figura 8.5 – Mapa geológico de la ubicación de la instalación .....	41
Tabla 8.2 Sección de los conductores de protección .....	42
Tabla 8.2 – Interruptores diferenciales .....	43
Tabla 9.1 – Tramos de penalización FdP .....	43
Tabla A1 – Potencias de fuerza .....	47
Tabla A2 – Especificaciones transformador .....	48
Tabla A3 – Máquinas CS2 .....	48
Tabla A4 – Cálculo de sección por criterio térmico .....	53
Tabla A5 – Línea TRAF0-CS2.....	54
Tabla A6 – Secciones por caída de tensión .....	57
Tabla A7 – Secciones y magnetotérmicos por protección contra cortocircuitos .....	59
Tabla A8 – Diseño diferenciales.....	60