



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación :

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL ELÉCTRICO

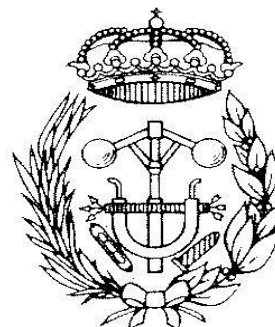
Título del proyecto:

“DETERMINACIÓN DE INSTALACIÓN ELÉCTRICA Y CENTRO DE
TRANSFORMACIÓN DE NAVE INDUSTRIAL EN EL POLÍGONO DE
LANDABEN”

Mikel Aingeru Valencia Arraiz

José Vicente Valdenebro García

Pamplona, Junio del 2012



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación :

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL ELÉCTRICO

Título del proyecto:

“DETERMINACIÓN DE INSTALACIÓN ELÉCTRICA Y CENTRO DE
TRANSFORMACIÓN DE NAVE INDUSTRIAL EN EL POLÍGONO DE
LANDABEN”

DOCUMENTO 1: MEMORIA

Mikel Aingeru Valencia Arraiz

José Vicente Valdenebro García

Pamplona, Junio del 2012



ÍNDICE GENERAL

1 – INTRODUCCIÓN	p.4
1.1- Objeto del proyecto	p.4
1.2- Normativa vigente	p.4
1.3- Antecedentes	p.5
1.4- Situación	p.6
1.5- Descripción de la nave	p.6
1.6- Actividad de la nave industrial	p.7
1.7- Empresa suministradora de energía	p.8
1.8- Maquinaria instalada	p.8
2 - SELECCIÓN DEL ESQUEMA DE DISTRIBUCIÓN	p.10
2.1- Introducción	p.10
2.2- Esquemas de distribución	p.10
2.3- Selección realizada	p.11
3 – ILUMINACIÓN	p.12
3.1- Introducción	p.12
3.2- Proceso de cálculo	p.12
3.3- Alumbrado interior	p.25
3.4- Alumbrados especiales	p.29
3.5- Alumbrados exteriores	p.31
4 – CONDUCTORES Y DISTRIBUCIÓN EN BAJA TENSIÓN	p.32
4.1- Introducción	p.32
4.2- Factores para el cálculo de conductores	p.32
4.3- Prescripciones generales	p.34
4.4- Sistemas de canalización	p.37
4.5- Receptores	p.40
4.6- Tomas de corriente	p.42
4.7- Cámaras frigoríficas	p.42
4.8- Proceso para el cálculo de secciones	p.43
4.9- Proceso para el cálculo del transformador	p.45
4.10- Soluciones adoptadas	p.46



5 – PROTECCIÓN DE LA INSTALACIÓN	p.48
5.1- Introducción	p.48
5.2- Protección contra sobreintensidades	p.48
5.3- Protección contra sobretensiones	p.55
5.4- Protección contra contactos directos e indirectos	p.55
5.5- Cuadros de protección	p.58
5.6- Solución adoptada	p.58
6 – CORRECCIÓN DEL FACTOR DE POTENCIA	p.72
6.1- Introducción	p.72
6.2- Métodos de corrección del factor de potencia	p.72
6.3- Soluciones adoptadas	p.74
6.4- Características técnicas del equipo de compensación automática	p.74
7 – PUESTA A TIERRA DE LA INSTALACIÓN	p.75
7.1- Introducción	p.75
7.2- Estudio de la puesta a tierra	p.75
7.3- Componentes de una puesta a tierra	p.76
7.4- Elementos a conectar a la toma de tierra	p.79
7.5- Solución adoptada	p.80
8- CENTRO DE TRANSFORMACIÓN	p.81
8.1- Introducción	p.81
8.2- Reglamentación y disposiciones oficiales	p.82
8.3- Local	p.82
8.4- Red de alimentación	p.83
8.5- Características generales de los transformadores	p.83
8.6- Celdas modulares	p.86
8.7- Ventilación del centro de transformación	p.88
8.8- Pozo de recogida de aceite	p.88
8.9- Instalación de puesta a tierra	p.88
8.10- Elementos y medidas de seguridad	p.92



1 – INTRODUCCIÓN

1.1- OBJETO DEL PROYECTO

El objetivo de esta memoria es la descripción y dimensionamiento de la instalación eléctrica y centro de transformación a realizar en la nave industrial de cámaras frigoríficas para almacenamiento de productos varios.

Se realizará el cálculo y diseño de:

- El alumbrado
- Los conductores y líneas de alimentación
- Las protecciones
- La compensación de energía reactiva
- La instalación de puesta a tierra
- El centro de transformación

1.2- NORMATIVA VIGENTE

El proyecto se realizará siguiendo y cumpliendo siempre los siguientes reglamentos:

- Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión, Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto de 2002.
- R.C.E. Reglamento sobre Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación, e instrucciones técnicas complementarias (Real Decreto 3.275/82, de 12 de noviembre de 1982).



También cumplirá los siguientes reglamentos:

- Normativa de Alumbrado Interior UNE-EN 12464-1
- Normas Tecnológicas de la Edificación (NTE-IE).
- Normas particulares de Iberdrola, ya que se trata de la empresa que nos suministrará la energía.
- Ley 31/1995 de 8 de noviembre de prevención de riesgos laborales y Real Decreto 1.215/1997, de 18 de julio, de disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de protección.
- Real Decreto 2.267/2004 de 3 de diciembre, Reglamento de Seguridad contra incendios en establecimientos industriales.
- Real Decreto 208/2005 de 25 de febrero, sobre Aparatos Eléctricos o Electrónicos y la gestión de sus residuos.

1.3- ANTECEDENTES

Se realizará el proyecto a petición de la empresa constructora CONSTRUCCIONES SOAIN S.L., para un almacén de cámaras frigoríficas. La nave en cuestión estará destinada a almacenar todo tipo de productos, por lo que se deberá disponer de diferentes almacenes y cámaras para poder mantener los productos almacenados en buen estado.

La constructora ya ha decidido la maquinaria que desea instalar para el funcionamiento de las cámaras frigoríficas, por lo que no será necesario realizar los cálculos matemáticos para la selección de las máquinas de frío en cada cámara.



1.4- SITUACIÓN

La nave se encontrará ubicada el polígono industrial de Landaben, parcela 1345, situada en la calle A.



1.5- DESCRIPCIÓN DE LA NAVE

La nave se encuentra en un polígono industrial, por lo que se encuentra rodeada de otras naves de construcción similar con objetivos también industriales. Dispone de una sola planta, que consta de las siguientes salas:

- Vestuario de caballeros
- Vestuario de señoras
- Oficina
- Sala de herramientas
- Sala de máquinas
- Sala de centro de transformación
- Almacén
- 6 cámaras frigoríficas



También dispone de varios muelles de carga que conducen al almacén y al pasillo principal de las cámaras. La altura de la nave es de 7.75 metros en la zona de almacenes, y de 5 metros en la zona de los vestuarios, sala de máquinas, herramientas y centro de transformación. La superficie total es de 3285.16 m², distribuidos de la siguiente manera:

VESTUARIOS	36.01 m ²
SALA DE HERRAMIENTAS	46.74 m ²
SALA DE MÁQUINAS	91.13 m ²
SALA DE CENTRO DE TRANSFORMACIÓN	37.44 m ²
ALMACÉN	937.50 m ²
OFICINA	19.37 m ²
PASILLOS	303.20 m ²
CÁMARAS FRIGORÍFICAS	1580.30 m ²
<u>SUPERFICIE ÚTIL TOTAL</u>	3051.69 m ²
<u>SUPERFICIE TOTAL CONSTRUIDA</u>	3285.16 m ²

1.6- ACTIVIDAD DE LA NAVE INDUSTRIAL

La actividad que desarrollará la nave es de tipo industrial, aunque no trabajará las materias primas, únicamente se dedicará al almacenamiento de diversos productos. Dispondrá de varias cámaras frigoríficas además de un almacén para poder mantener en buen estado diferentes tipos de productos.

El proceso es muy simple, los transportes depositan los productos a almacenar en el almacén principal, donde posteriormente se les asignará una posición en una cámara frigorífica en caso de necesitarla o en el propio almacén en caso de no necesitar temperaturas bajas. Los productos serán almacenados por carretillas elevadoras, donde se mantendrán en buen estado hasta que el cliente vuelva a solicitarlos.



1.7- EMPRESA SUMINISTRADORA DE ENERGÍA

La empresa suministradora que se va a contratar es Iberdrola, por lo que se deberán cumplir ciertas normas particulares que imponga, relacionadas entre otras cosas con el enganche de la acometida. La energía abastecida por Iberdrola llegará mediante una red trifásica de media tensión, a 13.200 voltios, por lo que se requiere un centro de transformación en la instalación. La frecuencia de la red será, por supuesto, 50 Hz.

1.8- MAQUINARIA INSTALADA

La empresa constructora nos ha facilitado de antemano la información de la maquinaria que desean instalar para el funcionamiento de las cámaras frigoríficas:

Nº	UNIDADES	RECEPTOR	POTENCIA (C.V)	POTENCIA POR UNIDAD (W)	POTENCIA TOTAL (W)
1	2	EQUIPO DE FRÍO	130	95599.40	191198.8
2	1	CONDENSADOR DE AIRE HORIZONTAL 160000 M3/H	22	16178.36	16178.36
3	2	BOMBAS DE RECIRCULACIÓN	2	1470.76	2941.52
4	4	BOBMAS DE DISTRIBUCIÓN	2	1470.76	5883.04
5	2	BOMBAS DE DISTRIBUCIÓN	4	2941.52	5883.04
6	6	EVAPORADOR (DIFUSORES DE AIRE) 56500 FR/H	11	8089.18	48535.08
7	6	PUERTA RÁPIDA MOTORIZADA	0.7	514.77	3088.6

TOTAL POTENCIA INSTALADA PARTE DE FUERZA: 372.2 CV ----- 273708.44 W



2 – SELECCIÓN DEL ESQUEMA DE DISTRIBUCIÓN

2.1- INTRODUCCIÓN

Se analizarán los distintos esquemas de distribución posibles descritos en la instrucción ITC 08 del RBT para seleccionar el que nos sea más adecuado, pensando en las medidas de protección contra contactos indirectos y contra sobreintensidades, y en futuros posibles cambios de distribución de maquinaria o nuevas instalaciones.

Los esquemas de distribución se clasifican dependiendo del modo en que el neutro y las masas de la instalación receptora estén conectados a tierra.

2.2- ESQUEMAS DE DISTRIBUCIÓN

Los 3 esquemas de distribución posibles a escoger son el esquema TN, el esquema TT y el esquema IT:

A) Esquema TN:

En este esquema, el neutro se conecta directamente a tierra, y las masas de la instalación receptora se conectan a dicho punto a través de un conductor de protección.

Aunque existen 3 variantes, en todas ellas cualquier intensidad de defecto franco fase-masa es una intensidad de cortocircuito.

B) Esquema TT:

En este esquema, el neutro se conecta directamente a tierra, como en el esquema TN, pero en este caso las masas se conectan a una toma de tierra independiente.

En caso de defecto fase-masa o fase-tierra, las intensidades de defecto pueden tener valores inferiores a los de cortocircuito, ofreciendo una mayor seguridad que el esquema TN, pero pese a ello pueden seguir apareciendo tensiones peligrosas.



C) Esquema IT:

Por último, en este esquema no hay ningún punto de alimentación conectado directamente a tierra, sino que se conecta el neutro a través de una impedancia hasta ella, con

el fin de limitar la intensidad de defecto. Las masas se conectarán a tierra mediante conductores de protección, independientemente.

En este caso, la intensidad resultante de un primer defecto fase-masa o fase-tierra tiene un valor lo suficientemente reducido como para no provocar la aparición de tensiones de contacto peligrosas, siendo el más seguro de los 3 esquemas.

2.3- SELECCIÓN REALIZADA

El esquema IT es el que ofrece mayor seguridad, pero tal y como se comentó en la introducción, esa no es la única característica a tener en cuenta. El esquema IT ofrece poca flexibilidad en vista al futuro, si se deseara cambiar la distribución de las máquinas o instalar máquinas nuevas. Por ello, se va a optar por el **esquema TT**, que ofrece una mayor flexibilidad en vista a posibles futuras expansiones.



3 - ILUMINACIÓN

3.1- INTRODUCCIÓN

Toda instalación eléctrica debe disponer de una correcta iluminación. Una instalación que no disponga de la iluminación artificial correctamente diseñada resultará molesta o en casos extremos incluso nociva para las personas. Este capítulo se centrará en estudiar la iluminación y como realizar la elección y el reparto apropiado de luz en cada sección de la nave industrial.

Para realizar una instalación de iluminación correcta, tendremos que tener en mente siempre los siguientes factores:

-Debe haber un suministro de luz suficiente. Seguiremos la Normativa Alumbrado Interior UNE-EN 1246-1 para la iluminación interior.

-Se deben eliminar todas las causas de deslumbramiento.

-Se instalarán los aparatos de iluminación adecuados para cada caso particular.

-Las fuentes luminosas deben disponer de una buena reproducción cromática para cada caso.

3.2- PROCESO DE CÁLCULO

Para realizar los cálculos de la iluminación, seguiremos los siguientes pasos:

1. Recopilar la información previa
2. Determinar los niveles de iluminación.
3. Determinar los sistemas de iluminación y los tipos de luminarias.
4. Determinar los factores de mantenimiento.
5. Calcular el índice local de cada sala de la nave.
6. Determinar el factor de utilización.
7. Calcular el flujo a instalar.
8. Calcular el número de lámparas.
9. Distribuir las luminarias.



3.2.1- RECOPIRAR LA INFORMACIÓN PREVIA

Para conseguir un buen diseño de iluminación general y uniforme, hay que tener en cuenta los siguientes factores de partida:

- Dimensiones del local y su configuración interna.
- Tensión de alimentación de la red eléctrica.

Disponemos de más información previa, pero estos son los datos que realmente nos interesan a la hora de decidir que iluminación vamos a instalar en cada sección de la nave.

3.2.2- DETERMINAR LOS NIVELES DE ILUMINACIÓN

No todas las secciones de una nave industrial tienen por qué disponer del mismo nivel de iluminación. Una oficina, por ejemplo, requiere mucha más iluminación que un pasillo, ya que el primero se trata de una sala donde la gente va a pasar horas forzando la vista mirando a un monitor o leyendo documentos, y el segundo no es más que una zona de paso.

La magnitud física con la que determinamos el nivel de iluminación es la iluminancia, y su unidad es el lux. No nos es necesario realizar cálculo alguno para determinar el número de luxes que debemos aportar a cada sección de la nave, ya que por fortuna existe una normativa que nos indica el número aproximado de luxes para cada tipo de sala de una instalación interior. El número es aproximado, ya que la iluminación disminuye según nos alejamos del foco de la luz. Por norma general haremos que la iluminación sea inferior al valor dado por la normativa en los extremos y esquinas de las habitaciones, ya que son zonas por las que la gente no transita, y si hacemos que sean los valores de la normativa, la luz será muy fuerte e incluso molesta en el resto de la sala.

La normativa que nos da dichos valores de iluminación es la Normativa Alumbrado Interior UNE-EN 12464-1. Dicha normativa determina el valor para todo tipo de áreas interiores en todo tipo de edificios. Las áreas que nos interesan a nosotros son las siguientes:



Clase de espacio a iluminar	Nivel de iluminación en lux (Lx)
Almacenes fríos	100
Áreas de manipulación y expedición	300
Oficina, escritura y lectura	500
Aseos, locales de mantenimiento	200
Área de circulación y pasillo	100
Salas de material, salas de mecanismos	200
Centros de transformación	150

Además hay que destacar que cuando la diferencia de nivel de iluminación entre dos locales contiguos sea superior al 20 por 100, el nivel menos iluminado de ambos no será inferior a 200 Lx. Los pasillos de la nave no se consideran locales, por lo que nos conformaremos con una iluminancia de 100 Lx en ellos.

Por otro lado, en un local desprovisto totalmente de ventanas o huecos de iluminación natural, el nivel de iluminación no debe ser inferior a 500 Lx. En nuestro caso, esto solo se da en los almacenes fríos. Sin embargo, las cámaras frigoríficas siempre están desprovistas de luz natural, cosa que se tiene en cuenta en la normativa de iluminación interior, por lo que mantendremos el valor de 100 Lx en dichos locales.

3.2.3- DETERMINAR LOS SISTEMAS DE ILUMINACIÓN Y LOS TIPOS DE LUMINARIAS

3.2.3.1 Sistemas de iluminación

Podemos clasificar los sistemas de iluminación en cinco categorías: iluminación directa, semidirecta, difusa, semiindirecta e indirecta. Se diferencian entre sí por la proporción de flujo luminoso que sale por debajo de la horizontal. Es decir, pasan de directa a indirecta cuanta más luz proyecten hacia el suelo:



TIPO DE ILUMINACIÓN	% DE FLUJO HACIA EL SUELO
Indirecta	0-10
Semi-indirecta	10-40
Difusa	40-60
Semi-directa	60-90
Directa	90-100

Cada tipo de iluminación tiene diferentes funciones. Estudiemos un poco dichas funciones para decidirnos por el tipo de iluminación para cada local de la nave:

Iluminación directa: este tipo de iluminación centra una gran parte del flujo sobre el plano útil, lo que garantiza una buena iluminación de manera económica en los puestos de trabajo. Como contrapartida, se tiene que para no crear sombras habría que iluminar desde diferentes ángulos, y que no se iluminará la parte alta de la sala, pero a nosotros eso no nos afecta en ninguna sala.

Iluminación semi-directa: similar a la directa, este tipo de iluminación proyecta una pequeña proporción de luz hacia arriba, por lo que se emplea frecuentemente en locales con techos no muy altos. Puesto que nosotros queremos iluminar salas y pasillos de una nave industrial de más de 7 metros de alto, esta iluminación no nos aporta ningún beneficio respecto a la iluminación directa.

Iluminación difusa: la iluminación difusa se emplea para eliminar sombras a los objetos. No nos interesa, puesto que alumbrar una sala mediante iluminación difusa elevaría el precio de la iluminación, y no nos aporta nada realmente útil.

Iluminación semi-indirecta e indirecta: si bien es cierto que estos tipos de iluminación evitan deslumbramientos y sombras, el gasto económico para alumbrar una sala con ellos aumenta en exceso.



Por otro lado, con cualquiera de los cinco tipos de iluminación podemos alumbrar un local mediante tres métodos diferentes: alumbrado general, alumbrado general localizado y alumbrado suplementario. Vemos que diferencias hay entre ellos:

1) Alumbrado general

Consiste en alumbrar la sala de manera homogénea, repartiendo las luminarias de forma igualada por toda la sala. Es el método de iluminación más común, y distribuye las luminarias en filas por columnas

2) Alumbrado general localizado

Similar al alumbrado general. La diferencia está en que solo se realiza sobre una zona específica de la sala, generalmente en la zona de trabajo, en vez de en toda la sala, considerando suficiente la iluminación general para el resto de las zonas sin luminarias.

3) Alumbrado suplementario

Es un alumbrado que se le añade al general o general localizado. Se emplea para alumbrar aún más zonas específicas de la sala.

Para nuestra nave, emplearemos el método del **alumbrado general** en todas las zonas, ya que no se trata de una nave con puestos de trabajo específicos, simplemente es un almacén por el que los trabajadores irán desplazándose constantemente. Además, el tipo de iluminación será la **iluminación directa**.

3.2.3.2 Tipos de luminarias

Las luminarias se encargan de hacer que la luz producida por las lámparas se vuelva adecuada a nuestras necesidades, proyectándola en la dirección y cantidades deseadas. Además también sirven para evitar deslumbramientos. Deben cumplir una serie de propiedades para ser adecuadas:



Propiedades ópticas: son las propiedades de la luminaria para alterar la luz a nuestro gusto.

Propiedades mecánicas y eléctricas: aquellas propiedades que tienen en cuenta sus cualidades físicas y de montaje.

Propiedades estéticas: la estética de la luminaria. Se tendrá más en cuenta en una sala pequeña que en lo alto de una nave, donde apenas será visible. No es una propiedad demasiado importante en una nave de trabajo, es más para viviendas y otro tipo de locales.

Ahora, teniendo en mente dichas propiedades, veamos los distintos aparatos de alumbrado existentes en el mercado para así poder decantarnos por cuales emplear:

Difusores: Su función principal es evitar deslumbramientos directos. Afectan poco a la distribución luminosa.

Reflectores: Reflejan la luz de la lámpara, desplazando la distribución luminosa y aprovechando mejor las características luminosas de la lámpara. Existen varios tipos de reflectores, empleados para diferentes tipos de locales. Generalmente, se emplean los reflectores extensivos en locales de poca altura y reflectores intensivos en locales de gran altura.

Refractores: Emplean las leyes de la refracción regular para distribuir y adaptar la luz de la manera deseada. Pueden encerrar la lámpara por completo, ya que se tratan de globos de cristal prismático de color claro.

Aparatos mixtos: Combinan propiedades de dos de los aparatos anteriores.

3.2.3.3 Tipos de lámparas

A) Lámpara de Incandescencia

Ventajas: Muy variadas en el mercado, existe una amplia gama de diseños y potencias.



Desventajas: Se emplean mayormente para obtener una baja iluminación, como la deseada en las viviendas, ya que estas lámparas tienen un rendimiento bajo, así como una baja durabilidad.

B) Lámpara Fluorescente

Ventajas: Una alta durabilidad y rendimiento, ideal para lugares que requieran gran iluminación durante mucho tiempo, como es nuestro caso.

Desventajas: Su durabilidad cae mucho si se encienden y apagan con frecuencia. Además, la luz que dan no es constante, si no que realizan con frecuencia pequeños parpadeos. Estos parpadeos son imperceptibles para el ojo humano, pero pueden llegar a causar molestias o incluso dolores de cabeza tras una larga exposición.

C) Lámpara de vapor de Mercurio

Ventajas: Existen dos tipos de lámparas de vapor de mercurio, uno de los cuales, concretamente las de color corregido, resultan muy económicas gracias a su larga vida útil y rendimiento. Muy útiles en naves industriales.

Desventajas: La calidad de la luz puede no ser muy buena en muchas situaciones. Se emplea por ello normalmente en alumbrado público.

D) Lámpara de vapor de Sodio

Ventajas: Una de las fuentes de iluminación más eficientes. Una excelente vida útil y rendimientos.

Desventajas: Tardan alrededor de 10 minutos en encenderse. Se emplean mayormente como alumbrado público.



3.2.4- DETERMINAR LOS FACTORES DE MANTENIMIENTO

El factor de mantenimiento es un coeficiente que les asignamos a las luminarias en función del estado en el que se van a encontrar. Se les asigna este coeficiente debido a que existen una serie de factores que pueden disminuir el flujo luminoso proporcionado por las lámparas. Los factores de más importancia son: la acumulación de polvo y suciedad, la pérdida de luz por reflexión en las paredes, y la pérdida provocada por la propia lámpara.

Dado que no existe una regla exacta para asignar un valor al coeficiente, debemos juzgar por nosotros mismos el valor que les vamos a asignar teniendo en mente los factores mencionados anteriormente. Así, podríamos asignar los valores más o menos según los siguientes intervalos:

Buen factor de mantenimiento: Entre 0.7 y 0.8, aproximadamente. Es difícil que sea tan bueno como para ser superior a 0.8.

Factor de mantenimiento medio: Entre 0.6 y 0.7, aproximadamente.

Factor de mantenimiento malo: Entre 0.5 y 0.6. Debería ser realmente malo para ser inferior a 0.5.

3.2.5- CALCULAR EL ÍNDICE LOCAL DE CADA SECCIÓN DE LA NAVE

El índice local es una letra que se le asigna a cada local. Esta letra depende de las dimensiones del local a iluminar, la altura a la que vamos a colocar las luminarias y el tipo de alumbrado. En función de la letra asignada, podremos determinar el factor de utilidad más adelante. Podemos asignarle el índice local a cada local siguiendo el siguiente procedimiento:

En primer lugar, hallaremos un valor que depende de las dimensiones del local a estudiar. Llamaremos a dicho valor “relación del local”, y se calcula de la siguiente manera:

Para iluminaciones directas, semi-directas y difusas, como es nuestro caso, se utiliza:



$$\text{Relación del local} = \frac{A * L}{h * (A + L)}$$

Para iluminaciones indirectas y semi-indirectas se utiliza:

$$\text{Relación del local} = \frac{3 * A * L}{2 * h * (A + L)}$$

Siendo:

A= ancho del local en metros.

L= longitud del local en metros.

h = altura de montaje en metros. Se considera la distancia que hay desde la luminaria hasta el plano útil o de trabajo, que consideramos situado a 0,85 metros sobre el suelo según la NTE.

La altura del local, H es la suma de la “altura de suspensión” de la luminaria C, más la “altura de montaje” h, y más 0.85 metros, la “altura del plano de trabajo”. Es decir:

$$H = C + h + 0.85 m$$

Como H y C son datos previos de la instalación, la altura de montaje se calcula mediante la fórmula:

$$h = H - (C + 0.85)m$$

Con el de relación del local calculado, lo llevamos a la siguiente tabla y determinamos el índice del local, K:



INDICE DEL LOCAL (K)	VALOR RELACIÓN LOCAL	PUNTO CENTRAL
J	Menos de 0.7	0.60
I	0.7 a 0.9	0.80
H	0.9 a 1.12	1.00
G	1.12 a 1.38	1.25
F	1.38 a 1.75	1.50
E	1.75 a 2.25	2.00
D	2.25 a 2.75	2.50
C	2.75 a 3.50	3.00
B	3.50 a 4.50	4.00
A	Más de 4.50	5.00

3.2.6- DETERMINAR EL FACTOR DE UTILIZACIÓN

El factor de utilización es un coeficiente que nos indica la relación que hay entre el flujo luminoso que se aprovecha o llega al plano útil, y el flujo total emitido por las lámparas del mismo local.

Al igual que sucedía con el factor de mantenimiento, resulta difícil asignarle un valor “exacto”, ya que depende de múltiples factores, entre ellas el propio factor de mantenimiento. Existen diversos medios para determinarlo, entre los que se encuentran tablas suministradas por los propios fabricantes o complejos programas de ordenador. Nosotros emplearemos la siguiente tabla, por ser bastante completa a la hora de tener en cuenta los factores que intervienen:



Tipo de luminaria	Reflexión techo	75 %			50 %			30 %	
	Reflexión pared	50 %	30 %	10 %	50 %	30 %	10 %	30 %	10 %
	Índice local K	Factor o coeficiente de utilización, F_u							
Fluorescente empotrado	J	0.40	0.37	0.35	0.39	0.37	0.35	0.37	0.35
	I	0.48	0.46	0.45	0.47	0.45	0.44	0.44	0.43
	H	0.52	0.50	0.50	0.51	0.49	0.49	0.48	0.48
	G	0.55	0.54	0.53	0.54	0.53	0.51	0.51	0.50
	F	0.58	0.56	0.54	0.55	0.54	0.53	0.53	0.52
	E	0.60	0.59	0.59	0.59	0.58	0.56	0.57	0.55
	D	0.65	0.62	0.60	0.62	0.61	0.59	0.59	0.58
	C	0.66	0.64	0.61	0.64	0.62	0.61	0.61	0.60
	B	0.67	0.65	0.64	0.65	0.63	0.62	0.62	0.61
	A	0.68	0.66	0.65	0.66	0.65	0.63	0.64	0.62
Fluorescente descubierto	J	0.32	0.27	0.23	0.32	0.26	0.23	0.25	0.23
	I	0.40	0.35	0.31	0.39	0.34	0.30	0.34	0.30
	H	0.44	0.39	0.36	0.43	0.39	0.35	0.36	0.35
	G	0.48	0.43	0.40	0.46	0.42	0.39	0.41	0.39
	F	0.52	0.47	0.43	0.50	0.46	0.42	0.45	0.42
	E	0.57	0.52	0.48	0.55	0.51	0.47	0.50	0.46
	D	0.62	0.56	0.52	0.59	0.55	0.51	0.54	0.51
	C	0.65	0.59	0.54	0.62	0.57	0.54	0.56	0.53
	B	0.69	0.63	0.59	0.65	0.61	0.58	0.60	0.58



Luminaria industrial abierta	J	0.38	0.32	0.28	0.37	0.32	0.28	0.31	0.28
	I	0.47	0.52	0.39	0.46	0.41	0.38	0.40	0.37
	H	0.51	0.47	0.44	0.50	0.47	0.43	0.46	0.43
	G	0.55	0.51	0.48	0.54	0.51	0.47	0.50	0.47
	F	0.58	0.54	0.51	0.57	0.53	0.51	0.52	0.50
	E	0.63	0.60	0.57	0.62	0.59	0.56	0.58	0.55
	D	0.68	0.64	0.61	0.66	0.64	0.61	0.63	0.60
	C	0.70	0.67	0.63	0.68	0.65	0.63	0.64	0.62
	A	0.74	0.72	0.70	0.72	0.70	0.68	0.69	0.67
Luminaria directa con rejilla difusora	J	0.33	0.28	0.26	0.32	0.28	0.26	0.28	0.26
	I	0.39	0.36	0.34	0.39	0.35	0.34	0.35	0.34
	H	0.43	0.40	0.38	0.42	0.40	0.38	0.39	0.38
	G	0.46	0.43	0.41	0.45	0.43	0.41	0.42	0.41
	F	0.48	0.46	0.43	0.47	0.45	0.43	0.45	0.43
	E	0.52	0.50	0.47	0.51	0.49	0.47	0.48	0.47
	D	0.55	0.53	0.51	0.54	0.52	0.51	0.52	0.51
	C	0.57	0.55	0.52	0.56	0.53	0.52	0.53	0.52
	A	0.60	0.58	0.56	0.59	0.57	0.56	0.56	0.55
Luminaria esférica de vidrio	J	0.24	0.19	0.16	0.22	0.18	0.15	0.16	0.14
	I	0.29	0.25	0.22	0.27	0.23	0.20	0.21	0.19
	H	0.33	0.28	0.26	0.30	0.26	0.24	0.24	0.21
	G	0.37	0.32	0.29	0.33	0.29	0.26	0.26	0.24
	F	0.40	0.36	0.31	0.36	0.32	0.29	0.29	0.26
	E	0.45	0.40	0.36	0.40	0.36	0.33	0.32	0.29
	D	0.48	0.43	0.39	0.43	0.39	0.36	0.34	0.33
	C	0.51	0.46	0.42	0.45	0.41	0.38	0.37	0.34
	A	0.55	0.50	0.47	0.49	0.45	0.42	0.40	0.38
	A	0.57	0.53	0.49	0.51	0.47	0.44	0.41	0.40

Luminaria reflector haz estrecho (incandescente o descarga)	J	0.43	0.40	0.39	0.42	0.40	0.39	0.40	0.38
	I	0.51	0.50	0.49	0.50	0.49	0.48	0.49	0.46
	H	0.55	0.54	0.53	0.54	0.53	0.52	0.53	0.52
	G	0.59	0.58	0.57	0.58	0.56	0.55	0.56	0.55
	F	0.61	0.60	0.58	0.59	0.58	0.58	0.58	0.57
	E	0.64	0.63	0.62	0.63	0.62	0.61	0.61	0.60
	D	0.68	0.65	0.64	0.66	0.65	0.64	0.64	0.63
	C	0.69	0.67	0.65	0.67	0.66	0.64	0.64	0.64
	A	0.71	0.70	0.68	0.69	0.67	0.67	0.67	0.66
Luminaria reflector haz medio-ancho (incandescente o descarga)	J	0.40	0.36	0.34	0.39	0.36	0.34	0.36	0.33
	I	0.48	0.45	0.43	0.47	0.44	0.43	0.44	0.42
	H	0.52	0.50	0.48	0.51	0.49	0.47	0.49	0.47
	G	0.55	0.53	0.52	0.55	0.52	0.51	0.52	0.51
	F	0.58	0.56	0.53	0.56	0.55	0.53	0.55	0.53
	E	0.62	0.60	0.58	0.61	0.59	0.57	0.58	0.57
	D	0.66	0.63	0.61	0.64	0.62	0.61	0.62	0.61
	C	0.67	0.65	0.62	0.66	0.64	0.62	0.63	0.62
	A	0.69	0.67	0.66	0.67	0.65	0.64	0.65	0.64

El factor de reflexión es un porcentaje que indica la proporción de luz reflejada en las paredes y techo del local. Una vez más, se trata de un factor al que resulta difícil de asignarle un valor exacto, ya que depende de varios factores, como el color de la luz o el material del que estén hechas las paredes y techo, o de factores que nosotros desconozcamos, como lo limpias que vayan a estar dichas paredes y techo. Nosotros emplearemos esta tabla para asignarle un valor, pero existen muchos métodos diferentes para asignarlo, y ninguno de ellos es preciso al 100%:



Color de paredes y techos	Factor de reflexión en %
Blanco	70 – 90
Beige claro	70 – 80
Amarillo y crema claro	60 – 75
Verde muy claro	60 – 75
Verde claro	70 – 80
Verde claro y roas	45 – 65
Azul claro	45 – 55
Gris claro	40 – 50
Rojo claro	30 – 50
Marrón claro	30 – 40
Beige oscuro	25 – 35
Marrón, verde, azul oscuros	5 – 20
Negro	3 - 4

3.2.7 CALCULAR EL FLUJO A INSTALAR

Por fin hemos llegado al punto en que deberemos calcular el flujo luminoso total a instalar. Lo calcularemos mediante la siguiente fórmula:

$$\Phi_t = \frac{E * L * A}{Fm * Fu} (Lm)$$

Siendo:

E = nivel de iluminación en lux según la tarea en Lx.

L = longitud del local en metros.

A = anchura del local en metros.

Fm = factor de mantenimiento asignado

Fu = factor de utilización asignado



3.2.8 CALCULAR EL NÚMERO DE LÁMPARAS

Una vez calculado el flujo total Φ_t y escogidas las luminarias y lámparas que vayamos a instalar, podemos calcular el número de lámparas a instalar, ya que el fabricante nos proporciona información del flujo que suministra cada una, Φ_i . Lo haremos mediante la siguiente fórmula:

$$N = \frac{\Phi_t}{\Phi_i}$$

Es importante no olvidar que cada luminaria puede tener más de una lámpara.

3.2.9 DISTRIBUIR LAS LUMINARIAS

Tal y como vimos anteriormente, el método de alumbrado que más se ajusta a nuestras necesidades es el alumbrado general. Así pues, repartiremos las luminarias calculadas en filas por columnas, de forma que la iluminación sea lo más homogénea posible.

Por supuesto, existe la posibilidad de que la cantidad de luminarias calculada no puedan repartirse bien en filas por columnas, quedando alguna fila incompleta. Para solucionar esto, emplearemos el programa "DIALux", y realizaremos diferentes pruebas hasta que demos con una solución que consideremos apropiada.

3.3. ALUMBRADO INTERIOR

3.3.1. SOLUCIÓN ADOPTADA

Philips TBS165 es una familia de luminarias de modulación estándar y gran versatilidad para montaje empotrado. Incorporan lámparas fluorescentes TL5 energéticamente eficientes que consumen un 28% menos de energía que un fluorescente tradicional, y reactancias electrónicas. Proporcionan un flujo de hasta 2600 lúmenes por luminaria, son económicas y están orientadas a iluminaciones interiores de carácter industrial, sanitario, etc.



Philips HPK450 es una campana suspendida especialmente diseñada para grandes superficies industriales y comerciales. Utiliza lámparas HPL de vapor de mercurio, ideales para zonas industriales en las que la calidad de la iluminación no es tan importante, como los almacenes de productos en nuestro caso.

Philips TMS022 es una familia de regletas de fluorescentes para tan solo una o dos lámparas que pueden ser de potencias inferiores a 20W, ideales para iluminar salas pequeñas, como los baños y vestuarios de la nave.

PASILLO 1

-8 luminarias Philips TBS165 C3, a 3 metros de altura.

-16 lámparas TL5-28W/840

PASILLO 2

-4 luminarias Philips TBS165 C3, a 3 metros de altura.

-8 lámparas TL5-28W/840

PASILLO VESTUARIOS

-1 luminaria Philips TBS165 C3, a 3 metros de altura.

-3 lámparas TL5-14W/840

CÁMARA 1

-8 luminarias de campana HPK450 IC, a 6 metros de altura.

-8 lámparas HPL-N250W

CÁMARA 2

-6 luminarias de campana HPK450 IC, a 6 metros de altura.

-6 lámparas HPL-N250W

CÁMARA 3

-4 luminarias de campana HPK450 IC, a 6 metros de altura.

-4 lámparas HPL-N250W

CÁMARA 4

-4 luminarias de campana HPK450 IC, a 6 metros de altura.

-4 lámparas HPL-N250W



CÁMARA 5

- 4 luminarias de campana HPK450 IC, a 6 metros de altura.
- 4 lámparas HPL-N250W

CÁMARA 6

- 4 luminarias de campana HPK450 IC, a 6 metros de altura.
- 4 lámparas HPL-N250W

ALMACÉN

- 27 luminarias de campana HPK450 IC, a 6 metros de altura.
- 27 lámparas HPL-N400W

OFICINA

- 6 luminarias Philips TBS165 C3, a 3 metros de altura.
- 12 lámparas TL5-28W/840

SALA C.T.

- 6 luminarias Philips TBS165 C3, a 3 metros de altura.
- 18 lámparas TL5-14W/840

SALA DE MÁQUINAS

- 12 luminarias Philips TBS165 C3, a 3 metros de altura.
- 36 lámparas TL5-14W/840

SALA DE HERRAMIENTAS

- 6 luminarias Philips TBS165 C3, a 3 metros de altura.
- 18 lámparas TL5-14W/840

VESTUARIO 1

- 2 luminarias Philips TBS165 C3, a 3 metros de altura.
- 6 lámparas TL5-14W/840

VESTUARIO 2

- 3 luminarias Philips TBS165 C3, a 3 metros de altura.
- 9 lámparas TL5-14W/840

BAÑOS

- 4 luminarias Philips TMS022 HF, a 3 metros de altura.
- 4 lámparas TL-D36W

Los mecanismos interruptores y conmutadores se instalarán a un metro del suelo.



3.3.2. TABLA RESUMEN

Como resumen de la iluminación interior utilizada y la potencia necesaria para dicha iluminación tenemos la siguiente tabla:

ESTANCIA	Nº LÁMPARAS	Nº LUMINARIAS	POTENCIA POR LÁMPARA (W)	POTENCIA TOTAL (W)
PASO 1	16	8	28	448
PASO 2	8	4	28	224
PASO VESTUARIOS	3	1	14	42
CAMARA 1	8	8	250	2000
CAMARA 2	6	6	250	1500
CAMARA 3	4	4	250	1000
CAMARA 4	4	4	250	1000
CAMARA 5	4	4	250	1000
CAMARA 6	4	4	250	1000
ALMACEN	27	27	400	10800
OFICINA	12	6	28	336
SALA C.T.	18	6	14	252
SALA MÁQUINAS	36	12	14	504
SALA HERRAMIENTAS	18	6	14	252
VESTUARIO 1	6	2	14	84
VESTUARIO 2	9	3	14	126
BAÑOS	4	4	36	144



3.4- ALUMBRADOS ESPECIALES

Las instalaciones de alumbrado especial se emplean para que en caso de fallo del alumbrado general, ya sea por un accidente o cualquier motivo, exista iluminación y señalización suficiente en los locales como para llegar a las salidas.

Hay que tener en cuenta las siguientes normas al diseñar una instalación de alumbrado especial:

- Las líneas deberán estar protegidas por interruptores automáticos de una intensidad nominal de 10 amperios o menos.
- Una línea de alumbrado especial no debe alumbrar más de 12 puntos de luz.
- No deben ser alimentados por una fuente de suministro exterior. Si se alimenta mediante baterías, sí que podrán cargar mediante un suministro exterior.
- Debe tener una autonomía de una hora como mínimo, proporcionando una iluminación de 1 lux como mínimo.
- En los lugares en los que se encuentren los equipos de protección de incendios de uso manual y en los cuadros de distribución, el alumbrado será de la menos 5 lux.
- Entrará en funcionamiento automáticamente al producirse el fallo de los alumbrados generales o cuando la tensión de éstos baje a menos del 70% de su valor nominal.
- Se situará en las salidas de los locales y de las dependencias indicadas en cada caso y en las señales indicadoras de la dirección de los mismos.
- Cuando existe un cuadro principal de distribución, tanto el local donde está ubicado como sus accesos estarán provistos de este tipo de alumbrado.
- Constarán de una instalación de alumbrado de emergencia las siguientes zonas:
 - a) Todos los recintos cuya ocupación sea mayor que 100 personas.
 - b) Los recorridos generales de evacuación de zonas destinadas a uso residencial o uso hospitalario, y los de zonas destinadas a cualquier uso que estén previstos para evacuación de más de 100 personas.
 - c) Todas las escaleras y pasillos protegidos, los vestíbulos previos y las escaleras de incendios.



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

3.4.1 SOLUCIÓN EMPLEADA

Se ha decidido optar por aparatos de iluminación que proporcionan al mismo tiempo alumbrados de emergencia y señalización. En concreto, se utilizarán luminarias de emergencia de la marca NORMALÚX, la subfamilia STYLO.

La colocación del alumbrado de emergencia y señalización se situarán a una altura de 2.30m respecto del suelo, justo encima de los marcos de las puertas.

Las luminarias elegidas son las siguientes:

- | | |
|----------------------------|--|
| - 1 aparato STYLO S-30 | En el pasillo de los vestuarios |
| - 5 aparatos STYLO S-150 | Vestuarios, sala de herramientas y oficina |
| - 4 aparatos STYLO S-200 | Pasillo 2 y sala de centro de transformación |
| - 6 aparatos STYLO S-300 | Sala de máquinas y Pasillo 1 |
| - 27 aparatos STYLO S-SPL9 | Almacén y cámaras frigoríficas |



3.4.2 TABLA RESUMEN

ESTANCIA	NOMBRE LUMINARIA	POTENCIA LÁMPARA (W)	POTENCIA TOTAL (W)
CÁMARA 1	STYLO S-SPL9	9	45
CÁMARA 2	STYLO S-SPL9	9	36
CÁMARA 3	STYLO S-SPL9	9	18
CÁMARA 4	STYLO S-SPL9	9	18
CÁMARA 5	STYLO S-SPL9	9	18
CÁMARA 6	STYLO S-SPL9	9	18
ALMACÉN	STYLO S-SPL9	9	90
VESTUARIOS Y PASILLO	STYLO S-30	4	4
	STYLO S-150	9	18
HERRAMIENTAS, MÁQUINAS Y C.T.	STYLO S-150	9	18
	STYLO S-200	9	9
	STYLO S-300	9	18
PASILLO 1	STYLO S-300	9	36
PASILLO 2	STYLO S-200	9	27
OFICINA	STYLO S-150	9	9

3.5- ALUMBRADO EXTERIOR

La nave no precisa de alumbrado exterior en las partes frontal y trasera, ya que estos lados dan a la calle A del polígono de Landaben, que disponen de por sí de buen alumbrado. Uno de los laterales tampoco lo requiere, ya que la nave no realiza ninguna actividad en dicha cara. En la cuarta cara de la nave hay un muelle de carga que da al almacén que requeriría alumbrado, pero este también está en un extremo de la cara, quedando adyacente a la calle A, pudiendo aprovechar por lo tanto el alumbrado disponible.



4 - CONDUCTORES Y DISTRIBUCIÓN EN BAJA TENSIÓN

4.1- INTRODUCCIÓN

En este apartado procederemos a estudiar cómo realizar los cálculos necesarios y el procedimiento a seguir para determinar los conductores a emplear en la distribución eléctrica de baja tensión. Es decir, se explicará cómo escoger los conductores que emplearemos desde a partir del punto de conexión con el transformador en adelante. Además, aprovecharemos que en el correspondiente apartado de cálculos se calcularán todas las intensidades nominales de la nave para determinar el transformador que se empleará en el centro de transformación.

Comenzaremos por nombrar y estudiar los factores a tener en cuenta a la hora de calcular la sección y el material de dichos conductores, y posteriormente haremos lo mismo para las canalizaciones. Tras ello se explicará cómo se ha determinado el transformador a instalar.

Hay que tener en cuenta que el transformador nos proporcionará una tensión de línea de 400V a 50Hz.

4.2- FACTORES PARA EL CÁLCULO DE CONDUCTORES

Estos son los dos factores que estudiaremos para determinar la sección de los conductores que vamos a escoger:

1. Calentamiento de los conductores. Producido por la intensidad circulante, pero el entorno también influye.
2. Caída de tensión y pérdidas de potencia en los conductores. Seguiremos el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión para saber qué caídas de tensión son aceptables y cuáles no.



1. Calentamiento de los conductores

Cuando una intensidad circula por un conductor o cualquier otro material, esta provoca un aumento de temperatura en el cuerpo por el que conduce. A su tiempo, el conductor transmite calor al ambiente en el que se encuentra. La ley de Joule nos indica las calorías recibidas en función del valor de la intensidad y la resistencia:

$$Q = 0.24 * I^2 * R \text{ Calorías}$$

Es decir, la transmisión de calor es proporcional al **cuadrado de la intensidad**. Tras desarrollar la ecuación, sabemos que el aumento de temperatura del conductor aumenta de forma proporcional al cuadrado de la intensidad. Esto puede llegar a ser dañino para los aislantes del conductor, pudiendo llegar a quemarlos. Cuanto mayor sea la sección de los conductores, menor será el aumento de la temperatura en ellos.

Por lo tanto, uno de los temas a calcular será la sección de los conductores necesaria en cada línea para que el aumento de temperatura no cause daños en los aislantes. El Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión, ITC BT 07 y 19, así como los propios fabricantes de conductores, nos indicarán la intensidad que puede soportar cada uno de los conductores a unas determinadas condiciones (generalmente el entorno y el tipo de instalación del conductor).

2. Caída de tensión y pérdidas de potencia en los conductores

El otro factor que tendremos en cuenta a la hora de seleccionar los conductores será el criterio de caída de tensión. En ocasiones los conductores de las líneas son tan largos antes de llegar al aparato de destino que se produce una excesiva caída de tensión en ellos.

Debemos asegurarnos de que esta caída no sobrepasará el límite permitido por el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, que según la ITC-BT-19, es de 4.5% de caída de tensión para instalaciones de alumbrado y de 6.5% para instalaciones de fuerza. La caída de tensión se contará desde el origen de la instalación hasta cualquier punto de utilización.



Este criterio lo aplicaremos suponiendo que hayamos escogido los conductores calculados con el criterio anterior, ya que se ve afectado por la sección del conductor. Si no se cumple el criterio de caída de tensión, deberemos aumentar la sección de los mismos hasta que ambos criterios se cumplan.

4.3- PRESCRIPCIONES GENERALES

-La sección de los conductores a utilizar se determinará de forma que la caída de tensión entre el origen de la instalación interior y cualquier punto de utilización sea menor del 4.5% de la tensión nominal para circuito de alumbrado y del 6.5% para los demás usos, por tratarse de una instalación que se alimenta directamente en alta tensión mediante un transformador de distribución propia

-Los conductores de la línea general de alimentación serán de una sección con la cual la caída de tensión en ella sea inferior al 0.5% (RBT, ITC-BT-14).

-Los conductores de la instalación deben ser fácilmente identificables, identificación que se realizará por los colores que presenten sus aislamientos. Los conductores de fase serán de color marrón o negro, el conductor neutro será de color azul claro y el de protección de color verde-amarillo.

-Si los conductores activos van el interior de una envolvente común, se incluirá en ésta el conductor de protección en cuyo caso tendrá el mismo aislamiento que los otros conductores.

-Se procurará mantener el mayor equilibrio entre fases posible en la carga de los conductores que forman la instalación.

-El aislamiento del cable ha de ser tal que asegure en su parte conductora una continuidad eléctrica duradera.



-En ningún caso se permitirá la unión de conductores mediante conexiones y/o derivaciones por simple retorcimiento o arrollamiento entre sí de los conductores, sino que deberá realizarse siempre utilizando bornes de conexión montados individualmente o constituyendo bloques o regletas de conexión. Siempre deberán realizarse en el interior de cajas de empalme o derivación.

-En el caso de proximidad de canalizaciones eléctricas con otras no eléctricas, se dispondrán de forma que entre las superficies exteriores de ambas se mantenga a una distancia mínima de 3 cm.

-Las canalizaciones eléctricas no se situarán por debajo de otras canalizaciones que puedan dar lugar a condensaciones, tales como las destinadas a conducción de vapor, de agua, de gas, etc.

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

-Los tubos metálicos que sean accesibles deben ponerse a tierra. En el caso de tubos metálicos flexibles, es necesario que la distancia entre dos puestas a tierra consecutivas de los tubos no exceda de 10 m.

-Los conductores flexibles serán únicamente de cobre.

-Si los conductores de protección están constituidos del mismo metal que los conductores de fase, tendrán una sección mínima, en función de la sección de los conductores de fase de la instalación como se establece a continuación:



Secciones de los conductores de fase (mm ²)	Secciones mínimas de los conductores de protección (mm ²)
S < 16	S
16 < S < 35	16
S > 35	S / 2
<p>- Con un mínimo de 2.5 mm² si los conductores de protección no forman parte de la canalización de alimentación y tienen una protección mecánica.</p> <p>- Con un mínimo de 4 mm² si los conductores de protección no forman parte de la canalización de alimentación y no tienen una protección mecánica.</p>	

-Cuando la sección de los conductores de fase o polares sea superior a 35 mm², se puede admitir para los conductores de protección, unas secciones menores que las que resulten de la aplicación de las tablas pero por lo menos iguales a 16 mm².

-Los conductores de protección irán bajo los mismos tubos que los conductores de fase y las conexiones se realizarán por medio de empalmes, por piezas de conexión de apriete por rosca.

-Las instalaciones se subdividirán de forma que las perturbaciones originadas por averías que puedan producirse en un punto de ellas, afecten solamente a ciertas partes de la instalación.

-La instalación deberá presentar una resistencia de aislamiento por lo menos igual a 1000 x U ohmios, siendo U la tensión máxima de servicio expresada en voltios, con un mínimo de 250000 ohmios.

-La rigidez dieléctrica de una instalación, ha de ser tal, que desconectados los aparatos de utilización, resista durante un minuto una prueba de tensión de 2U + 1000 voltios a frecuencia industrial, siendo U la tensión máxima de servicio expresada en voltios y con un mínimo de 1500 V.



-Las canalizaciones eléctricas se dispondrán de manera que en cualquier momento se pueda controlar su aislamiento, localizar y separar las partes averiadas y, llegando el caso, reemplazar fácilmente los conductores deteriorados.

-El cable elegido, teniendo en cuenta todo lo anteriormente expuesto, será capaz de soportar los cortocircuitos que puedan producirse, mejor que cualquier otra parte de la instalación.

4.4- SISTEMAS DE CANALIZACIÓN

4.4.1 CANALIZACIONES

Hay muchos sistemas de instalación de los conductores para una canalización fija, pero la solución más empleada hoy en día es la de conductores aislados sobre bandejas o a través de tubos.

Cuando las canalizaciones pasen a través de elementos de la construcción, se realizará de acuerdo con prescripciones tales como: las canalizaciones estarán protegidas contra deterioros mecánicos, en toda la longitud de los pasos no habrá empalmes o derivaciones, se utilizarán tubos no obturados, etc.

4.4.2 TUBOS PROTECTORES

Al igual que con las canalizaciones, disponemos de una amplia variedad de tubos protectores. Escogeremos el más apropiado para cada situación. Echemos un vistazo a las características que deberán cumplir y las cuestiones que habrá que tener en cuenta:

- a- Deberán tener un diámetro mínimo. Dicho diámetro viene especificado en la ITC-BT-21 del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión, y dependerá del número de conductores que va a proteger y de su sección.



- b- Los tubos deben ser capaces de soportar ciertas temperaturas sin llegar a deformarse. La temperatura admisible variará dependiendo del material del que esté fabricado: 60º C para los tubos de PVC y 70º C para los tubos metálicos.

- c- Para tubos en canalizaciones fijas en superficie, para más de 5 conductores por tubo o para conductores aislados o cables de secciones diferentes a instalar por el mismo tubo, su sección interior será como mínimo, igual a 2,5 veces la sección total ocupada por los conductores.

- d- Para tubos en canalizaciones empotradas, para más de 5 conductores por tubo o para conductores aislados o cables de secciones diferentes a instalar por el mismo tubo, su sección interior será como mínimo igual a 3 veces la sección total ocupada por los conductores.

- e- Para canalizaciones aéreas o con tubos al aire, para más de 5 conductores por tubo o para conductores aislados o cables de secciones diferentes a instalar por el mismo tubo, su sección interior será como mínimo igual a 4 veces la sección total ocupada por los conductores.

- f- Para tubos en canalizaciones enterradas, para más de 10 conductores por tubo o para conductores aislados o cables de secciones diferentes a instalar por el mismo tubo, su sección interior será como mínimo igual a 4 veces la sección total ocupada por los conductores.

- g- Para la colocación de las canalizaciones bajo tubos protectores se tendrá que tener en cuenta las siguientes consideraciones:
 - Las canalizaciones se instalarán en medida de lo posible paralelamente a las paredes del local.
 - Las conexiones entre conductores se realizarán en el interior de cajas apropiadas de materia aislante y no propagadora de llama.



- Nunca se unirán dos o más conductores por simple retorcimiento o arrollamiento entre sí de los mismos. Deberán unirse utilizando bornes de conexión montados individualmente o constituyendo bloques o regletas de conexión o también mediante bridas de conexión.
 - Se emplearán accesorios adecuados para unir los tubos y así asegurar la protección a lo largo de toda la canalización.
 - Los tubos metálicos que sean accesibles deben ponerse a tierra. En el caso de utilizar tubos metálicos flexibles, es necesario que la distancia entre dos puestas a tierra consecutivas de los tubos no exceda de 10 metros.
 - No se deben utilizar tubos metálicos como conductores de protección o de neutro.
 - Las curvas de los tubos serán continuas y sin reducciones de sección.
 - Se dispondrá de registros para acceder a los conductores dentro de los tubos. En tramos rectos no estarán separados entre sí más de 15 metros.
 - No habrá más de 3 curvas entre dos registros.
 - Los registros pueden ser empleados también como cajas de empalme o derivaciones.
- h- Cuando los tubos se coloquen en montaje superficial se tendrán en cuenta, además, las siguientes prescripciones:
- Los tubos se fijarán a las paredes o techos por medio de bridas o abrazaderas. La distancia entre éstas será, como máximo, de 0,50 metros. Se dispondrán fijaciones de una y otra parte en los cambios de dirección, en los empalmes y en la proximidad inmediata de las entradas en cajas o aparatos.
 - Los tubos se colocarán adaptándose a la superficie sobre la que se instalan, curvándose o usando los accesorios necesarios.
 - Es conveniente disponer los tubos, siempre que sea posible, a una altura mínima de 2,50 metros sobre el suelo, con objeto de protegerlos de eventuales daños mecánicos.
 - En los cruces de tubos rígidos con juntas de dilatación de un edificio, deberán interrumpirse los tubos, quedando los extremos del mismo separados entre sí 5 centímetros.



- i- Cuando los tubos se coloquen empotrados, se tendrán en cuenta las siguientes prescripciones:
- En la instalación de los tubos en el interior de los elementos de la construcción, las rozas no pondrán en peligro la seguridad de las paredes o techos en que se practiquen. Las dimensiones de las rozas serán suficientes para que los tubos queden recubiertos por una capa de 1 centímetro de espesor, como mínimo.
 - No se instalarán entre forjado y revestimiento tubos destinados a la instalación eléctrica de las plantas inferiores.
 - En los cambios de dirección, los tubos estarán convenientemente curvados o bien provistos de codos o "T" apropiados.
 - Las tapas de los registros y de las cajas de conexión quedarán accesibles y desmontables una vez finalizada la obra.

La elección de los tubos con sus diámetros correspondientes está especificada en el documento CÁLCULOS del presente proyecto.

4.5- RECEPTORES

Además de los conductores y los tubos de protección, los receptores de la instalación también deben seguir una serie de consideraciones cuando sean instalados. Hay una serie de prescripciones que deberán cumplir todos los receptores de la instalación, y posteriormente mencionaremos las que deben cumplir también cada tipo en particular.

Estas son las consideraciones que tendremos en cuenta con TODOS los receptores de la instalación:

-Se deberá poder verificar el funcionamiento de los receptores una vez hayan sido conectados.



-Se deberán tener en cuenta que nunca alcancen ninguna temperatura peligrosa, tanto para la propia instalación como para objetos próximos. Esto podría deberse a condiciones especiales del local en que se encuentren, por ejemplo.

-Soportarán la influencia de los agentes externos a que estén sometidos en servicio, por ejemplo, polvo, humedad, gases y vapores.

-El funcionamiento de los receptores no debe producir perturbaciones en las redes de distribución pública ni en las comunicaciones.

a) *RECEPTORES PARA EL ALUMBRADO*

Las lámparas de descarga deberán cumplir una serie de condiciones adicionales a la hora de ser instaladas:

-Serán accionadas por interruptores, previstos para cargas inductivas o con una capacidad de corte no inferior a dos veces la intensidad del receptor o grupo de receptores.

-La carga mínima prevista en voltiamperios será de 1,8 veces la potencia en vatios de las lámparas. En el caso de distribuciones monofásicas, el conductor neutro tendrá la misma sección que los de fase. Esto se aplicará en la sección CÁLCULOS de este proyecto.

-Para cumplir con la ITC-BT-44 del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, se aplicará un factor de potencia valor mínimo de 0,90 para las lámparas fluorescentes.

b) *RECEPTORES A MOTOR*

Los motores también deben cumplir las siguientes instrucciones del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión, instrucción ITC-BT-47:

Líneas con un solo motor:

La sección de los conductores de líneas con un motor debe estar dimensionada para soportar una intensidad igual al 125% de la intensidad que circulará por el motor a plena carga. Esto se hace debido a que durante el arranque intensidad requerida por el motor es mayor a la requerida por el mismo cuando funciona a plena carga.



Líneas con varios motores:

En el caso de las líneas conectadas por varios motores, la sección de los conductores se dimensionará para una intensidad igual a la suma del 125% de la intensidad del motor de mayor a plena carga, más el 100% de las intensidades del resto de los motores a plena carga. Solo suponemos el motor de mayor potencia en arranque porque es muy improbable que se de el arranque simultáneo de dos motores, y si se diera la duración no sería lo suficientemente larga como para causar daños a la instalación.

Esto se reflejará en la sección CÁLCULOS del proyecto.

4.6- TOMAS DE CORRIENTE

En los cálculos de las tomas de corriente aplicaremos el factor de utilización sobre la potencia total, ya que no se puede predecir con total certeza los aparatos que se conectarán a dichas tomas en un futuro. Por ello, la sección de los conductores de las líneas con tomas de corriente se dimensionarán para cualquier aparato que se pueda conectar a las tomas de corriente. Las tomas de corriente en el almacén y las cámaras frigoríficas se instalarán en zonas en las que no vayan a ser obstruidas por el material almacenado, todas ellas a una altura de 35cm del suelo.

Por norma general esto nos dará unos cálculos al alza de lo que se va a necesitar, pero es preferible esto a que algún día por necesidad se conecte un aparato de gran potencia y provoque el deterioro de la instalación.

4.7- CÁMARAS FRIGORÍFICAS

La mayor parte de la maquinaria de las cámaras frigoríficas se colocará en la sala de máquinas tal y como indican los planos. Además se colocará un evaporador y una puerta rápida motorizada en cada cámara frigorífica tal y como se indica en el plano de fuerza. Todas estas máquinas necesitan alimentación, y se tendrá en cuenta la ubicación dada en dicho plano a la hora de realizar los cálculos de sus respectivos conductores de alimentación.



Las puertas motorizadas se abrirán mediante un pulsador al lado de estas. Se ha decidido utilizar este sistema en vez de automatizarlas mediante sensores debido a que las cámaras frigoríficas se encuentran distribuidas a lo largo de pasillos no demasiado anchos. Esto provocaría que se fueran abriendo todas las cámaras del pasillo por las que se fuera pasando.

4.8- PROCESO PARA EL CÁLCULO DE SECCIONES

Estos son los pasos a seguir a la hora de calcular las secciones requeridas para los conductores de una línea eléctrica:

1. Calculamos la intensidad que circulará por la línea a estudiar.
2. Escogemos el conductor de menor sección que pueda soportar dicha intensidad.
3. Calculamos la caída de tensión que habrá en cada tramo de la línea para la sección del conductor escogido.
4. Comparamos la caída de tensión calculada con la admisible, teniendo en cuenta si se trata de una línea de alumbrado o de fuerza.
 - Si no es admisible, escogemos una sección mayor y volvemos a calcularla.
 - Si es admisible, la damos por válida. Esta será la sección que emplearemos.

Las intensidades que circulan por las líneas y la caída de tensión que habrá en ellas vienen definidas por las siguientes ecuaciones, dependiendo de si se tratan de líneas monofásicas o trifásicas:

MONOFÁSICA

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

TRIFÁSICA

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



Dónde:

I = intensidad nominal (A).

P = potencia consumida (W).

V = tensión nominal (V).

$\cos\varphi$ = factor de potencia.

Sin embargo, a estas intensidades les aplicaremos un factor de corrección antes de ponernos a buscar un conductor cuya sección pueda soportar dicha intensidad. La norma ITC-BT-07 nos dará el valor de dicho factor de corrección, que dependerá entre otras cosas de la temperatura de ambiente o de la resistividad del terreno si van enterrados. Una vez aplicado dicho factor procederemos a determinar la sección del conductor con la información del fabricante, siempre cumpliendo con el reglamento RBT.

Recordemos que tal y como se ha comentado en las prescripciones generales, la caída de tensión admisible es del 4.5% en las líneas de alumbrado y de 6.5% en el resto. Además, en la línea general de alimentación la caída deberá ser inferior al 0.5%. Las caídas de tensión a lo largo de las líneas las podemos calcular con las siguientes ecuaciones, dependiendo de si se trata de una línea monofásica o trifásica:

MONOFÁSICA

$$e = \frac{2 * L * I_n * \cos\varphi}{S * \gamma}$$

TRIFÁSICA

$$e = \frac{\sqrt{3} * L * I_n * \cos\varphi}{S * \gamma}$$

Dónde:

e = Caída de tensión.

L = Longitud de la línea.

I_n = Intensidad nominal de la línea.

$\cos\varphi$ = Factor de potencia.

S = Sección del conductor.

γ = Conductividad del material. En el caso del cobre, 56, y en el del aluminio 34.



Una vez determinada la sección de los conductores, se escogerá un tubo de diámetro válido de acuerdo con la norma ITC-BT-21.

4.9- PROCESO PARA EL CÁLCULO DEL TRANSFORMADOR

Aprovechando que en el apartado anterior hemos calculado todas las intensidades de la nave, podemos determinar la potencia mínima del transformador que debemos instalar en el centro de transformación. Para ello calcularemos la intensidad nominal del transformador a partir de su potencia nominal (dato del fabricante) mediante la siguiente ecuación:

$$I = \frac{S}{\sqrt{3} * V}$$

Siendo:

I = Intensidad nominal del transformador.

S = Potencia nominal (aparente) del transformador, dato del fabricante.

V = Tensión en el secundario, 400V.

La intensidad nominal del transformador debe ser superior a la intensidad total de la nave, más un 30% para posibles futuras ampliaciones. Además, tratándose de una nave industrial destinada a almacenar productos en cámaras frigoríficas no podemos permitirnos la posibilidad de que debido a una avería en el transformador la instalación entera se quede sin energía. Esto provocaría la pérdida de todo el material almacenado en la nave, por lo que el centro de transformación contará con dos transformadores en paralelo, para que en caso de avería el otro nos suministre energía a la nave.

Otra alternativa posible a colocar dos transformadores en paralelo sería colocar un solo transformador con la potencia suficiente y un grupo electrógeno para alimentar los equipos de frío y demás maquinaria necesaria para que no se estropee el material almacenado. Sin embargo, la potencia que consumen dichas máquinas es muy grande, y un grupo electrógeno industrial difícilmente podría alimentarlas durante más de unas horas. En



vista de que esto no es suficiente para realizar la reparación o recambio del transformador, la elección definitiva será la de instalar dos transformadores en paralelo.

4.10- SOLUCIONES ADOPTADAS

1. CONDUCTORES

Se ha decidido emplear conductores de marca Prysmian para la instalación eléctrica de este proyecto. Prysmian ofrece una amplia variedad de conductores, pudiendo así optar tanto por la calidad como por el precio y siempre cumpliendo con los requisitos de cada sección de la instalación.

RZ1-K 600/1000 V PRYSMIAN

Conductor: Cobre recocido flexible clase 5.

Aislamiento: Polietileno reticulado XLPE.

Cubierta: Mezcla especial cero halógenos, tipo AFUMEX Z1.

Tª de servicio:

Servicio permanente: 90º.

Cortocircuito: 250º.

Uso: LGA, alumbrado de emergencia, cuadros de distribución y máquinas.

H07V-K 450/750 V PRYSMIAN

Conductor: Cobre recocido flexible clase 5.

Aislamiento: PVC.

Tª de servicio:

Servicio permanente: 90º.

Cortocircuito: 250º.

Uso: Instalaciones interiores.

Las secciones adoptadas, se justifican en el documento CÁLCULOS del presente proyecto, tanto por lo que se refiere a intensidades admisibles como a caídas de tensión.



2. CANALIZACIONES

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

a) Línea general de alimentación:

La línea general de alimentación irá en canalización enterrada de 160 mm de diámetro a 0,7 m por debajo del suelo.

b) Canalización general:

La canalización general de la nave se realizará a través de bandeja porta cables de malla de acero galvanizado, se llevará canalizado desde el C.G.D. a los diferentes cuadros auxiliares de la empresa. Esta bandeja irá a una altura de 4 metros.

c) Derivaciones:

-La canalización a las diferentes máquinas se instalará mediante tubo flexible de PVC enterrada a 70 cm de profundidad.

-Las derivaciones de alumbrado, alumbrado de emergencia y tomas de corriente se instalarán mediante tubo grapado a la pared.

Por último, cabe destacar que en el documento CÁLCULOS también se indica que fase se empleará en las líneas monofásicas. Se han escogido las fases mencionadas en el documento para distribuir las potencias de la forma más homogénea posible. El objetivo de esto es evitar un desequilibrio que podría dar lugar a diferencias importantes de tensión entre las distintas fases y el neutro.



5 – PROTECCIÓN DE LA INSTALACIÓN

5.1- INTRODUCCIÓN

Este capítulo de la memoria se dedicará a explicar de qué tipo de peligros debe estar protegida la instalación eléctrica, que sistema emplear para protegerla de cada uno de ellos y que cálculos habrá que realizar para dimensionar correctamente los aparatos de protección. El Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión nos indica en las instrucciones ITC-BT-22, 23 y 24 cuales son dichos peligros, y qué medidas tomar para cada uno de ellos:

- a) Protección contra sobrecargas
- b) Protección contra sobretensiones
- c) Protección contra contactos directos e indirectos

5.2- PROTECCIÓN CONTRA SOBRECARGAS

De acuerdo con la norma ITC-BT-22, todo circuito estará protegido contra los efectos de las sobrecargas, realizando la interrupción del circuito en un tiempo conveniente. Además, explica que las sobrecargas pueden ser motivadas por 3 motivos diferentes:

- Defectos de aislamiento o por los aparatos de utilización
- Cortocircuitos
- Descargas eléctricas atmosféricas

Se han de establecer las siguientes normas de protección:

- a) Protección contra sobrecargas. El límite de intensidad admisible en un conductor ha de quedar en todo momento garantizado por el dispositivo de protección utilizado. Deberá estar constituido por un interruptor automático de corte omnipolar con curva térmica de corte o por cortocircuitos fusibles calibrados.



- b) Protección contra cortocircuitos. En el origen de todo circuito se establecerá un dispositivo de protección contra cortocircuitos con capacidad de corte adecuada para la intensidad de cortocircuito que pueda presentarse.

Seguiremos estas normas y emplearemos interruptores automáticos para proteger la instalación. Además, cuando los pongamos en serie nos aseguraremos de que solamente se dispare el que esté inmediatamente antes del punto defectuoso, ya que de lo contrario estaríamos cortando la alimentación a más líneas que están funcionando correctamente. Solo en caso de que dicho interruptor falle se accionará el que esté aguas arriba a este.

5.2.1 PROTECCIÓN CONTRA SOBRECARGAS

Debemos proteger la instalación de forma que no permita que circule una intensidad superior a la nominal de la línea en cuestión, ya que si lo hace durante un tiempo suficientemente largo provocará grandes daños. La sobrecarga aumentará la temperatura de los conductores, llegando a quemar los aislantes, algo muy peligroso en una instalación eléctrica. Por ello, los aparatos de protección que emplearemos para proteger la instalación de sobrecargas funcionarán midiendo la temperatura de la línea a proteger.

5.2.2 PROTECCIONES CONTRA CORTOCIRCUITOS

En los casos en que se produzcan cortocircuitos lo que interesa es una interrupción rápida de la corriente por el punto más cercano al cortocircuito, al igual que sucedía con las sobrecargas. Los cortocircuitos suelen tener unos valores iniciales de intensidad muy altos que se atenúan con el tiempo. Los aparatos de corte deben estar dimensionados de forma que su capacidad de corte sea la adecuada para la intensidad de cortocircuito que pueda aparecer en la línea en cuestión. Sin embargo, a diferencia de cómo sucede con las protecciones contra sobrecarga, la norma ITC-BT-22 permite proteger solo la línea principal de una serie de circuitos derivados contra cortocircuitos, mientras que cada uno de los circuitos derivados debe estar protegido contra sobrecargas.



5.2.3 PROCESO PARA EL CÁLCULO DE LAS CORRIENTES DE CORTOCIRCUITO MÁXIMAS

Pasemos a explicar cómo se calcula el valor de la intensidad de las corrientes de cortocircuito máximas. Con la intensidad de cortocircuito máxima podremos determinar el poder de corte de los interruptores. Generalmente la intensidad de cortocircuito máxima corresponde a la producida por un defecto trifásico, y se mira en los bornes de salida de la protección.

La corriente de cortocircuito máxima viene dada por las siguientes ecuaciones, dependiendo de si se dan en una línea trifásica o una monofásica:

$$I_{cc_{max}} = C * \frac{V_s}{\sqrt{3} * Z_d}$$

Línea trifásica

$$I_{cc_{max}} = C * \frac{V_s}{2 * Z_d}$$

Línea monofásica

Siendo:

$I_{cc_{m\acute{a}x}}$ = Corriente de cortocircuito máxima.

V_s = Tensión entre fases en vacío del secundario del transformador.

Z_d = Impedancia total por fase de la red aguas arriba del defecto en $m\Omega$.

C = Variación de tensión. Su valor viene dado por la siguiente tabla:

TENSIÓN NOMINAL	$I_{cc_{max}}$	$I_{cc_{min}}$
BT (230/400V)	1	0.95
AT (1-230KV)	1.1	1

Impedancia total por fase, Z_d :

Veamos cómo se calcula Z_d para poder calcular la corriente máxima de cortocircuito. En primer lugar debemos dividir en secciones toda la red que haya aguas arriba del defecto, y estudiar sus impedancias por separado. Resulta más fácil estudiar las impedancias calculando sus componentes resistiva e inductiva (R y X) por separado. De esta forma solo tendremos que



sumar los elementos resistivos e inductivos por separado, y calcular así la impedancia que forman:

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

Ahora veamos como calcular las resistencias e inducciones aguas arriba.

Resistencias, R:

Las únicas cargas resistivas que vamos a encontrarnos aguas arriba del defecto son las resistencias de los propios conductores, que se calculan con la siguiente ecuación:

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

Siendo:

R = Resistencia de la línea

L = Longitud de la línea

S = Sección del conductor

ρ = Resistividad del conductor, 1/56 en el caso del cobre (0,018)

Inductancias, X:

A diferencia de las resistencias, tenemos más impedancias que calcular aguas arriba.

Vayamos una a una:

- a) X_{red} : Se trata de la inductancia de la red de media tensión. Se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$X_{red_p} = \frac{V_p^2}{S_{cc}}$$



Siendo:

V_p = Tensión en el primario, es decir 13,2 KV

S_{cc} = Potencia de cortocircuito aparente de Iberdrola, es decir 350 MVA (dato suyo)

Sin embargo, de esta forma estamos calculando el valor de la inductancia referida al primario. Para referirla al secundario haremos lo siguiente:

$$X_{red_s} = X_{red_p} * \left(\frac{V_s}{V_p}\right)^2 = \frac{V_p^2}{S_{cc}} * \left(\frac{V_s}{V_p}\right)^2$$

Siendo V_s la tensión en el secundario, es decir 400V.

b) X_t : La inductancia del transformador. Se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$X_t = V_{cc} * \frac{V_s^2}{S_n}$$

Siendo:

V_{cc} = 4% (dato del transformador de 630KVA)

S_n = Potencia aparente del transformador, es decir 630 KVA

En nuestro caso, como tenemos dos transformadores en paralelo, tendremos que calcular al mismo tiempo la equivalente de ambos.

c) X_{aut} : Es la suma de las inductancias de los interruptores automáticos que nos encontremos cada aguas arriba. Tomamos que uno de ellos tiene un valor de 0.00015 jΩ.



5.2.4 PROCESO PARA EL CÁLCULO DE LAS CORRIENTES NOMINALES

Antes de pasar a poder determinar la curva de las protecciones, pasemos a calcular las corrientes nominales. Las corrientes nominales vienen a indicarnos el calibre de las protecciones, y tomaremos el valor normalizado que más se ajuste. Las corrientes nominales toman valor entre la intensidad reglamentaria y la intensidad admisible:

$$I_{reg} < I_n < I_{admissible}$$

Intensidad reglamentaria, I_{reg} :

Es la intensidad que se prevé que va a circular por la línea de acuerdo con la previsión de cargas. Nosotros emplearemos la calculada anteriormente al determinar la sección de los conductores en el documento cálculos.

Intensidad admisible, $I_{admissible}$:

Es la intensidad máxima que puede soportar el conductor sin sufrir daños. Podemos obtener su valor de la norma ITC-BT-19, en la tabla 2, o con la propia información que nos de el fabricante.

Teniendo ambas intensidades tan solo debemos escoger el valor normalizado más bajo (por ahorro económico) que se encuentre entre ambas, y ese será el calibre de la protección a emplear.

5.2.5 PROCESO PARA EL CÁLCULO DE LAS CORRIENTES DE CORTOCIRCUITO MÍNIMAS

A continuación pasaremos a explicar cómo calcular el valor de las intensidades de cortocircuito mínimas. Con la corriente de cortocircuito mínima podremos determinar el tipo de curva del interruptor. Generalmente la intensidad de cortocircuito mínima corresponde a la producida por un defecto fase-neutro, o entre fases en caso de no haber neutro, producido en el extremo del circuito protegido, es decir al final de la línea.



La intensidad de cortocircuito mínima viene dada por la siguiente ecuación:

$$I_{cc_{\min}} = \frac{C * V_s * \sqrt{3}}{|Z_d + Z_i + Z_o|}$$

Dado que $Z_d \simeq Z_i$, podemos simplificar los cálculos a:

$$I_{cc_{\min}} = \frac{C * V_s * \sqrt{3}}{|2 * Z_d + Z_o|}$$

Dónde:

$I_{cc_{\min}}$ = Corriente de cortocircuito mínima.

V_s = Tensión entre fases en vacío del secundario del transformador

Z_d = Impedancia total por fase de la red aguas arriba del defecto en $m\Omega$ a temperatura de cortocircuito.

Z_o = Impedancia homopolar.

C = Variación de tensión. Su valor viene dado en la tabla dada anteriormente.

Impedancia a temperatura de cortocircuito, Z_d :

El cálculo de dicha impedancia variará ligeramente dependiendo del conductor que se vaya a emplear en cada línea, debido al aislamiento:

-En caso de emplear XLPE, la variación de temperatura será de 230º (250º - 20º)

-En caso de emplear PVC, la variación de temperatura será de 140º (160º - 20º)

$$\text{XLPE:} \quad R_{l250^\circ} = R_{l20^\circ} * (1 + \alpha * \Delta T)$$

$$\text{PVC:} \quad R_{l160^\circ} = R_{l20^\circ} * (1 + \alpha * \Delta T)$$

Siendo $\alpha = 0,004$.



La componente inductiva de la Z_d permanecerá igual que antes, por lo que con los nuevos valores de las resistencias de línea ya podemos calcular la nueva Z_d .

Impedancia homopolar, Z_o :

La impedancia homopolar equivale a la siguiente ecuación:

$$Z_o = (3R + X_t + 3X_{aut})$$

Siendo:

R = La resistencia total aguas arriba del punto de defecto.

X_t = La inductancia del transformador.

X_{aut} = La inductancia total de los aparatos de protección aguas arriba del punto de defecto.

5.3- PROTECCIÓN CONTRA SOBRETENSIONES

Limitaremos los problemas causados por las sobretensiones en la instalación eléctrica gracias a la puesta a tierra de la misma. Se realizará un estudio exhaustivo de las diferentes opciones disponibles y la solución adoptada finalmente en un capítulo aparte del presente proyecto, ya que la puesta a tierra de la instalación merece ser examinada detenidamente.

5.4- PROTECCIÓN CONTRA CONTACTOS DIRECTOS E INDIRECTOS

Siempre que existe entre dos puntos una diferencia de potencial y un elemento conductor los une entre sí, se establecerá una corriente eléctrica entre ellos. La circulación de la corriente por las personas se puede producir de dos formas posibles:

- a) Cuando las personas se pongan en contacto con una parte eléctrica que normalmente estará en tensión (contacto directo) debido a que un conductor descubierto se ha hecho accesible por ruptura, defecto de aislamiento, etc.



- b) Cuando la persona se pone en contacto con una parte metálica accidentalmente bajo tensión (contacto indirecto), como puede ser la carcasa conductora de un motor o máquina, etc., que puedan quedar bajo tensión por defecto de aislamiento por confusión en la conexión del conductor de protección con el de fase activa.

Veamos pues como podemos prevenir ambos contactos.

5.4.1 PROTECCIÓN CONTRA CONTACTOS DIRECTOS

Para considerar satisfecha en las instalaciones la protección contra contactos directos se llevará a cabo alguno de los métodos indicados en la Norma UNE 20.460:

- Recubrimiento de las partes activas de la instalación por medio de un aislamiento apropiado capaz de conservar sus propiedades con el tiempo y que limite la corriente a un valor no superior a 1 mA.

- Protección por medio de barreras o envolventes; las partes activas se situarán en el interior de las envolventes o detrás de las barreras que posean, como mínimo, el grado de protección IP XXB según UNE 20.324.

- Protección por medio de obstáculos que impidan todo contacto accidental con las partes activas de la instalación. Esta medida no garantiza una protección completa y su aplicación se limita, en la práctica, a los locales de servicio eléctrico sólo accesibles al personal autorizado.

- Protección por alejamiento de las partes activas de la instalación a una distancia tal del lugar donde las personas habitualmente se encuentren o circulen que no sea posible un contacto fortuito con las manos por la manipulación de objetos conductores cuando estos se utilicen habitualmente cerca de la instalación. Esta medida no garantiza una protección completa y su aplicación se limita, en la práctica, a los locales de servicio eléctrico sólo accesibles al personal autorizado.

- Protección complementaria por dispositivos de corriente diferencial residual; el empleo de dispositivos de corriente diferencial-residual, cuyo valor de corriente diferencial asignada de funcionamiento sea inferior o igual a 30 mA se reconoce como medida de



protección complementaria en caso de fallo de otra medida; tales dispositivos no constituyen por sí mismos una medida de protección completa.

En la instalación se adoptará principalmente que todos los conductores activos estarán recubiertos por aislamientos apropiados. Además, las líneas de alumbrado, tomas de corriente y motores, salvo las de los equipos de frío, serán protegidas adicionalmente mediante interruptores diferenciales. Este es un método de protección adicional, y la razón por la que no se empleará este mismo método con las líneas del cuadro general y las de los equipos de frío es que resulta difícil encontrar diferenciales del amperaje requerido, además de ser estos muy costosos.

5.4.2. PROTECCIÓN CONTRA CONTACTOS INDIRECTOS

Para la elección de las medidas de protección contra contactos indirectos, se tendrá en cuenta la naturaleza de los locales, las masas y los elementos conductores, la extensión e importancia de la instalación, etc.

Las medidas de protección contra contactos indirectos dependen del esquema de distribución. Siendo en este caso un esquema TT las características y prescripciones serán las siguientes:

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

Se cumplirá la siguiente condición:

$$R_A * I_A < U$$



Siendo:

R_A = suma de las resistencias de toma de tierra y de los conductores de protección de las masas.

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

U = tensión de contacto límite convencional.

Los dispositivos de protección utilizados en el esquema TT son los siguientes:

- Dispositivos de protección de corriente diferencial residual.
- Dispositivos de protección de máxima corriente, en este caso interruptores automáticos.

Con miras a la selectividad pueden instalarse dispositivos de corriente diferencial-residual temporizada, en serie con dispositivos de protección diferencial-residual de tipo general, con un tiempo de funcionamiento como máximo igual a 1s.

5.5- CUADROS DE PROTECCIÓN

Los armarios deberán tener espacio suficiente para alojar el número de protecciones correspondiente. Además, el cuadro general dispondrá de un 30% de su capacidad libre. De esta forma no será necesario realizar ningún cambio en caso de ampliación de la instalación eléctrica, ya que el mismo armario dispondrá aun de espacio para alojar nuevas protecciones para futuras líneas nuevas.

5.6- SOLUCIÓN ADOPTADA

La solución adoptada consiste en colocar un interruptor general automático a la entrada del cuadro general de distribución; a la salida de cada línea se colocarán un interruptor magnetotérmico. Además, en la salida de cada línea de los cuadros secundarios se colocará también un interruptor diferencial, salvo en las líneas a los equipos de frío.

En los cuadros auxiliares se colocará un interruptor de corte o un seccionador de corte en carga a la entrada del cuadro; a la salida de cada línea se colocarán un interruptor magnetotérmico y un interruptor diferencial.



Se instalarán interruptores diferenciales de diferentes sensibilidades según sea el caso:

En líneas de fuerza $I_s = 300 \text{ mA}$.

En líneas de alumbrado $I_s = 30 \text{ mA}$.

Estos interruptores irán asociados a las puestas a tierra de las masas.

Los elementos de protección utilizados son de la marca ABB y Schneider. En su elección se tendrá en cuenta, el calibre, el poder de corte, y las curvas de limitación de los mismos que aparecen en los catálogos comerciales.

La protección diferencial se incluye en todas las derivaciones del embarrado y cuadros auxiliares que siguen a estas derivaciones, de forma que no pueda tener lugar ninguna electrocución o defecto peligroso.

La protección diferencial debe ser selectiva para lo cual se debe dotar a los diferenciales situados en cabecera de línea del retraso correspondiente en función de los diferenciales colocados en dichas líneas aguas abajo, o instalando aguas arriba diferenciales de menor sensibilidad.

Este es un resumen de las protecciones que se han seleccionado para cada línea de la instalación:

CUADRO GENERAL

ENTRADA:

Interruptor automático magnetotérmico:

- Calibre: 1250A
- Poder de corte: 50kA
- Curva de disparo: C
- Polos: III+N

SALIDAS:

Línea a cuadro auxiliar 1:

Interruptor automático magnetotérmico:



- Calibre: 250A
- Poder de corte: 25kA
- Curva de disparo: C
- Polos: III+N

Línea a cuadro auxiliar 2:

Interruptor automático magnetotérmico:

- Calibre: 250A
- Poder de corte: 15kA
- Curva de disparo: C
- Polos: III+N

Línea a cuadro auxiliar 3:

Interruptor automático magnetotérmico:

- Calibre: 320A
- Poder de corte: 36kA
- Curva de disparo: C
- Polos: III+N

Línea a cuadro auxiliar 4:

Interruptor automático magnetotérmico:

- Calibre: 320A
- Poder de corte: 50kA
- Curva de disparo: C
- Polos: III+N

Línea a cuadro auxiliar 5:

Interruptor automático magnetotérmico:

- Calibre: 250A
- Poder de corte: 25kA
- Curva de disparo: C
- Polos: III+N

Línea a alumbrado de C.T.:

Interruptor automático magnetotérmico:

- Calibre: 3A
- Poder de corte: 10kA
- Curva de disparo: C
- Polos: I+N

Interruptor diferencial:

- Calibre: 25A
- Sensibilidad: 30mA

Polos: I+N Línea a alumbrado de emergencia de C.T.:

Interruptor automático magnetotérmico:

- Calibre: 0,5A
- Poder de corte: 10kA
- Curva de disparo: C
- Polos: I+N

Interruptor diferencial:

- Calibre: 25A
- Sensibilidad: 30mA
- Polos: I+N



Línea a toma de corriente monofásica de C.T.:

Interruptor automático magnetotérmico:

- Calibre: 20A
- Poder de corte: 10kA
- Curva de disparo: C
- Polos: I+N

Interruptor diferencial:

- Calibre: 25A
- Sensibilidad: 30mA
- Polos: I+N

Línea a batería de condensadores:

Interruptor automático magnetotérmico:

- Calibre: 320A
- Poder de corte: 36kA
- Curva de disparo: C
- Polos: III+N

CUADRO AUXILIAR 1: ILUMINACIÓN

ENTRADA:

Interruptor automático magnetotérmico:

- Calibre: 250A
- Poder de corte: 25kA
- Curva de disparo: C
- Polos: III+N

SALIDAS:

Línea Cámara 1:

Interruptor automático magnetotérmico:

- Calibre: 20A
- Poder de corte: 10kA
- Curva de disparo: C
- Polos: I+N

Interruptor diferencial:

- Calibre: 25A
- Sensibilidad: 30mA
- Polos: I+N

Línea Cámara 2:

Interruptor automático magnetotérmico:

- Calibre: 16A
- Poder de corte: 10kA
- Curva de disparo: C
- Polos: I+N

Interruptor diferencial:

- Calibre: 25A
- Sensibilidad: 30mA
- Polos: I+N

**Línea Cámara 3:**

Interruptor automático magnetotérmico:

- Calibre: 10A
- Poder de corte: 10kA
- Curva de disparo: B
- Polos: I+N

Interruptor diferencial:

- Calibre: 25A
- Sensibilidad: 30mA
- Polos: I+N

Línea Cámara 4:

Interruptor automático magnetotérmico:

- Calibre: 10A
- Poder de corte: 10kA
- Curva de disparo: B
- Polos: I+N

Interruptor diferencial:

- Calibre: 25A
- Sensibilidad: 30mA
- Polos: I+N

Línea Cámara 5:

Interruptor automático magnetotérmico:

- Calibre: 10A
- Poder de corte: 10kA
- Curva de disparo: C
- Polos: I+N

Interruptor diferencial:

- Calibre: 25A
- Sensibilidad: 30mA
- Polos: I+N

Línea Cámara 6:

Interruptor automático magnetotérmico:

- Calibre: 10A
- Poder de corte: 10kA
- Curva de disparo: B
- Polos: I+N

Interruptor diferencial:

- Calibre: 25A
- Sensibilidad: 30mA
- Polos: I+N

Línea Almacén 1:

Interruptor automático magnetotérmico:

- Calibre: 25A
- Poder de corte: 10kA
- Curva de disparo: D
- Polos: I+N



Interruptor diferencial:

- Calibre: 25A
- Sensibilidad: 30mA
- Polos: I+N

Línea Almacén 2:

Interruptor automático magnetotérmico:

- Calibre: 25A
- Poder de corte: 10kA
- Curva de disparo: D
- Polos: I+N

Interruptor diferencial:

- Calibre: 25A
- Sensibilidad: 30mA
- Polos: I+N

Línea Almacén 3:

Interruptor automático magnetotérmico:

- Calibre: 25A
- Poder de corte: 10kA
- Curva de disparo: D
- Polos: I+N

Interruptor diferencial:

- Calibre: 25A
- Sensibilidad: 30mA
- Polos: I+N

Línea Almacén 4:

Interruptor automático magnetotérmico:

- Calibre: 25A
- Poder de corte: 10kA
- Curva de disparo: D
- Polos: I+N

Interruptor diferencial:

- Calibre: 25A
- Sensibilidad: 30mA
- Polos: I+N

Línea Oficina:

Interruptor automático magnetotérmico:

- Calibre: 3A
- Poder de corte: 10kA
- Curva de disparo: C
- Polos: I+N

Interruptor diferencial:

- Calibre: 25A
- Sensibilidad: 30mA
- Polos: I+N



Línea Vestuarios:

Interruptor automático magnetotérmico:

- Calibre: 4A
- Poder de corte: 10kA
- Curva de disparo: C
- Polos: I+N

Interruptor diferencial:

- Calibre: 25A
- Sensibilidad: 30mA
- Polos: I+N

Línea Sala de Máquinas:

Interruptor automático magnetotérmico:

- Calibre: 6A
- Poder de corte: 10kA
- Curva de disparo: C
- Polos: I+N

Interruptor diferencial:

- Calibre: 25A
- Sensibilidad: 30mA
- Polos: I+N

Línea Sala de Herramientas:

Interruptor automático magnetotérmico:

- Calibre: 3A
- Poder de corte: 10kA
- Curva de disparo: C
- Polos: I+N

Interruptor diferencial:

- Calibre: 25A
- Sensibilidad: 30mA
- Polos: I+N

Línea Alumbrado de Emergencia:

Interruptor automático magnetotérmico:

- Calibre: 0,5A
- Poder de corte: 10kA
- Curva de disparo: C
- Polos: I+N

Interruptor diferencial:

- Calibre: 25A
- Sensibilidad: 30mA
- Polos: I+N

Línea Tomas Trifásicas:

Interruptor automático magnetotérmico:

- Calibre: 40A
- Poder de corte: 10kA
- Curva de disparo: B
- Polos: III+N



Interruptor diferencial:

- Calibre: 40A
- Sensibilidad: 300mA
- Polos: III+N

Línea Tomas Monofásicas 1:

Interruptor automático magnetotérmico:

- Calibre: 63A
- Poder de corte: 10kA
- Curva de disparo: C
- Polos: I+N

Interruptor diferencial:

- Calibre: 63A
- Sensibilidad: 30mA
- Polos: I+N

Línea Tomas Monofásicas 2:

Interruptor automático magnetotérmico:

- Calibre: 63A
- Poder de corte: 10kA
- Curva de disparo: C
- Polos: I+N

Interruptor diferencial:

- Calibre: 63A
- Sensibilidad: 30mA
- Polos: I+N

CUADRO AUXILIAR 2: EVAPORADORES Y PUERTAS

ENTRADA:

Interruptor automático magnetotérmico:

- Calibre: 250A
- Poder de corte: 15kA
- Curva de disparo: C
- Polos: III+N

SALIDAS:

Línea a Evaporador 1:

Interruptor automático magnetotérmico:

- Calibre: 20A
- Poder de corte: 10kA
- Curva de disparo: C
- Polos: III+N

Interruptor diferencial:

- Calibre: 25A
- Sensibilidad: 300mA
- Polos: III+N



Línea a Evaporador 2:

Interruptor automático magnetotérmico:

- Calibre: 16A
- Poder de corte: 10kA
- Curva de disparo: C
- Polos: III+N

Interruptor diferencial:

- Calibre: 25A
- Sensibilidad: 300mA
- Polos: III+N

Línea a Evaporador 3:

Interruptor automático magnetotérmico:

- Calibre: 16A
- Poder de corte: 10kA
- Curva de disparo: B
- Polos: III+N

Interruptor diferencial:

- Calibre: 25A
- Sensibilidad: 300mA
- Polos: III+N

Línea a Evaporador 4:

Interruptor automático magnetotérmico:

- Calibre: 16A
- Poder de corte: 10kA
- Curva de disparo: B
- Polos: III+N

Interruptor diferencial:

- Calibre: 25A
- Sensibilidad: 300mA
- Polos: III+N

Línea a Evaporador 5:

Interruptor automático magnetotérmico:

- Calibre: 16A
- Poder de corte: 10kA
- Curva de disparo: B
- Polos: III+N

Interruptor diferencial:

- Calibre: 25A
- Sensibilidad: 300mA
- Polos: III+N

Línea a Evaporador 6:

Interruptor automático magnetotérmico:

- Calibre: 16A
- Poder de corte: 10kA
- Curva de disparo: B
- Polos: III+N



Interruptor diferencial:

- Calibre: 25A
- Sensibilidad: 300mA
- Polos: III+N

Línea a Puertas Motorizadas:

Interruptor automático magnetotérmico:

- Calibre: 10A
- Poder de corte: 10kA
- Curva de disparo: B
- Polos: III+N

Interruptor diferencial:

- Calibre: 25A
- Sensibilidad: 300mA
- Polos: III+N

Línea Tomas Trifásicas:

Interruptor automático magnetotérmico:

- Calibre: 40A
- Poder de corte: 10kA
- Curva de disparo: B
- Polos: III+N

Interruptor diferencial:

- Calibre: 40A
- Sensibilidad: 300mA
- Polos: III+N

Línea Tomas Monofásicas:

Interruptor automático magnetotérmico:

- Calibre: 63A
- Poder de corte: 10kA
- Curva de disparo: D
- Polos: I+N

Interruptor diferencial:

- Calibre: 63A
- Sensibilidad: 30mA
- Polos: I+N

CUADRO AUXILIAR 3: EQUIPO DE FRÍO 1

ENTRADA:

Interruptor automático magnetotérmico:

- Calibre: 320A
- Poder de corte: 36kA
- Curva de disparo: C
- Polos: III+N

**SALIDAS:**

Línea a Equipo de Frío 1:

Interruptor automático magnetotérmico:

- Calibre: 250A
- Poder de corte: 25kA
- Curva de disparo: C
- Polos: III+N

Línea Alumbrado de Emergencia:

Interruptor automático magnetotérmico:

- Calibre: 0,5A
- Poder de corte: 10kA
- Curva de disparo: C
- Polos: I+N

Interruptor diferencial:

- Calibre: 25A
- Sensibilidad: 30mA
- Polos: I+N

Línea Tomas Trifásicas:

Interruptor automático magnetotérmico:

- Calibre: 40A
- Poder de corte: 10kA
- Curva de disparo: B
- Polos: III+N

Interruptor diferencial:

- Calibre: 40A
- Sensibilidad: 300mA
- Polos: III+N

Línea Tomas Monofásicas:

Interruptor automático magnetotérmico:

- Calibre: 63A
- Poder de corte: 10kA
- Curva de disparo: C
- Polos: I+N

Interruptor diferencial:

- Calibre: 63A
- Sensibilidad: 30mA
- Polos: I+N

CUADRO AUXILIAR 4: EQUIPO DE FRÍO 2**ENTRADA:**

Interruptor automático magnetotérmico:

- Calibre: 320A
- Poder de corte: 50kA
- Curva de disparo: C
- Polos: III+N

**SALIDAS:**

Línea a Equipo de Frío 1:

Interruptor automático magnetotérmico:

- Calibre: 250A
- Poder de corte: 25kA
- Curva de disparo: C
- Polos: III+N

Línea Alumbrado de Emergencia:

Interruptor automático magnetotérmico:

- Calibre: 0,5A
- Poder de corte: 10kA
- Curva de disparo: C
- Polos: I+N

Interruptor diferencial:

- Calibre: 25A
- Sensibilidad: 30mA
- Polos: I+N

Línea Tomas Trifásicas:

Interruptor automático magnetotérmico:

- Calibre: 40A
- Poder de corte: 10kA
- Curva de disparo: B
- Polos: III+N

Interruptor diferencial:

- Calibre: 40A
- Sensibilidad: 300mA
- Polos: III+N

Línea Tomas Monofásicas:

Interruptor automático magnetotérmico:

- Calibre: 63A
- Poder de corte: 10kA
- Curva de disparo: D
- Polos: I+N

Interruptor diferencial:

- Calibre: 63A
- Sensibilidad: 30mA
- Polos: I+N

CUADRO AUXILIAR 5: BOMBAS Y CONDENSADORES**ENTRADA:**

Interruptor automático magnetotérmico:

- Calibre: 250A
- Poder de corte: 25kA
- Curva de disparo: B
- Polos: III+N

**SALIDAS:**

Línea a Condensador de Aire Horizontal:

Interruptor automático magnetotérmico:

- Calibre: 50A
- Poder de corte: 10kA
- Curva de disparo: C
- Polos: III+N

Interruptor diferencial:

- Calibre: 63A
- Sensibilidad: 300mA
- Polos: III+N

Línea a Bombas de Recirculación:

Interruptor automático magnetotérmico:

- Calibre: 10A
- Poder de corte: 10kA
- Curva de disparo: D
- Polos: III+N

Interruptor diferencial:

- Calibre: 25A
- Sensibilidad: 300mA
- Polos: III+N

Línea a Bombas de Distribución:

Interruptor automático magnetotérmico:

- Calibre: 32A
- Poder de corte: 10kA
- Curva de disparo: D
- Polos: III+N

Interruptor diferencial:

- Calibre: 40A
- Sensibilidad: 300mA
- Polos: III+N

Línea Alumbrado de Emergencia:

Interruptor automático magnetotérmico:

- Calibre: 0,5A
- Poder de corte: 10kA
- Curva de disparo: C
- Polos: I+N

Interruptor diferencial:

- Calibre: 25A
- Sensibilidad: 30mA
- Polos: I+N

Línea Tomas Trifásicas:

Interruptor automático magnetotérmico:

- Calibre: 40A
- Poder de corte: 10kA
- Curva de disparo: B
- Polos: III+N



Interruptor diferencial:

- Calibre: 40A
- Sensibilidad: 300mA
- Polos: III+N

Línea Tomas Monofásicas 1:

Interruptor automático magnetotérmico:

- Calibre: 63A
- Poder de corte: 10kA
- Curva de disparo: D
- Polos: I+N

Interruptor diferencial:

- Calibre: 63A
- Sensibilidad: 30mA
- Polos: I+N

Línea Tomas Monofásicas 2:

Interruptor automático magnetotérmico:

- Calibre: 63A
- Poder de corte: 10kA
- Curva de disparo: D
- Polos: I+N

Interruptor diferencial:

- Calibre: 63A
- Sensibilidad: 30mA
- Polos: I+N



6 - CORRECCIÓN DEL FACTOR DE POTENCIA

6.1- INTRODUCCIÓN

Muchos de los aparatos receptores de una instalación eléctrica consumen energía reactiva además de la activa, como por ejemplo los motores. En nuestro caso, todos los aparatos de refrigeración, no solo los equipos de frío, sino también los evaporadores, condensadores de aire y bombas, además de las lámparas fluorescentes, consumen energía reactiva. El hecho de consumir energía reactiva implica que vaya a haber energía que no se vaya a aprovechar, generando pérdidas económicas. Además, corrigiendo el factor de potencia obtenemos otros beneficios adicionales en nuestra instalación eléctrica; podemos disponer de un mayor suministro de energía eléctrica con el mismo centro de transformación, ya que la potencia aparente disminuirá mientras la potencia activa se mantiene constante, reduciremos el calentamiento de los conductores y sufriremos una menor caída de tensión en las líneas.

Así pues, eliminar el consumo de la energía reactiva aporta demasiados beneficios como para no hacerlo. El consumo de energía reactiva depende únicamente del factor de potencia de los receptores, $\cos\phi$. A continuación veremos los diferentes medios de los que disponemos para compensar el factor de potencia, y estudiaremos los cálculos que deberemos realizar para ello.

6.2- MÉTODOS DE CORRECCIÓN DEL FACTOR DE POTENCIA

- 1- Compensadores giratorios. Son motores síncronos trabajando sobreexcitados. Proporcionan energía capacitiva.
- 2- Compensadores estáticos o condensadores. Pueden ser individualmente o en baterías de condensadores conectados adecuadamente. En el primer caso, la cantidad de energía compensada es constante. En el segundo se regula automáticamente, amoldándose al consumo de energía reactiva de la instalación en cada comento.



Estos son los dos métodos disponibles para compensar el factor de potencia de la instalación. Por supuesto, tener una instalación eléctrica bien diseñada también ayuda a que el factor de potencia sea menor de base, pero no se puede evitar por completo consumir energía reactiva solo con una correcta instalación eléctrica.

Además del método que se va a emplear, también debemos determinar dónde vamos a colocar los aparatos de compensación. Estudiemos las distintas posibilidades:

- a) Instalación centralizada en la cabecera: El primer beneficio es económico ya que sólo habrá que instalar un equipo, se consigue una compensación que abaratará la factura eléctrica.
- b) Instalación centralizada en cuadros secundarios: Aunque hay que adquirir mayor número de equipos, la compensación es más precisa, ya que los escalones de compensación se hacen para unidades de instalación menores. No sólo se consigue mejorar la factura eléctrica, sino que también se bajan los niveles de carga de las líneas y, con lo cual se reducen las caídas de tensión en las líneas que alimentan a los cuadros.
- c) Compensación descentralizada en cargas: Es posible que haya que adquirir más equipos que en cualquiera de las otras, pero éstos serán más económicos ya que serán más pequeños y, cuando se traten de los que directamente compensan las cargas no hará falta que tengan una compensación automática, si no que podrán ser condensadores fijos. Otra ventaja es que, al igual que con la otra compensación descentralizada, se disminuye la corriente por la líneas, con lo que se reduce la caída de tensión. También se reduce la factura eléctrica por desaparecer las penalizaciones y haber un menor consumo. Es el punto idóneo para hacer una compensación, carga a carga, pero es un sistema caro que sólo interesa hacer (desde el punto de vista económico) en instalaciones con grandes cargas.



6.3- SOLUCIONES ADOPTADAS

De los dos métodos de compensación de factor de potencia se ha optado por dimensionar una batería de condensadores para poder compensar diferentes factores de potencia automáticamente, ya que no siempre será el mismo, puesto que no siempre tendremos las mismas máquinas consumiendo energía reactiva. Habrá momentos en los que el evaporador de alguna cámara frigorífica esté apagada, por ejemplo por razones de mantenimiento, modificándose así significativamente el factor de potencia.

Además, se ha decidido realizar la instalación de la batería de condensadores en la cabecera de la instalación. De esta forma nos ahorramos tener que realizar la compra de nuevos aparatos de compensación.

6.4- CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL EQUIPO DE COMPENSACIÓN AUTOMÁTICA

Batería de condensadores elegida:

Fabricante: Schneider

Modelo: VARSET ESTÁNDAR

Referencias

Q (kVAr)	Composición kVAr (nº grupos x kVAr)	Medidas	Peso	Tensión de red (V)
210	14 x 15	1100x800x600	85kg	400

Características:

Tensión asignada: 400/415 V trifásicos, 50 Hz.

Tolerancia sobre el valor de la capacidad: -5, +10%.

Nivel de aislamiento: 0,69 KV.

Corriente máxima admisible: 1,3 In (400 V).

Grado de protección: IP 31.

Auto transformador 400 / 230 integrado

Normas: EN 60439-1, IEC 60439-1, IEC 61921



7 - PUESTA A TIERRA DE LA INSTALACIÓN

7.1- INTRODUCCIÓN

De acuerdo con el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión, ITC-BT-18:

Las puestas a tierra se establecen principalmente con objeto de limitar la tensión que, con respecto a tierra, puedan presentar en un momento dado las masas metálicas, asegurar la actuación de las protecciones y eliminar o disminuir el riesgo que supone una avería en los materiales eléctricos utilizados. Durante el transcurso de las perturbaciones, los equipos de una misma instalación deben quedar al mismo potencial, siendo muy importante la necesidad de corregir pequeños valores de puesta a tierra, con el fin de obtener la equipotencialidad.

Físicamente, la puesta a tierra consiste en conectar directamente y sin ningún tipo de protección una parte del circuito o una parte conductora no perteneciente a este mediante una toma de tierra con un electrodo o grupo de electrodos enterrados en el suelo. El objetivo de esta instalación es conseguir que en el conjunto de instalaciones, edificios y superficie próxima del terreno no aparezcan diferencias de potencial peligrosas, y al mismo tiempo permitir el paso a tierra de las corrientes de defecto o las descargas de origen atmosférico.

7.2- ESTUDIO DE LA PUESTA A TIERRA

Estas corrientes pasan por el terreno, creando diferencias de potencial en la superficie que podrían llegar a ser peligrosas para las personas. Se deberá realizar un estudio de la puesta a tierra que tenga en cuenta lo siguiente:

- La seguridad de las personas.
- La protección de las instalaciones y de los equipos sensibles.
- Un potencial de referencia.



Para poder realizar dicho estudio se requerirán los siguientes datos de partida:

- Los elementos que forman las instalaciones.
- Las diferentes fuentes de corriente que las solicitan.
- Las respuestas de los diferentes elementos a estas diferentes fuentes.
- El terreno y sus características (composición, temperatura, humedad etc.)

7.3- COMPONENTES DE UNA PUESTA A TIERRA

Una puesta a tierra consta de 5 elementos a tener en cuenta:

- El terreno
- Las tomas de tierra
- La línea principal de tierra
- Las derivaciones de las líneas principales de tierra
- Los conductores de protección

A continuación analizaremos dichos elementos para conocer las diferentes opciones que tenemos o qué habrá que tener en cuenta de cada uno de ellos a la hora de realizar cálculos.

1) El terreno.

El terreno tiene la función de disipar corrientes de defecto o descargas de origen atmosférico, y es el elemento clave de una puesta a tierra. De acuerdo con la instrucción MIE-RAT-13 deberemos realizar una investigación de las características eléctricas del terreno para realizar el proyecto de una instalación de puesta a tierra. En particular, nos interesa calcular su resistividad, en ohmios por metro.

Los terrenos no son heterogéneos, y deberemos buscar una resistividad aparente que podamos considerar su valor medio. Para ello habrá que tener en cuenta varias características del terreno en cuestión:



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

2) Tomas de tierra.

La toma de tierra une el terreno con el circuito instalado en el interior de la nave. Se divide en 3 partes:

1.- *Electrodos.*

Se trata de masas metálicas que se encuentra en contacto permanente con el terreno. Su función es facilitar el paso de las corrientes de defecto, o la carga eléctrica que pueda tener al terreno.

Existen electrodos naturales y artificiales. Los electrodos naturales generalmente suelen ser conducciones metálicas enterradas, como conducciones de agua. Los electrodos artificiales pueden ser picas, tubos, placas metálicas, cables, u otros perfiles que a su vez puedan combinarse formando anillos o mallas.

La característica más importante de los electrodos es la superficie que tiene en contacto con el terreno. Nos interesa que sea lo mayor posible, y nunca deberá ser inferior a un cuarto de la sección del conductor de la línea de tierra principal.

Por otro lado, también es importante que el material del que esté hecho el electrodo sea resistente a la corrosión y a los efectos de la humedad.



2.- Líneas de enlace con tierra.

Se trata del conductor que une al electrodo, conjunto de electrodos o anillo, con el punto de puesta a tierra. Deben ser de cobre u otro metal de alto punto de fusión. Generalmente se opta por el cobre, y en su caso la sección mínimo ha de ser de 35mm².

3.- Punto de puesta a tierra.

Sirve para unir la línea de enlace con tierra y la línea principal de tierra. Se trata del único componente de la toma de tierra que se encuentra fuera del terreno, y es un elemento de conexión normal, como por ejemplo una regleta. El número de puntos de puesta a tierra conectados al mismo electrodo o conjunto de ellos dependerá del tipo de instalación.

3) Línea principal de tierra.

Está formada por conductores de cobre. Une los puntos de puesta a tierra con las derivaciones que haya de las masas y demás elementos para unirlos a tierra. Se dimensionarán para la máxima corriente de falta previsible, y en ningún caso su sección será inferior a 16 mm².

Se instalará realizando el recorrido más corto posible, pero evitando cambios bruscos de dirección caminos más cortos y evitando los cambios bruscos de dirección. Además, estarán protegidos contra la corrosión y los desgastes mecánicos.

4) Derivaciones de las líneas principales de tierra.

Son los conductores que unen eléctricamente la línea principal de tierra con los conductores de protección o con las masas significativas del edificio. Serán de cobre o de otro metal de elevado punto de fusión, y su dimensionamiento viene dado en la instrucción ITC-BT-18.

5) Conductores de protección.

Son los conductores de cobre encargados de unir eléctricamente las masas de una instalación y de los aparatos eléctricos con las derivaciones de la línea principal de tierra. Su función es la de proteger contra contactos indirectos



El dimensionamiento de estos conductores, viene dado en función de la sección del conductor de fase de la instalación que protege, según la ITC BT 18:

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

7.4- ELEMENTOS A CONECTAR A LA TOMA DE TIERRA

Se deben conectar a los puntos de puesta a tierra todos los elementos metálicos o elementos susceptibles de ponerse en tensión para conseguir una gran red equipotencial dentro del edificio y en contacto con tierra. De acuerdo con la Norma Tecnológica de la Edificación, estas son los elementos a conectar a tierra en un edificio:

- a) La instalación de pararrayos, según NTE-IPP: Pararrayos
- b) La instalación de antena colectiva de TV y FM, según NTE-IAA: Antenas
- c) Los enchufes eléctricos y las masas eléctricas comprendidas en los aseos y baños, según NTE-IEB: baja tensión
- d) Las instalaciones de fontanería, gas y calefacción, depósitos, calderas, guías de aparatos elevadores y en general todo elemento metálico importante, según NTE-IEB: baja tensión
- e) Las estructuras metálicas y armaduras de muros y soportes de hormigón

El límite de tensión admisible entre una de estas masas cualquiera en relación a tierra, o entre masas distintas, nos viene definido en la instrucción 18 del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión:

Locales húmedos	24 voltios.
Locales secos	50 voltios.



Estos valores son los máximos que se supone soporta el cuerpo humano sin alteraciones significativas.

7.5- SOLUCIÓN ADOPTADA

El electrodo de puesta a tierra está formado por un conductor de cobre de 50 mm² desnudo y enterrado a una profundidad de 0.8 m. El conductor forma un anillo alrededor de la nave, y en cada vértice y equidistante a ellos habrá una pica de acero recubierto de cobre de 14 mm de diámetro y 2 metros de longitud.

Habrán un total de 8 picas, y toda la red estará unida al mallazo metálico de cimentación y a los pilares metálicos. Todas las uniones se realizarán mediante soldadura aluminio-térmica. En cada pica se pondrá una arqueta de registro para poder comprobar el buen estado de las picas y de las conexiones al anillo de cobre desnudo.

El anillo de puesta a tierra se conectará al borneo principal de tierra del cuadro general a través de una caja de seccionamiento y medida de puesta a tierra situada junto al cuadro, desde donde partirán las derivaciones a los cuadros auxiliares de distribución y de estos partirán los conductores de protección a los distintos receptores (alumbrado de la nave, tomas de corriente y maquinaria).

Los conductores de tierra se distinguirán fácilmente de los conductores activos por el color amarillo-verde.



8 - CENTRO DE TRANSFORMACIÓN

8.1- INTRODUCCIÓN

Se instalará el centro de transformación en una sala apartada de la propia nave industrial, con dimensiones y características adecuadas para su alojamiento. El centro de transformación será propiedad de la empresa, y a través de él se realizará la alimentación de todos los circuitos de la nave. En el propio centro de transformación se encuentran tanto los transformadores como todos los elementos de unión entre la acometida a 13.2 KV y los mismos. Además cumplirá con todas las exigencias de la reglamentación vigente.

Puesto que se trata de una nave industrial con fines de almacenamiento en cámaras frigoríficas, no se puede consentir que por una avería del transformador se estropee todo el material almacenado. Por ello, se cubrirán las necesidades de la instalación mediante dos transformadores de 630 KVA en paralelo en vez de uno, de forma que en caso de avería los equipos de frío sigan en perfecto funcionamiento mientras se soluciona el problema. De esta manera se evitarían posibles grandes pérdidas para la empresa.

La propia nave es el único cliente que empleará la energía transformada en el centro de transformación, dicho centro se clasifica como centro de transformación de abonado. A él llegará la acometida subterránea a Media Tensión a 13,2 KV de Iberdrola, a 50 Hz.

En cuanto a las medidas de seguridad a tomar, se colocarán rótulos indicadores, extintores, equipos para primeros auxilios, etc., de conformidad con las Normas del Reglamento de centros de Transformación en vigor.



8.2- REGLAMENTACIÓN Y DISPOSICIONES OFICIALES

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

- Reglamento sobre Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación (RCE, Ministerio de Industria y Energía, Real Decreto 3275/1982)
- Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión e Instrucciones Técnicas Complementarias (Real Decreto 842/2002, de agosto de 2002).
- Reglamento de Verificaciones Eléctricas y Regularidad en el Suministro de Energía Eléctrica (Real Decreto 1075/1986 de 2 de mayo de 1986).
- Normas UNE y Recomendaciones UNESA que sean de aplicación.
- Normas particulares de Iberdrola.
- Condiciones impuestas por las entidades públicas afectadas.

8.3- LOCAL

El centro de transformación estará ubicado en un local de la nave destinado exclusivamente a su alojamiento, situado en una esquina de la nave, junto a la sala de máquinas. El centro de transformación se construirá empleando diferentes elementos de la marca Schneider.

El acceso al centro de transformación estará restringido al personal de la Compañía Eléctrica suministradora y al personal de mantenimiento especialmente autorizado. Se dispondrá de una puerta peatonal cuyo sistema de cierre permitirá el acceso a ambos tipos de personal, teniendo en cuenta que el primero lo hará con la llave normalizada por la Compañía Eléctrica. El local debe cumplir con la norma básica de la edificación NBE-CPI-82.



El local deberá cumplir con todo lo exigido por la normativa vigente para alojar el centro de transformación en condiciones adecuadas. Se dispondrá de un acceso con dimensiones suficientes para su transporte al interior del edificio.

8.4- RED DE ALIMENTACIÓN

La red de alimentación al centro de transformación será de tipo subterráneo a una tensión de 13,2 KV y 50 Hz de frecuencia. La potencia de cortocircuito máxima de la red de alimentación será de 500 MVA según datos suministrados por la compañía suministradora.

8.5- CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LOS TRANSFORMADORES

Para la construcción del centro de transformación se han escogido dos transformadores marca Schneider de la gama INTEGRAL. Estos son los datos técnicos más relevantes:

- Transformador en baño de aceite
- Potencia: 630 KVA
- Tensión en primario: 13.200/20.000 V
- Tensión en secundario: 420 V (en vacío)
- Tensión de cortocircuito: 4%
- Rendimiento (carga 100%, $\cos\varphi=1$): 98,82%
- Dimensiones: 1449x929x1696
- Peso: 2.160 kg

Además, los transformadores escogidos cuenta también con las siguientes características y elementos a destacar:

Cuba elástica:

El recipiente que encierra el líquido refrigerante, llamado cuba elástica, está constituido en su totalidad por chapa de acero. Las paredes laterales de dicha cuba están formadas por aletas en forma de acordeón que permiten disipar adecuadamente el calor producido por las pérdidas,



debido al buen factor de disipación térmico obtenido. Cuando el transformador se pone en servicio, se eleva la temperatura del líquido aislante, y en consecuencia aumenta el volumen de éste, siendo precisamente las aletas de la cuba las que se deforman elásticamente para compensar el aumento de volumen del líquido aislante, siendo capaz de soportar los efectos de una variación de temperatura de hasta 100 K sin que se produzcan deformaciones permanentes en la misma.

Relé de protección:

La seguridad del transformador está garantizada con un relé que integra las siguientes funciones de protección:

- Detección de emisión de gases del líquido dieléctrico, debida a la descomposición provocada por el calor o arco eléctrico que pudiera producirse en el interior de la cuba.
- Detección de un descenso accidental del nivel del dieléctrico (disparo).
- Detección de un aumento excesivo de la presión que se ejerce sobre la cuba (disparo).
- Lectura de la temperatura del líquido dieléctrico (contactos de alarma y disparo regulables).
- Visualización de líquido por medio de un pequeño flotador. En la parte superior se dispone de un tapón de llenado y otro para la toma de muestras.
- Índice de protección IEC 60529: IP66
- Índice de resistencia a los choques (EN 50102): IK07

Termómetro de esfera:

El termómetro de esfera es un medio de control de la temperatura del aceite en su franja más caliente, es decir, en la superficie interior de la tapa del transformador permitiendo, al mismo tiempo, conocer su estado de carga. La incorporación de un circuito de alarma (aguja azul) y un circuito de disparo (aguja roja) facilitan el control de la temperatura del aceite cuando llega a alcanzar valores peligrosos.

**Pasatapas:**

Todos los pasatapas de tipo abierto, instalados en los transformadores, cumplen con la normativa UNE-EN 50180 en MT y UNE-EN 50386 en BT. Estos son fácilmente recambiables sin necesidad de desencubar el transformador. Tanto los pasatapas de AT como los de BT son de porcelana con el exterior vidriado en color marrón y presentan el aspecto y las cotas que se muestran en las figuras.

Instalación en fábrica:

Esto evita el desencubado si el cambio de conmutación ha de realizarse por bornas bajo tapa.

Cumplimiento de la normativa:

Los transformadores cumplen las siguientes normas:

- UNE 20110
- UNE 21428
- UNE-EN 50180
- UNE-EN 50386

Además, han sido sometidos a los siguientes ensayos:

- Ensayos de medida de:
 - Resistencia óhmica de los arrollamientos
 - Relación de transformación y grupo de conexión
 - Pérdidas y corriente de vacío
 - Pérdidas debidas a la carga
 - Tensión de cortocircuito
- Ensayos dieléctricos:
 - Ensayo por tensión aplicada a frecuencia industrial
 - Ensayo por tensión inducida



8.6- CELDAS MODULARES

Para realizar la parte de media tensión del centro de transformación, se instalarán en el mismo las siguientes celdas modulares de la marca Schneider:

- Una celda IM de llegada marca Schneider.
- Una celda PMBD de interruptor-fusibles asociados con salida inferior derecha marca Schneider.
- Una celda GBC-A de medida de tensión e intensidad con entrada inferior izquierda y salida superior derecha marca Schneider.
- Dos celdas DM1-C de interruptor automático protección y salida de línea. Cada uno de ellos lleva a uno de los transformadores.

Estas son las características de las celdas modulares SM6:

Celda IM:

Se trata de una celda de entrada o salida. En nuestro caso se empleara de entrada. Los cables de la acometida llegarán hasta ella. Su función es básicamente esa, recibir los cables de acometida.

Equipo base:

- Interruptor-seccionador (SF6).
- Seccionador de puesta a tierra con poder de cierre (SF6).
- Juego de barras tripolar.
- Mando CIT manual.
- Dispositivo con bloque de 3 lámparas de presencia de tensión.
- Bornes para conexión de cable seco unipolar de sección igual o inferior a 400 mm².

Celda PMBD:

Es una celda de protección general. Se coloca justo a continuación de la celda de entrada IM y su función es proteger el resto de la instalación.



Equipo base:

- Interruptor seccionador (SF6).
- Seccionador de puesta a tierra superior con poder de cierre (SF6).
- Juego de barras tripolar.
- Mando CIT manual.
- Preparada para 3 fusibles normas DIN.
- Dispositivo con bloque de 3 lámparas de presencia de tensión.

Celda GBC-A:

La celda GBC-A es una celda de medida. Los valores de media tensión no son aptos para realizar la medida del consumo realizado por la instalación, y su función es transformar esos valores a otros aptos para los equipos de medida mediante el uso de transformadores, para luego derivarlos a estos.

Equipo base:

- 2 o 3 transformadores de intensidad.
- 2 transformadores de tensión bipolares o 3 transformadores de tensión unipolares

Celdas DM1-C:

Celdas de protección y salida. Cada una de ellas dispone de un interruptor automático que protegerá a uno de los transformadores, y dispone de una salida de la cual se llevarán los cables a su correspondiente transformador.

Equipo base:

- Interruptor automático Fluarc SF1.
- 3 transformadores de intensidad de protección tipo ARM3/N2F.
- 3 transform. de tensión tipo VRQ2/S1.
- Seccionador (SF6).
- Juego de barras tripolar.
- Mando interruptor automático RI manual.
- Seccionador de puesta a tierra superior sin poder de cierre (enclavamiento de panel).



- Bornes de conexión para cable unipolar seco de sección inferior o igual a 150 mm².
- Seccionador de puesta a tierra inferior con poder de cierre.
- Mando CC manual independiente para maniobra del s.p.a.t. (cierre).
- Mando seccionador CS1 manual dependiente.

8.7- VENTILACIÓN DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN

Para mantener el centro de transformación ventilado, se instalarán una serie de rejillas en el local en el que se ubica el centro de transformación para realizar una ventilación natural. En el apartado cálculos se realizarán los cálculos requeridos para determinar las rejillas que se instalarán.

8.8- POZO DE RECOGIDA DE ACEITE

De acuerdo con la norma MIE-RAT 14, cuando se utilizan transformadores que contienen más de 50 litros de aceite mineral, se debe disponer de un foso de recogida de los mismos dimensionado de forma que pueda albergar almacenar toda su capacidad, con revestimiento resistente y estanco. El foso debe disponer de cortafuegos como lechos de guijarros. En nuestro caso, tenemos dos transformadores que utilizan aceite mineral como refrigerante. Cada uno de ellos contiene 518 litros.

8.9- INSTALACIÓN DE PUESTA A TIERRA

8.9.1- INTRODUCCIÓN

El propio centro de transformación deberá disponer de una puesta a tierra. Este sistema de puesta a tierra complementado con los dispositivos de interrupción de corriente, deberá asegurar la descarga a tierra de la intensidad homopolar de defecto, contribuyendo a la eliminación del riesgo eléctrico debido a la aparición de tensiones peligrosas en el caso de contacto con las masas puestas en tensión.



De acuerdo con el Real Decreto 3275 / 1982 de 12 de Noviembre, la instalación que se pretende realizar es de Tercera Categoría por ser su mayor tensión nominal empleada superior a 1 KV y menor a 30 KV (13,2 KV).

El diseño de la puesta a tierra del centro de transformación se efectuará mediante la aplicación del documento UNESA “Método de Cálculo y Proyecto de Instalaciones de Puesta a Tierra para Centros de Transformación conectados a Redes de Tercera Categoría”. Se debe realizar una distinción entre una puesta a tierra de protección y una puesta a tierra de servicio:

A la tierra de protección se le conectarán los siguientes elementos:

- Chasis y bastidores de aparatos de maniobra.
- Las envolventes de los conjuntos de los armarios metálicos.
- Las puertas metálicas de los locales.
- Las armaduras metálicas del centro de transformación.
- Los blindajes metálicos de los cables.
- Las tuberías y conjuntos metálicos.
- Las carcasas de los transformadores.

A la tierra de servicio se le conectarán los siguientes elementos:

- Los neutros de los transformadores.
- Los circuitos de baja tensión de los transformadores de medida.
- Los limitadores, descargadores, autoválvulas, pararrayos, etc.
- Los elementos de derivación a tierra de los seccionadores de puesta a tierra.

8.9.2.- INVESTIGACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL TERRENO

Tal y como se ha indicado anteriormente en el documento de CÁLCULOS, en el capítulo de puesta a tierra de la instalación, la resistividad del terreno es de 300 Ω m.



8.9.3.- DETERMINACIÓN DE LAS CORRIENTES MÁXIMAS DE PUESTA A TIERRA, TIEMPO MÁXIMO DE ELIMINACIÓN DEL DEFECTO Y RESISTENCIA MÁXIMA DE LA PUESTA A TIERRA

La empresa suministradora Iberdrola nos da ambos datos. En nuestro caso, tenemos los siguientes:

$$I_d = 500 \text{ A}$$

$$t = 0,5\text{s}$$

Para la resistencia máxima de la puesta a tierra, emplearemos la siguiente ecuación:

$$R_t = \frac{U_{BT}}{I_d}$$

Donde U_{BT} representa el nivel de aislamiento de las instalaciones en la parte de baja tensión del centro de transformación.

8.9.4.- DISEÑO PRELIMINAR DE LA INSTALACIÓN DE TIERRA

El diseño preliminar de la instalación de puesta a tierra se realizará basada en alguna de las configuraciones descritas en el ANEXO 2 del documento UNESA "Método de Cálculo y Proyecto de Instalaciones de Puesta a Tierra para Centros de Transformación conectados a Redes de Tercera Categoría". Para el diseño seleccionado, se deberá calcular su correspondiente resistencia de puesta a tierra y tensiones de paso y contacto.

8.9.5.- CÁLCULO DE LA RESISTENCIA DE PUESTA A TIERRA Y DE LAS TENSIONES DE PASO Y CONTACTO

Una vez hayamos escogido un diseño preliminar de la instalación de puesta a tierra, el ANEXO 2 nos dará los siguientes valores:

K_r = Resistencia de puesta a tierra, en $\Omega/(\Omega\text{m})$

K_p = Tensión de paso máxima, en $V/(\Omega\text{m})\cdot\text{A}$

K_c = Tensión de contacto exterior máxima, en $V/(\Omega\text{m})\cdot\text{A}$



Con estos valores, la resistividad del terreno y la corriente máxima de defecto a tierra podremos obtener los valores deseados:

$$R_t(\Omega) = K_r * \rho * I_d \quad V'_p(V) = K_p * \rho * I_d \quad V'_c(V) = K_c * \rho * I_d$$

8.9.6.- COMPROBACIÓN DE QUE LAS TENSIONES DE PASO Y CONTACTO CALCULADAS SEAN INFERIORES A LOS MÁXIMOS ADMISIBLES

El capítulo 3 del documento UNESA “Método de Cálculo y Proyecto de Instalaciones de Puesta a Tierra para Centros de Transformación conectados a Redes de Tercera Categoría” contiene tablas en las que se indican los valores máximos de tensión de paso y de contacto admisibles en función de la resistividad del terreno y de la duración del paso de la intensidad.

En nuestro caso, tenemos los siguientes:

$$V_{p \text{ máx.}} = 4.032V$$

$$V_{s \text{ máx.}} = 209V$$

8.9.7.- INVESTIGACIÓN DE LAS TENSIONES TRANSFERIDAS AL EXTERIOR

Una vez diseñado el electrodo, deberá verificarse que no puedan transmitirse tensiones al exterior. En concreto deberá estudiarse la posible transferencia a través de la puesta a tierra del neutro y determinar las características eléctricas de este último.

En primer lugar comprobaremos que el sistema de puesta a tierra de servicio no alcance tensiones demasiado elevadas capaces de dañar la instalación mientras la puesta a tierra de protección disipa un defecto. Esto depende de la distancia más corta entre dos electrodos de cada sistema y de la resistividad del terreno, y la máxima diferencia de tensión que puede aparecer entre el neutro de BT y una tierra lejana no afectada es de 1000V.



En general, esto se va a cumplir siempre que se cumpla que:

$$D \geq \frac{\rho * I_d}{2000 * \pi}$$

Siendo D la distancia más corta entre un electrodo de sistema y uno de protección en metros.

8.9.8.- CORRECCIÓN Y AJUSTE DEL SISTEMA INICIAL

Si el sistema escogido incumple alguno de los requisitos se deberá escoger otro sistema nuevo y rehacer los cálculos hasta que se cumplan todos. En general, en el apartado CÁLCULOS solo se mostraran los cálculos del sistema definitivo. Si se toma algún sistema que requiera ser cambiado todos sus cálculos serán omitidos.

8.10- ELEMENTOS Y MEDIDAS DE SEGURIDAD

Como requerimiento de seguridad para trabajos en el interior de celdas, los interruptores instalados cumplen por si solos en cuanto a distancias de seccionamiento, ya que su tensión de cebado entre polos abiertos se halla conforme a la exigencia de la norma UNE 20.099.

Las celdas estará separadas eléctricamente y mecánicamente por medio de placas metálicas y por el propio carácter aislante del interruptor seccionador, los que asegura la independencia entre ellas y evitan la posible propagación de defecto entre celdas contiguas.

Con el fin de garantizar en el mayor grado posible, la seguridad de las personas que manejan los mandos del centro de transformación, además de dotarlo con un sistema de puesta a tierra como indica la MIE RAT 13, se tendrá a disposición del personal el siguiente equipo:



- Banqueta aislante
- Par de guantes aislantes
- Extintor de eficacia equivalente 89B
- Placa de peligro y cartel de primeros auxilios para guía en caso de accidente eléctrico (cinco reglas de oro)



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación :

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL ELÉCTRICO

Título del proyecto:

“DETERMINACIÓN DE INSTALACIÓN ELÉCTRICA Y CENTRO DE
TRANSFORMACIÓN DE NAVE INDUSTRIAL EN EL POLÍGONO DE
LANDABEN”

DOCUMENTO 2: CÁLCULOS

Mikel Aingeru Valencia Arraiz

José Vicente Valdenebro García

Pamplona, Junio del 2012



ÍNDICE GENERAL

1 – ILUMINACIÓN	p.3
1.1- Alumbrado interior	p.3
1.2- Alumbrado de emergencias	p.13
2 - LÍNEAS DE ALIMENTACIÓN	p.16
2.1- Introducción	p.16
2.2- Cuadros auxiliares y líneas de distribución	p.16
2.3- Intensidades nominales de los cuadros eléctricos	p.18
2.4- Cálculo de la potencia del transformador	p.23
2.5- Cálculo de la sección de los conductores	p.24
3 – INTENSIDADES DE CORTOCIRCUITO	p.30
3.1- Introducción	p.30
3.2- Intensidad de cc en el secundario del transformador	p.30
3.3- Intensidad de cc en el cuadro general	p.31
3.4- Cálculo de las intensidades de cc en los cuadros	p.33
4 – CORRECCIÓN DEL FACTOR DE POTENCIA	p.38
4.1- Batería de condensadores para la instalación	p.38
4.2- Conductor de unión de la batería	p.42
4.3- Protección de la batería de condensadores	p.43
5 – INSTALACIÓN DE PUESTA A TIERRA	p.44
5.1- Resistencia del electrodo	p.44
5.2- Características del electrodo	p.44
6 – CENTRO DE TRANSFORMACIÓN	p.47
6.1- Intensidad en alta tensión	p.47
6.2- Intensidad en baja tensión	p.47
6.3- Intensidades de cc	p.48
6.4- Protección de media tensión	p.48
6.5- Ventilación del centro de transformación	p.49
6.6- Dimensionamiento del foso de recogida de aceite	p.49
6.7- Cálculo de la instalación de puesta a tierra	p.50



1- ILUMINACIÓN

1.1- ALUMBRADO INTERIOR

Seguiremos los pasos descritos en la memoria para realizar las elecciones y cálculos de la instalación de iluminación de la nave. Haremos un breve repaso, con un ejemplo de cada una, y a continuación realizaremos la tabla completa:

1- INFORMACIÓN PREVIA:

Estos son los datos que tenemos de la oficina, por ejemplo:

- Anchura del local (A) → 4.1m
- Longitud del local (L) → 5.1m
- Altura del local (H) → 3m
- Altura del plano de trabajo → 0.85m
- Altura de montaje (h) → 2.15m (están en el techo de la oficina)

2- DETERMINAR LOS NIVELES DE ILUMINACIÓN

Clase de espacio a iluminar	Nivel de iluminación en lux (Lx)
Almacenes fríos	100
Áreas de manipulación y expedición	300
Oficina, escritura y lectura	500
Aseos, locales de mantenimiento	200
Área de circulación y pasillo	100
Salas de material, salas de mecanismos	200

En el caso de la oficina, el nivel de iluminación deberá ser de 500 Lx.

3- DETERMINAR LOS SISTEMAS DE ILUMINACIÓN Y LOS TIPOS DE LUMINARIAS

- **Sistema de alumbrado:** Ya que la iluminación en la oficina será directa, emplearemos la siguiente ecuación para calcular el índice del local:



$$\text{Relación del local} = \frac{A * L}{h * (A + L)}$$

- **Tipo de luminaria:** Empotrada.
 - **Tipo de lámpara:** Fluorescente.
 - **% distribución de flujo:** 90-100%
- 4- DETERMINAR LOS FACTORES DE MANTENIMIENTO:
- **Factor de mantenimiento:** Bueno --- 0.75, la oficina estará en buen estado
 - **Coefficiente:** Fm = 0.75
- 5- CALCULAR EL ÍNDICE LOCAL DE CADA SECCIÓN DE LA NAVE:
- **Relación del local:** (Apartado 3)
 - **Índice de local (K):** Tabla:

INDICE DEL LOCAL (K)	VALOR RELACIÓN LOCAL	PUNTO CENTRAL
J	Menos de 0.7	0.60
I	0.7 a 0.9	0.80
H	0.9 a 1.12	1.00
G	1.12 a 1.38	1.25
F	1.38 a 1.75	1.50
E	1.75 a 2.25	2.00
D	2.25 a 2.75	2.50
C	2.75 a 3.50	3.00
B	3.50 a 4.50	4.00
A	Más de 4.50	5.00

- 6- DETERMINAR EL FACTOR DE UTILIZACIÓN (**Fu**):
- **Reflexión en Techo:** 75%
 - **Reflexión en paredes:** 50%
 - **Factor de utilización:** Tabla:



Tipo de luminaria	Reflexión techo	75 %			50 %			30 %	
	Reflexión pared	50 %	30 %	10 %	50 %	30 %	10 %	30 %	10 %
	Índice local K	Factor o coeficiente de utilización, Fu							
Fluorescente empotrado	J	0.40	0.37	0.35	0.39	0.37	0.35	0.37	0.35
	I	0.48	0.46	0.45	0.47	0.45	0.44	0.44	0.43
	H	0.52	0.50	0.50	0.51	0.49	0.49	0.48	0.48
	G	0.55	0.54	0.53	0.54	0.53	0.51	0.51	0.50
	F	0.58	0.56	0.54	0.55	0.54	0.53	0.53	0.52
	E	0.60	0.59	0.59	0.59	0.58	0.56	0.57	0.55
	D	0.65	0.62	0.60	0.62	0.61	0.59	0.59	0.58
	C	0.66	0.64	0.61	0.64	0.62	0.61	0.61	0.60
	A	0.67	0.65	0.64	0.65	0.63	0.62	0.62	0.61
Fluorescente descubierto	J	0.32	0.27	0.23	0.32	0.26	0.23	0.25	0.23
	I	0.40	0.35	0.31	0.39	0.34	0.30	0.34	0.30
	H	0.44	0.39	0.36	0.43	0.39	0.35	0.36	0.35
	G	0.48	0.43	0.40	0.46	0.42	0.39	0.41	0.39
	F	0.52	0.47	0.43	0.50	0.46	0.42	0.45	0.42
	E	0.57	0.52	0.48	0.55	0.51	0.47	0.50	0.46
	D	0.62	0.56	0.52	0.59	0.55	0.51	0.54	0.51
	C	0.65	0.59	0.54	0.62	0.57	0.54	0.56	0.53
	B	0.69	0.63	0.59	0.65	0.61	0.58	0.60	0.58
Luminaria industrial abierta	J	0.38	0.32	0.28	0.37	0.32	0.28	0.31	0.28
	I	0.47	0.52	0.39	0.46	0.41	0.38	0.40	0.37
	H	0.51	0.47	0.44	0.50	0.47	0.43	0.46	0.43
	G	0.55	0.51	0.48	0.54	0.51	0.47	0.50	0.47
	F	0.58	0.54	0.51	0.57	0.53	0.51	0.52	0.50
	E	0.63	0.60	0.57	0.62	0.59	0.56	0.58	0.55
	D	0.68	0.64	0.61	0.66	0.64	0.61	0.63	0.60
	C	0.70	0.67	0.63	0.68	0.65	0.63	0.64	0.62
	A	0.73	0.70	0.68	0.71	0.68	0.67	0.67	0.66
Luminaria directa con rejilla difusora	J	0.33	0.28	0.26	0.32	0.28	0.26	0.28	0.26
	I	0.39	0.36	0.34	0.39	0.35	0.34	0.35	0.34
	H	0.43	0.40	0.38	0.42	0.40	0.38	0.39	0.38
	G	0.46	0.43	0.41	0.45	0.43	0.41	0.42	0.41
	F	0.48	0.46	0.43	0.47	0.45	0.43	0.45	0.43
	E	0.52	0.50	0.47	0.51	0.49	0.47	0.48	0.47
	D	0.55	0.53	0.51	0.54	0.52	0.51	0.52	0.51
	C	0.57	0.55	0.52	0.56	0.53	0.52	0.53	0.52
	A	0.59	0.57	0.56	0.57	0.56	0.55	0.55	0.54
A	0.60	0.58	0.56	0.59	0.57	0.56	0.56	0.55	



Luminaria esférica de vidrio	J	0.24	0.19	0.16	0.22	0.18	0.15	0.16	0.14
	I	0.29	0.25	0.22	0.27	0.23	0.20	0.21	0.19
	H	0.33	0.28	0.26	0.30	0.26	0.24	0.24	0.21
	G	0.37	0.32	0.29	0.33	0.29	0.26	0.26	0.24
	F	0.40	0.36	0.31	0.36	0.32	0.29	0.29	0.26
	E	0.45	0.40	0.36	0.40	0.36	0.33	0.32	0.29
	D	0.48	0.43	0.39	0.43	0.39	0.36	0.34	0.33
	C	0.51	0.46	0.42	0.45	0.41	0.38	0.37	0.34
	B	0.55	0.50	0.47	0.49	0.45	0.42	0.40	0.38
	A	0.57	0.53	0.49	0.51	0.47	0.44	0.41	0.40
Luminaria reflector haz estrecho (incandescente o descarga)	J	0.43	0.40	0.39	0.42	0.40	0.39	0.40	0.38
	I	0.51	0.50	0.49	0.50	0.49	0.48	0.49	0.46
	H	0.55	0.54	0.53	0.54	0.53	0.52	0.53	0.52
	G	0.59	0.58	0.57	0.58	0.56	0.55	0.56	0.55
	F	0.61	0.60	0.58	0.59	0.58	0.58	0.58	0.57
	E	0.64	0.63	0.62	0.63	0.62	0.61	0.61	0.60
	D	0.68	0.65	0.64	0.66	0.65	0.64	0.64	0.63
	C	0.69	0.67	0.65	0.67	0.66	0.64	0.64	0.64
	B	0.70	0.68	0.67	0.68	0.67	0.66	0.66	0.65
	A	0.71	0.70	0.68	0.69	0.67	0.67	0.67	0.66
Luminaria reflector haz medio-ancho (incandescente o descarga)	J	0.40	0.36	0.34	0.39	0.36	0.34	0.36	0.33
	I	0.48	0.45	0.43	0.47	0.44	0.43	0.44	0.42
	H	0.52	0.50	0.48	0.51	0.49	0.47	0.49	0.47
	G	0.55	0.53	0.52	0.55	0.52	0.51	0.52	0.51
	F	0.58	0.56	0.53	0.56	0.55	0.53	0.55	0.53
	E	0.62	0.60	0.58	0.61	0.59	0.57	0.58	0.57
	D	0.66	0.63	0.61	0.64	0.62	0.61	0.62	0.61
	C	0.67	0.65	0.62	0.66	0.64	0.62	0.63	0.62
	B	0.69	0.67	0.66	0.67	0.65	0.64	0.65	0.64
	A	0.70	0.68	0.67	0.69	0.67	0.65	0.66	0.62

SALA	ÍNDICE DE LOCAL		FACTOR DE UTILIZACIÓN
Pasillo 1	2.07	D	0.65
Pasillo 2	1.86	E	0.60
Pasillo vestuarios	0.37	J	0.40
Cámara 1	2.01	E	0.63



Cámara 2	1.79	E	0.63
Cámara 3	1.18	G	0.55
Cámara 4	1.19	G	0.55
Cámara 5	1.19	G	0.55
Cámara 6	1.20	G	0.55
Almacén	2.60	D	0.68
Oficina	1.06	H	0.52
Sala centro de transformación	1.38	F	0.58
Sala de máquinas	1.8	E	0.60
Sala de herramientas	1.51	F	0.58
Vestuario 1	0.98	H	0.52
Vestuario 2	1.12	G	0.55

7- CALCULAR EL FLUJO A INSTALAR:

$$\Phi_{total} = \frac{E*L*A}{F_m*F_u} \text{ Lúmenes}$$

Dónde:

E = nivel de iluminación en lux según la tarea.

L = largo del local en metros.

A = ancho del local en metros.

F_m = factor de mantenimiento, determinado según se ha visto.

F_u = factor de utilización, determinado según se ha visto.



Por ejemplo, flujo total en el pasillo 1:

$$\Phi_{total} = \frac{100 \cdot 40 \cdot 5}{0.75 \cdot 0.65} = 41025.64 \text{ Lúmenes}$$

8- CALCULAR EL NÚMERO DE LÁMPARAS

$$\Phi_{lámpara} = \text{DATO DEL FABRICANTE}$$

En el caso de la lámpara TL5-28W/840, empleada en pasillos y oficina:

$$\Phi_{lámpara} = 2600 \text{ lm}$$

$$\text{NÚMERO DE LÁMPARAS } N = \frac{\Phi_{total}}{\Phi_{lámpara}}$$

En el caso del PASILLO 1:

$$\text{NÚMERO DE LÁMPARAS } N = \frac{\Phi_{total}}{\Phi_{lámpara}} = \frac{41025.64}{266} = 16 \text{ lámparas}$$

Redondeo de lámparas: Si el índice del local está por encima del punto medio, redondeamos hacia abajo, y si está por debajo del punto medio, redondeamos hacia arriba.

9- DISTRIBUIR LAS LUMINARIAS:

- En el caso del pasillo 1, emplearemos 1 fila y 8 columnas, ya que cada luminaria del pasillo emplea 2 lámparas, obteniendo así el total de 16.

En ocasiones se colocarán más para que quede homogéneo:

d = distancia vertical de los focos al plano útil de trabajo

e = distancia horizontal entre dos focos contiguos:

$$e/d \leq 1.5 \rightarrow e \leq 1.5 \cdot d$$



e^i = distancia horizontal desde los aparatos extremos de una fila al muro perpendicular a esa fila:

$$e^i = e/2$$

n = número mínimo de aparatos de alumbrado según la longitud del local:

$$n = L/1.5*d$$

n^i = número mínimo de aparatos de alumbrado según la anchura del local:

$$n^i = A/1.5*d$$

Número de aparatos mínimo:

$$N = n * n^i$$

Puesto que este sistema da un resultado válido pero no necesariamente ideal, se empleará el programa DIALux para optimizar el número y la distribución de las luminarias en cada sala.



SALA	LONGITUD	ANCHURA	LUX REQUERIDOS	Factor de mantenimiento Fm	Ref. Techo	Ref. Pared	Factor de utilización Fu	Flujo total	Flujo/lámpara	Nº Lámparas empleadas	Nº Luminarias	Pot. Lámparas	Pot. Total
PASO 1	40	5	100	0.75	75%	50%	0.65	41026	2600	16	8	28	448
PASO 2	19.9	5	100	0.75	75%	50%	0.60	22111	2600	8	4	28	224
PASO VESTUARIOS	4	1	100	0.75	70%	50%	0.40	1429	1200	3	1	14	42
CAMARA 1	24.9	19.9	100	0.75	75%	50%	0.63	104870	12700	8	8	250	2000
CAMARA 2	19.7	19.7	100	0.75	75%	50%	0.63	82135	12700	6	6	250	1500
CAMARA 3	19.7	9.7	100	0.75	75%	50%	0.55	46325	12700	4	4	250	1000
CAMARA 4	19.7	9.8	100	0.75	75%	50%	0.55	46802	12700	4	4	250	1000
CAMARA 5	19.7	9.8	100	0.75	75%	50%	0.55	46802	12700	4	4	250	1000
CAMARA 6	19.7	9.9	100	0.75	75%	50%	0.55	47280	12700	4	4	250	1000
ALMACEN	50 (redond)	20 (redond)	300	0.75	75%	50%	0.68	588235	22000	27	27	400	10800
OFICINA	4.9	3.9	500	0.75	75%	50%	0.52	24500	2600	12	6	28	336
SALA C.T.	7.8	4.8	200	0.75	70%	50%	0.58	43034	2600	18	6	14	252
SALA MÁQUINAS	19.7	4.8	200	0.70	70%	50%	0.60	45029	1200	36	12	14	504
SALA HERRAMIENTAS	9.95	4.8	200	0.75	70%	50%	0.58	21959	1200	18	6	14	252
VESTUARIO 1	3.3	3.7	200	0.75	70%	50%	0.4	8140	1200	6	2	14	84
VESTUARIO 2	3.2	4.8	200	0.75	70%	50%	0.4	10240	1200	9	3	14	126
BAÑOS (4x)	1.5	1.2	200	0.75	70%	50%	0.4	1200	3350	1	1	(4x)36	(4x)36



ELECCIÓN DE LUMINARIAS Y LÁMPARAS

PASILLO 1

-8 luminarias Philips TBS165 C3

-16 lámparas TL5-28W/840

PASILLO 2

-4 luminarias Philips TBS165 C3

-8 lámparas TL5-28W/840

PASILLO VESTUARIOS

-1 luminaria Philips TBS165 C3

-3 lámparas TL5-14W/840

CÁMARA 1

-8 luminarias de campana HPK450 IC

-8 lámparas HPL-N250W

CÁMARA 2

-6 luminarias de campana HPK450 IC

-6 lámparas HPL-N250W

CÁMARA 3

-4 luminarias de campana HPK450 IC

-4 lámparas HPL-N250W

CÁMARA 4

-4 luminarias de campana HPK450 IC

-4 lámparas HPL-N250W



CÁMARA 5

- 4 luminarias de campana HPK450 IC
- 4 lámparas HPL-N250W

CÁMARA 6

- 4 luminarias de campana HPK450 IC
- 4 lámparas HPL-N250W

ALMACÉN

- 27 luminarias de campana HPK450 IC
- 27 lámparas HPL-N400W

OFICINA

- 6 luminarias Philips TBS165 C3
- 12 lámparas TL5-28W/840

SALA C.T.

- 6 luminarias Philips TBS165 C3
- 18 lámparas TL5-14W/840

SALA DE MÁQUINAS

- 12 luminarias Philips TBS165 C3
- 36 lámparas TL5-14W/840

SALA DE HERRAMIENTAS

- 6 luminarias Philips TBS165 C3
- 18 lámparas TL5-14W/840



VESTUARIO 1

- 2 luminarias Philips TBS165 C3
- 6 lámparas TL5-14W/840

VESTUARIO 2

- 3 luminarias Philips TBS165 C3
- 9 lámparas TL5-14W/840

BAÑOS

- 4 luminarias Philips TMS022 HF
- 4 lámparas TL-D36W

1.2- ALUMBRADO DE EMERGENCIAS

- 1- Información previa:
 - Área de la sala: en el caso de la oficina, 19m^2
 - Proporción: 5 lúmenes / m^2 en todas las salas
- 2- Flujo necesario de la zona:
 - **Flujo necesario** = Área de la sala * Proporción: en el caso de la oficina, $19 * 5 = 95$
- 3- Características de la lámpara escogida:
 - **Tipo de lámpara:** Lámpara de emergencia y señalización, marca y referencia
 - **Flujo luminoso de la lámpara:** Dato del fabricante.
- 4- Lámparas necesarias:
 - $N^{\circ} = \Phi_{\text{necesario}} / \Phi_{\text{lámpara}}$



5- Solución:

- X luminarias
- Lúmenes proporcionados: Y
- Potencia: Z

TABLA ALUMBRADO DE EMERGENCIA

SALA	SUPERFICIE	ILUMINACIÓN (lm/m ²)	FLUJO NECESARIO	FLUJO POR APARATO	Nº APARATOS	NOMBRE LUMINARIA	POTENCIA LÁMPARA (W)	POTENCIA TOTAL (W)
PASO 1	200	5	1000	310	4	STYLO S-300	9	36
PASO 2	100	5	500	220	3	STYLO S-200	9	27
PASO VESTUARIOS	4	5	20	42	1	STYLO SW-30	4	4
CAMARA 1	495	5	2475	500	5	STYLO S-SPL9	9	45
CAMARA 2	388	5	1940	500	4	STYLO S-SPL9	9	36
CAMARA 3	191	5	955	500	2	STYLO S-SPL9	9	18
CAMARA 4	193	5	965	500	2	STYLO S-SPL9	9	18
CAMARA 5	193	5	965	500	2	STYLO S-SPL9	9	18
CAMARA 6	195	5	975	500	2	STYLO S-SPL9	9	18
ALMACEN	1000	5	5000	500	10	STYLO S-SPL9	9	90
OFICINA	19	5	95	150	1	STYLO S-150	9	9
SALA C.T.	38	5	190	220	1	STYLO S-200	9	9
SALA MÁQUINAS	95	5	475	310	2	STYLO S-300	9	18
SALA HERRAMIENTAS	48	5	240	150	2	STYLO S-150	9	18
VESTUARIO 1	13	5	65	150	1	STYLO S-150	9	9
VESTUARIO 2	16	5	80	150	1	STYLO S-150	9	9



ALUMBRADO DE EMERGENCIA TOTAL:

- 1 aparato STYLO S-30
- 5 aparatos STYLO S-150
- 4 aparatos STYLO S-200
- 6 aparatos STYLO S-300
- 27 aparatos STYLO S-SPL9



2- LÍNEAS DE ALIMENTACIÓN

2.1- INTRODUCCIÓN

En este apartado dividiremos los cuadros auxiliares diciendo que líneas saldrán de cada uno y los cálculos necesarios para determinar el cableado a emplear en cada una de ellas. Se omitirán los distintos repartos de cuadros auxiliares estudiados, y se mostrarán únicamente los cálculos y esquemas unifilares de la solución adoptada definitivamente.

2.2- CUADROS AUXILIARES Y LÍNEAS DE DISTRIBUCIÓN

La solución adoptada emplea un total de 5 cuadros auxiliares, más el cuadro general, con la siguiente distribución de líneas:

-CUADRO AUXILIAR 1: ALUMBRADO

- Línea 1: Cámara 1
- Línea 2: Cámara 2
- Línea 3: Cámara 3
- Línea 4: Cámara 4
- Línea 5: Cámara 5
- Línea 6: Cámara 6
- Línea 7: Almacén 1
- Línea 8: Almacén 2
- Línea 9: Almacén 3
- Línea 10: Almacén 4
- Línea 11: Oficina
- Línea 12: Vestuarios
- Línea 13: Sala de máquinas
- Línea 14: Sala de herramientas



- Línea 15: Alumbrado emergencia
- Línea 16: 2 tomas de corriente 3F
- Línea 17: 4 tomas de corriente 1F
- Línea 18: 3 tomas de corriente 1F

-CUADRO AUXILIAR 2: EVAPORADORES Y PUERTAS

- Línea 1: Evaporador 1
- Línea 2: Evaporador 2
- Línea 3: Evaporador 3
- Línea 4: Evaporador 4
- Línea 5: Evaporador 5
- Línea 6: Evaporador 6
- Línea 7: Puertas motorizadas
- Línea 8: 2 tomas de corriente trifásicas
- Línea 9: 4 tomas de corriente monofásicas

-CUADRO AUXILIAR 3: EQUIPO DE FRÍO 1

- Línea 1: Equipo de frío 1
- Línea 2: Alumbrado emergencia
- Línea 3: 2 tomas de corriente trifásicas
- Línea 4: 4 tomas de corriente monofásicas

-CUADRO AUXILIAR 4: EQUIPO DE FRÍO 2

- Línea 1: Equipo de frío 2
- Línea 2: Alumbrado emergencia
- Línea 3: 2 tomas de corriente trifásicas
- Línea 4: 4 tomas de corriente monofásicas

-CUADRO AUXILIAR 5: BOMBAS Y CONDENSADOR

- Línea 1: Condensador de aire horizontal
- Línea 2: Bombas de recirculación
- Línea 3: Bombas de distribución



- Línea 4: Alumbrado emergencia
- Línea 5: 2 tomas de corriente trifásicas
- Línea 6: 4 tomas de corriente monofásicas
- Línea 7: 4 tomas de corriente monofásicas

- CUADRO GENERAL
 - Línea 1: Cuadro auxiliar 1
 - Línea 2: Cuadro auxiliar 2
 - Línea 3: Cuadro auxiliar 3
 - Línea 4: Cuadro auxiliar 4
 - Línea 5: Cuadro auxiliar 5
 - Línea 6: Alumbrado centro de transformación
 - Línea 7: Alumbrado de emergencia centro de transformación
 - Línea 8: Toma de corriente monofásica centro de transformación

2.3- INTENSIDADES NOMINALES DE LOS CUADROS ELÉCTRICOS

Para obtener los valores de intensidad nominales, necesitaremos estudiar cada línea por separado. Se deberán tener diversos factores en cuenta, como los factores de corrección a emplear en cada línea, tanto de los motores como del alumbrado, o el hecho de que la línea a estudiar sea monofásica o trifásica.

Para realizar los cálculos, emplearemos las ecuaciones mencionadas en la memoria del proyecto, cumpliendo todas las prescripciones generales y demás condiciones explicadas en el mismo capítulo.

Una vez realizados todos los cálculos de cada línea, y tras sumar todas las potencias e intensidades calculadas por separado, deberemos aplicarles un factor de simultaneidad a todas las de cada cuadro por separado, que dependerá del número y tipo de línea que haya en cada cuadro auxiliar.

También, en los casos de las líneas monofásicas, especificaremos que fase se empleará, ya que no se debe emplear siempre la misma.

**CUADRO AUXILIAR 1: ALUMBRADO**

Línea	Descripción	Potencia (W)	Tensión (V)	Cos φ	I_n (A)	Factor de corrección	I_{cal}	Fase
Aux.1.1	Cámara 1	2000	230	1	8.7	1.8	15.66	T-N
Aux.1.2	Cámara 2	1500	230	1	6.52	1.8	11.74	S-N
Aux.1.3	Cámara 3	1000	230	1	4.35	1.8	7.83	S-N
Aux.1.4	Cámara 4	1000	230	1	4.35	1.8	7.83	S-N
Aux.1.5	Cámara 5	1000	230	1	4.35	1.8	7.83	S-N
Aux.1.6	Cámara 6	1000	230	1	4.35	1.8	7.83	S-N
Aux.1.7	Almacén 1	2800	230	1	12.17	1.8	21.91	R-N
Aux.1.8	Almacén 2	2800	230	1	12.17	1.8	21.91	R-N
Aux.1.9	Almacén 3	2800	230	1	12.17	1.8	21.91	R-N
Aux.1.10	Almacén 4	2400	230	1	10.43	1.8	18.77	R-N
Aux.1.11	Oficina	336	230	1	1.46	1.8	2.63	T-N
Aux.1.12	Vestuarios	354	230	1	1.54	1.8	2.77	T-N
Aux.1.13	Sala de máquinas	504	230	1	2.19	1.8	3.94	T-N
Aux.1.14	Sala de herramientas	252	230	1	1.1	1.8	1.98	T-N
Aux.1.15	Alumbrado de emergencia	54	230	1	0.27	1.8	0.49	T-N
Aux.1.16	2 tomas de corriente 3F almacén	22170	400	1	32	1	32	Trifásica
Aux.1.17	4 tomas de corriente 1F almacén	14720	230	1	64	1	64	T-N
Aux.1.18	3 tomas de corriente 1F oficina	11040	230	1	48	1	48	S-N
TOTAL		67730			230.12		299.03	

FACTOR DE SIMULTANEIDAD: 0.55

POTENCIA	I_n	I_{cal}
37251.5	126.57	164.47



CUADRO AUXILIAR 2: EVAPORADORES Y PUERTAS

Línea	Descripción	Potencia (W)	Tensión (V)	Cos φ	I_n (A)	Factor de corrección	I_{cal}	Fase
Aux.2.1	Evaporador cámara 1	8089.18	400	0.85	13.74	1.25	17.17	Trifásica
Aux.2.2	Evaporador cámara 2	8089.18	400	0.85	13.74	1	13.74	Trifásica
Aux.2.3	Evaporador cámara 3	8089.18	400	0.85	13.74	1	13.74	Trifásica
Aux.2.4	Evaporador cámara 4	8089.18	400	0.85	13.74	1	13.74	Trifásica
Aux.2.5	Evaporador cámara 5	8089.18	400	0.85	13.74	1	13.74	Trifásica
Aux.2.6	Evaporador cámara 6	8089.18	400	0.85	13.74	1	13.74	Trifásica
Aux.2.7	Puertas motorizadas	3217.31	400	0.85	5.46	1	5.46	Trifásica
Aux.2.8	2 tomas de corriente 3F cámaras	22170	400	1	32	1	32	Trifásica
Aux.2.9	4 tomas de corriente 1F cámaras	14720	230	1	64	1	64	R-N
TOTAL		88642.39			183.9		187.33	

Evaporadores: 8089.18W (11 CV)

Por lo tanto, consideraremos que el mayor motor en arranque consumirá 10111.47W, y por él circulará una intensidad 1.25 veces mayor.

FACTOR DE SIMULTANEIDAD: 0.90

POTENCIA	I_n	I_{cal}
79778.15	165.51	168.6

**CUADRO AUXILIAR 3: EQUIPO DE FRÍO 1**

Línea	Descripción	Potencia (W)	Tensión (V)	Cos φ	I_n (A)	Factor de corrección	I_{cal}	Fase
Aux.3.1	Equipo de frío 1	95599.4	400	0.88	156.8	1.25	196	Trifásica
Aux.3.2	Alumbrado de emergencia	108	230	1	0.47	1.8	0.8	T-N
Aux.3.3	2 tomas de corriente 3F cámaras	22170	400	1	32	1	32	Trifásica
Aux.3.4	4 tomas de corriente 1F cámaras	14720	230	1	64	1	64	S-N
TOTAL		132597.4			253.27A		292.8A	

Equipo de frío: 95599.4W (130 CV)

Por lo tanto, en arranque consumirá 119499.25W, y por él circulará una intensidad de 1.25 veces mayor.

FACTOR DE SIMULTANEIDAD: 0.88

POTENCIA	I_n	I_{cal}
116685.36	222.88	257.66

CUADRO AUXILIAR 4: EQUIPO DE FRÍO 2

Línea	Descripción	Potencia (W)	Tensión (V)	Cos φ	I_n (A)	Factor de corrección	I_{cal}	Fase
Aux.4.1	Equipo de frío 2	95599.4	400	0.88	156.8	1.25	196	Trifásica
Aux.4.2	Alumbrado de emergencia	108	230	1	0.47	1.8	0.8	T-N
Aux.4.3	2 tomas de corriente 3F cámaras	22170	400	1	32	1	32	Trifásica
Aux.4.4	4 tomas de corriente 1F cámaras	14720	230	1	64	1	64	S-N
TOTAL		156497.25			253.27		292.8	

Equipo de frío: 95599.4W (130 CV)

Por lo tanto, en arranque consumirá 119499.25W, y por él circulará una intensidad 1.25 veces mayor.

FACTOR DE SIMULTANEIDAD: 0.88

POTENCIA	I_n	I_{cal}
116685.36	222.88	257.66



CUADRO AUXILIAR 5: BOMBAS Y CONDENSADOR

Línea	Descripción	Potencia (W)	Tensión (V)	Cos φ	I _n (A)	Factor de corrección	I _{cal}	Fase
Aux.5.1	Condensador de aire	16178.36	400	0.85	27.47	1.25	34.34	Trifásica
Aux.5.2	Bombas de recirculación	2941.52	400	0.82	5.18	1	5.18	Trifásica
Aux.5.3	Bombas de distribución	11766.08	400	0.82	20.71	1	20.71	Trifásica
Aux.5.4	Alumbrado de emergencia	103	230	1	0.45	1.8	0.81	T-N
Aux.5.5	2 tomas de corriente 3F sala máquinas y herramientas	22170	400	1	32	1	32	Trifásica
Aux.5.6	4 tomas de corriente 1F sala máquinas, herramientas y CT	14720	230	1	64	1	64	R-N
Aux.5.7	4 tomas de corriente 1F vestuarios	14720	230	1	64	1	64	R-N
TOTAL		82598.96			213.81		221.04	

Condensador de aire: 16178.36W (22 CV)

Bombas de recirculación: 1470.76W (2 CV)

Bombas de distribución: 4x 1470.76W (2 CV) y 2x 2941.52W (4 CV)

Por lo tanto, el mayor consumo en arranque será el del condensador de aire, con 20222.95W y una intensidad 1.25 veces superior.

FACTOR DE SIMULTANEIDAD: 0.75

POTENCIA	I_n	I_{cal}
61949.22	160.36	165.78



CUADRO GENERAL DE DISTRIBUCIÓN

Línea	Descripción	Potencia (W)	Tensión (V)	I _n (A)	I _{cal} (A)	Fase
Gen.1	Cuadro aux.1	37251.5	400	126.57	164.47	Trifásica
Gen.2	Cuadro aux.2	79778.15	400	165.51	168.6	Trifásica
Gen.3	Cuadro aux.3	116685.36	400	222.88	257.66	Trifásica
Gen.4	Cuadro aux.4	116685.36	400	222.88	257.66	Trifásica
Gen.5	Cuadro aux.5	61949.22	400	160.36	165.78	Trifásica
Gen.6	Alumbrado CT	252	230	1.1	1.98	R-N
Gen.7	Alumbrado emergencia CT	9	230	0.04	0.07	S-N
Gen.8	Toma de corriente 1F CT	3680	230	16	16	T-N
TOTAL		416290,6		915.34	1032.22	

2.4- CÁLCULO DE LA POTENCIA DEL TRANSFORMADOR

Sabiendo que nuestra nave va a consumir un total de 415.5KW y que nuestro transformador ha de ser capaz de suministrarnos una intensidad de 1032.22, ya podemos escoger el transformador según su potencia nominal. Empleando la siguiente ecuación con los diferentes valores de los transformadores que hay en el mercado, llegamos a la conclusión de que la nave necesita un transformador mayor de 630 KVA, ya que los de 630 se quedan ligeramente cortos. Si bien es cierto que un transformador de 800 KVA sería suficiente, el transformador de 1000KVA nos permite un margen para una futura ampliación de la nave de un 30% de potencia:

$$I = \frac{S}{\sqrt{3} * V} = \frac{630KVA}{\sqrt{3} * 400} = 909.33 A$$

$$I = \frac{S}{\sqrt{3} * V} = \frac{800KVA}{\sqrt{3} * 400} = 1154.70 A$$

$$I = \frac{S}{\sqrt{3} * V} = \frac{1000KVA}{\sqrt{3} * 400} = 1443.38 A$$



$$1032.22 * 1.3 = 1341.89 A$$

(En caso de ampliación del 30%)

Sin embargo, como se ha explicado en la memoria, se instalarán dos transformadores en paralelo para que en caso de avería el otro nos permita mantener con energía las cámaras frigoríficas y no perder todo el material almacenado. Como dispondremos de dos transformadores, y tras estudiar el balance de potencias de los equipos de frío y demás maquinaria de las cámaras, podemos permitirnos instalar dos transformadores de en paralelo, ya que en caso de avería un solo transformador de 630KVA será suficiente para evitar el deterioro del material almacenado mientras se realiza la reparación o sustitución.

2.5- CÁLCULO DE LAS SECCIONES DE LOS CONDUCTORES

En el siguiente apartado procederemos a calcular los conductores a instalar en cada una de las líneas definidas anteriormente. Seguiremos los pasos detallados en la memoria para ello y realizaremos una tabla independiente para las líneas de cada cuadro eléctrico, ya que a la caída de tensión de una línea de uno de los cuadros auxiliares debemos sumarle la caída de tensión que se ha producido anteriormente en la línea que va desde el cuadro general hasta el cuadro auxiliar en cuestión y en la línea general de alimentación. En primer lugar buscaremos las secciones que cumplan el criterio de calentamiento. Para ello, necesitaremos los siguientes datos:

- Intensidad nominal de la línea (calculada anteriormente)
- Factor de corrección. Este factor depende a su vez de varios factores (temperatura, número de conductores etc)
- Intensidad admisible. Se obtiene con la intensidad de cálculo y el factor de corrección

Con estos datos, el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión y el propio fabricante nos dirá la sección que debemos emplear en cada caso.

Acometida

Comenzaremos por calcular la sección de la línea que une la red general de Iberdrola con nuestros transformadores. La red general de Iberdrola es una red a 13.2 KV que va enterrada, a una distancia de 9 metros de nuestro transformador. Dicha acometida deberá ser capaz de soportar la siguiente corriente a la tensión de red:



$$I_p = \frac{S}{\sqrt{3} * V} = \frac{2 * 630 * 10^3}{\sqrt{3} * 13200} = 55.11 \text{ A}$$

Seleccionamos la sección mínima establecida por Iberdrola, 50 mm², de aluminio, ya que la red de Iberdrola emplea conductores de aluminio, siendo un conductor por fase. Estos conductores pueden conducir sin problemas hasta una intensidad máxima de 135A, por lo que la sección es más que de sobra admisible. La peor caída de tensión a lo largo de los 9 metros de acometida que se puede obtener se puede calcular mediante la siguiente ecuación:

$$e = \frac{\sqrt{3} * L * I_n * \cos\varphi}{S * \gamma} = \frac{\sqrt{3} * 9 * 135 * 0.9}{50 * 34} = 1.11 \text{ V}$$

Que expresado en porcentaje sería:

$$e(\%) = \frac{e}{V} * 100 = \frac{1.11}{13200} * 100 = 0.008\%$$

Nunca va a ser de este valor, siempre será inferior, ya que no van a circular 135A por la acometida. Además, aunque sucediese, una caída del 0.008% es lo suficientemente pequeña como para poder ignorarla en los cálculos posteriores de caída de tensión en las líneas. Pese que se han realizado los cálculos necesarios para el dimensionamiento de la acometida, es la empresa suministradora, IBERDROLA, quien realizará su enganche. Por este motivo no se añadirá su coste al presupuesto.

Línea general de alimentación

La línea general de alimentación une el centro de transformación con el cuadro general de protección. En nuestro caso, eso significa que medirá 12 metros, y deberá ser capaz de conducir una intensidad de 1032.22A sin ser dañada. Sin embargo, en nuestro caso tenemos dos transformadores en paralelo. Esto significa que de cada uno de ellos saldrá una línea general de alimentación que terminará en el embarrado del cuadro general de alimentación, por lo que cada una de ellas transportará la mitad de la intensidad, es decir 516.11 A. Además, se diseñará de forma que esta pueda ser utilizada en caso de un aumento del 30% de la carga actual, o con el transformador funcionando a sus valores nominales:

$$1032.22 * 1.3 = 1341.89\text{A previstos en caso de una ampliación del 30\%}$$

Por lo tanto, cada línea que sale de un transformador deberá ser capaz de transportar:

$$1341.89 / 2 = 670.94\text{A}$$



La instalación de estas líneas será enterrada, por lo que obtendremos la sección del conductor a emplear empleando la tabla 7.5 de la instrucción ITC-BT 07 del reglamento electrotécnico para baja tensión. Así pues, se opta por emplear tres conductores unipolares de cobre de 50mm^2 de sección por fase, en vez de uno solo de 400mm^2 , ya que resulta muchísimo más económico. Serán de aislamiento de Polietileno Reticulado (XLPE), y se realizará una instalación enterrada. Por tanto, la intensidad que circulará por cada uno de los conductores será un tercio que si hubiera uno solo por fase. Además se emplearán como neutro tres conductores de 25mm^2 . La sección empleada es más que de sobra admisible. Por otra parte, la sección del tubo que se empleará para conducir el cableado vendrá dado por la instrucción ITC-BT 21. En nuestro caso, deberemos emplear un tubo de 160mm de diámetro.

$$L = 12 \text{ m}$$

$$I_N = 670.94/3 = 223.65\text{A}$$

$$S = 50 \text{ mm}^2$$

$$\gamma = 56 \text{ (propiedad del cobre)}$$

$$e = \frac{\sqrt{3} * 12 * 223.65 * 1}{50 * 56} = 1.66 \text{ V}$$

$$e(\%) = \frac{e * 100}{400 \text{ V}} = 0.41 \% < 0.5\% \text{ CUMPLE}$$

Circuitos y líneas:

A continuación se realizarán tablas con las que se indicarán los conductores que se emplearán en cada línea y la tensión que caerá en ellas. Para ello se emplearán las siguientes abreviaturas:

Línea: Nomenclatura de la línea a estudiar

Descripción: Descripción de dicha línea

I_{cal} : Intensidad de cálculo calculada en el anterior apartado

F_c : Factor de corrección, depende de varios factores, como el tipo de instalación o la de la temperatura

I_{adm} : Intensidad admisible, resultado de la división de I_{cal} entre F_c

L: Longitud de la línea



Tipo: Tipo de instalación de la línea (empotrada, enterrada, grapada....)

S: Sección de los conductores escogidos a partir del RBT, instrucción ITC-BT 07

e: Caída de tensión en la línea

e(%): Caída de tensión en la línea en porcentaje

e(%) total: Caída de tensión en porcentaje desde el inicio de la instalación

Φ tubo: Diámetro exterior del tubo empleado en la canalización, obtenido a partir del RBT, instrucción ITC-BT 21

LÍNEAS DE CUADRO GENERAL

Línea	Descripción	I_{cal}	F_c	I_{adm}	L	Tipo	S	e	e (%)	e(%) total	Φ Tubo
Gen.1	Cuadro auxiliar 1	164.47	0.8	205.59	15	Bandeja	3x50 + 25	1.9	0.48	0.89	50
Gen.2	Cuadro auxiliar 2	168.6	0.8	210.75	25	Bandeja	3x50 + 25	3.26	0.81	1.22	50
Gen.3	Cuadro auxiliar 3	257.66	0.8	322.07	6	Bandeja	3x95 + 50	0.63	0.16	0.57	63
Gen.4	Cuadro auxiliar 4	257.66	0.8	322.07	8	Bandeja	3x95 + 50	0.84	0.21	0.62	63
Gen.5	Cuadro auxiliar 5	165.78	0.8	207.22	12	Bandeja	3x50 + 25	1.53	0.38	0.79	50
Gen.6	Alumbrado CT	1.98	0.9	2.2	14	Tubo grapado	2x1.5	0.73	0.32	0.73	12
Gen.7	Alumbrado emergencia CT	0.07	0.9	0.08	3	Tubo grapado	2x1.5	0.01	0.00	0.41	12
Gen.8	Toma de corriente 1F	16	0.9	17.78	5	Tubo grapado	2x6	0.53	0.23	0.64	16

LÍNEAS DE CUADRO AUXILIAR 1: ALUMBRADO

Línea	Descripción	I_{cal}	F_c	I_{adm}	L	Tipo	S	e	e (%)	e(%) total	Φ Tubo
Aux.1.1	Cámara 1	15.66	0.9	17.4	76	Tubo grapado	2x6	7.87	3.42	4.31	16
Aux.1.2	Cámara 2	11.74	0.9	13.04	50	Tubo grapado	2x4	5.82	2.53	3.62	16
Aux.1.3	Cámara 3	7.83	0.9	8.7	54	Tubo grapado	2x2.5	6.71	2.92	3.81	12
Aux.1.4	Cámara 4	7.83	0.9	8.7	65	Tubo grapado	2x2.5	8.08	3.51	4.40	12
Aux.1.5	Cámara 5	7.83	0.9	8.7	76	Tubo grapado	2x4	5.9	2.57	3.46	16
Aux.1.6	Cámara 6	7.83	0.9	8.7	87	Tubo grapado	2x4	6.76	2.94	3.83	16
Aux.1.7	Almacén 1	21.91	0.9	24.34	58	Tubo grapado	2x10	5.04	2.19	3.08	20



Aux.1.8	Almacén 2	21.91	0.9	24.34	62	Tubo grapado	2x10	5.39	2.34	3.23	20
Aux.1.9	Almacén 3	21.91	0.9	24.34	66	Tubo grapado	2x10	5.74	2.50	3.39	20
Aux.1.10	Almacén 4	18.77	0.9	20.86	70	Tubo grapado	2x10	5.21	2.27	3.16	20
Aux.1.11	Oficina	2.63	0.9	2.92	73	Tubo grapado	2x1.5	5.07	2.2	3.09	12
Aux.1.12	Vestuarios	2.77	0.9	3.08	75	Tubo grapado	2x1.5	5.5	2.39	3.28	12
Aux.1.13	Sala de máquinas	3.94	0.9	4.38	38	Tubo grapado	2x1.5	3.96	1.72	2.61	12
Aux.1.14	Sala de herramientas	1.98	0.9	2.2	44	Tubo grapado	2x1.5	2.3	1	1.89	12
Aux.1.15	Alumbrado de emergencia	0.49	0.9	0.54	100	Tubo grapado	2x1.5	1.29	0.56	1.45	12
Aux.1.16	2 tomas de corriente 3F almacén	32	0.9	35.56	54	Tubo grapado	3x4 + 4	14.85	3.71	4.60	20
Aux.1.17	4 tomas de corriente 1F almacén	64	0.9	71.11	80	Tubo grapado	2x25	8.13	3.53	4.42	32
Aux.1.18	3 tomas de corriente 1F oficina	48	0.9	53.33	60	Tubo grapado	2x25	4.57	1.99	2.88	32

LÍNEAS DE CUADRO AUXILIAR 2: EVAPORADORES Y PUERTAS

Línea	Descripción	I _{cal}	F _c	I _{adm}	L	Tipo	S	e	e (%)	e(%) total	Φ Tubo
Aux.2.1	Evaporador 1	17.17	0.9	19.08	18	Enterrado + empotrado	3x2.5 + 2.5	3.61	0.9	2.12	16
Aux.2.2	Evaporador 2	13.74	0.9	15.27	16	Enterrado + empotrado	3x2.5 + 2.5	2.57	0.64	1.86	16
Aux.2.3	Evaporador 3	13.74	0.9	15.27	58	Enterrado + empotrado	3x2.5 + 2.5	9.32	2.33	3.55	16
Aux.2.4	Evaporador 4	13.74	0.9	15.27	47	Enterrado + empotrado	3x2.5 + 2.5	7.55	1.89	3.11	16
Aux.2.5	Evaporador 5	13.74	0.9	15.27	50	Enterrado + empotrado	3x2.5 + 2.5	8.03	2.01	3.23	16
Aux.2.6	Evaporador 6	13.74	0.9	15.27	60	Enterrado + empotrado	3x2.5 + 2.5	9.63	2.41	3.63	16
Aux.2.7	Puertas motorizadas	5.46	0.9	6.07	85	Enterrado	3x2.5 + 2.5	6.38	1.59	2.81	16
Aux.2.8	2 tomas de corriente 3F cámaras	32	0.9	35.56	55	Tubo grapado	3x4 + 4	15.12	3.78	5.00	20
Aux.2.9	4 tomas de corriente 1F cámaras	64	0.9	71.11	58	Tubo grapado	2x25	5.89	2.56	3.78	32



LÍNEAS CUADRO AUXILIAR 3: EQUIPO DE FRÍO 1

Línea	Descripción	I _{cal}	F _c	I _{adm}	L	Tipo	S	e	e (%)	e(%) total	Φ Tubo
Aux.3.1	Equipo de frío 1	196	0.85	230.59	10	Enterrado	3x95 + 50	0.66	0.16	0.73	63
Aux.3.2	Alumbrado de emergencia	0.8	0.9	0.89	130	Tubo grapado	2x1.5	2.75	1.20	1.77	12
Aux.3.3	2 tomas de corriente 3F cámaras	32	0.9	35.56	64	Tubo grapado	3x4 + 4	17.60	4.40	4.97	20
Aux.3.4	4 tomas de corriente 1F cámaras	64	0.9	71.11	70	Tubo grapado	2x25	7.11	3.09	3.66	32

LÍNEAS DE CUADRO AUXILIAR 4: EQUIPO DE FRÍO 2

Línea	Descripción	I _{cal}	F _c	I _{adm}	L	Tipo	S	e	e (%)	e(%) total	Φ Tubo
Aux.4.1	Equipo de frío 2	196	0.85	230.59	7	Enterrado	3x95 + 50	0.46	0.12	0.74	63
Aux.4.2	Alumbrado de emergencia	0.8	0.9	0.89	90	Tubo grapado	2x1.5	1.91	0.83	1.45	12
Aux.4.3	2 tomas de corriente 3F cámaras	32	0.9	35.56	40	Tubo grapado	3x4 + 4	11.00	2.75	3.37	20
Aux.4.4	4 tomas de corriente 1F cámaras	64	0.9	71.11	56	Tubo grapado	2x25	5.69	2.47	3.09	32

LÍNEAS DE CUADRO AUXILIAR 5: BOMBAS Y CONDENSADORES

Línea	Descripción	I _{cal}	F _c	I _{adm}	L	Tipo	S	e	e (%)	e(%) total	Φ Tubo
Aux.5.1	Condensador de aire	34.34	0.85	40.4	10	Enterrado	3x6 + 6	1.77	0.44	1.23	20
Aux.5.2	Bombas de recirculación	5.18	0.85	6.09	5	Enterrado	3x6 + 6	0.13	0.03	0.82	20
Aux.5.3	Bombas de distribución	20.71	0.85	24.36	8	Enterrado	3x6 + 6	0.82	0.2	0.99	20
Aux.5.4	Alumbrado de emergencia	0.81	0.9	0.9	90	Tubo grapado	2x1.5	1.93	0.84	1.63	12
Aux.5.5	2 tomas de corriente 3F sala máquinas y herramientas	32	0.9	35.56	24	Tubo grapado	3x4 + 4	6.60	1.65	2.44	20
Aux.5.6	4 tomas de corriente 1F sala máquinas, herramientas y CT	64	0.9	71.11	36	Tubo grapado	2x25	3.66	1.59	2.38	32
Aux.5.7	4 tomas de corriente 1F vestuarios	64	0.9	71.11	35	Tubo grapado	2x25	3.56	1.55	2.23	32



3- INTENSIDADES DE CORTOCIRCUITO

3.1- INTRODUCCIÓN

En este capítulo calcularemos las intensidades de cortocircuito máximas y mínimas suponiendo el defecto en cada tramo de línea, tal y como se ha descrito en la memoria. Con dichos valores podremos determinar qué protección emplear en cada cuadro y línea de alimentación.

3.2- INTENSIDAD DE CORTOCIRCUITO EN EL SECUNDARIO DEL TRANSFORMADOR

Supongamos que es aquí donde se da el cortocircuito. Sabemos, tal y como se ha dicho en la memoria, que la red de Iberdrola proporciona una potencia de cortocircuito de $S_{cc} = 500\text{MVA}$. Con la ecuación mencionada en la memoria podemos calcular la impedancia de la red aguas arriba, refiriéndola al secundario del transformador:

$$X_{red} = \frac{V_s^2}{S_{cc}} * \left(\frac{V_s}{V_p}\right)^2 = \frac{13200^2}{350 * 10^6} * \left(\frac{400}{13200}\right)^2 = 0.00046 \text{ } j\Omega$$

A continuación calcularemos la impedancia del transformador tal y como dijimos en la memoria:

$$X_{t1} = V_{cc} * \frac{V_s^2}{S_n} = 0.04 * \frac{400^2}{630000} = 0.01 \text{ } j\Omega$$

Esta es la de uno de los transformadores, ahora calculemos la equivalente de los dos en paralelo:

$$\frac{1}{X_t} = \frac{1}{X_{t1}} + \frac{1}{X_{t2}} = 200$$

$$X_t = \frac{1}{200} = 0.005 \text{ } j\Omega$$

Sumamos ambas impedancias y obtenemos Z_d :

$$Z_d = 0.00046 + 0.005 = 0.00546 \text{ } j\Omega$$

Y con ello calculamos la intensidad de cortocircuito:

$$I_{cc} = C * \frac{V_s}{\sqrt{3} * Z_d} = 1 * \frac{400}{\sqrt{3} * 0.00546} = 42.297 \text{ } A$$



3.3- INTENSIDAD DE CORTOCIRCUITO EN EL CUADRO GENERAL

Comenzaremos estudiando las características de las líneas que hay desde los transformadores hasta el cuadro general. Dichas líneas son de 12 metros y tienen 3 conductores de 50 mm² por fase:

$$R_L = \rho * \frac{L}{S} = 0.018 * \frac{12}{6 * 50} = 0.00072 \Omega$$

$$X_{red BT} = \frac{V_p^2}{S_{cc}} * \left(\frac{V_s}{V_p}\right)^2 = \frac{(13200)^2}{350 * 10^6} * \left(\frac{400}{13200}\right)^2 = 0.00046 j\Omega$$

$$X_t = \frac{4}{100} * \left(\frac{V_s^2}{S_n}\right) = \frac{4}{100} * \left(\frac{400^2}{630000}\right) = 0.01 j\Omega$$

$$X_{t \text{ equivalente}} = 0.005 j\Omega$$

$$X_{aut} = 0.00015 * 1 = 0.00015 j\Omega$$

$$R_{total} = R_L = 0.00072 \Omega$$

$$X_T = 0.00046 + 0.005 + 0.00015 = 0.00561 \Omega$$

$$Z_d = \sqrt{R_{total}^2 + X_{total}^2} = 0.0057 \Omega$$

Ahora ya podemos calcular la corriente de cortocircuito máxima:

$$I_{cc MAX} = \frac{V_s}{\sqrt{3} * Z_d} = \frac{400}{\sqrt{3} * 0.0057} = 40.515,8 A$$

Por lo que deberemos emplear una protección con poder de corte de 50 KA. Nos falta por calcular la $I_{cc MIN}$ para así poder seleccionar una protección con el tipo de curva adecuado. Para ello en primer lugar rectificará la resistencia:

$$R_{d250^\circ} = R_{d20^\circ} * (1 + \alpha * \Delta T) = 0.00072 * (1 + 0.004 * 230) = 0.0013824 \Omega$$



Siendo:

$$\alpha = 0.004$$

ΔT : diferencia de temperatura

$$Z_d = (R_{L250^\circ} + X_{total}) = (0.0013824 + 0.00561j)\Omega$$

$$Z_o = (3 * R_{L250^\circ} + X_t + 3 * X_{aut}) = (0.0041472 + 0.00545j)\Omega$$

$$I_{cc\ min} = \frac{C * V_s * \sqrt{3}}{|2 * Z_d + Z_o|} = \frac{0.95 * 400 * \sqrt{3}}{0.018} = 36.565,5\ A$$

A continuación debemos escoger el calibre:

$$I_{reg} \leq I_N \leq I_{Adm}$$

I_{reg} : La intensidad que se empleará normalmente, 1032,22 A según se calculó anteriormente

I_N : La intensidad del calibre, la que queremos hallar.

I_{Adm} : La máxima corriente que soporta el cable, en este caso 6 conductores de 50 mm²: 1380 A.

$$1032,22 \leq I_N \leq 1380$$

Si buscamos el valor normalizado inmediatamente superior a 1032,22, veremos que se trata de un calibre de 1250A. Con este dato y comparándolo con la corriente de cortocircuito mínima podemos seleccionar la curva de disparo:

$$\text{CURVA B} \rightarrow I_{cc\ min} > I_{mag} = 5 * I_N \rightarrow 36565,5 > 6250\ A \rightarrow \text{CUMPLE}$$

$$\text{CURVA C} \rightarrow I_{cc\ min} > I_{mag} = 10 * I_N \rightarrow 36565,5 > 12500\ A \rightarrow \text{CUMPLE}$$

$$\text{CURVA D} \rightarrow I_{cc\ min} > I_{mag} = 20 * I_N \rightarrow 36565,5 > 25000\ A \rightarrow \text{CUMPLE}$$

Todas cumplen, así que por tanto tomaremos la CURVA B por ser más económica en este caso. Pero antes de darlo por completo por válido, debemos comprobar que el conductor va a soportar la sobreintensidad un tiempo adecuado:



$$t_{mcicc} = \frac{C * \Delta T * S^2}{I_{ccMIN}^2} = \frac{56 * 230 * (6 * 50)^2}{36565,5^2} = 0,87s > 0,1s \rightarrow \text{VÁLIDO}$$

3.4- CÁLCULO DE LAS INTENSIDADES DE CORTOCIRCUITO EN LOS CUADROS

A continuación se mostrarán las tablas con los cálculos resumidos para todas las protecciones de la instalación. Para simplificar el trabajo se ha empleado el Microsoft Excel y solo se han mostrado las columnas de los valores más significativos para el apartado en cuestión. Además, solo se han incluido los resultados una vez hayan cumplido con todos los requisitos y sean definitivos, como la sección de los conductores o el tiempo que el conductor soporta la sobreintensidad. También nos aseguramos de que hemos dimensionado las protecciones de forma que ninguna protección aguasarriba de otra vaya a abrirse antes que esta.

CUADRO GENERAL DE DISTRIBUCIÓN

Línea	L (m)	S (mm ²)	R (mΩ)	R _{20º} total (mΩ)	R _{250º} total (mΩ)	X _{total} (mjΩ)	Z _{d 20} (mΩ)	Z _{d 250} (mΩ)	Z _o (mΩ)	2*Z _d +Z _o (mΩ)	Tensión (V)
Gen.1	15	50	5.4	5.79	11.1	5.61	12.4	11.1 + 5.61j	33.3 + 5.45j	57.9	400
Gen.2	25	50	9	9.39	18	5.61	18.8	18 + 5.61j	54 + 5.45j	91.5	400
Gen.3	6	95	1.4	1.79	3.44	5.61	6.5	3.44 + 5.61j	10.32 + 5.45j	23.8	400
Gen.4	8	95	1.2	1.59	3.05	5.61	6.3	3.05 + 5.61j	9.15 + 5.45j	22.4	400
Gen.5	12	50	4.3	4.69	9	5.61	10.5	9 + 5.61j	27 + 5.45j	47.9	400
Gen.6	14	1,5	168	168.39	323.31	5.61	168.5	323.31 + 5.61j	969.96 + 5.45j	1616.7	230
Gen.7	3	1,5	36	36.39	69.87	5.61	36.8	69.87 + 5.61j	209.61 + 5.45j	349.5	230
Gen.8	5	6	15	15.39	29.55	5.61	16.4	29.55 + 5.61j	88.65 + 5.45j	148.7	230

Línea	I _{ccMAX} (kA)	I _{ccMIN} (kA)	PDC (kA)	CALIBRE (A)	CURVA
Gen.1	18.6	11.4	25	250	C
Gen.2	12.3	7.2	15	250	C
Gen.3	35.5	27.6	36	320	C
Gen.4	36.6	29.4	50	320	C
Gen.5	22	13.7	25	250	C
Gen.6	0.68	0.23	10	3	C
Gen.7	3.12	1.08	10	0,5	C
Gen.8	7.01	2.55	10	20	C



CUDRO AUXILIAR 1: ALUMBRADO

Línea	L (m)	S (mm ²)	R (mΩ)	R _{20e} total (mΩ)	R _{250e} total (mΩ)	X total (mΩ)	Z _{d 20} (mΩ)	Z _{d 250} (mΩ)	Z ₀ (mΩ)	2*Z _d +Z ₀ (mΩ)	Tensión (V)
Aux.1.1	76	6	228	233,79	448,9	5,77	233,9	448,9 + 5,77j	1346,63 + 6,35j	2244,4	230
Aux.1.2	50	4	225	230,79	443,1	5,77	230,9	443,1 + 5,77j	1329,35 + 6,35j	2215,6	230
Aux.1.3	54	2,5	388,8	394,59	757,6	5,77	394,6	757,6 + 5,77j	2272,83 + 6,35j	3788,1	230
Aux.1.4	65	2,5	468	473,79	909,7	5,77	473,8	909,7 + 5,77j	2729,03 + 6,35j	4548,4	230
Aux.1.5	76	4	342	347,79	667,8	5,77	347,8	667,8 + 5,77j	2003,27 + 6,35j	3338,8	230
Aux.1.6	87	4	391,5	397,29	762,8	5,77	397,3	762,8 + 5,77j	2288,39 + 6,35j	3814	230
Aux.1.7	58	10	104,4	110,19	211,6	5,77	110,33	211,6 + 5,77j	634,8 + 6,35j	1058,1	230
Aux.1.8	62	10	111,6	117,39	225,3	5,77	117,52	225,39 + 5,77j	675,9 + 6,35j	1127,1	230
Aux.1.9	66	10	118,8	124,59	239,2	5,77	124,72	239,2 + 5,77j	717,6 + 6,35j	1196,1	230
Aux.1.10	70	10	126	131,79	253,04	5,77	131,91	253,04 + 5,77j	759,12 + 6,35j	1265,3	230
Aux.1.11	73	1,5	876	881,79	1693	5,77	881,8	1693 + 5,77j	5079,11 + 6,35j	8465,2	230
Aux.1.12	75	1,5	900	905,79	1739,1	5,77	905,8	1739,1 + 5,77j	5217,35 + 6,35j	8695,6	230
Aux.1.13	38	1,5	456	461,79	886,6	5,77	461,8	886,6 + 5,77j	2659,91 + 6,35j	4433,2	230
Aux.1.14	44	1,5	528	533,79	1024,9	5,77	533,8	1024,9 + 5,77j	3074,63 + 6,35j	5124,4	230
Aux.1.15	100	1,5	1200	1205,79	2315,1	5,77	1205,8	2315,1 + 5,77j	6945,3 + 6,35j	11575,5	230
Aux.1.16	54	4	243	248,79	477,7	5,77	248,9	477,7 + 5,77j	1433,03 + 6,35j	2388,4	400
Aux.1.17	80	25	57,6	63,39	121,7	5,77	63,6	121,7 + 5,77j	365,126 + 6,35j	608,7	230
Aux.1.18	60	25	46,1	51,89	99,6	5,77	52,2	99,6 + 5,77j	298,8 + 6,35j	498,3	230

Línea	I _{ccMAX} (kA)	I _{ccMIN} (kA)	PDC (kA)	CALIBRE (A)	CURVA
Aux.1.1	0,89	0,29	10	20	C
Aux.1.2	0,89	0,31	10	16	C
Aux.1.3	0,53	0,18	10	10	B
Aux.1.4	0,44	0,14	10	10	B
Aux.1.5	0,60	0,20	10	10	C
Aux.1.6	0,51	0,18	10	10	B
Aux.1.7	1,90	0,65	10	25	D
Aux.1.8	1,79	0,62	10	25	D
Aux.1.9	1,68	0,58	10	25	D
Aux.1.10	1,59	0,54	10	25	D
Aux.1.11	0,24	0,07	10	3	C
Aux.1.12	0,22	0,07	10	4	C



Aux.1.13	0,44	0,14	10	6	C
Aux.1.14	0,38	0,13	10	3	C
Aux.1.15	0,09	0,03	10	0,5	C
Aux.1.16	0,92	0,27	10	40	B
Aux.1.17	3,29	1,13	10	63	C
Aux.1.18	2,2	0,76	10	63	C

CUADRO AUXILIAR 2: EVAPORADORES Y PUERTAS

Línea	L (m)	S (mm ²)	R (mΩ)	R _{20°} total (mΩ)	R _{250°} total (mΩ)	X _{total} (mΩ)	Z _{d 20} (mΩ)	Z _{d 250} (mΩ)	Z _o (mΩ)	2*Z _d + Z _o (mΩ)	Tensión (V)
Aux.2.1	18	2.5	129,6	138,99	266,8	5,77	139,1	266,8 + 5,77j	800,5 + 6,35j	1334,416	400
Aux.2.2	16	2.5	115,2	124,59	239,2	5,77	124,7	239,2 + 5,77j	717,6 + 6,35j	1196,189	400
Aux.2.3	58	2.5	417,6	426,99	819,8	5,77	427	819,8 + 5,77j	2459,4 + 6,35j	4099,14	400
Aux.2.4	47	2.5	338,4	347,79	667,7	5,77	347,8	667,7 + 5,77j	2003,2 + 6,35j	3338,829	400
Aux.2.5	50	2.5	360	369,39	709,2	5,77	369,4	709,2 + 5,77j	2127,6 + 6,35j	3546,186	400
Aux.2.6	60	2.5	432	441,39	847,4	5,77	441,4	847,4 + 5,77j	2542,4 + 6,35j	4237,379	400
Aux.2.7	85	2.5	612	621,39	1193,0	5,77	621,4	1193,0 + 5,77j	3579,2 + 6,35j	5965,369	400
Aux.2.8	55	4	247,5	256,89	493,2	5,77	256,9	493,2 + 5,77j	1479,6 + 6,35j	2466,205	400
Aux.2.9	58	25	41,76	51,15	98,2	5,77	51,4	98,2 + 5,77j	294,6 + 6,35j	491,3443	230

Línea	I _{ccMAX} (kA)	I _{ccMIN} (kA)	PDC (kA)	CALIBRE (A)	CURVA
Aux.2.1	1,66	0,28	10	20	C
Aux.2.2	1,85	0,32	10	16	C
Aux.2.3	0,54	0,09	10	16	B
Aux.2.4	0,66	0,11	10	16	B
Aux.2.5	0,62	0,11	10	16	B
Aux.2.6	0,52	0,09	10	16	B
Aux.2.7	0,37	0,06	10	10	B
Aux.2.8	0,90	0,15	10	40	B
Aux.2.9	4,08	1,41	10	63	D



CUADRO AUXILIAR 3: EQUIPO DE FRÍO 1

Línea	L (m)	S (mm ²)	R (mΩ)	R _{20°} total (mΩ)	R _{250°} total (mΩ)	X _{total} (mΩ)	Z _{d 20} (mΩ)	Z _{d 250} (mΩ)	Z _o (mΩ)	2*Z _d + Z _o (mΩ)	Tensión (V)
Aux.3.1	10	95	1,8	11,28	21,66	5,77	12,54	21,66 + 5,77j	65 + 6.35j	109,7	400
Aux.3.2	130	1,5	1.560	1.569,39	3.013,23	5,77	1.569,4	3.013,23 + 5,77j	9.039,69 + 6,35j	15.066,2	230
Aux.3.3	64	4	288	297,39	570,98	5,77	297,44	570,98 + 5,77j	1712,94 + 6.35j	2854,9	400
Aux.3.4	70	25	50,4	59,79	114,79	5,77	60,05	114,79 + 5,77j	344,37 + 6.35j	574,2	230

Línea	I _{ccMAX} (kA)	I _{ccMIN} (kA)	PDC (kA)	CALIBRE (A)	CURVA
Aux.3.1	18,31	3,44	25	250	C
Aux.3.2	0,07	0,05	10	1,5	C
Aux.3.3	0,77	0,13	10	40	B
Aux.3.4	3,84	1,20	10	63	C

CUADRO AUXILIAR 4: EQUIPO DE FRÍO 2

Línea	L (m)	S (mm ²)	R (mΩ)	R _{20°} total (mΩ)	R _{250°} total (mΩ)	X _{total} (mΩ)	Z _{d 20} (mΩ)	Z _{d 250} (mΩ)	Z _o (mΩ)	2*Z _d + Z _o (mΩ)	Tensión (V)
Aux.4.1	7	95	1,3	10,71	20,57	5,77	12,10	20,57 + 5,77j	61,72 + 6.35j	104,3	400
Aux.4.2	90	1,5	1.080	1.089,41	2.091,67	5,77	1.089,42	2.091,67 + 5,77j	6.275,01 + 6,35j	10.458,37	230
Aux.4.3	40	4	180	189,39	363,62	5,77	189,47	363,62 + 5,77j	1090,88 + 6.35j	1818,2	400
Aux.4.4	56	25	40,3	49,71	95,44	5,77	50,02	95,44 + 5,77j	286,32 + 6.35j	477,5	230

Línea	I _{ccMAX} (kA)	I _{ccMIN} (kA)	PDC (kA)	CALIBRE (A)	CURVA
Aux.4.1	19,08	3,62	25	250	C
Aux.4.2	0,20	0,07	10	1,5	C
Aux.4.3	1,21	0,20	10	40	B
Aux.4.4	8,42	1,44	10	63	D



CUADRO AUXILIAR 5: BOMBAS Y CONDENSADOR

Línea	L (m)	S (mm ²)	R (mΩ)	R _{20°} total (mΩ)	R _{250°} total (mΩ)	X _{total} (mΩ)	Z _{d 20} (mΩ)	Z _{d 250} (mΩ)	Z _o (mΩ)	2*Z _d + Z _o (mΩ)	Tensión (V)
Aux.5.1	10	6	30	39,39	75,62	5,77	39,78	75,62 + 5,77j	226,88 + 6,35j	378,5	400
Aux.5.2	5	6	15	24,39	46,82	5,77	25,02	46,82 + 5,77j	140,48 + 6,35j	234,7	400
Aux.5.3	8	6	24	33,39	64,10	5,77	33,85	64,10 + 5,77j	192,32 + 6,35j	321	400
Aux.5.4	90	1,5	1.080	1.089,39	2.091,63	5,77	1.089,39	2.091,63 + 5,77j	6.275,01 + 6,35j	10.458,14	230
Aux.5.5	24	4	108	117,39	225,38	5,77	117,52	225,38 + 5,77j	676,16 + 6,35j	1127	400
Aux.5.6	36	25	25,9	35,31	67,79	5,77	35,75	67,79 + 5,77j	203,38 + 6,35j	339,4	230
Aux.5.7	35	25	25,2	34,59	66,41	5,77	35,04	66,41 + 5,77j	199,23 + 6,35j	332,5	230

Línea	I _{ccMAX} (kA)	I _{ccMIN} (kA)	PDC (kA)	CALIBRE (A)	CURVA
Aux.5.1	5,8	1	10	50	C
Aux.5.2	9,22	1,61	10	10	D
Aux.5.3	6,82	1,17	10	32	D
Aux.5.4	0,20	0,07	10	1,5	C
Aux.5.5	1,96	0,33	10	40	B
Aux.5.6	5,86	2,02	10	63	D
Aux.5.7	5,99	2,06	10	63	D



4- CORRECCIÓN DEL FACTOR DE POTENCIA

4.1- BATERÍA DE CONDENSADORES PARA LA INSTALACIÓN

Comenzaremos por calcular el $\cos\varphi$ medio de la instalación. Para ello debemos calcular en primer lugar la potencia aparente total de la instalación, a partir de la potencia aparente de cada circuito. Para ello, utilizaremos la relación:

$$S = \frac{P}{\cos\varphi}$$

En el caso de las tomas de corriente se ha considerado que el factor de potencia es de 0.85, aunque no tiene por qué serlo siempre ya que dependerá del receptor que vayamos a conectar cada vez.

CUADRO GENERAL

Línea	Descripción	Potencia (W)	Cos φ	S (VA)
Gen.6	Alumbrado C.T.	252	0.9	280
Gen.7	Alumbrado de emergencia C.T.	9	1	9
Gen.8	Toma de corriente 1F C.T.	3680	0.85	4329.41
Total		3.941		4.618,41

CUADRO AUXILIAR 1: ALUMBRADO

Línea	Descripción	Potencia (W)	Cos φ	S (VA)
Aux.1.1	Cámara 1	2000	0.9	2222.22
Aux.1.2	Cámara 2	1500	0.9	1666.66
Aux.1.3	Cámara 3	1000	0.9	1111.11
Aux.1.4	Cámara 4	1000	0.9	1111.11
Aux.1.5	Cámara 5	1000	0.9	1111.11
Aux.1.6	Cámara 6	1000	0.9	1111.11
Aux.1.7	Almacén 1	2800	0.9	3111.11
Aux.1.8	Almacén 2	2800	0.9	3111.11
Aux.1.9	Almacén 3	2800	0.9	3111.11
Aux.1.10	Almacén 4	2400	0.9	2666.67
Aux.1.11	Oficina	336	0.9	373.33



Aux.1.12	Vestuarios	354	0.9	393.33
Aux.1.13	Sala de máquinas	504	0.9	560
Aux.1.14	Sala de herramientas	252	0.9	280
Aux.1.15	Alumbrado de emergencia	54	1	54
Aux.1.16	2 tomas de corriente 3F almacén	22170	0.85	26082.35
Aux.1.17	4 tomas de corriente 1F almacén	14720	0.85	17317.64
Aux.1.18	3 tomas de corriente 1F oficina	11040	0.85	12988.23
Total		67730		72382,2

CUADRO AUXILIAR 2: EVAPORADORES

Línea	Descripción	Potencia (W)	Cos φ	S (VA)
Aux.2.1	Evaporador cámara 1	10111.47	0.85	11895.85
Aux.2.2	Evaporador cámara 2	8089.18	0.85	9516.68
Aux.2.3	Evaporador cámara 3	8089.18	0.85	9516.68
Aux.2.4	Evaporador cámara 4	8089.18	0.85	9516.68
Aux.2.5	Evaporador cámara 5	8089.18	0.85	9516.68
Aux.2.6	Evaporador cámara 6	8089.18	0.85	9516.68
Aux.2.7	Puertas motorizadas	3217.31	0.85	3785.07
Aux.2.8	2 tomas de corriente 3F cámaras	22170	0.85	26082.35
Aux.2.9	4 tomas de corriente 1F cámaras	14720	0.85	17317.64
TOTAL		90.664,68		106.664,31

**CUADRO AUXILIAR 3: EQUIPO DE FRÍO 1**

Línea	Descripción	Potencia (W)	Cosφ	S (VA)
Aux.3.1	Equipo de frío 1	119499.25	0.88	135794.6
Aux.3.2	Alumbrado de emergencia	108	1	108
Aux.3.3	2 tomas de corriente 3F cámaras	22170	0.85	26082.35
Aux.3.4	4 tomas de corriente 1F cámaras	14720	0.85	17317.64
TOTAL		156.497,25		179.302,59

CUADRO AUXILIAR 4: EQUIPO DE FRÍO 2

Línea	Descripción	Potencia (W)	Cosφ	S (VA)
Aux.4.1	Equipo de frío 2	119499.25	0.88	135794.6
Aux.4.2	Alumbrado de emergencia	108	1	108
Aux.4.3	2 tomas de corriente 3F cámaras	22170	0.85	26082.35
Aux.4.4	4 tomas de corriente 1F cámaras	14720	0.85	17317.64
TOTAL		156.497,25		179.302,59



CUADRO AUXILIAR 5: BOMBAS Y CONDENSADOR

Línea	Descripción	Potencia (W)	Cosφ	S (VA)
Aux.5.1	Condensador de aire	20222.95	0.85	23791.71
Aux.5.2	Bombas de recirculación	2941.52	0.82	3587.22
Aux.5.3	Bombas de distribución	11766.08	0.82	14348.88
Aux.5.4	Alumbrado de emergencia	103	1	103
Aux.5.5	2 tomas de corriente 3F sala máquinas y herramientas	22170	0.85	26082.35
Aux.5.6	4 tomas de corriente 1F sala máquinas, herramientas y CT	14720	0.85	17317.64
Aux.5.7	4 tomas de corriente 1F vestuarios	14720	0.85	17317.64
TOTAL		86.643,55		102.548,44

A continuación, calcularemos el factor de potencia medio mediante la siguiente ecuación:

$$\cos\varphi_{medio} = \frac{\sum P}{\sum S}$$

$$\sum P = 561973.73 \text{ W}$$

$$\sum S = 650818.54 \text{ VA}$$

Por lo tanto: $\cos\varphi_{medio} = 0.86$

Con el factor de potencia medio de la instalación podemos calcular la potencia reactiva que se consume en toda la instalación:

$$\varphi = 30.68$$

$$Q = S * \sin\varphi = 650818.54 * 0.51 = 331917.46 \text{ VAR}$$



Queremos obtener un coseno cercano a 1. Tomamos un $\cos\varphi' = 0.98$:

$$\varphi' = 11.48 \quad Q' = S * \text{sen}\varphi' = 650818.54 * 0.199 = 129512.89 \text{ VAr}$$

De modo que la potencia reactiva que debemos compensar con los condensadores es:

$$\Delta Q = Q - Q' = 331917.46 - 129512.89 = 202404.57 \text{ VAr}$$

Esta potencia será la que tenga que suministrar la batería de condensadores, puesto que se ha elegido compensación automática. Se elegirá una batería de condensadores que pueda llegar a suministrar una energía reactiva mayor de 202.4 KVar.

El equipo seleccionado para la corrección automática del factor de potencia es una batería de condensadores de 210 KVar, compuesta por 14 condensadores de 15 kVar.

4.2- CONDUCTOR DE UNIÓN DE LA BATERÍA

Para calcular la sección del conductor comenzaremos por calcular la intensidad que circulará por él:

$$Q = \sqrt{3} * V * I_n * \text{sen}\varphi$$

Dónde:

$\text{sen}\varphi = 1$, ya que se tratan de condensadores y , por tanto, puramente inductivos

$V = 400$ voltios

$Q = 210$ KVar, potencia total de la batería de condensadores

$$I_n = \frac{210}{\sqrt{3} * 400 * 1} = 0.3031 \text{ kA} = 303.11 \text{ A}$$

Para una intensidad de 303.1 A, emplearemos un conductor de 120 mm² RZ1-K 0.6/1 PRYSMIAN. Estudiamos la caída de tensión en el conductor:

$$AV\% = \frac{P * L * 100}{C * S * V^2} = \frac{561973.73 * 12 * 100}{56 * 120 * 400^2} = 0.63 \% < 5\%$$



4.3- PROTECCIÓN DE LA BATERÍA DE CONDENSADORES

El cálculo del interruptor automático se basa en la intensidad consumida por la batería de condensadores.

$$I_n = 303.11 \text{ A}$$

La intensidad de cortocircuito será la de la entrada al C.G.D.

$$I_{cc} = 27.76 \text{ KA}$$

Se elige un interruptor magnetotérmico marca ABB de las siguientes características: poder de corte 36 KA, calibre 320 A, curva C.



5- INSTALACIÓN DE PUESTA A TIERRA

5.1- RESISTENCIA DEL ELECTRODO

Según se explica en la memoria, la diferencia de tensión entre masa y tierra no debe ser nunca superior a 24 voltios en lugares húmedos o de 50 voltios en lugares secos.

De los dos valores se cogerá el de 24 Voltios, ya que se trata de una nave adyacente al río, lo que hace que el terreno sea húmedo:

Datos de partida:

- Resistividad del terreno:
Según la tabla de la ITC BT 18, tabla 3, suelo pedregoso cubierto de césped de 300 a 500 Ωm (tomamos 300 Ωm).
- Tensión máxima de contacto 24 V.
- Corriente de disparo del interruptor diferencial 300 mA.
- El valor máximo de la resistencia de tierra deberá ser:

$$R \leq \frac{V_c}{I_s} = 80 \Omega$$

5.2- CARACTERÍSTICAS DEL ELECTRODO

El electrodo está formado por 8 picas de acero recubiertas de cobre de 14 mm de diámetro y 2 metros de longitud, situadas una en cada esquina exterior de la nave y otra en el centro de cada lado, y unidas por medio de un conductor de cobre desnudo de 50 mm² de sección. Esta irá unida al mallazo metálico de cimentación a través de un conductor de cobre de 50 mm² de sección por medio de soldaduras aluminotérmicas, formando así una superficie equipotencial a lo largo de toda la nave.

Se calculará el valor de la resistencia de tierra en el caso del defecto a tierra más desfavorable, es decir, cuando la corriente de defecto sea mayor. Ya que los contactos peligrosos se producen con la maquinaria de la nave, se ha de buscar la máquina con menor resistencia a tierra, que es la máquina con mayor corriente de defecto: en este caso el equipo de frío 2, del cuadro auxiliar 4.

La resistencia a tierra (del conductor de protección de la máquina con menor resistencia a tierra, que la une con su correspondiente cuadro secundario, el cual va unido a la línea principal de tierra) para esta máquina, viene dada por la expresión:



$$R_t = \rho * \frac{L}{S} = \frac{7}{56 * 50} = 0.0025 \text{ m}\Omega$$

Siendo:

R_t = resistencia a tierra, en $\text{m}\Omega$

ρ = resistividad del cobre (1/56).

L = longitud de la línea principal de tierra hasta el defecto, en metros.

S = sección de la línea principal de tierra, en mm^2 .

La resistencia a tierra de una pica, según la tabla 5 de la instrucción ITC BT 18, viene dada por la expresión:

$$R = \frac{\rho}{L} = \frac{300}{2} = 150 \Omega$$

Dónde:

R = resistencia a tierra, en Ω

ρ = resistividad del terreno en Wm .

L = longitud de la pica o del conductor (m).

La resistencia de ocho picas será:

$$R_p = R_1 // R_2 // R_3 // R_4 // R_5 // R_6 // R_7 // R_8 = 18.75 \Omega$$

La resistencia del conductor que las une, según la tabla 5 de la instrucción ITC BT 18, será:

$$R_c = 2 * \frac{\rho}{L} = 2 * \frac{300}{237} = 2.53 \Omega$$

La longitud del cableado de la puesta a tierra es ligeramente al perímetro de la nave, ya que de ser igual estaría demasiado tenso, y dificultaría mucho su instalación.

La resistencia del conjunto será:

$$R_T = R_p // R_c = 2.229 \Omega$$

Resultando la resistencia a tierra total:

$$R = R_T + R_t = 2.2315 \Omega$$



Como se ve, se cumplen las prescripciones expuestas en el punto 1 de este documento, ya que $2.2315 \Omega < 80 \Omega$, con lo que la instalación a tierra es correcta. Debido al mallazo de cimentación la resistencia a tierra será menor todavía, con lo cual se cumple de sobra la exigencia.



6 – CENTRO DE TRANSFORMACIÓN

6.1- INTENSIDAD EN ALTA TENSIÓN

En un sistema trifásico, la intensidad en el primario (I_p) viene determinada por:

$$I_p = \frac{S}{\sqrt{3} * U} = \frac{630}{\sqrt{3} * 13,2} = 27,56 \text{ A}$$

Siendo:

S = Potencia del transformador en KVA. (630 KVA).

U = Tensión compuesta primaria en KV (13,2 KV)

I_p = Intensidad primaria en amperios

La razón por la que se optó por instalar dos transformadores en paralelo es para que en caso de avería dispongamos del otro para alimentar la nave por sí solo. Por esta razón todos los cálculos se realizarán pensando en el peor de los casos, es decir, que solo dispongamos de uno de los transformadores. De esta forma nos aseguramos de que los cálculos serán aceptables tanto si disponemos de los dos transformadores como si solo tenemos uno de ellos.

6.2- INTENSIDAD EN BAJA TENSIÓN

En un sistema trifásico la intensidad en el secundario (I_s) viene determinada por la siguiente expresión:

$$I_s = \frac{S - W_{Fe} - W_{Cu}}{\sqrt{3} * U} = \frac{630 - 0 - 0}{\sqrt{3} * 0,4} = 909,33 \text{ A}$$

Siendo:

S = Potencia del transformador en KVA. (630 KVA)

W_{Cu} = Pérdidas en el cobre del transformador

W_{Fe} = Pérdidas en el hierro del transformador

U = Tensión compuesta en carga del secundario en kilovoltios (400V)

I_s = Intensidad secundaria en amperios

Por lo tanto, un solo transformador de 630 KVA es capaz de suministrarnos 909,33 A. Si bien es cierto que la nave en su totalidad llega a exigir 1032,22 A, la corriente que nos suministraría un solo transformador es suficiente para mantener activas las cámaras frigoríficas y no perder el material mientras se realizan las reparaciones o recambios requeridos.



6.3- INTENSIDADES DE CORTOCIRCUITO

Para el cálculo de la intensidad de cortocircuito se determina una potencia de cortocircuito de 350 MVA en la red de distribución, dato proporcionado por la compañía suministradora (Iberdrola).

CORRIENTES DE CORTOCIRCUITO

Para la realización del cálculo de las corrientes de cortocircuito se utilizarán las expresiones:

-Intensidad primaria para cortocircuito en el lado de alta tensión:

$$I_{ccp} = \frac{S_{cc}}{\sqrt{3} * U} = \frac{350}{\sqrt{3} * 13,2} = 15,31 \text{ kA}$$

Siendo:

S_{cc} = potencia de cortocircuito de la red en MVA (350 MVA)

U = tensión primaria en KV (13,2 KV)

I_{ccp} = intensidad de cortocircuito primaria en KA

-Intensidad secundaria para cortocircuito en el lado de baja tensión (despreciando la impedancia de la red de alta tensión):

$$I_{ccs} = \frac{S}{\sqrt{3} * \frac{U_{cc}}{100} * U_s} = \frac{630}{\sqrt{3} * 0,04 * 400} = 22,73 \text{ kA}$$

Siendo:

S = potencia del transformador en KVA (630 KVA).

U_{cc} = tensión porcentual de cortocircuito del transformador (4 %).

U_s = tensión secundaria en carga en voltios

I_{ccs} = intensidad secundaria máxima para un cortocircuito en el lado de baja tensión en KA.

6.4- PROTECCIÓN DE MEDIA TENSIÓN

Las celdas de protección PMBD y DM1-C son las encargadas de proteger la instalación por el lado de media tensión. Las celdas DM1-C incluyen un interruptor automático Fluarc SF1, que emplea un sistema de corte mediante el principio de la autocompresión de hexafluoruro de azufre (SF6). De acuerdo con el fabricante, su poder de corte es de 25 KA, por lo que cumplen con nuestros requisitos.

Para el caso de la celda PMBD, debemos escoger el fusible a instalar. De acuerdo con la norma MT 2.13.40 de Iberdrola, para un transformador de 630 KVA se debe instalar un fusible de un calibre de 63 A, pero al estar en una celda que lleva la intensidad que llega a dos de estos, el fusible adecuado es uno de calibre 100 A.



6.5- VENTILACIÓN DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN

De acuerdo con Iberdrola, la ecuación para conocer la superficie de las rejillas de ventilación para los transformadores es la siguiente:

$$S_r = \frac{W_{cu} + W_{fe}}{0,24 * k * \sqrt{h} * \Delta t^3}$$

Siendo:

W_{cu} = Pérdidas en cortocircuito del transformador en KW

W_{fe} = Pérdidas en vacío del transformador en KW

h = Distancia vertical entre centros de rejillas

Δt = Diferencia de temperatura entre el aire de salida y el de entrada. 15 es salto máximo admisible.

K = Coeficiente en función de la reja de entrada de aire, dato del fabricante

S_r = Superficie mínima de la reja de entrada de ventilación del transformador

En nuestro caso, y considerando que tenemos dos transformadores:

$$S_r = \frac{1,24 + 2,6}{0,24 * 0,4 * \sqrt{2} * 15^3} = 0,47 \text{ m}^2$$

Se ha escogido el peor coeficiente k posible. De esta forma podemos buscar por catálogos cualquier rejilla que cumpla con el valor calculado. De lo contrario, deberíamos ir realizando cálculos para cada una de las rejillas del catálogo.

Tras buscar por catálogos, se ha optado por una puerta de doble hoja de la marca URANO con hueco para cuatro rejillas de 600x500 mm cada una (dos en la parte superior y dos en la inferior, a 2m de distancia vertical de centros entre ellas). La puerta tiene las dimensiones adecuadas para permitir sacar un transformador averiado del local sin necesidad de derribar el muro en caso de necesidad. Se considera que las dos rejillas de abajo son la rejilla de entrada de ventilación, lo que da un total de 0,6 m² de sección de rejilla, cumpliendo así con lo requerido.

6.6- DIMENSIONAMIENTO DEL FOSO DE RECOGIDA DE ACEITE

Se ha decidido realizar 2 fosos independientes con una capacidad de 600 litros cada uno, de dimensiones 1500x1000x500mm. Cada uno llevará su correspondiente recubrimiento estanco y un lecho de guijarros (una cantidad que siga permitiendo almacenar todo el aceite del transformador en el pozo). De esta forma, resultará más fácil vaciar el pozo en caso de que uno de los dos transformadores pierda el aceite sin tener que tocar para nada el transformador que continúa funcionando correctamente.



6.7- CÁLCULO DE LA INSTALACIÓN DE PUESTA A TIERRA

Comencemos por calcular la mayor resistencia de puesta a tierra admisible:

$$R_t = \frac{U_{BT}}{I_d} = \frac{10000}{500} = 22\Omega$$

A partir de este punto debemos distinguir entre la tierra de protección y la de servicio. Deberán estar separadas para evitar que se transfieran tensiones peligrosas, tal y como se calcula posteriormente.

A) TIERRA DE PROTECCION

Para la tierra de protección se ha adoptado la configuración 50-35/5/88 cuyos datos son los siguientes:

$$\begin{aligned} K_r &= 0,044 \Omega/\Omega m \\ K_p &= 0,0081 V/\Omega mA \\ K_c &= 0,0127 V/\Omega mA \end{aligned}$$

Está constituida por 8 picas formando un rectángulo de 5x3,5 metros y 0,5 de profundidad, con una pica en cada vértice y otra más en el centro de cada lado del rectángulo. Las picas tendrán un diámetro de 14 mm y una longitud de 8 metros. Se enterrarán verticalmente a una profundidad de 0,5 metros.

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

Comprobemos que la configuración cumple todos los requisitos:

$$\begin{aligned} R_t &= K_r * \rho = 0,044 * 300 = 13,2\Omega < 22\Omega \quad \text{CUMPLE} \\ V'_p(V) &= K_p * \rho * I_d = 0,0081 * 300 * 500 = 1.215V < 4.032V \quad \text{CUMPLE} \\ V'_c(V) &= K_c * \rho * I_d = 0,0127 * 300 * 500 = 1.905V > 209V \quad \text{NO CUMPLE} \end{aligned}$$

No se cumple la tensión de contacto, y además por mucho. Si estudiamos las distintas configuraciones disponibles, nos daremos cuenta de que ninguna de ellas satisface ese requisito. Por lo tanto, deberemos tomar otro tipo de medidas. En el local del centro de transformación se debe instalar un mallazo equipotencial que se conectará como mínimo en dos puntos, preferentemente opuestos a la puesta a tierra de protección del centro. Además, se recubrirá con al menos 10 cm de hormigón.

El mallazo protege a la persona que acceda a él, con lo que desaparece el riesgo inherente a la tensión de contacto y de paso interior. Además, las puertas y rejillas de ventilación metálicas que dan al exterior del centro no tendrán contacto eléctrico alguno con



masas conductoras que, a causa de defectos o averías, sean susceptibles de quedar sometidas a tensión. Con estas medidas de seguridad no será necesario calcular las tensiones de contacto en el exterior, ya que éstas serán prácticamente nulas.

B) TIERRA DE SERVICIO

Para la tierra de servicio se ha adoptado la configuración 8/82 cuyos datos son los siguientes:

$$K_r = 0,0556 \Omega/\Omega m$$

$$K_p = 0,00225 V/\Omega mA$$

Estará constituida por 8 picas en hilera unidas por un conductor horizontal de cobre desnudo de 50 mm^2 de sección. Las picas tienen un diámetro de 14 mm, y una longitud de 2 metros. Se enterrará verticalmente a una profundidad de 0,8 metros y la separación entre cada pica y la siguiente será de 3 metros. Con esta configuración, la longitud de conductor desde la primera pica a la última será de 21 metros, dimensión que tendrá que haber disponible en el terreno.

La conexión desde el centro hasta la primera pica se realizará con cable de cobre aislado de 0,6/ 1 kV protegido contra daños mecánicos. Existirá una separación mínima entre las picas de tierra de protección y las picas de la tierra de servicio a fin de evitar la posible transferencia de tensiones elevadas a la red de baja tensión. Dicha distancia se calculará más adelante.

Comprobemos que la configuración cumple todos los requisitos:

$$R_t = K_r * \rho = 0,0556 * 300 = 16,68\Omega < 22\Omega \text{ CUMPLE}$$

$$V'_p(V) = K_p * \rho * I_d = 0,00225 * 300 * 500 = 337,5V < 4.032V \text{ CUMPLE}$$

Tal y como hemos demostrado, se cumplen todas las exigencias. Ya por último, calcularemos la distancia mínima que debemos dejar entre un electrodo de puesta a tierra de la tierra de protección y uno de la de servicio:

$$D_{min} = \frac{\rho * I_d}{2000 * \pi} = \frac{300 * 500}{2000 * \pi} = 23,87m$$



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación :

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL ELÉCTRICO

Título del proyecto:

“DETERMINACIÓN DE INSTALACIÓN ELÉCTRICA Y CENTRO DE
TRANSFORMACIÓN DE NAVE INDUSTRIAL EN EL POLÍGONO DE
LANDABEN”

DOCUMENTO 3: PLANOS

Mikel Aingeru Valencia Arraiz

José Vicente Valdenebro García

Pamplona, Junio del 2012

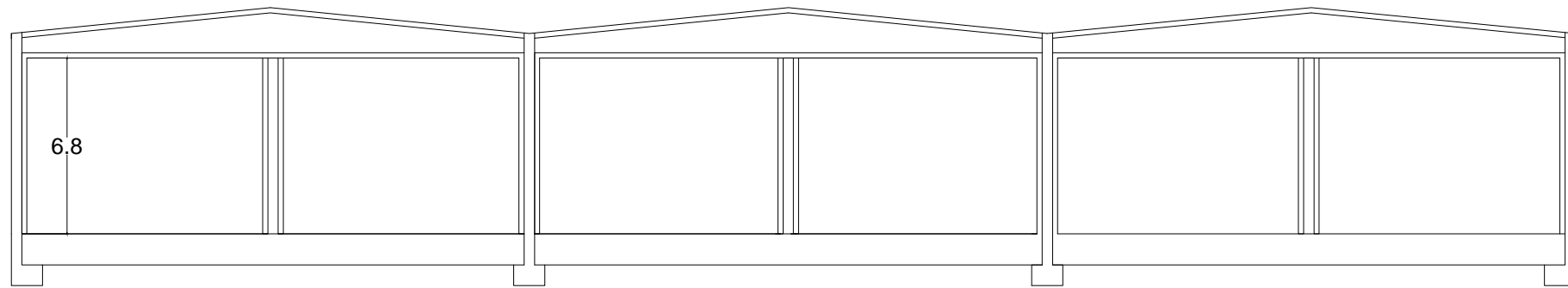


ÍNDICE GENERAL

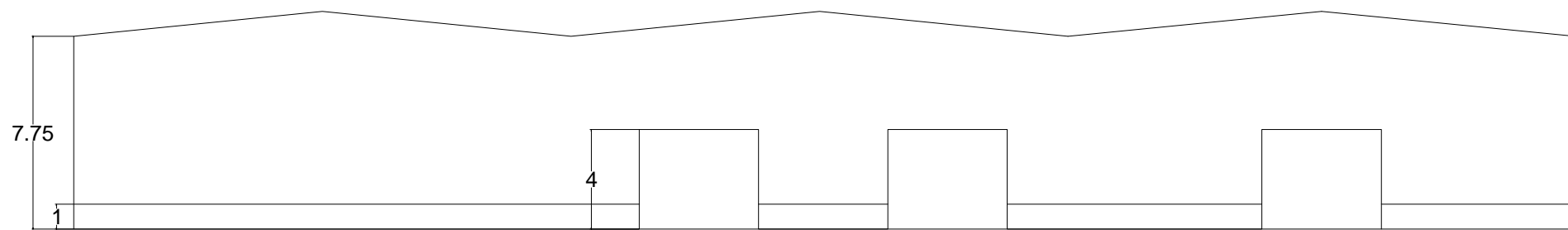
1 – PLANO DE SITUACIÓN	p.3
2 – SECCIÓN Y ALZADOS	p.4
3 – PLANTA GENERAL	p.5
4 – PLANTA MAQUINARIA	p.6
5 – ALUMBRADO GENERAL Y TOMAS DE CORRIENTE	p.7
6 – ALUMBRADO DE EMERGENCIA	p.8
7 – PLANO DE TIERRAS	p.9
8 – CELDAS CENTRO DE TRANSFORMACIÓN	p.10
9 – CENTRO DE TRANSFORMACIÓN	p.11
10 – PUESTA A TIERRA DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN	p.12
11 – UNIFILAR GENERAL	p.13
12 – UNIFILAR AUXILIAR 1	p.14
13 – UNIFILAR AUXILIAR 2	p.15
14 – UNIFILAR AUXILIAR 3	p.16
15 – UNIFILAR AUXILIAR 4	p.17
16 – UNIFILAR AUXILIAR 5	p.18



 Universidad Pública de Navarra <i>Nafarroako</i> <i>Unibertsitate Publikoa</i>	E.T.S.I.I.T.	DEPARTAMENTO: DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL	
	INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.	REALIZADO: VALENCIA ARRAIZ, MIKEL	
PROYECTO: NAVE INDUSTRIAL CON CÁMARA FRIGORÍFICAS PARA ALMACENAMIENTO		FIRMA:	
PLANO: PLANO DE SITUACIÓN	FECHA:	ESCALA: 1:25.000	Nº PLANO: 1



SECCIÓN

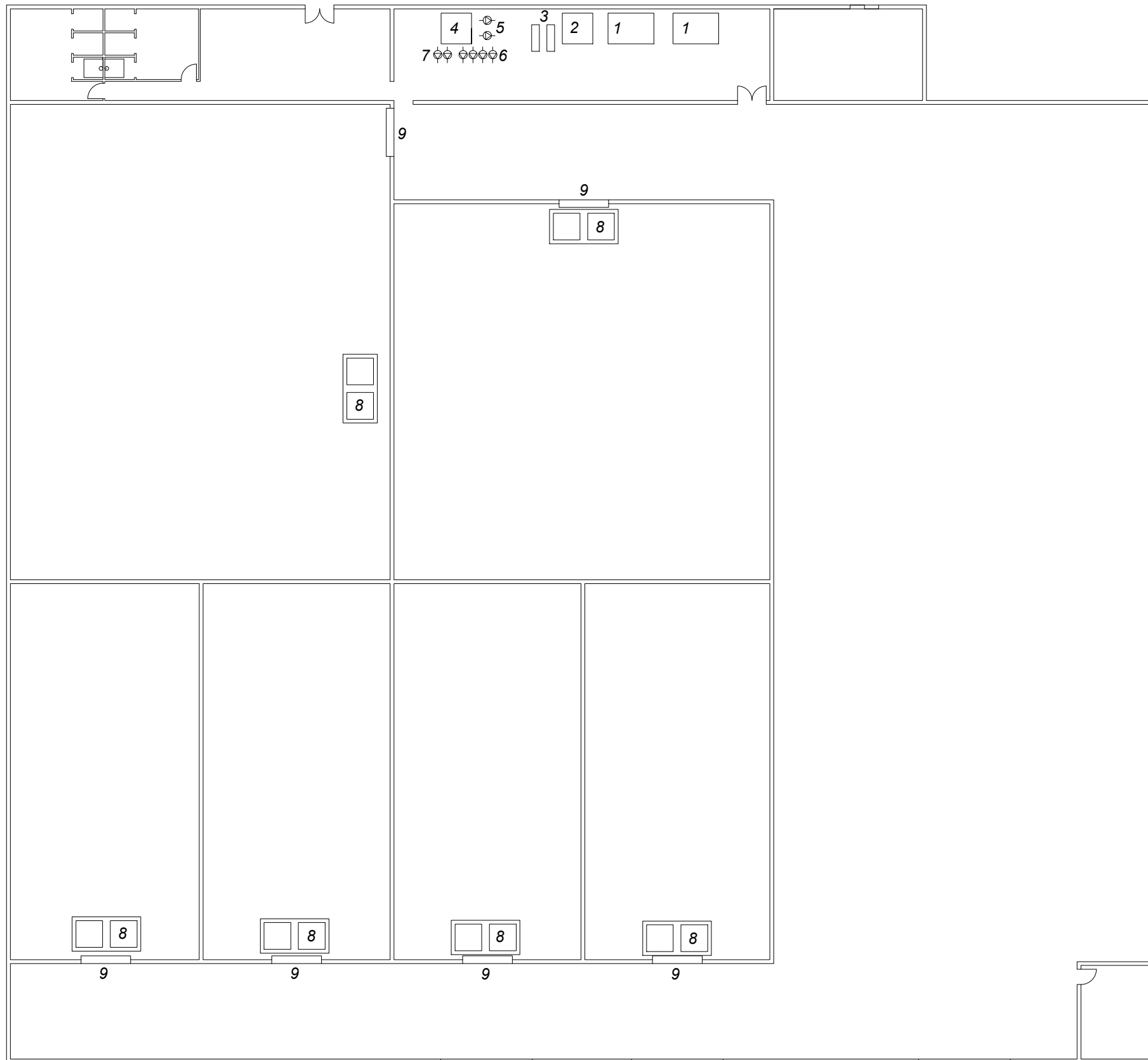


ALZADO PRINCIPAL

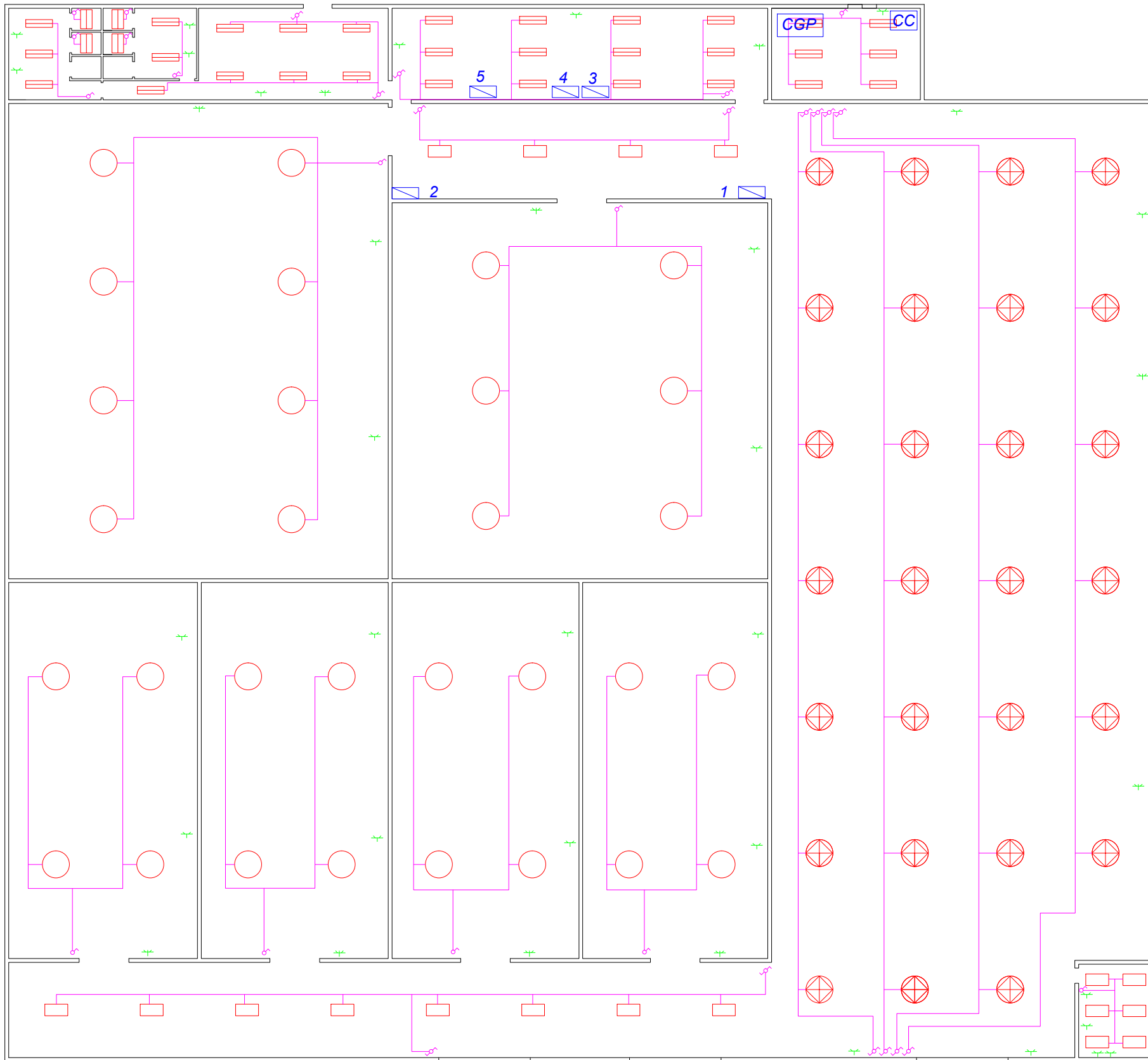


ALZADO LATERAL













 Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	E.T.S.I.I.T. INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.	DEPARTAMENTO: DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL
	PROYECTO: NAVE INDUSTRIAL CON CÁMARAS FRIGORÍFICAS PARA ALMACENAMIENTO	REALIZADO: VALENCIA ARRAIZ, MIKEL
PLANO: SECCIÓN Y ALZADOS		FIRMA: FECHA: ESCALA: Nº PLANO: 1:250 2

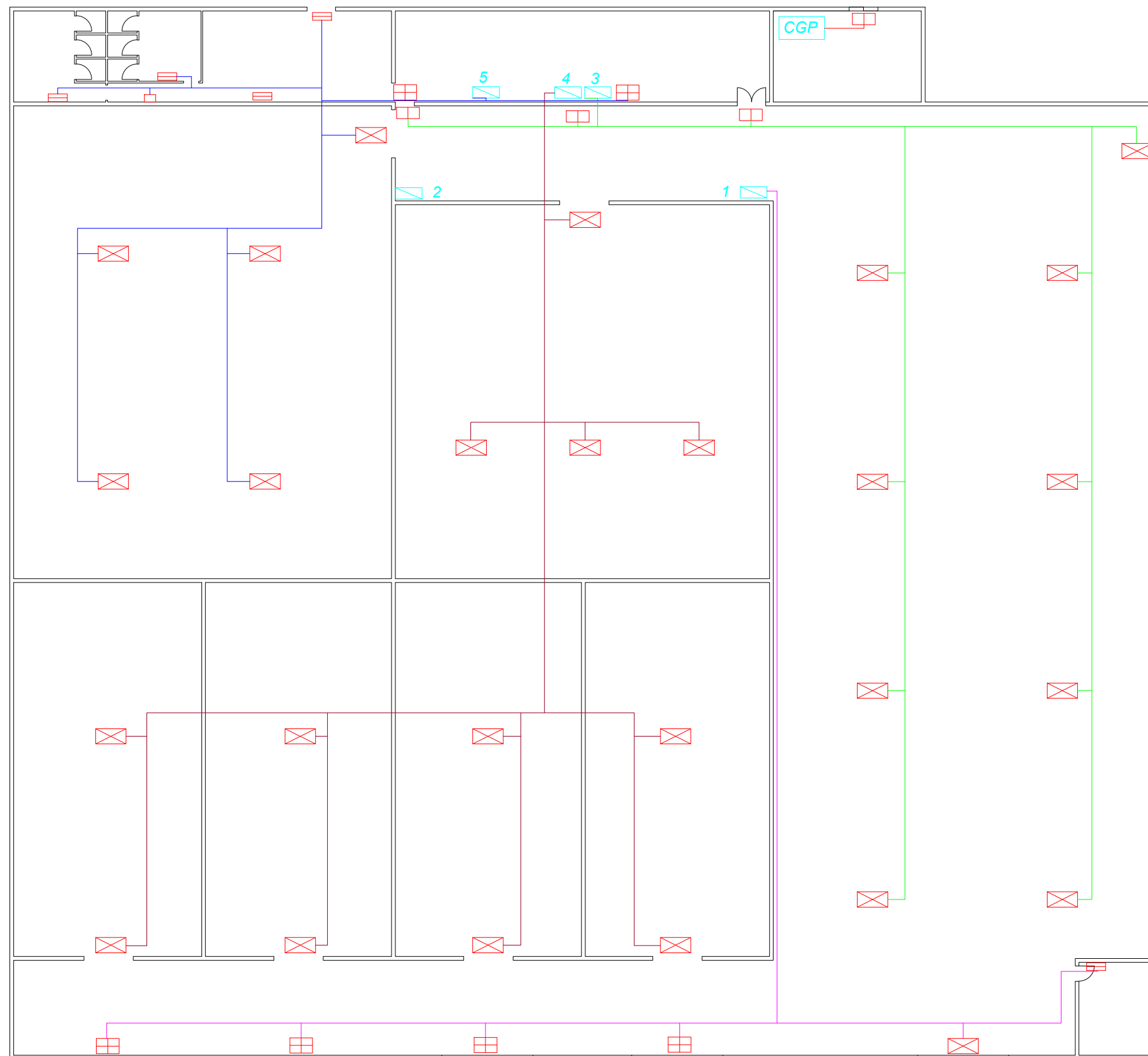







- Leyenda:**
- 1 EQUIPO DE FRÍO
 - 2 CONDENSADOR DE AIRE HORIZONTAL 16000 M3/H
 - 3 EVAPORADOR MULTITUBULAR 70 M3/H
 - 4 DEPÓSITO DE AGUA 8 M3
 - 5 BOMBAS DE RECIRCULACIÓN
 - 6 BOMBAS DE DISTRIBUCIÓN
 - 7 BOMBAS DE DISTRIBUCIÓN
 - 8 EVAPORADORES (DIFUSORES DE AIRE) 56500 FR/H
 - 9 PUERTA RÁPIDA MOTORIZADA



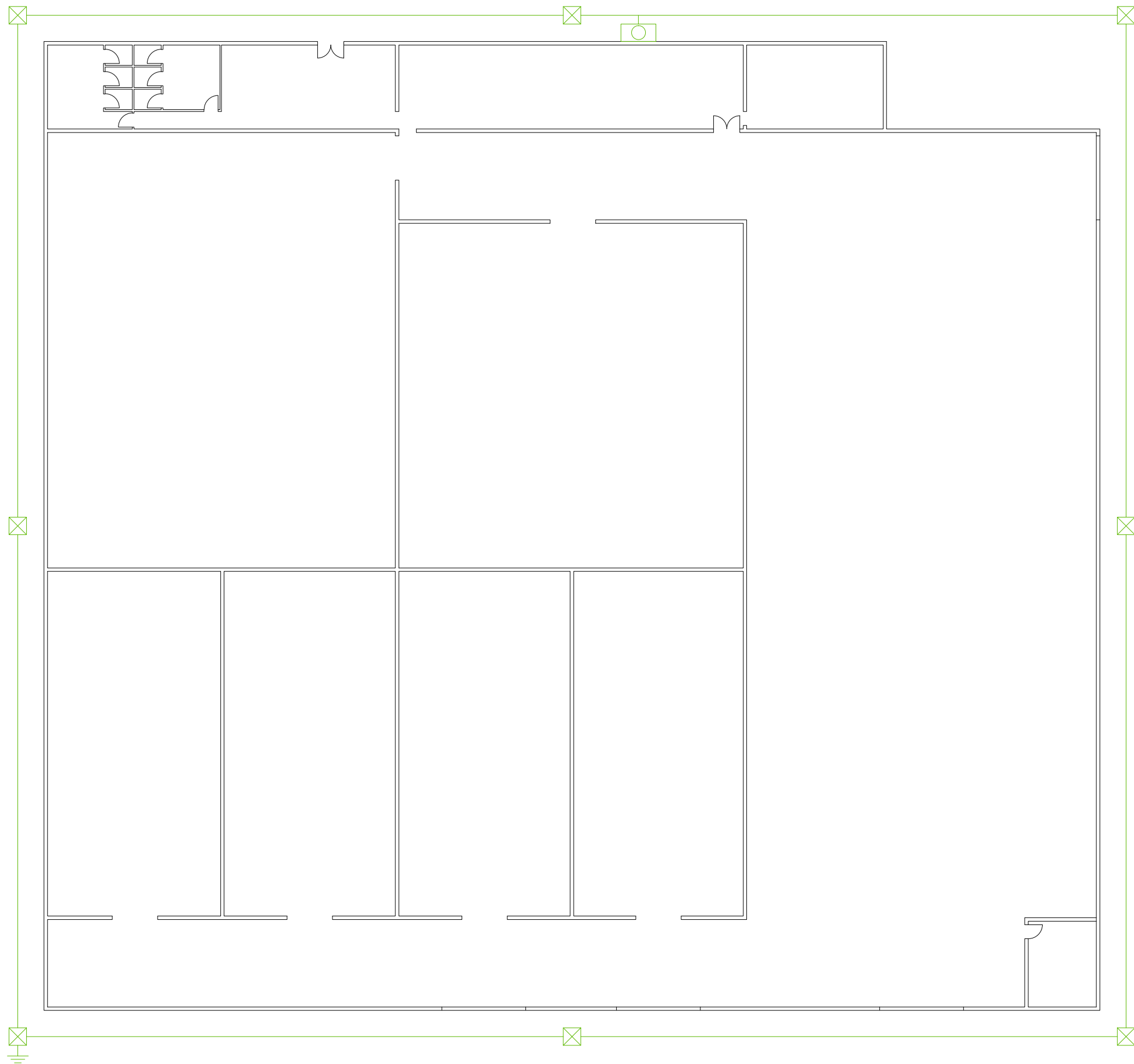
Leyenda:

-  Luminaria Philips TBS 165 - Instalada a 3 metros de altura
Lámpara 3x TL5-14W C3
-  Luminaria TMS022 HF - Instalada a 3 metros de altura
Lámpara 1xTL-D36W
-  Luminaria de campana HPK450 IC - Instalada a 6 metros de altura
Lámpara 1x HPL-N250W
-  Luminaria de campana HPK450 IC - Instalada a 6 metros de altura
Lámpara 1xHPL-N400W
-  Luminaria Philips TBS 165 - Instalada a 3 metros de altura
Lámpara 2x TL5-28W C3
-  Toma trifásica - Instalada a 35 cm del suelo
-  Toma monofásica - Instalada a 35 cm del suelo
-  Cuadro General de Protección
-  Cuadro contadores
-  Cuadros Secundarios
-  Conmutador - Instalado a 1 m del suelo
-  Interruptor - Instalado a 1 m del suelo







- Leyenda:**
-  Aparato de emergencia STYLO S-30
 -  Aparato de emergencia STYLO S-150
 -  Aparato de emergencia STYLO S-200
 -  Aparato de emergencia STYLO S-300
 -  Aparato de emergencia STYLO S-SPL9

 Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	E.T.S.I.I.T. INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.	DEPARTAMENTO: DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL
	PROYECTO: NAVE INDUSTRIAL CON CÁMARAS FRIGORÍFICAS PARA ALMACENAMIENTO	REALIZADO: VALENCIA ARRAIZ, MIKEL
PLANO: Alumbrado de emergencia	FECHA: ESCALA: 1:250	Nº PLANO: 6



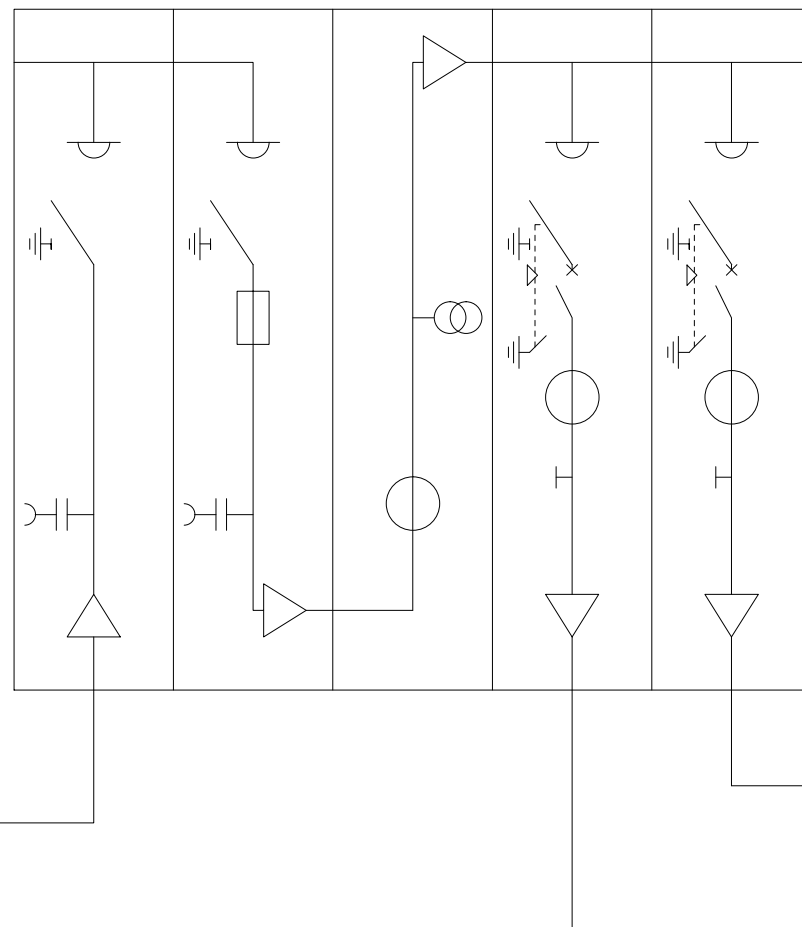
Leyenda:

-  Arqueta de registro
30x30x30 INGESCO
-  Caja de seccionamiento de tierra que
une el anillo de tierra con el cuadro general
-  Cable trenzado de cobre desnudo
50 mm² de sección, enterrado a 0,8 metros de profundidad
-  Pica de tierra
2m de longitud, 14 mm² de sección, INGESCO

 Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	E.T.S.I.I.T. INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.	DEPARTAMENTO: DEPARTAMENTO DE INGENIERIA ELECTRICA Y ELECTRONICA
	PROYECTO: NAVE INDUSTRIAL CON CÁMARAS FRIGORÍFICAS PARA ALMACENAMIENTO	REALIZADO: VALENCIA ARRAIZ, MIKEL
PLANO: PLANO DE PUESTA A TIERRA	FECHA:	ESCALA: 1:250 Nº PLANO: 7

LÍNEA DE MT
13,2 KV 50 Hz

CELDA IM CELDA PMBD CELDA GBC-A CELDA DM1-C CELDA DM1-C

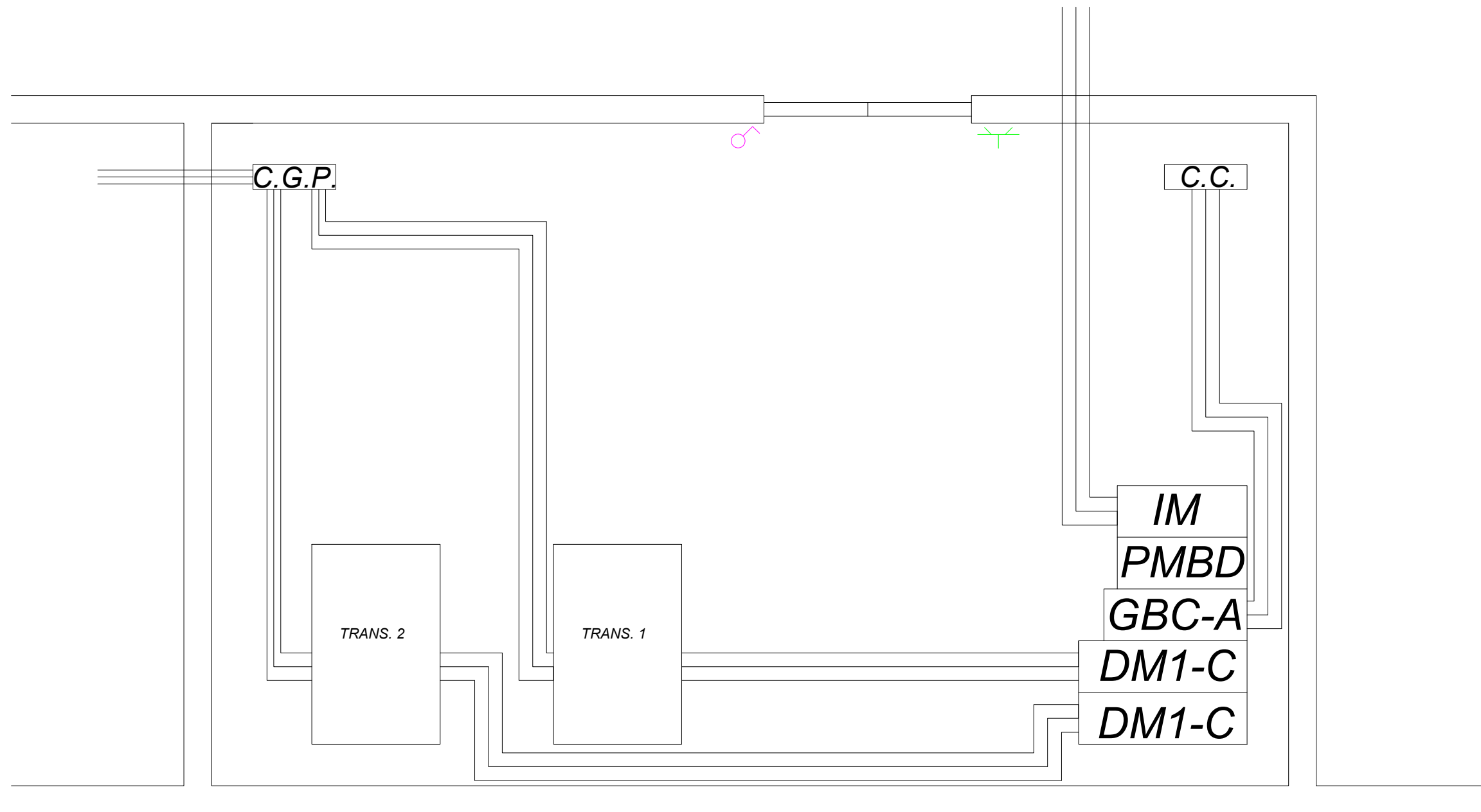


630 KVA
13,2 KV / 400 V


630 KVA
13,2 KV / 400 V

CGP

 Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	E.T.S.I.I.T. INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.	DEPARTAMENTO: DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL
	PROYECTO: NAVE INDUSTRIAL CON CÁMARAS FRIGORÍFICAS PARA ALMACENAMIENTO	REALIZADO: VALENCIA ARRAIZ, MIKEL
PLANO: CELDAS CENTRO DE TRANSFORMACIÓN	FIRMA:	FECHA: ESCALA: Nº PLANO: 8



Leyenda:

 Toma monofásica - Instalada a 35 cm del suelo





 Interruptor - Instalado a 1 m del suelo

C.C. Cuadro de contadores





C.G.P. Cuadro general de protección

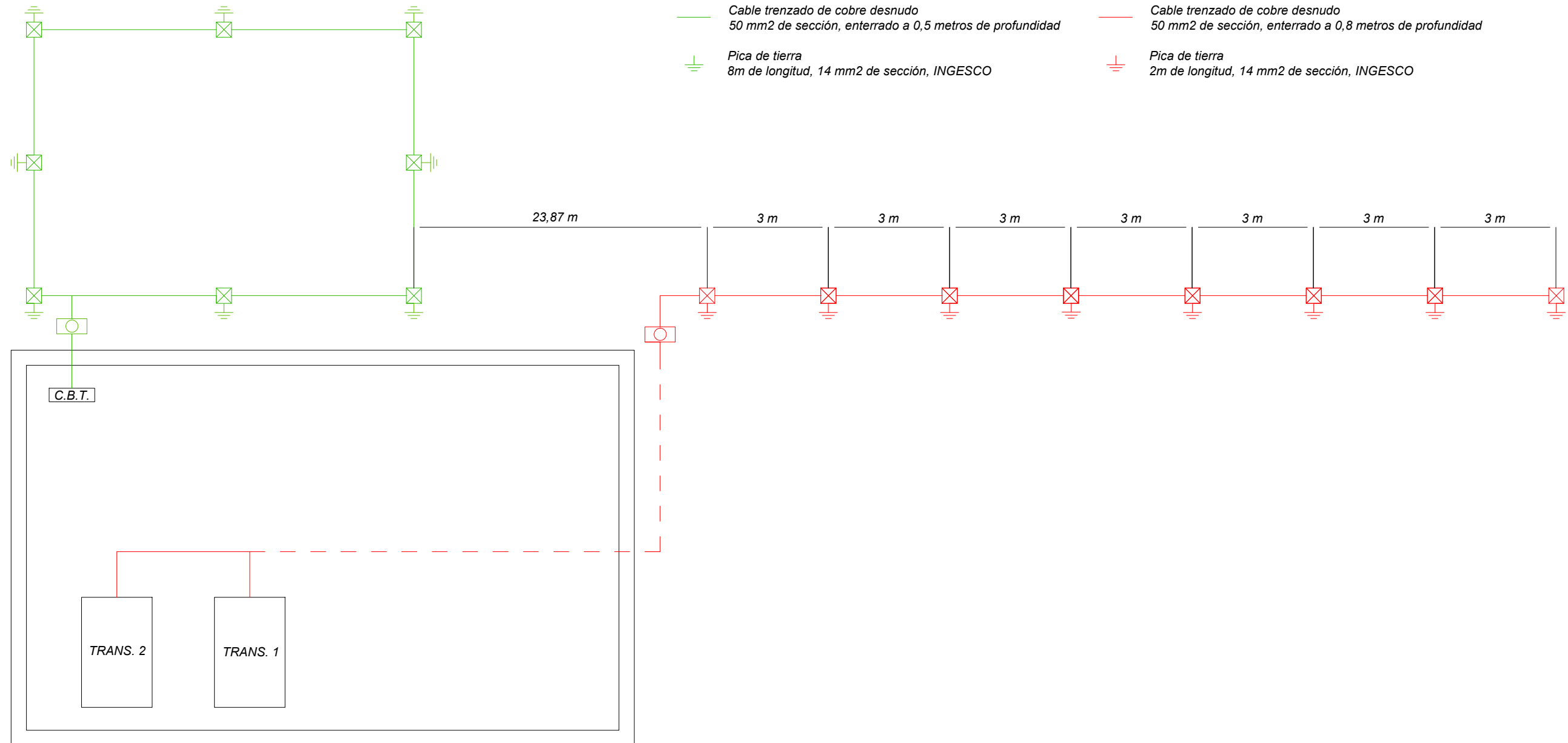
Leyenda:

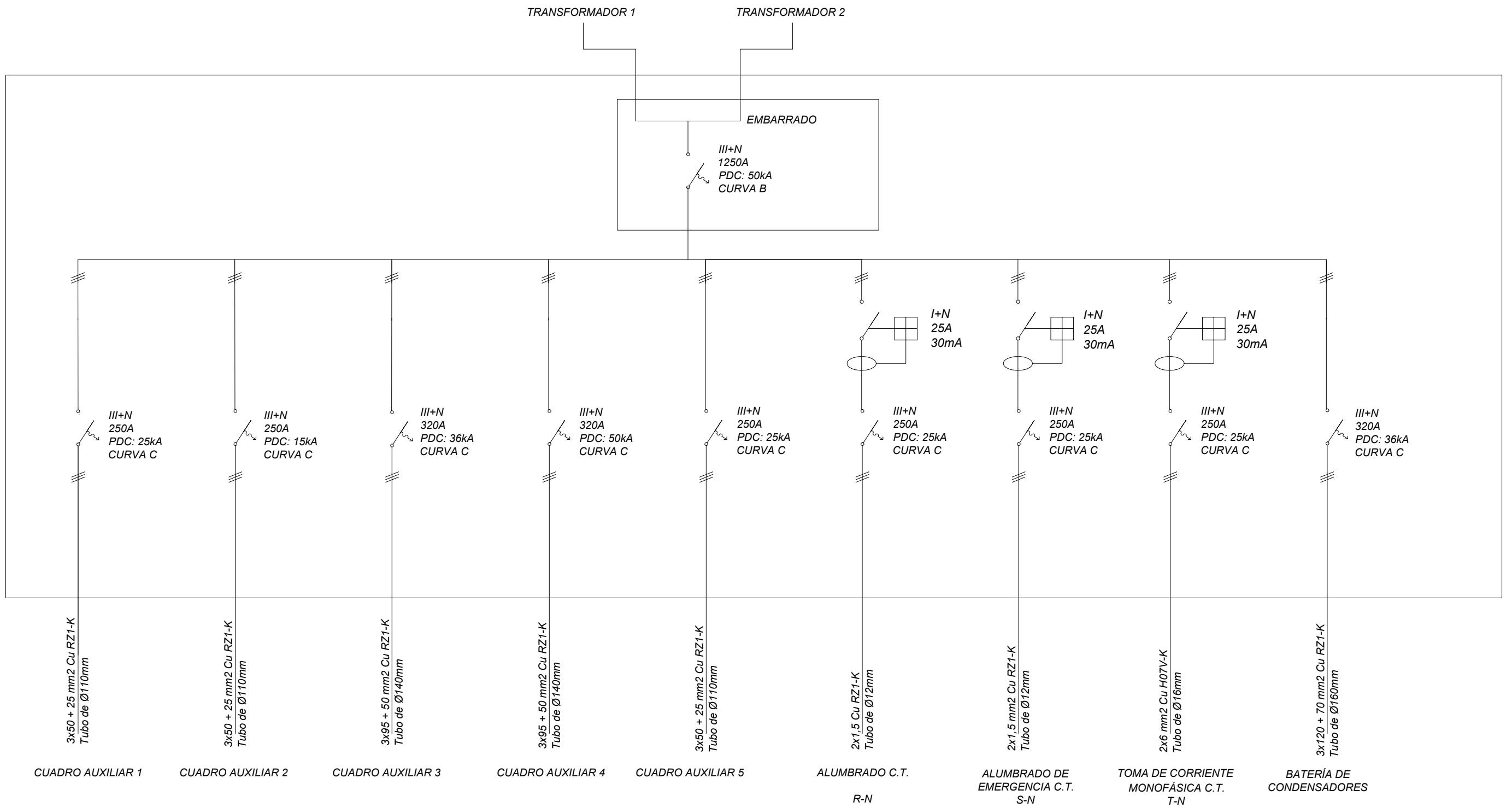
TIERRA DE PROTECCIÓN

-  Arqueta de registro 30x30x30 INGESCO
-  Caja de seccionamiento de tierra que une el anillo de tierra con el cuadro general
-  Cable trenzado de cobre desnudo 50 mm² de sección, enterrado a 0,5 metros de profundidad
-  Pica de tierra 8m de longitud, 14 mm² de sección, INGESCO

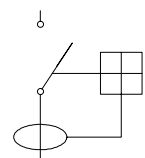
TIERRA DE SERVICIO

-  Arqueta de registro 30x30x30 INGESCO
-  Caja de seccionamiento de tierra que une el anillo de tierra con el cuadro general
-  Cable trenzado de cobre desnudo 50 mm² de sección, enterrado a 0,8 metros de profundidad
-  Pica de tierra 2m de longitud, 14 mm² de sección, INGESCO

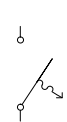




LEYENDA

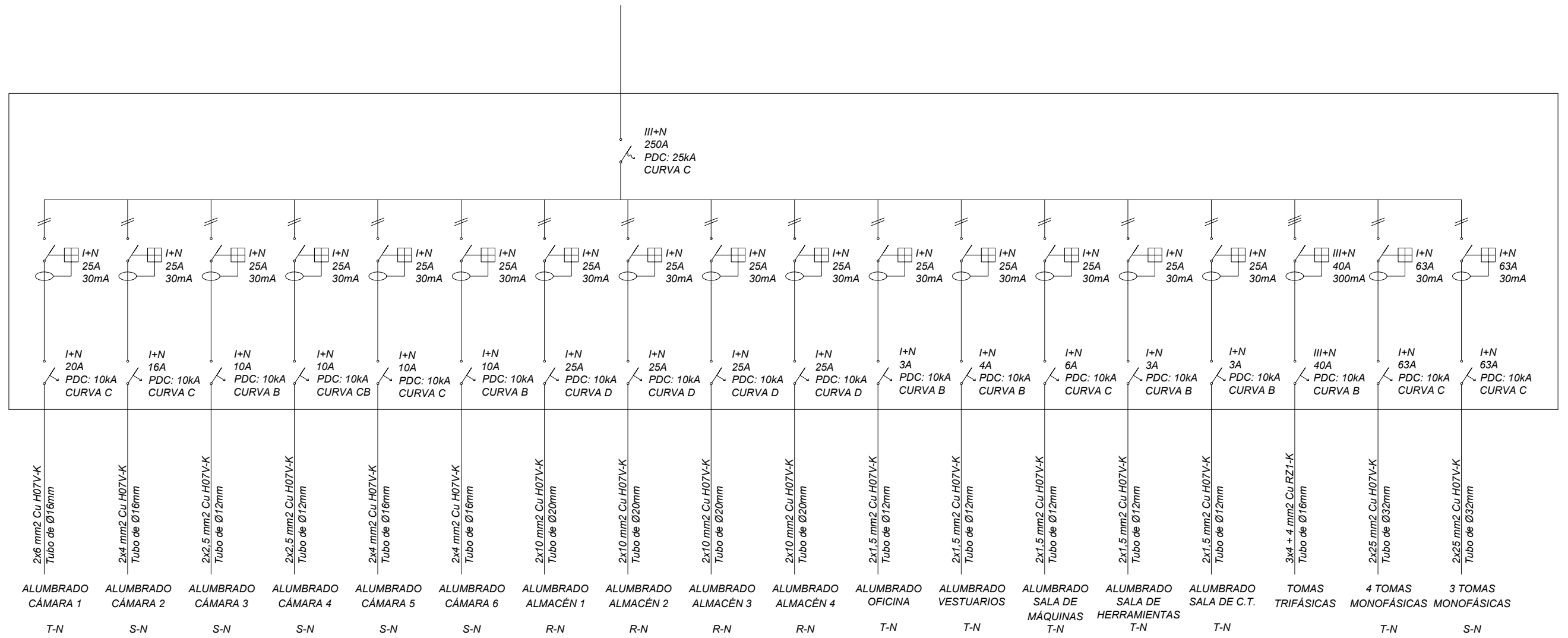


Interruptor diferencial

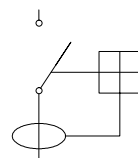


Interruptor automático magnetotérmico

Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	E.T.S.I.I.T. INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.	DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL
	DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL	
PROYECTO: NAVE INDUSTRIAL CON CÁMARAS FRIGORÍFICAS PARA ALMACENAMIENTO		REALIZADO: VALENCIA ARRAIZ, MIKEL
PLANO: ESQUEMA UNIFILAR CUADRO GENERAL		FIRMA: FECHA: ESCALA: Nº PLANO: 11



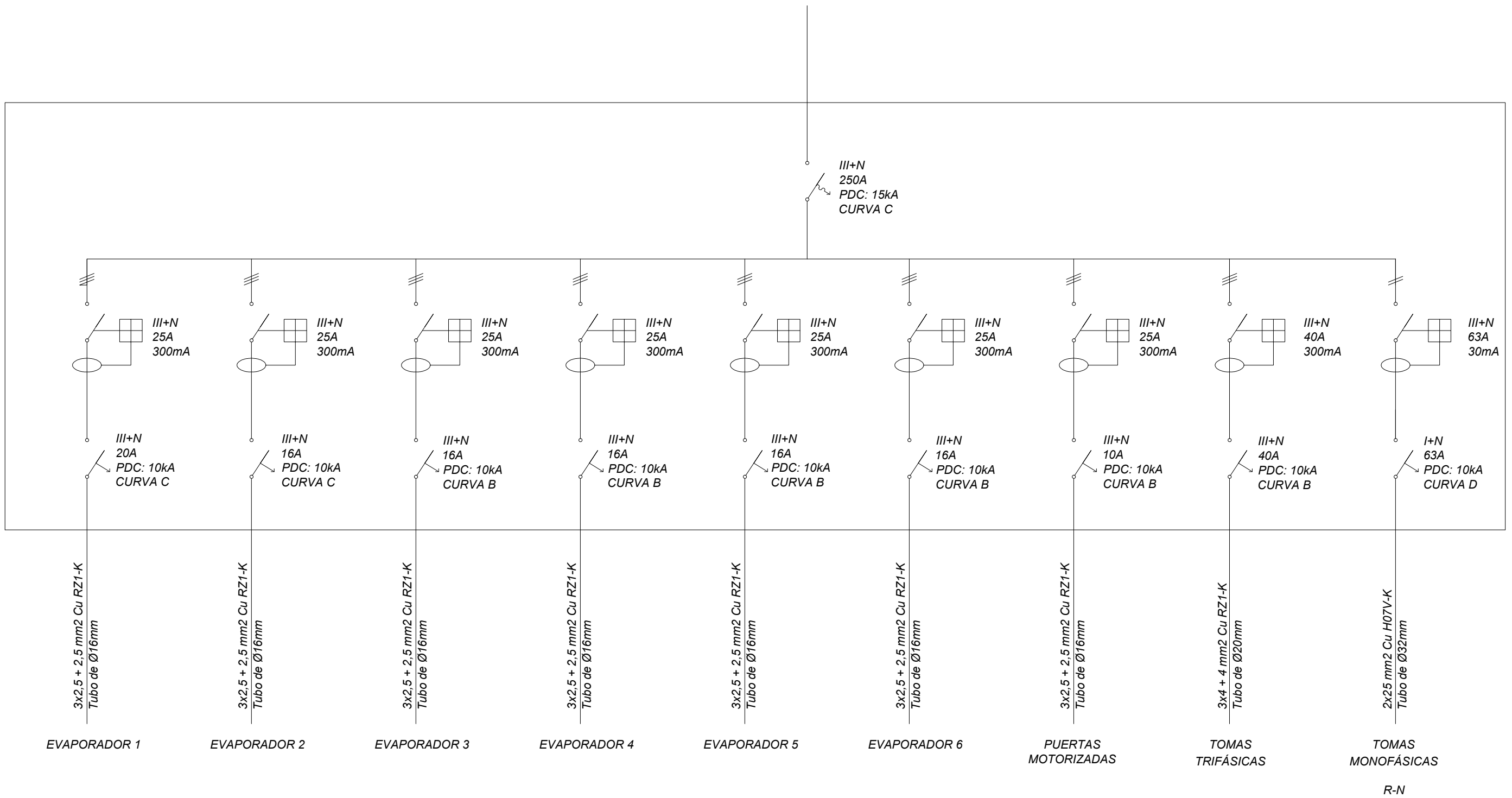
LEYENDA



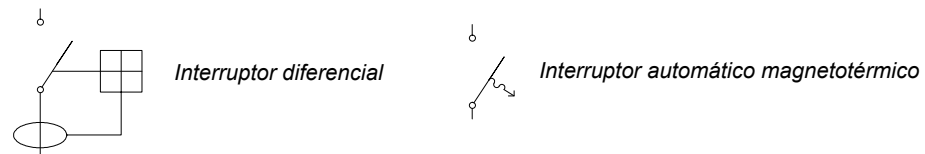
Interruptor diferencial



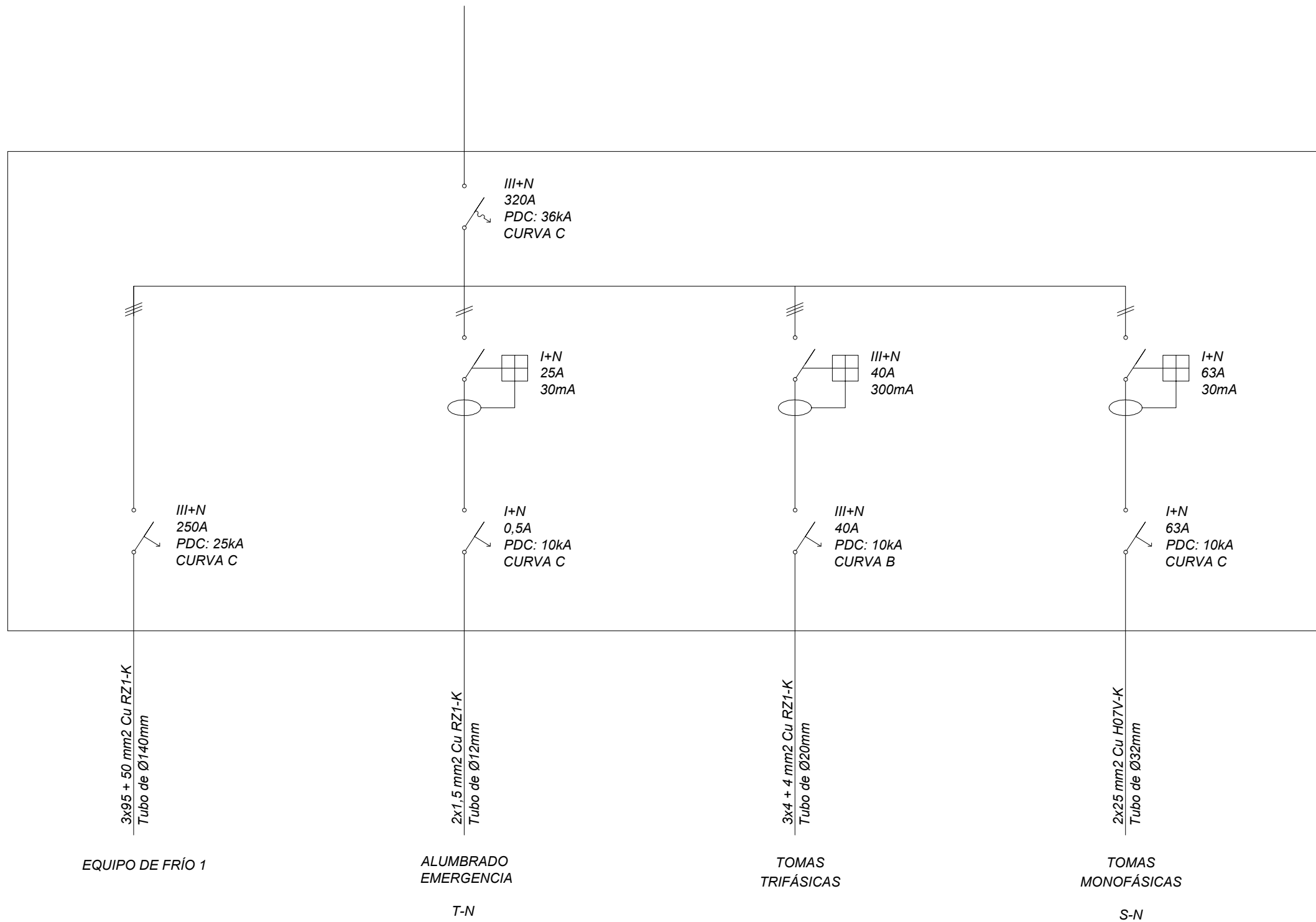
Interruptor automático magnetotérmico



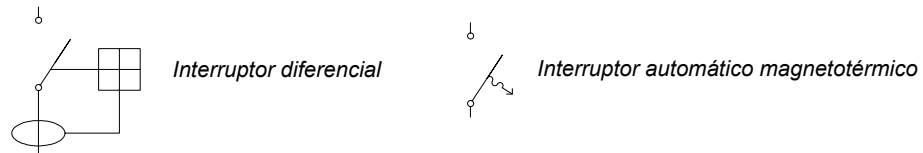
LEYENDA



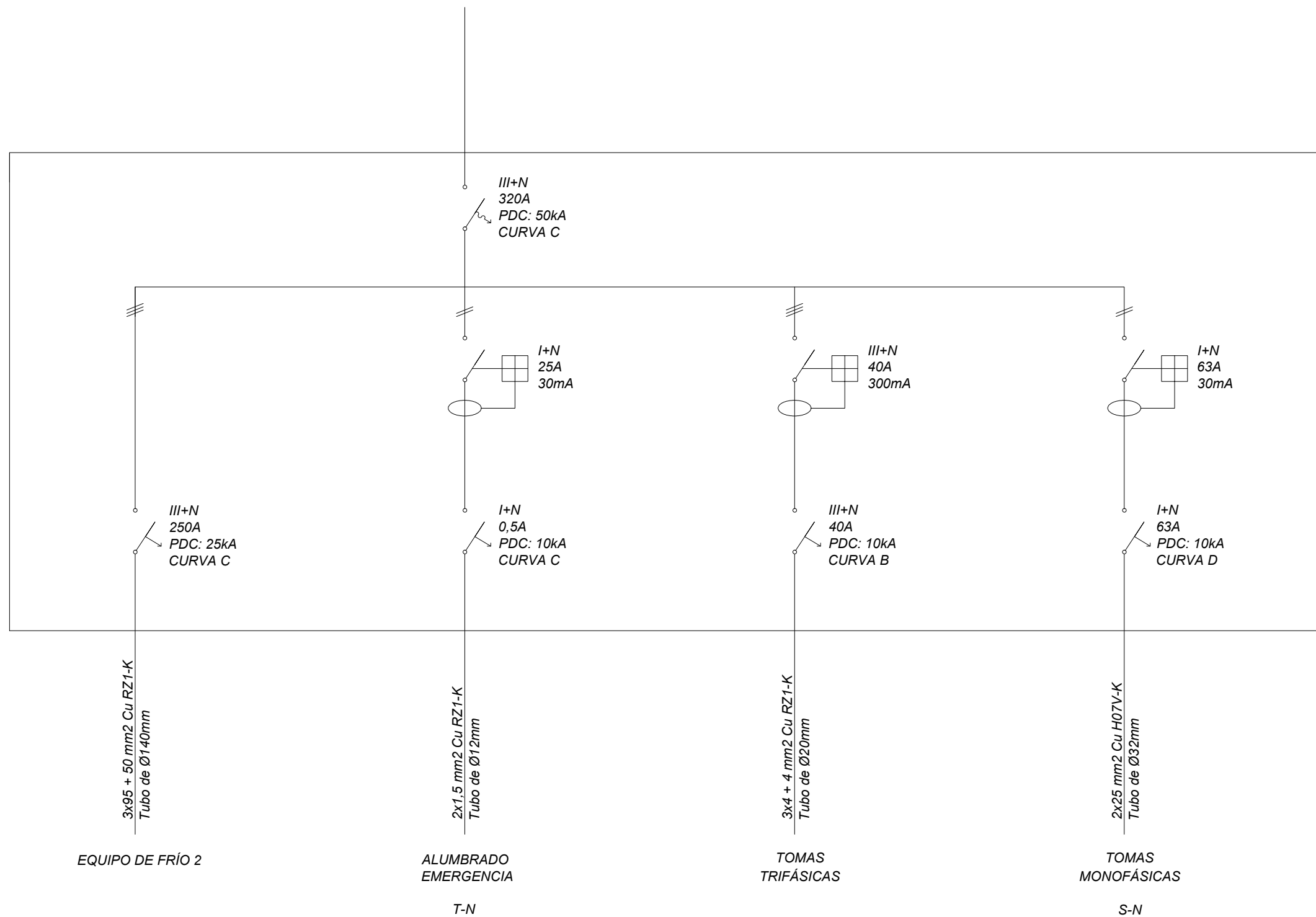
	E.T.S.I.I.T. INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.	DEPARTAMENTO: DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL
	PROYECTO: NAVE INDUSTRIAL CON CÁMARAS FRIGORÍFICAS PARA ALMACENAMIENTO	REALIZADO: VALENCIA ARRAIZ, MIKEL
PLANO: ESQUEMA UNIFILAR CUADRO AUXILIAR 2	FIRMA:	FECHA: ESCALA: Nº PLANO: 13



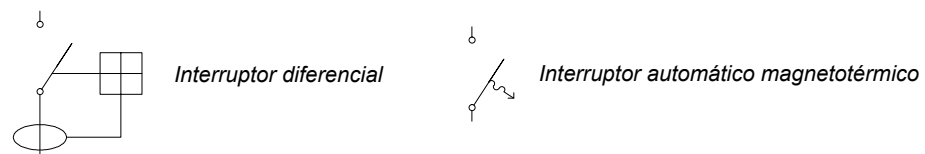
LEYENDA



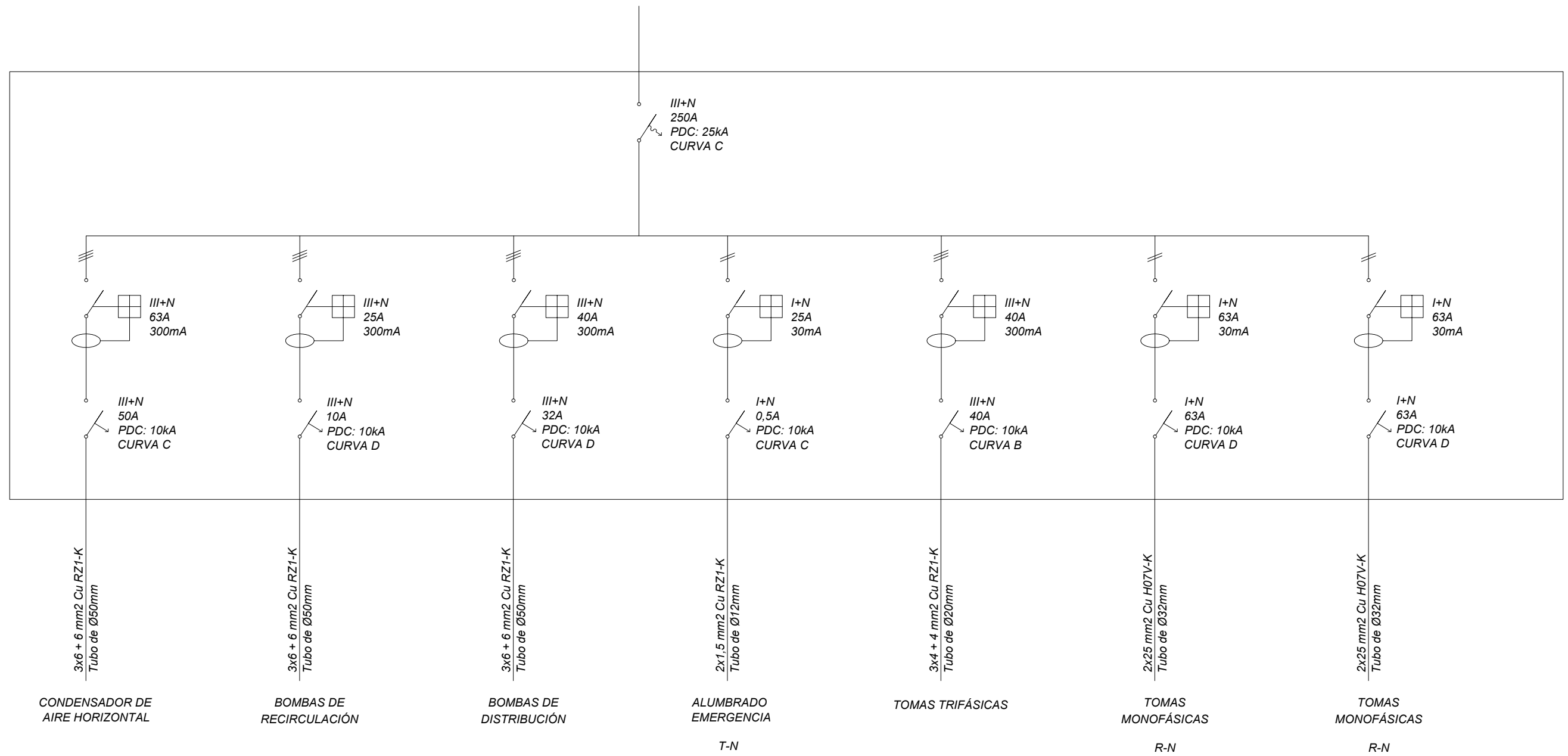
Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	E.T.S.I.I.T. INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.	DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL
	PROYECTO: NAVE INDUSTRIAL CON CÁMARAS FRIGORÍFICAS PARA ALMACENAMIENTO	REALIZADO: VALENCIA ARRAIZ, MIKEL
PLANO: ESQUEMA UNIFILAR CUADRO AUXILIAR 3	FIRMA:	FECHA: ESCALA: Nº PLANO: 14



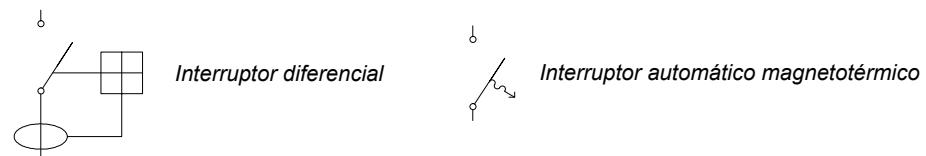
LEYENDA



	E.T.S.I.I.T. INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.	DEPARTAMENTO: DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL
	PROYECTO: NAVE INDUSTRIAL CON CÁMARAS FRIGORÍFICAS PARA ALMACENAMIENTO	REALIZADO: VALENCIA ARRAIZ, MIKEL
PLANO: ESQUEMA UNIFILAR CUADRO AUXILIAR 4	FIRMA:	FECHA: ESCALA: Nº PLANO: 15



LEYENDA



Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	E.T.S.I.I.T. INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.	DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL
	PROYECTO: NAVE INDUSTRIAL CON CÁMARAS FRIGORÍFICAS PARA ALMACENAMIENTO	REALIZADO: VALENCIA ARRAIZ, MIKEL
PLANO: ESQUEMA UNIFILAR CUADRO AUXILIAR 5	FECHA:	ESCALA:
		Nº PLANO: 16



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación :

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL ELÉCTRICO

Título del proyecto:

“DETERMINACIÓN DE INSTALACIÓN ELÉCTRICA Y CENTRO DE
TRANSFORMACIÓN DE NAVE INDUSTRIAL EN EL POLÍGONO DE
LANDABEN”

DOCUMENTO 4: PLIEGO DE CONDICIONES

Mikel Aingeru Valencia Arraiz

José Vicente Valdenebro García

Pamplona, Junio del 2012



ÍNDICE GENERAL

1 – OBJETO	p.4
2 – CONDICIONES GENERALES	p.4
2.1- Normas generales	p.4
2.2- Ámbito de aplicación	p.4
2.3- Conformidad o variación de las condiciones	p.4
2.4- Rescisión	p.5
2.5- Condiciones generales	p.5
3 – CONDICIONES GENERALES DE EJECUCIÓN	p.5
3.1- Datos de obra	p.5
3.2- Obras que comprende	p.5
3.3- Mejoras y variaciones del proyecto	p.6
3.4- Personal	p.6
3.5- Condiciones de pago	p.7
4 – CONDICIONES PARTICULARES	p.8
4.1- Disposiciones aplicables	p.8
4.2- Contradicciones y omisiones del proyecto	p.8
4.3- Prototipos	p.8
5 – NORMATIVA GENERAL	p.9
6- CONDUCTORES	p.10
6.1- Materiales	p.10
6.2- Redes aéreas para distribución de energía eléctrica. Cálculo mecánico y ejecución de las instalaciones	p.10
6.3- Sección de los conductores. Caídas de tensión	p.12
7 – RECEPTORES	p.12
7.1- Condiciones generales de la instalación	p.12
7.2- Conexiones de receptores	p.13
7.3- Receptores de alumbrado. Instalación	p.14
7.4- Receptores a motor. Instalación	p.14
7.5- Aparatos de caldeo. Instalación	p.14



8 – PROTECCIÓN CONTRA SOBREINTENSIDADES Y SOBRETENSIONES	p.15
8.1- Protección de las instalaciones	p.15
8.2- Situación de los dispositivos de protección	p.16
8.3- Características de los dispositivos de protección	p.16
9 – PROTECCIÓN CONTRA CONTACTOS DIRECTOS E INDIRECTOS	p.17
9.1- Protección contra contactos directos	p.17
9.2- Protección contra contactos indirectos	p.17
9.3- Puesta a tierra de las masas y dispositivos de corte por intensidades de defecto	p.18
10 – ALUMBRADOS ESPECIALES	p.19
10.1- Alumbrado de emergencia	p.19
10.2- Alumbrado de señalización	p.20
10.3- Locales que deberían ser provistos de alumbrados especiales	p.20
10.4- Fuentes propias de energía	p.20
10.5- Instrucciones complementarias	p.21
11 – LOCAL	p.21
11.1- Prescripciones de carácter general	p.21
12 – MEJORAMIENTO DEL FACTOR DE POTENCIA	p.23
13- PUESTAS A TIERRA	p.23
13.1- Objetivo de la puesta a tierra	p.23
13.2- Definición	p.24
13.3- Partes que comprende la puesta	p.24
13.4- Electrodo, naturaleza, constitución, dimensiones y condiciones de instalación	p.25
13.5- Resistencia de tierra	p.26
13.6- Características y condiciones de instalación de las líneas de enlace con tierra, de las líneas principales de tierra y de sus derivaciones	p.27
13.7- Separación entre las tomas de tierra de las masas, de las instalaciones de utilización y las masas de un centro de transformación	p.28
13.8- Revisión de las tomas de tierra	p.29



1 - OBJETO

El objeto de este pliego de condiciones es, establecer las exigencias que deben satisfacer los materiales, el montaje y la realización de la obra de la instalación eléctrica de baja tensión y el centro de transformación de una nave industrial dedicada a la fabricación de estructuras metálicas.

La parcela objeto de este proyecto se encuentra en el Polígono Industrial de Landaben en Pamplona. La parcela es la 1345, situada en la calle A del polígono.

2 - CONDICIONES GENERALES

2.1- NORMAS GENERALES

Todas las instalaciones que se realicen en el desarrollo del presente proyecto, deberán cumplir lo preceptuado en el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión, así como la reglamentación complementara, deberán cumplir el Reglamento Electrotécnico para Centros de Transformación de Iberdrola.

2.2- ÁMBITO DE APLICACIÓN

Se aplicará todo lo expuesto en el presente pliego de condiciones en las obras de suministro y colocación de todas y cada una de las piezas o unidades de obra necesarias para efectuar debidamente la instalación eléctrica de la nave industrial anteriormente descrita.

2.3- CONFORMIDAD O VARIACIÓN DE LAS CONDICIONES

Se aplicarán estas condiciones para todas las obras incluidas en el apartado anterior, entendiéndose que el contratista, conoce estos pliegos, no admitiéndose otras modificaciones más que aquellas que pudiera introducir el autor del proyecto.



2.4- RESCISIÓN

Si la ejecución de las obras no fuera efectuada, o si el material presentado no reuniese las condiciones necesarias, se podrá proceder a la rescisión del contrato con pérdida de la fianza.

En este caso se fijará un plazo para tomar las medidas cuya paralización pudiera perjudicar las obras sin que durante este plazo se empiecen más trabajos. No se abandonarán los acopios que se hubieran efectuado.

2.5- CONDICIONES GENERALES

El contratista deberá cumplir cuantas disposiciones vigentes hubiera de carácter social y de protección a la empresa nacional.

3 - CONDICIONES GENERALES DE EJECUCIÓN

3.1- DATOS DE OBRA

Se entregará al contratista una copia de los planos, memoria y pliegos de condiciones, así como cuantos planos o datos necesite la completa ejecución de la obra.

El contratista podrá tomar nota o sacar copia, a su costa, del presupuesto y anexos del proyecto, así como segundas copias de todos los documentos.

3.2- OBRAS QUE COMPRENDE

Las obras se ejecutan conforme al proyecto, a las condiciones contenidas en este pliego de condiciones y el particular, si lo hubiera, y de acuerdo con las normas de la empresa suministradora.

El contratista, salvo aprobación por escrito del director de obra, no podrá hacer ninguna modificación de cualquier naturaleza, tanto en la ejecución de las obras en relación con el proyecto, como en las condiciones técnicas específicas.



Las obras que comprende este proyecto, abarcan el suministro e instalación de los materiales precisos para efectuar la instalación eléctrica de la nave industrial, considerando nave industrial a las oficinas, almacenes, nave propiamente dicha, locales no nombrados que se encuentren dentro de la propiedad, así como el centro de transformación.

Las labores comprendidas son las siguientes.

- a) Los transportes necesarios, tanto para la traída de materiales, como para el envío de estos fuera de la zona.
- b) Suministros de todo material necesario para las instalaciones.
- c) Ejecución de los trabajos necesarios para la instalación de todo lo reseñado:
 - Colocación de luminarias.
 - Colocación de cableado, bandejas y tubos protectores.
 - Instalación de las protecciones eléctricas.
 - Puesta a tierra de la instalación
 - Ejecución del centro de transformación.

3.3- MEJORAS Y VARIACIONES DEL PROYECTO

No se consideran como mejoras o variaciones del proyecto nada más que aquellas que hayan sido ordenadas expresamente, por escrito, por el director de obra y convenido precio antes de proceder a su ejecución.

Las obras accesorias o delicadas, no incluidas en los precios de adjudicación, podrá ejecutarse con personal independiente del contratista.

3.4- PERSONAL

El contratista no podrá utilizar en los trabajos personal que no sea de su exclusiva cuenta y cargo, salvo la excepción del apartado anterior. Igualmente, será de su exclusiva cuenta y cargo aquel personal ajeno al trabajo propiamente manual y que sea necesario para el control administrativo del mismo. El contratista deberá tener al frente de los trabajadores un técnico suficientemente especializado a juicio del director de obra.

El contratista deberá emplear en sus trabajos el número de operarios que sean necesarios para llevarlo a cabo con la conveniente rapidez, así como organizar el número de brigadas que se le indiquen, para trabajar en varios puntos a la vez.



El contratista tendrá al frente de los trabajadores personal idóneo, el cual deberá atender cuantas órdenes procedan de la dirección técnica de las obras, estando a la expectativa, con objeto de que se lleven con el orden debido.

3.5- CONDICIONES DE PAGO

Se abonarán las unidades realmente ejecutadas, completamente terminadas, a los precios indicados en el presupuesto, y aplicándoles el coeficiente de subasta si lo hubiere.

Si alguna obra no se halla debidamente ejecutada, con sujeción estricta a las condiciones del contrato y fuese, sin embargo, admitida, podrá ser recibida provisional y aun definitivamente, en su caso; pero el contratista quedará obligado a conformarse con la rebaja que el director de obra señale y la propiedad apruebe, salvo en el caso que prefiera demolerla y rehacer a su costa, con arreglo a las condiciones del contrato.

No tendrá derecho el contratista a abono de obras ejecutadas sin orden concreta de la propiedad o del director de obra. Las obras accesorias y auxiliares ordenadas al contratista, se abonarán a precios de la contrata, si le son aceptables, con la rebaja correspondiente o la bonificación hecha en subasta. Si contienen materiales o unidades de obra no previstas en el proyecto, y que por tanto, no tiene precio señalado en el presupuesto, se determinará previamente el correspondiente precio contradictorio entre la propiedad y el contratista. Si se ejecutan las obras sin haberse cumplido este requisito previo, deberá conformarse con la tasación que realiza el director de obra.

Cuando la propiedad o el director de obra presumiese la existencia de vicios o defectos de construcción, sea en el curso de ejecución de obra o antes de su recepción definitiva, podrán ordenar la demolición y reconstrucción en la parte o extensión necesaria.

Los gastos de estas operaciones serán de cuenta del contratista, cuando se confirmen los vicios o defectos supuestos.



4 - CONDICIONES PARTICULARES

4.1- DISPOSICIONES APLICABLES

Además de las disposiciones contenidas en este pliego de condiciones, serán de aplicación en todas las instalaciones lo siguiente:

- Todas las disposiciones generales vigentes para la contratación de obras públicas.
- Normas UNE del instituto de normalización Española y aplicándose ante la no existencia de dicha normativa, las especificaciones recogidas en las Normas internacionales ISO; CIE; CEI o en su defecto las DIN; UTE o rango equivalente.
- Normas de la compañía suministradora de energía.

4.2- CONTRADICCIONES Y OMISIONES DEL PROYECTO

Lo mencionado en la memoria y omitido en los planos, o viceversa, habrá de ser ejecutado como si estuviera expuesto en ambos documentos; en caso de contradicción entre planos y la memoria, prevalecerá lo prescrito en esta última.

Las omisiones en los planos o las descripciones erróneas de los detalles de la obra en este pliego de condiciones, no sólo no eximen al contratista de la obligación de ejecutar estos detalles de obra, omitidos o erróneamente descritos sino que, por el contrario, deberán ser ejecutados como si estuviesen correctamente especificados en los planos y en este pliego de condiciones.

4.3- PROTOTIPOS

Antes de comenzar la obra, el adjudicatario podrá someter a la aprobación de la Dirección de Obras un prototipo de alguno de los materiales de los que consta el proyecto, con los cuales podrá realizar los ensayos que estime oportunos.

Tanto los materiales como el importe de los ensayos, serán por cuenta del adjudicatario.



5 - NORMATIVA GENERAL

a) Se calificará como instalación eléctrica de baja tensión todo conjunto de aparatos y circuitos asociados en previsión de un fin particular.

Producción, conservación, transformación, transmisión distribución o utilización de la energía eléctrica, cuyas tensiones nominales sean iguales o inferiores a 1000 V para corriente alterna.

b) Los materiales, aparatos y receptores utilizados en las instalaciones eléctricas de baja tensión cumplirán en lo que se refiere a condiciones de seguridad técnica, dimensiones y calidad, lo determinado en el reglamento.

c) Si en la instalación eléctrica están integrados circuitos en los que las tensiones empleadas son superiores al límite establecido para baja tensión se deberá cumplir en ellos las prescripciones del reglamento de alta tensión.

Nota: en virtud de este artículo se detallará la normativa a cerca del transformador en un capítulo específico del presente pliego.

d) Cuando se construya un local, edificio, o agrupación de estos, cuya previsión de carga exceda de 50 KVA, o cuando la demanda de un nuevo suministro sea superior a esta cifra, la propiedad del inmueble deberá reservar un local destinado al montaje de la instalación de un centro de transformación, cuya disposición en el edificio corresponda a las características de la red de suministro aérea o subterránea, tenga las dimensiones necesarias para el montaje de los equipos y aparatos requeridos para dar suministro de energía previsible. El local, que debe ser de fácil acceso, se destinará exclusivamente a la finalidad prevista y no podrá utilizarse como depósito de materiales, ni de piezas o elementos de recambio.

e) Corresponde al Ministerio de Industria, con arreglo a la ley de 24 de noviembre de 1939, la ordenación e inspección de la generación, transformación, distribución y aplicación de la energía eléctrica.

f) Las delegaciones provinciales del Ministerio de Industria, autorizarán el enganche y funcionamiento de las instalaciones eléctricas de baja tensión. Según su importancia, sus fines o la peligrosidad de sus características o de su situación, las delegaciones exigirán la presentación de un proyecto de la instalación, suscrito por un técnico competente, antes de iniciarse el montaje de la misma. En todo caso, y para autorizar cualquier instalación, la delegación deberá recibir y conformar el boletín



extendido por el instalador autorizado que realiza el montaje, así como un acta de las pruebas realizadas por la compañía suministradora en la forma en que se establece en las instrucciones complementarias.

6 – CONDUCTORES

6.1- MATERIALES

Los conductores utilizados en las redes aéreas serán de cobre, aluminio o de otros materiales o aleaciones que posean características eléctricas y mecánicas adecuadas.

Pueden ser desnudos o aislados. Los conductores aislados serán de tensión nominal no inferior a 100 V. Y tendrán un aislamiento apropiado que garantice una buena resistencia a las acciones de la intemperie. Podrán utilizarse conductores de menor tensión nominal siempre que cumplan las condiciones de instalación señaladas para los mismos en la instrucción ITC BT 03.

Los aisladores serán de porcelana, vidrio o de otros materiales aislantes equivalentes que resistan las acciones de la intemperie, especialmente las variaciones de temperatura y la corrosión, debiendo ofrecer una resistencia suficiente a los esfuerzos mecánicos a que estén sometidos.

6.2- REDES AÉREAS PARA DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA. CÁLCULO MECÁNICO Y EJECUCIÓN DE LAS INSTALACIONES

6.2.1 Instalaciones de conductores aislados

Cuando se trate de conductores de tensión nominal inferior a 1000 V:

- a) Sobre aisladores de 1000 voltios de tensión nominal.
- b) Bajo envueltas aislantes resistentes a la intemperie que proporcionen un aislamiento con relación a tierra equivalente a 1000 voltios de tensión nominal.

Los empalmes y conexiones de conductores se realizarán cuidadosamente, de modo que en ellos la elevación de temperatura no sea superior a la de los conductores.



Se utilizarán piezas metálicas apropiadas resistentes a la corrosión, que aseguren un contacto eléctrico eficaz. En los conductores sometidos a tracción mecánica, los empalmes deberán soportar sin rotura ni deslizamiento del conductor, el 90 % de su carga de rotura, no siendo admisible en estos empalmes su realización por soldadura o por torsión directa de los conductores, aunque este último sistema puede utilizarse cuando estos sean de cobre y su sección no superior a 100 mm².

En los empalmes y conexiones de conductores aislados o de estos con conductores desnudos se utilizarán accesorios adecuados resistentes a las acciones de la intemperie y se colocarán de forma que evite la filtración de humedad en los conductores aislados.

Las derivaciones se harán en las proximidades inmediatas de los soportes de línea (aisladores, cajas de derivación, etc) y no originarán tracción mecánica sobre la misma.

6.2.2 Sección mínima del conductor neutro

El conductor neutro tendrá, como mínimo, la sección que a continuación se especifica:

- a) En distribución monofásica o de corriente continua:
 - A dos hilos: igual a la del conductor de fase o polar.
 - A tres hilos: hasta 16 mm² de cobre, igual a la del conductor de fase o polar; para secciones entre 16 y 35 mm² será de 16 mm²; para secciones superiores a 35 mm² la mitad de la sección de los conductores de fase.
- b) En distribuciones trifásicas:
 - A cuatro hilos (tres fases y neutro): hasta 16 mm² de cobre, igual a la del conductor de fase o polar; para secciones entre 16 y 35 mm² será de 16 mm²; para secciones superiores a 35 mm² la mitad de la sección de los conductores de fase.

6.2.3 Continuidad del conductor neutro

El conductor neutro no podrá ser interrumpido en las redes de distribución, salvo que esta interrupción sea realizada por alguno de los dispositivos siguientes.



- a) Interruptores o seccionadores omnipolares que actúen sobre el neutro al mismo tiempo que en las fases o que establezcan la conexión del neutro antes que las fases y desconecten estas antes que el neutro.
- b) Uniones amovibles en el neutro próximas a los interruptores o seccionadores de los conductores de fase, debidamente señaladas y que sólo pueden ser maniobradas mediante herramientas adecuadas, no debiendo, en este caso, ser seccionado el neutro sin que lo estén previamente las fases, ni conectadas estas sin haberlo sido el neutro previamente.

6.3- SECCIÓN DE LOS CONDUCTOS. CAÍDAS DE TENSIÓN

La sección de los conductores a utilizar se determina de forma que la caída de tensión entre el origen de la instalación y cualquier punto de utilización sea menor de 4.5% de la tensión nominal en el origen de la instalación, para alumbrado y del 6.5 % para los demás usos. Esta caída de tensión se calculará considerando alimentados todos los aparatos susceptibles de funcionar simultáneamente.

7 – RECEPTORES

7.1- CONDICIONES GENERALES DE LA INSTALACIÓN

Los receptores que se instalen tendrán que cumplir los requisitos de correcta utilización y seguridad. Durante su funcionamiento no deberán producir perturbaciones en las redes de distribución pública ni en las comunicaciones.

Los receptores se instalarán de acuerdo con su destino (clase de local, emplazamiento, utilización, etc), con los esfuerzos mecánicos previsibles y en las condiciones de ventilación necesarias para que ninguna temperatura peligrosa, tanto para la propia instalación como para objetos próximos, pueda producirse en funcionamiento. Soportarán la influencia de agentes exteriores a que estén sometidos en servicio: polvo, humedad, gases, etc.



Los circuitos que formen parte de los receptores salvo las excepciones que para cada caso puedan señalar prescripciones de carácter particular, deberán estar protegidos contra sobreintensidades siendo de aplicación para ello lo dispuesto en la instrucción ITC BT 22. Se adoptarán las características intensidad – tiempo de los dispositivos, de acuerdo con las características y condiciones de utilización de los receptores a proteger.

7.2- CONEXIONES DE RECEPTORES

Todo receptor será accionado por un dispositivo que puede ir incorporado al mismo o a la instalación de alimentación. Para este accionamiento se utilizará alguno de los dispositivos indicados en la instrucción ITC BT 43.

Se admitirá, cuando prescripciones particulares no señalen lo contrario, que el accionamiento afecta a un conjunto de receptores.

Los receptores podrán conectarse a las canalizaciones directamente o por intermedio de un conductor movable. Cuando esta conexión se efectúe directamente a una canalización fija, los receptores se situarán de manera que se pueda verificar su funcionamiento, proceder a su mantenimiento y controlar esta conexión. Si la conexión se efectuara por intermedio de un conductor movable, este incluirá el número de conductores necesarios y, si procede, el conductor de protección.

En cualquier caso, los conductores en la entrada al aparato estarán protegidos contra riesgos de tracción, torsión, cizallamiento, abrasión, plegados excesivos, etc., por medio de dispositivos apropiados constituidos por materiales aislantes. No se permitirá anudar los conductores o atarlos al receptor. Los conductores de protección tendrán longitud tal que, en caso de fallar el dispositivo impeditivo de tracción, queden únicamente sometidos hasta después que la hayan soportado los conductores de alimentación.

En los receptores que produzcan calor, si las partes del mismo que puedan tocar a su conductor de alimentación alcanzan más de 85 grados centígrados de temperatura, la envolvente exterior del conductor no será de materia termoplástica.

La conexión de conductores movibles a la instalación alimentadora se realizará utilizando:

- Tomas de corriente.
- Cajas de conexión.
- Trole para el caso de vehículos a tracción eléctrica o aparatos movibles.



7.3- RECEPTORES DE ALUMBRADO. INSTALACIÓN

Se prohíbe terminantemente colgar las armaduras de las lámparas utilizando para ello los conductores que llevan la corriente a las mismas. Las armaduras irán firmemente enganchadas a los techos mediante tirafondos atornillados o sistema similar. Si se emplea otro sistema de suspensión, este deberá ser firme y estar aislado totalmente de la armadura.

En caso de lámpara fluorescente se utilizarán modelos iguales o similares a los presentados en la memoria, siendo la única condición que lleven una corrección del factor de potencia de por lo menos hasta 0,9.

Para la instalación de lámparas suspendidas en el exterior, se seguirá lo dispuesto a la instrucción ITC BT 09 del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión.

7.4- RECEPTORES A MOTOR. INSTALACIÓN

Los motores se instalarán de manera que la aproximación a sus partes en movimiento no pueda ser causa de accidente. No estarán nunca en contacto con materiales fácilmente combustibles, guardando las siguientes distancias de seguridad:

- 0,5 metros si la potencia del motor es igual o menor a 1 KW.
- 1 metro si la potencia nominal es superior a 1 KW.

Todos los motores de potencia superior a 0,25 CV, y todos los situados en los locales con riesgo de incendio o explosión, tendrán su instalación propia de protección. Esta constará de por lo menos un juego de fusibles cortacircuitos de acuerdo con las características del motor.

También se dotará al motor de un sistema de protección contra la falta de tensión mediante un dispositivo de corte automático de la alimentación, cuando el arranque espontáneo del motor, como consecuencia del reestablecimiento de la tensión, pueda provocar accidente o perjudicar a este.

7.5- APARATOS DE CALDEO. INSTALACIÓN

Los aparatos de caldeo se instalarán de manera que no puedan inflamar las materias combustibles circundantes, aun en caso de empleo negligente o defectos previsibles de los mismos.



Los aparatos de caldeo industrial que estén destinados a estar en contacto con materias combustibles o inflamables y que en su uso normal no estén bajo la vigilancia de un operario, estarán provistos de un limitador de temperatura que interrumpa o reduzca el caldeo antes de alcanzar una temperatura peligrosa.

Los aparatos de caldeo por aire caliente estarán constituidos de manera que su elemento de caldeo sólo pueda ponerse en servicio después de hacerlo el ventilador correspondiente y cese aquel cuando el ventilador deje de funcionar. Los aparatos fijos, llevarán además, dos limitadores de temperatura, independientes entre sí, que impidan una elevación excesiva de ésta en los conductos de aire.

8 - PROTECCIÓN CONTRA SOBREINTENSIDADES Y SOBRETENSIONES

8.1- PROTECCIÓN DE LAS INSTALACIONES

8.1.1 Protección contra sobreintensidades

Todo circuito estará protegido contra los efectos de las sobreintensidades que puedan presentarse en el mismo, para lo cual la interrupción de este circuito se realizará en un tiempo conveniente o estará dimensionado para las sobreintensidades previsibles.

Excepto los conductores de protección, todos los conductores que forman parte de un circuito, incluyendo el conductor neutro o compensador, estarán protegidos contra los efectos de las sobreintensidades.

Se admiten como dispositivos de protección contra cortocircuitos los fusibles de características de funcionamiento adecuadas y los interruptores automáticos con sistema de corte electromagnético.

8.1.2 Protección contra sobrecargas

El límite de intensidad admisible en un conductor ha de quedar en todo caso garantizado por el dispositivo de protección utilizado.



El dispositivo de protección general puede estar constituido por un interruptor automático de corte omnipolar o por un interruptor automático que corte únicamente los conductores de fase o polares bajo la acción del elemento que controle la corriente en el conductor neutro.

Como dispositivos de protección contra sobrecargas serán utilizados los fusibles calibrados de características adecuadas o los interruptores automáticos con curva térmica de corte.

8.2- SITUACIÓN DE LOS DISPOSITIVOS DE PROTECCIÓN

Todos los dispositivos de protección se instalarán en los diferentes cuadros instalados en la nave. Estos dispositivos protegerán tanto a las instalaciones como a las personas contra sobrecargas y cortocircuitos. Se instalarán en dichos cuadros interruptores automáticos, diferenciales y fusibles.

8.3- CARACTERÍSTICAS DE LOS DISPOSITIVOS DE PROTECCIÓN

Deberán poder soportar la influencia de los agentes exteriores a que estén sometidos, presentado el grado de protección que les corresponda de acuerdo con sus condiciones de instalación.

Los fusibles irán colocados sobre material aislante incombustible y estarán contruidos de forma que no puedan proyectar metal al fundirse. Cumplirán la condición de permitir su recambio bajo tensión de la instalación sin peligro alguno. Deberán llevar marcada la intensidad y tensión nominales de trabajo.

Los interruptores automáticos serán los apropiados a los circuitos a proteger en su funcionamiento a las curvas intensidad – tiempo adecuadas. Deberán cortar la corriente máxima del circuito en que estén colocados sin dar lugar a la formación de arco permanente, abriendo o cerrando los circuitos sin posibilidad de tomar una posición intermedia entre las correspondientes a las de apertura y cierre. Cuando se utilicen para la protección contra cortocircuitos, su capacidad de corte estará de acuerdo con la intensidad de cortocircuito que pueda presentarse en el punto de su instalación, salvo que vayan asociados con fusibles adecuados que cumplan este requisito.

Los interruptores automáticos, llevarán marcada su intensidad y tensión nominales, el símbolo de la naturaleza de corriente en que hayan de emplearse y el



símbolo que indique las características de desconexión, de acuerdo con la norma que le corresponda, o en su defecto, irán acompañados de las curvas de desconexión.

9 - PROTECCIÓN CONTRA CONTACTOS DIRECTOS E INDIRECTOS

9.1- PROTECCIÓN CONTRA CONTACTOS DIRECTOS

Para considerar satisfactoria la protección contra los contactos directos se tomará una de las siguientes medidas:

- a) Alejamiento de las partes activas de la instalación del lugar donde circulen las personas habitualmente con un mínimo de 2,5 metros hacia arriba, 1 metros abajo y 1 metro lateralmente.
- b) Interposición de obstáculos que impidan todo contacto accidental con las partes activas de la instalación. Los obstáculos deben estar fijados de forma segura y resistir a los esfuerzos mecánicos usuales que pueden presentarse en su función.
- c) Recubrimiento de las partes activas de la instalación por medio de un aislamiento apropiado capaz de conservar sus propiedades con el tiempo y que limite la corriente de contacto a un valor no superior a 1 mA.

9.2- PROTECCIÓN CONTRA CONTACTOS INDIRECTOS

Para la elección de las medidas de protección contra contactos indirectos, se tendrá en cuenta la naturaleza de los locales o emplazamientos, las masas y los elementos conductores, la extensión e importancia de la instalación, etc., que obligarán en cada caso a adoptar la medida de protección más adecuada.

Para instalaciones con tensiones superiores a 250 V con relación a tierra es necesario establecer sistemas de protección, cualquiera que sea el local, naturaleza del suelo, etc.



Las medidas de protección contra contactos indirectos pueden ser de las clases siguientes:

Clase A:

Se basa en los siguientes sistemas:

- Separación de circuitos.
- Empleo de pequeñas tensiones.
- Separación entre las partes activas y las masas accesibles por medio de aislamientos de protección; inaccesibilidad simultáneamente de elementos conductores y masas.
- Recubrimiento de las masas con aislamientos de protección.
- Conexiones equipotenciales.

Clase B:

Se basa en los siguientes sistemas:

- Puesta a tierra de las masas y dispositivos de corte por intensidad de defecto.
- Puesta a tierra de las masas y dispositivos de corte por tensión de defecto.
- Puesta a neutro de las masas y dispositivos de corte por intensidad de defecto.

La aplicación de los sistemas de protección de la clase A no es generalmente posible, sin embargo se puede aplicar de manera limitada y solamente para ciertos equipos, materiales o partes de la instalación.

9.3- PUESTA A TIERRA DE LAS MASAS Y DISPOSITIVOS DE CORTE POR INTENSIDAD DE DEFECTO

Este sistema de protección consiste en la puesta a tierra de las masas, asociada a un dispositivo de corte automático sensible a la intensidad de defecto que origine la desconexión de la instalación defectuosa. Requiere que se cumplan las condiciones siguientes:

En instalaciones con el punto neutro unido directamente a tierra (como es el caso):

- La corriente a tierra producida por un solo defecto franco debe hacer actuar el dispositivo de corte en un tiempo no superior a 5 segundos.
- Una masa cualquiera no puede permanecer en relación a una toma de tierra eléctricamente distinta, a un potencial superior, en valor eficaz a:



24 voltios en locales conductores.

50 voltios en los demás casos.

- Todas las masas de una instalación deben estar unidas a la misma toma de tierra.

Se utilizarán como dispositivos de corte automático sensibles a la corriente de defecto interruptores diferenciales. Los diferenciales provocan la apertura automática de la instalación cuando la suma vectorial de las intensidades que atraviesan los polos del aparato alcanza un valor determinado.

El valor mínimo de la corriente de defecto, a partir del cual el interruptor diferencial abre automáticamente, en su tiempo conveniente la instalación a proteger, determina la sensibilidad de funcionamiento del aparato.

10 - ALUMBRADOS ESPECIALES

10.1- ALUMBRADO DE EMERGENCIA

Es aquel que debe permitir, en caso de fallo del alumbrado general, la evacuación segura y fácil del público hacia el exterior. Solamente podrá ser alimentado por fuentes propias de energía, sean o no exclusivas para dicho alumbrado, pero no por fuente de suministro exterior, cuando la fuente propia de energía esté constituida por baterías de acumuladores o por aparatos autónomos automáticos, se podrá utilizar un suministro exterior para proceder a su carga.

El alumbrado de emergencia deberá poder funcionar durante un mínimo de una hora, proporcionando en el eje de los pasos principales una iluminación adecuada.

Este alumbrado se instalará en las salidas y en las señales indicadoras de la dirección de las mismas. Si hay un cuadro principal de distribución, en el local donde este se instale, así como sus accesos, estarán provistos de alumbrado de emergencia.

Deberá entrar en funcionamiento al producirse el fallo de los alumbrados generales o cuando la tensión de estos baje a menos del 70% de su tensión nominal.



10.2- ALUMBRADO DE SEÑALIZACIÓN

Es el que se instala para funcionar de modo continuo durante determinados periodos de tiempo. Este alumbrado debe señalar de modo permanente la situación de puertas, pasillos escaleras y salidas de los locales, durante todo el tiempo que permanezcan con público. Deberá ser alimentado, al menos por dos suministros, sean ellos normales, complementarios o procedentes de fuente propia de energía eléctrica.

Deberá proporcionar en el eje de los pasos principales una iluminación mínima de 1 Lux.

Cuando el suministro habitual del alumbrado de señalización, falle o su tensión baje a menos del 70 % de su valor nominal, la alimentación del alumbrado de señalización pasará automáticamente al segundo suministro.

Cuando los locales o dependencias que deban eliminarse con este alumbrado, coincidan con los que precisan alumbrado de emergencia, los puntos de luz ambos alumbrados podrán ser los mismos.

10.3- LOCALES QUE DEBERÁN SER PROVISTOS DE ALUMBRADOS ESPECIALES

a) Con alumbrado de emergencia:

Todos los locales de reunión que puedan albergar a 300 personas o más, los locales de espectáculos y los establecimientos sanitarios.

b) Con alumbrado de señalización:

Estacionamientos subterráneos de vehículos, teatros y cines en sala oscura, grandes establecimientos sanitarios y cualquier otro local donde puedan producirse aglomeraciones de público en horas o lugares en que la iluminación natural de luz solar no sea suficiente para proporcionar en el eje de los pasos principales una iluminación mínima de 1 Lux.

10.4- FUENTES PROPIAS DE ENERGÍA

La fuente propia de energía estará constituida por baterías de acumuladores o aparatos autónomos automáticos o grupos electrógenos; la puesta en funcionamiento de



unos y otros se producirá al producirse la falta de tensión en los circuitos alimentados por los diferentes suministros procedentes de la empresa o empresas distribuidoras de la energía eléctrica, o cuando aquella tensión descienda por debajo del 70 % de su valor nominal.

La fuente propia de energía en ningún caso podrá estar constituida por baterías de pilas.

La capacidad mínima de esta fuente propia de energía será como norma general, la precisa para proveer al alumbrado de emergencia en las condiciones señaladas en el apartado 2.1 de esta instrucción.

10.5- INSTRUCCIONES COMPLEMENTARIAS

Las líneas que alimentan directamente los circuitos individuales de las lámparas de los alumbrados especiales estarán protegidos por interruptores automáticos con una intensidad nominal de 10 amperios como máximo. Una misma línea no podrá alimentar más de 12 puntos de luz, o si en el local existen varios puntos de luz estos deberán ser alimentados por, al menos, dos líneas diferentes, aunque su número sea inferior a 12.

11 – LOCAL

11.1- PRESCRIPCIONES DE CARÁCTER GENERAL

Las instalaciones en los locales a los que afecten las presentes prescripciones cumplirán las condiciones de carácter general que a continuación se señalan, así como para determinados locales, las complementarias que más adelante se fijan.

- a) Será necesario disponer de una acometida individual, siempre que el conjunto de las dependencias del local considerado constituya un edificio independiente, o igualmente en el caso en que existan varios locales o viviendas en el mismo edificio y la potencia instalada en el local de pública concurrencia los justifique.



- b) El cuadro general de distribución deberá colocarse en el punto más próximo posible a la entrada de la acometida o de la derivación individual y se colocará junto o sobre él, el dispositivo de mando y protección preceptivo, según la instrucción ITC BT 16. Cuando no sea posible la instalación del cuadro general en este punto, se instalará, de todas formas, en dicho punto, un dispositivo de mando y protección.

Del citado cuadro general saldrán las líneas que alimentan directamente los aparatos receptores o bien las líneas generales de distribución a las que se conectará mediante cajas o a través de cuadros secundarios de distribución los distintos circuitos alimentadores. Los aparatos receptores que consuman más de 15 A se alimentarán directamente desde el cuadro general o desde los secundarios.

- c) El cuadro general de distribución, e igualmente los cuadros secundarios, se instalarán en locales o recintos a los que no tenga acceso el público y que estarán separados de los locales donde exista un peligro acusado de incendio o de pánico, por medio de elementos a prueba de incendios y puertas no propagadoras de fuego. Los contadores podrán instalarse en otro lugar, de acuerdo con la empresa distribuidora de energía eléctrica y siempre antes del cuadro general.
- d) En el cuadro general de distribución o en los secundarios se dispondrán dispositivos de mando y protección para cada una de las líneas generales de distribución, y las de alimentación directa a receptores. Cerca de cada uno de los interruptores de los cuadros se colocará una placa indicadora del circuito al que pertenezcan.
- e) Las canalizaciones estarán constituidas por:
- Conductores aisladores, de tensión nominal de aislamiento no inferior a 750 V, colocados bajo tubos protectores, de tipo no propagador de llama, preferentemente empotrados, en especial en las zonas accesibles al público.
 - Conductores aislados, de tensión nominal de aislamiento no inferior a 750 V, con cubierta de protección, colocados en huecos de la construcción, totalmente construidos en materiales incombustibles.
 - Conductores rígidos, aislados de tensión nominal no inferior a 1000 V, armados colocados directamente sobre las paredes.
- f) Se adoptarán las disposiciones convenientes para que las instalaciones no puedan ser alimentadas simultáneamente por dos fuentes de alimentación independientes entre sí.



12 - MEJORAMIENTO DEL FACTOR DE POTENCIA

Las instalaciones que suministren energía a receptores de los que resulte un factor de potencia inferior a 0,90 deberán ser compensadas, sin que en ningún momento la energía absorbida por la red pueda ser capacitiva.

La compensación del factor de potencia podrá hacerse por una de las dos formas siguientes:

- Por cada receptor o grupo de receptores que funcionen por medio de un solo interruptor; es decir funcionen simultáneamente.

- Para la totalidad de la instalación. En este caso, la instalación de compensación ha de estar dispuesta para que, de forma automática, asegure que la variación del factor de potencia no sea superior de un 10 % del valor medio obtenido en un prolongado periodo de funcionamiento.

Cuando se instalen condensadores y la conexión de estos con los receptores pueda ser cortada por medio de interruptores, estarán provistos aquellos de resistencias o reactancias de descarga a tierra.

13 - PUESTAS A TIERRA

13.1- OBJETIVO DE LA PUESTA A TIERRA

Las puestas a tierra se establecen con el objetivo principal de limitar la tensión que con respecto a tierra pueden presentar en un momento dado las masas metálicas, asegurar la actuación de las protecciones y eliminar o disminuir el riesgo que supone una avería en el material utilizado.



13.2- DEFINICIÓN

La denominación “puesta a tierra”, comprende toda ligazón metálica directa, sin fusibles ni protección alguna de sección suficiente entre determinados elementos o partes de una instalación y un electrodo o grupo de electrodos enterrados en el suelo, con objeto de conseguir que el conjunto de instalaciones, no existan diferencias de potencial peligrosas y que al mismo tiempo permita el paso a tierra de las corrientes de falta o de descarga de origen atmosférico.

13.3- PARTES QUE COMPRENDE LA PUESTA

a) Toma de tierra:

Las tomas de tierra están constituidas por los elementos siguientes:

- Electrodo: es una masa metálica, permanente en contacto con el terreno, para facilitar el paso a este de las corrientes de defectos que puedan presentarse o la carga eléctrica que tenga o pueda tener.
- Línea de enlace con tierra: está formada por los conductores que unen el electrodo o conjunto de electrodos con el punto de puesta a tierra.
- Punto de puesta a tierra: es un punto situado fuera del suelo que sirve de unión entre la línea de enlace con tierra y la línea principal de tierra.

Las instalaciones que lo precisen dispondrán de un número suficiente de puntos de puesta a tierra, convenientemente distribuidos, que estarán conectados al mismo electrodo o conjunto de electrodos.

El punto de puesta a tierra estará constituido por un dispositivo de conexión que permita la unión entre los conductores de las líneas de enlace y principal de tierra, de forma que pueda, mediante útiles apropiados separarse estas, con el fin de poder realizar la medida de resistencia a tierra.

b) Líneas principales de tierra:

Estarán formadas por conductores que partirán del punto de puesta a tierra y a las cuales estarán conectadas las derivaciones necesarias para la puesta a tierra de las masas generalmente a través de los conductores de protección.



c) Derivaciones de las líneas principales de tierra:

Estarán constituidas por conductores que unirán la línea principal de tierra con los conductores de protección o directamente con las masas.

d) Conductores de protección:

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

En el circuito de puesta a tierra, los conductores de protección unirán las masas a la línea principal de tierra.

En otros casos reciben igualmente el nombre de conductores de protección aquellos que tienen las masas:

- Al neutro de la red.
- A otras masas.
- A elementos metálicos distintos de las masas.
- A un relé de protección.

Los circuitos de puesta a tierra formarán una línea eléctricamente continua en la que no podrán incluirse en serie ni masas ni elementos metálicos, cualquiera que sean estos. Siempre la conexión de las masas y los elementos metálicos al circuito de puesta a tierra se efectuara por derivaciones desde este.

Se considera independiente una toma de tierra respecto a otra cuando una de las tomas a tierra no alcance, respecto de un punto a potencial cero, una tensión superior a 50V cuando la otra toma disipa la máxima corriente de tierra prevista.

13.4- ELECTRODOS, NATURALEZA, CONSTITUCIÓN, DIMENSIONES Y CONDICIONES DE INSTALACIÓN

Los electrodos pueden ser artificiales o naturales. Se entiende por electrodos artificiales los establecidos con el exclusivo objetivo de obtener la puesta a tierra, y por electrodos naturales las masas metálicas que puedan existir enterradas.

Para las puestas a tierra se emplearán principalmente electrodos artificiales. No obstante, los electrodos naturales que existieran en la zona de una instalación y que presenten y aseguren un buen contacto permanente con el terreno puedan utilizarse bien solos o conjuntamente con otros electrodos artificiales. En general, se puede prescindir



de estos cuando su instalación presente requisitos anteriormente señalados, con sección suficiente y la resistencia de tierra que se obtenga con los mismos presente un valor adecuado.

a) Picas verticales:

Las picas verticales podrán estar constituidas por:

- Tubos de acero galvanizado de 25 mm. de diámetro exterior, como mínimo.
- Perfiles de acero dulce galvanizado de 60 mm. de lado, como mínimo.
- Barras de cobre o de acero de 14 mm. de diámetro, como mínimo; las barras de acero tienen que estar recubiertas de una capa protectora exterior de cobre de espesor apropiado.

Las longitudes mínimas de estos electrodos no serán inferiores a 2 metros si son necesarias dos picas conectadas en paralelo con el fin de conseguir una resistencia de tierra admisible, la separación entre ellas es recomendable que sea igual, al menos a la longitud enterrada de las mismas; si son necesarias varias picas conectadas en paralelo, la separación entre ellas deberá ser mayor que en el caso anterior.

13.5- RESISTENCIA DE TIERRA

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

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

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

La resistencia de tierra de un electrodo depende de sus dimensiones, de su forma y de la resistividad del terreno en que se establece. Esta resistividad varía frecuentemente de un punto a otro del terreno y varía también con la profundidad.

Bien entendido que los cálculos efectuados a partir de estos valores no dan más que un valor muy apropiado de la resistencia de tierra del electrodo.



13.6- CARACTERÍSTICAS Y CONDICIONES DE INSTALACIÓN DE LAS LÍNEAS DE ENLACE CON TIERRA, DE LAS LÍNEAS PRINCIPALES DE TIERRA Y DE SUS DERIVACIONES

Los conductores que constituyen las líneas de enlace con tierra, las líneas principales de tierra y sus derivaciones, serán de cobre o de otro metal de alto punto de fusión y su sección debe ser ampliamente dimensionada de tal forma que cumpla las condiciones siguientes:

- a) La máxima corriente de falta que pueda producirse en cualquier punto de la instalación no debe originar en el conductor una temperatura cercana a la de fusión, ni poner en peligro los empalmes o conexiones en el tiempo máximo previsible de la duración de la falta, el cual sólo podrá ser considerado como menor de dos segundos en los casos justificados por las características de los dispositivos de corte utilizados.
- b) De cualquier forma los conductores no podrán ser, en ningún caso, de menos de 16 mm² de sección para las líneas principales de tierra ni de 35 mm² para las líneas de enlace con tierra, si son de cobre. Para otros metales o combinaciones de ellos, la sección mínima será aquella que tenga la misma conductancia que un cable de cobre de 16 mm² o 35 mm², según el caso.

Para las derivaciones de las líneas principales de tierra, las secciones mínimas serán las que se indican en la instrucción ITC BT 18 para los conductores de protección.

Los conductores de enlace con tierra desnudos enterrados en el suelo se considerará que forman parte del electrodo.

Si en una instalación existen tomas de tierra independientes, se mantendrá entre los conductores de tierra un aislamiento apropiado a las tensiones susceptibles de aparecer entre estos electrodos en caso de falta.

El recorrido de los conductores de la línea principal de tierra, sus derivaciones y los conductores de protección será lo más corto posible y sin cambios bruscos de dirección. No estarán sometidos a esfuerzos mecánicos y estarán protegidos contra la corrosión y desgaste mecánico. Además los conductores de protección cumplirán con lo establecido en la instrucción ITC BT 18.

Los conductores de los circuitos de tierra tendrán un buen contacto eléctrico tanto con las partes metálicas y masa que se desean poner a tierra como con el electrodo. A estos efectos se dispone que las conexiones de los conductores de los circuitos de tierra con las partes metálicas y con los electrodos se efectúen con todo cuidado por medio de



piezas de empalme adecuadas, asegurando las superficies de contacto de forma que la conexión sea efectiva por medio de tornillos, elementos de compresión, remaches o soldadura de alto punto de fusión tales como estaño, plata, etc.

Los contactos deben disponerse limpios, sin humedad y en forma tal que no sea fácil que la acción del tiempo destruya por efectos electroquímicas las conexiones efectuadas. A este fin, y procurando siempre que la resistencia de los contactos no sea elevada, se protegerán estos de forma adecuada con envolventes o pastas, si ello se estimase conveniente.

Se prohíbe intercalar en los circuitos de tierra seccionadores, fusibles o interruptores. Sólo se permite disponer de un dispositivo de corte en los puntos de puesta a tierra, de forma que permita medir la resistencia de la toma a tierra.

13.7- SEPARACIÓN ENTRE LAS TOMAS DE TIERRA DE LAS MASAS, DE LAS INSTALACIONES DE UTILIZACIÓN Y LAS MASAS DE UN CENTRO DE TRANSFORMACIÓN

Se verificará que las masas puestas a tierra en una instalación de utilización, así como los conductores de protección asociados a estas masas o a los relés de protección de masas, no estarán unidas a la toma de tierra de las masas de un centro de transformación. Si no se hace el control mediante la medida efectuada entre las tomas de tierra de las masas de las instalaciones de utilización y de las masas del centro de transformación, se considera que las tomas de tierra son eléctricamente independientes cuando se cumplan todas y cada una de las condiciones siguientes:

- a) No existe canalización metálica conductora (cubierta metálica de cable no aislada especialmente, canalizaciones de agua, gas, etc.) que una la zona de tierras del centro de transformación con la zona donde se encuentran los aparatos de utilización.
- b) La distancia entre las tomas de tierra del centro de transformación y las tomas de tierra de otros elementos conductores enterrados en los locales de utilización es al menos de 15 metros para terrenos cuya resistividad no sea elevada (100 Ohm·m). Cuando el terreno sea mal conductor esta distancia será aumentada.
- c) El centro de transformación está situado en un recinto aislado de los locales de utilización, o bien si está contiguo a los locales de utilización o en el interior de los mismos, está establecido de tal forma que sus elementos metálicos no estén unidos eléctricamente a los elementos metálicos constructivos de los locales de utilización.



13.8- REVISIÓN DE LAS TOMAS DE TIERRA

Por la importancia que ofrece, desde el punto de vista de la seguridad, cualquier instalación de toma de tierra deberá ser obligatoriamente comprobada por los servicios oficiales en el momento de dar de alta la instalación para el funcionamiento.

Personal técnicamente competente efectuará esta comprobación anualmente en la época en que el terreno esté más seco. Para ello se medirá la resistencia de tierra, reparando inmediatamente los defectos que se encuentren. En los lugares en que el terreno no sea favorable a la buena conservación de los electrodos, estos, así como también los conductores de enlace entre ellos hasta el punto de puesta a tierra se pondrán al descubierto para su examen, al menos una vez cada cinco años.



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación :

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL ELÉCTRICO

Título del proyecto:

“DETERMINACIÓN DE INSTALACIÓN ELÉCTRICA Y CENTRO DE
TRANSFORMACIÓN DE NAVE INDUSTRIAL EN EL POLÍGONO DE
LANDABEN”

DOCUMENTO 5: PRESUPUESTO

Mikel Aingeru Valencia Arraiz

José Vicente Valdenebro García

Pamplona, Junio del 2012



ÍNDICE GENERAL

0 – INTRODUCCIÓN	p.4
1 – LÍNEAS DE ALIMENTACIÓN	p.4
1.1- Línea general de alimentación	p.4
1.2- Líneas cuadro general	p.5
1.3- Líneas cuadro auxiliar 1: Alumbrado	p.7
1.4- Líneas cuadro auxiliar 2: Evaporadores y puertas	p.11
1.5- Líneas cuadro auxiliar 3: Equipo de frío 1	p.14
1.6- Líneas cuadro auxiliar 4: Equipo de frío 2	p.15
1.7- Líneas cuadro auxiliar 5: Bombas y condensadores	p.16
1.8- Resumen presupuesto líneas de alimentación	p.18
2 – ALUMBRADO	p.19
2.1- Luminarias	p.19
2.2- Lámparas	p.19
2.3- Alumbrado de emergencia	p.19
2.4- Mano de obra	p.20
2.5- Resumen presupuesto alumbrado	p.20
3 – TOMAS DE CORRIENTE Y MECANISMOS	p.21
3.1- Tomas de corriente	p.21
3.2- Interruptores y conmutadores	p.21
3.3- Resumen presupuesto tomas de corriente y mecanismos	p.22
4 – ARMARIOS DE PROTECCIÓN	p.22
4.1- Cuadro general	p.22
4.2- Cuadro auxiliar 1: Alumbrado	p.24
4.3- Cuadro auxiliar 2: Evaporadores y puertas	p.26
4.4- Cuadro auxiliar 3: Equipo de frío 1	p.28
4.5- Cuadro auxiliar 4: Equipo de frío 2	p.30
4.6- Cuadro auxiliar 5: Bombas y condensadores	p.32
4.7- Resumen presupuesto armarios de protección	p.34



5 – PUESTA A TIERRA	p.35
5.1- Puesta a tierra de la instalación	p.35
5.2- Resumen presupuesto puesta a tierra	p.35
6 – COMPENSACIÓN DE ENERGÍA REACTIVA	p.35
6.1- Batería de condensadores	p.35
6.2- Resumen presupuesto compensación de energía reactiva	p.36
7 – CENTRO DE TRANSFORMACIÓN	p.36
7.1- Centro de transformación	p.36
7.2- Acondicionamiento del local	p.37
7.3- Puesta a tierra del centro de transformación	p.37
7.4- Equipo de seguridad	p.38
7.5- Resumen presupuesto centro de transformación	p.38
8 – RESUMEN DEL PRESUPUESTO TOTAL DE LA INSTALACIÓN	p.39



0 – INTRODUCCIÓN

Este documento enumera todos los elementos a presupuestar de la instalación eléctrica del proyecto. La mano de obra se ha presupuestado suponiendo la duración aproximada del trabajo en cuestión. Este tiempo es una vaga aproximación, ya que al no ser un instalador ni trabajar en una empresa de montajes eléctricos resulta difícil dar un valor preciso. El valor de toda la instalación se irá presupuestando por capítulos, haciendo un resumen de cada uno al final del mismo. Finalmente, se sumará el coste de todos los capítulos para dar con el coste total de la instalación, y se le sumarán los costes generales y el beneficio industrial. También se incluyen el aumento por el IVA, la dirección de la obra y la redacción del presente proyecto.

1 – LÍNEAS DE ALIMENTACIÓN

1.1- LÍNEA GENERAL DE ALIMENTACIÓN

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO/UNIDAD	TOTAL (€)
Cable RZ1-K 0.6/1 KV Flexible Marca: PRYSMIAN 1x50mm ² cobre	216 metros	25.858 €/km	5.585,33
Cable RZ1-K 0.6/1 KV Flexible Marca: PRYSMIAN 1x25mm ² cobre	72 metros	12.934 €/km	931,25
Tubo DECAPLAST 450 N Marca: ODI-BAKAR Diámetro: 160mm	24 metros	8,03 €/m	192,72
Bandeja PEMSABAND CLICK STANDARD Marca: PEMSA Dimensiones: 300x60mm	24 metros	31,04 €/m	744,96
Mano de obra. Incluso parte proporcional de pequeño material y preparación de zanja.	8 horas	35 €/hora	280
TOTAL			7.734,26

1.2- LÍNEAS CUADRO GENERAL

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO/UNIDAD	TOTAL (€)
LÍNEA A CUADRO AUXILIAR 1			
Cable RZ1-K 0.6/1 KV Flexible Marca: PRYSMIAN 1x50mm ² cobre	45 metros	25.858 €/km	1.163,61
Cable RZ1-K 0.6/1 KV Flexible Marca: PRYSMIAN 1x25mm ² cobre	15 metros	12.934 €/km	194,01
Tubo DECAPLAST 250 N Marca: ODI-BAKAR Diámetro: 50mm	15 metros	2,06 €/m	30,90
Bandeja PEMSABAND CLICK STANDARD Marca: PEMSA Dimensiones: 300x60mm	15 metros	31,04 €/m	465,60
Mano de obra. Incluso parte proporcional de pequeño material. Completamente instalado.	2,5 horas	35 €/hora	87,5
LÍNEA A CUADRO AUXILIAR 2			
Cable RZ1-K 0.6/1 KV Flexible Marca: PRYSMIAN 1x50mm ² cobre	75 metros	25.858 €/km	1.939,35
Cable RZ1-K 0.6/1 KV Flexible Marca: PRYSMIAN 1x25mm ² cobre	25 metros	12.934 €/km	323,35
Tubo DECAPLAST 250 N Marca: ODI-BAKAR Diámetro: 50mm	25 metros	2,06 €/m	51,5
Bandeja PEMSABAND CLICK STANDARD Marca: PEMSA Dimensiones: 300x60mm	25 metros	31,04 €/m	776
Mano de obra. Incluso parte proporcional de pequeño material. Completamente instalado.	4,17 horas	35 €/hora	145,95
LÍNEA A CUADRO AUXILIAR 3			
Cable RZ1-K 0.6/1 KV Flexible Marca: PRYSMIAN 1x95mm ² cobre	18 metros	46.786 €/km	842,15



Tubo DECAPLAST 250 N Marca: ODI-BAKAR Diámetro: 63mm	6 metros	2,37 €/m	14,22
Bandeja PEMSABAND CLICK STANDARD Marca: PEMSA Dimensiones: 300x60mm	6 metros	31,04 €/m	186,24
Mano de obra. Incluso parte proporcional de pequeño material. Completamente instalado.	1 hora	35 €/hora	35
LÍNEA A CUADRO AUXILIAR 4			
Cable RZ1-K 0.6/1 KV Flexible Marca: PRYSMIAN 1x95mm ² cobre	24 metros	46.786 €/km	1.122,86
Cable RZ1-K 0.6/1 KV Flexible Marca: PRYSMIAN 1x50mm ² cobre	8 metros	25.858 €/km	206,86
Tubo DECAPLAST 250 N Marca: ODI-BAKAR Diámetro: 63mm	8 metros	2,37 €/m	18,96
Bandeja PEMSABAND CLICK STANDARD Marca: PEMSA Dimensiones: 300x60mm	8 metros	31,04 €/m	248,32
Mano de obra. Incluso parte proporcional de pequeño material. Completamente instalado.	1,33 horas	35 €/hora	46,55
LÍNEA A CUADRO AUXILIAR 5			
Cable RZ1-K 0.6/1 KV Flexible Marca: PRYSMIAN 1x50mm ² cobre	36 metros	25.858 €/km	930,89
Cable RZ1-K 0.6/1 KV Flexible Marca: PRYSMIAN 1x25mm ² cobre	12 metros	12.934 €/km	155,21
Tubo DECAPLAST 250 N Marca: ODI-BAKAR Diámetro: 50mm	12 metros	2,06 €/m	24,72
Bandeja PEMSABAND CLICK STANDARD Marca: PEMSA Dimensiones: 300x60mm	12 metros	31,04 €/m	372,48
Mano de obra. Incluso parte proporcional de pequeño material. Completamente instalado.	2 horas	35 €/hora	70



LÍNEA A ALUMBRADO C.T			
Cable RZ1-K 0,6/1 KV Flexible Marca: PRYSMIAN 1x1,5mm ² cobre	28 metros	1.446 €/km	40,49
Tubo FLEXIPLAST Color: NEGRO Marca: ODI-BAKAR Diámetro: 12mm	14 metros	0,22 €/m	3,08
Mano de obra. Incluso parte proporcional de pequeño material. Completamente instalado.	2,33 horas	35 €/hora	81,55
LÍNEA A ALUMBRADO DE EMERGENCIA C.T.			
Cable RZ1-K 0,6/1 KV Flexible Marca: PRYSMIAN 1x1,5mm ² cobre	6 metros	1.446 €/km	8,68
Tubo FLEXIPLAST Color: NEGRO Marca: ODI-BAKAR Diámetro: 12mm	3 metros	0,22 €/m	0,66
Mano de obra. Incluso parte proporcional de pequeño material. Completamente instalado.	0,5 horas	35 €/hora	17,5
LÍNEA A TOMA DE CORRIENTE MONOFÁSICA C.T.			
Cable H07V-K 450/750V Flexible Marca: PRYSMIAN 1x6mm ² cobre	10 metros	3.836 €/km	38,36
Tubo FLEXIPLAST Color: NEGRO Marca: ODI-BAKAR Diámetro: 16mm	5 metros	0,25 €/m	1,25
Mano de obra. Incluso parte proporcional de pequeño material. Completamente instalado.	8,33 horas	35 €/hora	291,55
LÍNEA A BATERÍA DE CONDENSADORES			
Cable RZ1-K 0.6/1 KV Flexible Marca: PRYSMIAN 1x120mm ² cobre	36 metros	58.280 €/km	2.098,08
Cable RZ1-K 0.6/1 KV Flexible Marca: PRYSMIAN 1x70mm ² cobre	12 metros	36.384 €/km	436,61
Tubo DECAPLAST 250 N Marca: ODI-BAKAR Diámetro: 63mm	12 metros	2,06 €/m	24,72



Bandeja PEMSABAND CLICK STANDARD Marca: PEMSA Dimensiones: 300x60mm	12 metros	31,04 €/m	372,48
Mano de obra. Incluso parte proporcional de pequeño material. Completamente instalado.	2 horas	35 €/hora	70
TOTAL			13.083,33

1.3- LÍNEAS CUADRO AUXILIAR 1: ALUMBRADO

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO/UNIDAD	TOTAL (€)
LÍNEA ALUMBRADO CÁMARA 1			
Cable H07V-K 450/750V Flexible Marca: PRYSMIAN 1x6mm ² cobre	152 metros	3.836 €/km	583,07
Tubo FLEXIPLAST Color: NEGRO Marca: ODI-BAKAR Diámetro: 16mm	76 metros	0,25 €/m	19
Mano de obra. Incluso parte proporcional de pequeño material. Completamente instalado.	12,67 horas	35 €/hora	443,45
LÍNEA ALUMBRADO CÁMARA 2			
Cable H07V-K 450/750V Flexible Marca: PRYSMIAN 1x4mm ² cobre	100 metros	2.594 €/km	259,40
Tubo FLEXIPLAST Color: NEGRO Marca: ODI-BAKAR Diámetro: 16mm	50 metros	0,25 €/m	12,5
Mano de obra. Incluso parte proporcional de pequeño material. Completamente instalado.	8,33 horas	35 €/hora	291,55
LÍNEA ALUMBRADO CÁMARA 3			
Cable H07V-K 450/750V Flexible Marca: PRYSMIAN 1x2,5mm ² cobre	108 metros	1.680 €/km	181,44
Tubo FLEXIPLAST Color: NEGRO Marca: ODI-BAKAR Diámetro: 12mm	54 metros	0,22 €/m	11,88
Mano de obra. Incluso parte proporcional de pequeño material. Completamente instalado.	9 horas	35 €/hora	315



LÍNEA ALUMBRADO CÁMARA 4			
Cable H07V-K 450/750V Flexible Marca: PRYSMIAN 1x2,5mm ² cobre	130 metros	1.680€/km	218,4
Tubo FLEXIPLAST Color: NEGRO Marca: ODI-BAKAR Diámetro: 12mm	65 metros	0,22 €/m	14,3
Mano de obra. Incluso parte proporcional de pequeño material. Completamente instalado.	10,83 horas	35 €/hora	379,05
LÍNEA ALUMBRADO CÁMARA 5			
Cable H07V-K 450/750V Flexible Marca: PRYSMIAN 1x4mm ² cobre	152 metros	2.594 €/km	394,29
Tubo FLEXIPLAST Color: NEGRO Marca: ODI-BAKAR Diámetro: 16mm	76 metros	0,25 €/m	19
Mano de obra. Incluso parte proporcional de pequeño material. Completamente instalado.	12,67 horas	35 €/hora	443,45
LÍNEA ALUMBRADO CÁMARA 6			
Cable H07V-K 450/750V Flexible Marca: PRYSMIAN 1x4mm ² cobre	174 metros	2.594 €/km	451,36
Tubo FLEXIPLAST Color: NEGRO Marca: ODI-BAKAR Diámetro: 16mm	87 metros	0,25 €/m	21,75
Mano de obra. Incluso parte proporcional de pequeño material. Completamente instalado.	14,5 horas	35 €/hora	507,5
LÍNEA ALUMBRADO OFICIA			
Cable H07V-K 450/750V Flexible Marca: PRYSMIAN 1x1,5mm ² cobre	146 metros	1.048 €/km	153,01
Tubo FLEXIPLAST Color: NEGRO Marca: ODI-BAKAR Diámetro: 12mm	73 metros	0,22 €/m	16,06
Mano de obra. Incluso parte proporcional de pequeño material. Completamente instalado.	12,17 horas	35 €/hora	425,95



LÍNEA ALUMBRADO VESTUARIOS			
Cable H07V-K 450/750V Flexible Marca: PRYSMIAN 1x1,5mm ² cobre	150 metros	1.048 €/km	157,2
Tubo FLEXIPLAST Color: NEGRO Marca: ODI-BAKAR Diámetro: 12mm	75 metros	0,22 €/m	16,5
Mano de obra. Incluso parte proporcional de pequeño material. Completamente instalado.	12,5 horas	35 €/hora	437,5
LÍNEA ALUMBRADO SALA DE MÁQUINAS			
Cable H07V-K 450/750V Flexible Marca: PRYSMIAN 1x1,5mm ² cobre	76 metros	1.048 €/km	79,65
Tubo FLEXIPLAST Color: NEGRO Marca: ODI-BAKAR Diámetro: 12mm	38 metros	0,22 €/m	8,36
Mano de obra. Incluso parte proporcional de pequeño material. Completamente instalado.	6,33 horas	35 €/hora	221,55
LÍNEA ALUMBRADO SALA DE HERRAMIENTAS			
Cable H07V-K 450/750V Flexible Marca: PRYSMIAN 1x1,5mm ² cobre	88 metros	1.048 €/km	92,22
Tubo FLEXIPLAST Color: NEGRO Marca: ODI-BAKAR Diámetro: 12mm	44 metros	0,22 €/m	9,68
Mano de obra. Incluso parte proporcional de pequeño material. Completamente instalado.	7,33 horas	35 €/hora	256,55
LÍNEA ALUMBRADO DE EMERGENCIA			
Cable RZ1-K 0,6/1 KV Flexible Marca: PRYSMIAN 1x1,5mm ² cobre	200 metros	1.446 €/km	289,2
Tubo FLEXIPLAST Color: NEGRO Marca: ODI-BAKAR Diámetro: 12mm	100 metros	0,22 €/m	22
Mano de obra. Incluso parte proporcional de pequeño material. Completamente instalado.	16,67 horas	35 €/hora	583,45



LÍNEA TOMAS TRIFÁSICAS			
Cable RZ1-K 0,6/1 KV Flexible Marca: PRYSMIAN 1x4mm ² cobre	216 metros	2.940 €/km	635,04
Tubo FLEXIPLAST Color: NEGRO Marca: ODI-BAKAR Diámetro: 20mm	54 metros	0,28 €/m	15,12
Mano de obra. Incluso parte proporcional de pequeño material. Completamente instalado.	9 horas	35 €/hora	315
LÍNEA TOMAS MONOFÁSICAS 1			
Cable RZ1-K 0,6/1 KV Flexible Marca: PRYSMIAN 1x25mm ² cobre	160 metros	12.934 €/km	2.069,44
Tubo FLEXIPLAST Color: NEGRO Marca: ODI-BAKAR Diámetro: 32mm	80 metros	0,57 €/m	45,6
Mano de obra. Incluso parte proporcional de pequeño material. Completamente instalado.	13,33 horas	35 €/hora	466,55
LÍNEA TOMAS MONOFÁSICAS 2			
Cable RZ1-K 0,6/1 KV Flexible Marca: PRYSMIAN 1x25mm ² cobre	120 metros	12.934 €/km	1.552,08
Tubo FLEXIPLAST Color: NEGRO Marca: ODI-BAKAR Diámetro: 32mm	60 metros	0,57 €/m	34,2
Mano de obra. Incluso parte proporcional de pequeño material. Completamente instalado.	10 horas	35 €/hora	350
TOTAL			32.942,31

1.4- LÍNEAS CUADRO AUXILIAR 2: EVAPORADORES Y PUERTAS

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO/UNIDAD	TOTAL (€)
LÍNEA A EVAPORADOR 1			
Cable RZ1-K 0,6/1 KV Flexible Marca: PRYSMIAN 1x2,5mm ² cobre	72 metros	1.998 €/km	143,86



Documento 5: Presupuesto

Universidad Pública de Navarra

Tubo FLEXIPLAST Color: NEGRO Marca: ODI-BAKAR Diámetro: 16mm	18 metros	0,25 €/m	4,5
Mano de obra. Incluso parte proporcional de pequeño material. Completamente instalado.	3 horas	35 €/hora	105
LÍNEA A EVAPORADOR 2			
Cable RZ1-K 0,6/1 KV Flexible Marca: PRYSMIAN 1x2,5mm ² cobre	64 metros	1.998 €/km	127,87
Tubo FLEXIPLAST Color: NEGRO Marca: ODI-BAKAR Diámetro: 16mm	16 metros	0,25 €/m	4
Mano de obra. Incluso parte proporcional de pequeño material. Completamente instalado.	2,67 horas	35 €/hora	93,45
LÍNEA A EVAPORADOR 3			
Cable RZ1-K 0,6/1 KV Flexible Marca: PRYSMIAN 1x2,5mm ² cobre	232 metros	1.998 €/km	463,54
Tubo FLEXIPLAST Color: NEGRO Marca: ODI-BAKAR Diámetro: 16mm	58 metros	0,25 €/m	14,5
Mano de obra. Incluso parte proporcional de pequeño material. Completamente instalado.	9,67 horas	35 €/hora	338,45
LÍNEA A EVAPORADOR 4			
Cable RZ1-K 0,6/1 KV Flexible Marca: PRYSMIAN 1x2,5mm ² cobre	188 metros	1.998 €/km	375,62
Tubo FLEXIPLAST Color: NEGRO Marca: ODI-BAKAR Diámetro: 16mm	47 metros	0,25 €/m	11,75
Mano de obra. Incluso parte proporcional de pequeño material. Completamente instalado.	7,83 horas	35 €/hora	274,05
LÍNEA A EVAPORADOR 5			
Cable RZ1-K 0,6/1 KV Flexible Marca: PRYSMIAN 1x2,5mm ² cobre	200 metros	1.998 €/km	399,6
Tubo FLEXIPLAST Color: NEGRO Marca: ODI-BAKAR Diámetro: 16mm	50 metros	0,25 €/m	12,5



Mano de obra. Incluso parte proporcional de pequeño material. Completamente instalado.	8,33 horas	35 €/hora	291,55
LÍNEA A EVAPORADOR 6			
Cable RZ1-K 0,6/1 KV Flexible Marca: PRYSMIAN 1x2,5mm ² cobre	240 metros	1.998 €/km	479,52
Tubo FLEXIPLAST Color: NEGRO Marca: ODI-BAKAR Diámetro: 16mm	60 metros	0,25 €/m	15
Mano de obra. Incluso parte proporcional de pequeño material. Completamente instalado.	10 horas	35 €/hora	350
LÍNEA A PUERTAS MOTORIZADAS			
Cable RZ1-K 0,6/1 KV Flexible Marca: PRYSMIAN 1x2,5mm ² cobre	340 metros	1.998 €/km	679,32
Tubo FLEXIPLAST Color: NEGRO Marca: ODI-BAKAR Diámetro: 16mm	85 metros	0,25 €/m	21,25
Mano de obra. Incluso parte proporcional de pequeño material. Completamente instalado.	14,17 horas	35 €/hora	495,95
LÍNEA TOMAS TRIFÁSICAS			
Cable RZ1-K 0,6/1 KV Flexible Marca: PRYSMIAN 1x4mm ² cobre	220 metros	2.940 €/km	646,8
Tubo FLEXIPLAST Color: NEGRO Marca: ODI-BAKAR Diámetro: 20mm	55 metros	0,28 €/m	15,4
Mano de obra. Incluso parte proporcional de pequeño material. Completamente instalado.	9,17 horas	35 €/hora	320,95
LÍNEA TOMAS MONOFÁSICAS			
Cable RZ1-K 0,6/1 KV Flexible Marca: PRYSMIAN 1x25mm ² cobre	116 metros	12.934 €/km	1500,34
Tubo FLEXIPLAST Color: NEGRO Marca: ODI-BAKAR Diámetro: 32mm	58 metros	0,57 €/m	33,06
Mano de obra. Incluso parte proporcional de pequeño material. Completamente instalado.	9,67 horas	35 €/hora	338,45
TOTAL			7.556,28



1.5- LÍNEAS CUADRO AUXILIAR 3: EQUIPO DE FRÍO 1

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO/UNIDAD	TOTAL (€)
LÍNEA A EQUIPO DE FRÍO 1			
Cable RZ1-K 0,6/1 KV Flexible Marca: PRYSMIAN 1x95mm ² cobre	30 metros	46.786 €/km	1.403,58
Cable RZ1-K 0,6/1 KV Flexible Marca: PRYSMIAN 1x50mm ² cobre	10 metros	25.858 €/km	258,58
Tubo DECAPLAST 250 N Marca: ODI-BAKAR Diámetro: 63mm	10 metros	2,37 €/m	23,7
Mano de obra. Incluso parte proporcional de pequeño material. Completamente instalado.	1,67 horas	35 €/hora	58,45
LÍNEA ALUMBRADO DE EMERGENCIA			
Cable RZ1-K 0,6/1 KV Flexible Marca: PRYSMIAN 1x1,5mm ² cobre	260 metros	1.446 €/km	375,96
Tubo FLEXIPLAST Color: NEGRO Marca: ODI-BAKAR Diámetro: 12mm	130 metros	0,22 €/m	28,6
Mano de obra. Incluso parte proporcional de pequeño material. Completamente instalado.	21,67 horas	35 €/hora	758,45
LÍNEA TOMAS TRIFÁSICAS			
Cable RZ1-K 0,6/1 KV Flexible Marca: PRYSMIAN 1x4mm ² cobre	256 metros	2.940 €/km	752,64
Tubo FLEXIPLAST Color: NEGRO Marca: ODI-BAKAR Diámetro: 20mm	64 metros	0,28 €/m	17,92
Mano de obra. Incluso parte proporcional de pequeño material. Completamente instalado.	10,67 horas	35 €/hora	373,45
LÍNEA TOMAS MONOFÁSICAS			
Cable RZ1-K 0,6/1 KV Flexible Marca: PRYSMIAN 1x25mm ² cobre	140 metros	12.934 €/km	1.810,76



Tubo FLEXIPLAST Color: NEGRO Marca: ODI-BAKAR Diámetro: 32mm	70 metros	0,57 €/m	39,9
Mano de obra. Incluso parte proporcional de pequeño material. Completamente instalado.	11,67 horas	35 €/hora	408,45
TOTAL			6.310,44

1.6- LÍNEAS CUADRO AUXILIAR 4: EQUIPO DE FRÍO 2

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO/UNIDAD	TOTAL (€)
LÍNEA A EQUIPO DE FRÍO 2			
Cable RZ1-K 0,6/1 KV Flexible Marca: PRYSMIAN 1x95mm ² cobre	21 metros	46.786 €/km	982,51
Cable RZ1-K 0,6/1 KV Flexible Marca: PRYSMIAN 1x50mm ² cobre	7 metros	25.858 €/km	181,01
Tubo DECAPLAST 250 N Marca: ODI-BAKAR Diámetro: 63mm	7 metros	2,37 €/m	16,59
Mano de obra. Incluso parte proporcional de pequeño material. Completamente instalado.	1,17 horas	35 €/hora	40,95
LÍNEA A ALUMBRADO DE EMERGENCIA			
Cable RZ1-K 0,6/1 KV Flexible Marca: PRYSMIAN 1x1,5mm ² cobre	180 metros	1.446 €/km	260,28
Tubo FLEXIPLAST Color: NEGRO Marca: ODI-BAKAR Diámetro: 12mm	90 metros	0,22 €/m	19,8
Mano de obra. Incluso parte proporcional de pequeño material. Completamente instalado.	15 horas	35 €/hora	525
LÍNEA TOMAS TRIFÁSICAS			
Cable RZ1-K 0,6/1 KV Flexible Marca: PRYSMIAN 1x4mm ² cobre	120 metros	2.940 €/km	352,8



Tubo FLEXIPLAST Color: NEGRO Marca: ODI-BAKAR Diámetro: 20mm	40 metros	0,28 €/m	11,2
Mano de obra. Incluso parte proporcional de pequeño material. Completamente instalado.	6,67 horas	35 €/hora	233,45
LÍNEA TOMAS MONOFÁSICAS			
Cable RZ1-K 0,6/1 KV Flexible Marca: PRYSMIAN 1x25mm ² cobre	112 metros	12.934 €/km	1.448,61
Tubo FLEXIPLAST Color: NEGRO Marca: ODI-BAKAR Diámetro: 32mm	56 metros	0,57 €/m	31,92
Mano de obra. Incluso parte proporcional de pequeño material. Completamente instalado.	9,33 horas	35 €/hora	326,55
TOTAL			4.430,67

1.7- LÍNEAS CUADRO AUXILIAR 5: BOMBAS Y CONDENSADORES

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO/UNIDAD	TOTAL (€)
LÍNEA A CONDENSADOR DE AIRE HORIZONTAL			
Cable RZ1-K 0,6/1 KV Flexible Marca: PRYSMIAN 1x6mm ² cobre	40 metros	3.678 €/km	147,12
Tubo FLEXIPLAST Color: NEGRO Marca: ODI-BAKAR Diámetro: 20mm	10 metros	0,28 €/m	2,8
Mano de obra. Incluso parte proporcional de pequeño material. Completamente instalado.	1,67 horas	35 €/hora	58,45
LÍNEA A BOMBAS DE RECIRCULACIÓN			
Cable RZ1-K 0,6/1 KV Flexible Marca: PRYSMIAN 1x6mm ² cobre	20 metros	3.678 €/km	73,56
Tubo FLEXIPLAST Color: NEGRO Marca: ODI-BAKAR Diámetro: 20mm	5 metros	0,28 €/m	1,4
Mano de obra. Incluso parte proporcional de pequeño material. Completamente instalado.	0,83 horas	35 €/hora	29,05



LÍNEA A BOMBAS DE DISTRIBUCIÓN			
Cable RZ1-K 0,6/1 KV Flexible Marca: PRYSMIAN 1x6mm ² cobre	32 metros	3.678 €/km	117,70
Tubo FLEXIPLAST Color: NEGRO Marca: ODI-BAKAR Diámetro: 20mm	8 metros	0,28 €/m	2,24
Mano de obra. Incluso parte proporcional de pequeño material. Completamente instalado.	1,33 horas	35 €/hora	46,55
LÍNEA A ALUMBRADO DE EMERGENCIA			
Cable RZ1-K 0,6/1 KV Flexible Marca: PRYSMIAN 1x1,5mm ² cobre	180 metros	1.446 €/km	260,28
Tubo FLEXIPLAST Color: NEGRO Marca: ODI-BAKAR Diámetro: 12mm	90 metros	0,22 €/m	19,8
Mano de obra. Incluso parte proporcional de pequeño material. Completamente instalado.	15 horas	35 €/hora	525
LÍNEA TOMAS TRIFÁSICAS			
Cable RZ1-K 0,6/1 KV Flexible Marca: PRYSMIAN 1x4mm ² cobre	72 metros	2.940 €/km	211,68
Tubo FLEXIPLAST Color: NEGRO Marca: ODI-BAKAR Diámetro: 20mm	24 metros	0,28 €/m	6,72
Mano de obra. Incluso parte proporcional de pequeño material. Completamente instalado.	4 horas	35 €/hora	140
LÍNEA TOMAS MONOFÁSICAS 1			
Cable RZ1-K 0,6/1 KV Flexible Marca: PRYSMIAN 1x25mm ² cobre	72 metros	12.934 €/km	931,25
Tubo FLEXIPLAST Color: NEGRO Marca: ODI-BAKAR Diámetro: 32mm	36 metros	0,57 €/m	20,52
Mano de obra. Incluso parte proporcional de pequeño material. Completamente instalado.	6 horas	35 €/hora	210



LÍNEA TOMAS MONOFÁSICAS 2			
Cable RZ1-K 0,6/1 KV Flexible Marca: PRYSMIAN 1x25mm ² cobre	70 metros	12.934 €/km	905,38
Tubo FLEXIPLAST Color: NEGRO Marca: ODI-BAKAR Diámetro: 32mm	35 metros	0,57 €/m	19,95
Mano de obra. Incluso parte proporcional de pequeño material. Completamente instalado.	5,83 horas	35 €/hora	204,05
TOTAL			3.933,5

1.8- RESUMEN PRESUPUESTO LÍNEAS DE ALIMENTACIÓN

BLOQUE	PRECIO
LÍNEA GENERAL DE ALIMENTACIÓN	7.734,26
LÍNEAS CUADRO GENERAL	13.083,33
LÍNEAS CUADRO AUXILIAR 1: ALUMBRADO	32.942,31
LÍNEAS CUADRO AUXILIAR 2: EVAPORADORES Y PUERTAS	7.556,28
LÍNEAS CUADRO AUXILIAR 3: EQUIPO DE FRÍO 1	6.310,44
LÍNEAS CUADRO AUXILIAR 4: EQUIPO DE FRÍO 2	4.430,67
LÍNEAS CUADRO AUXILIAR 5: BOMBAS Y CONDENSADORES	3.933,5
TOTAL:	75.990,79 €



2 – ALUMBRADO

2.1- LUMINARIAS

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO/UNIDAD	TOTAL (€)
Philips TBS165 C3 Para lámparas 2xTL5-28W/840	18	76 €/u.	1.368
Philips TBS165 C3 Para lámparas 3xTL5-14W/840	30	72 €/u.	2.160
Philips TMS022 HF Para lámparas 1xTL-D36W	4	31 €/u.	124
Philips Péndola HPK450 IC Para lámparas 1xHPL-N250W	30	385 €/u.	11.550
Philips Péndola HPK450 IC Para lámparas 1xHPL-N400W	27	415 €/u.	11.205
TOTAL			26.407

2.2- LÁMPARAS

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO/UNIDAD	TOTAL (€)
Lámpara TL5-28W/840 Marca PHILIPS	36	8,82 €/u.	317,52
Lámpara TL5-14W/840 Marca PHILIPS	90	8,82 €/u.	793,8
Lámpara TL-D super 80 36W/840 Marca Philips	4	4,94 €/u.	19,76
Lámpara HPL-N 250W de vapor de mercurio Marca Philips	30	24,83 €/u.	744,9
Lámpara HPL-N 400W de vapor de mercurio Marca Philips	27	35,76 €/u.	965,52
TOTAL			2.841,5

2.3- ALUMBRADO DE EMERGENCIA

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO/UNIDAD	TOTAL (€)
Alumbrado de emergencia STYLO ESTÁNDAR S-30	1	19,43 €/u.	19,43
Alumbrado de emergencia STYLO ESTÁNDAR S-150	5	36,61 €/u.	183,05
Alumbrado de emergencia STYLO ESTÁNDAR S-200	4	39,55 €/u.	158,2



Alumbrado de emergencia STYLO ESTÁNDAR S-300	6	50,01 €/u.	300,06
Alumbrado de emergencia STYLO S-SPL9	27	24,61 €/u.	664,47
TOTAL			1.325,21

2.4- MANO DE OBRA

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO/UNIDAD	TOTAL (€)
Instalación completa de los aparatos de alumbrado y señalización de emergencia. Incluso parte proporcional de pequeño material. Completamente instalado.	38 horas	35 €/hora	1.330
TOTAL			1.330

2.5- RESUMEN PRESUPUESTO ALUMBRADO

BLOQUE	PRECIO
LUMINARIAS	26.407
LÁMPARAS	2.841,5
ALUMBRADO DE EMERGENCIA	1.325,21
MANO DE OBRA	1.330
TOTAL:	31.903,71 €



3 – TOMAS DE CORRIENTE Y MECANISMOS

3.1- TOMAS DE CORRIENTE

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO/UNIDAD	TOTAL (€)
Toma de corriente monofásica Marca: NIESEN	28	12,75 €/u.	357
Marco embellecedor Marca: NIESEN	28	1,40 €/u.	39,2
Toma de corriente trifásica Marca: NIESEN	10	15,25 €/u.	152,5
Marco embellecedor Marca: NIESEN	10	1,40 €/u.	14
Mano de obra y montaje. Completamente instalados	6,33 horas	35 €/hora	221,55
TOTAL			784,25

3.2- INTERRUPTORES Y CONMUTADORES

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO/UNIDAD	TOTAL (€)
Mecanismo interruptor monopolar Marca: NIESEN Gama ARCO	13	5,58 €/u.	72,54
Tecla interruptor Marca NIESEN	13	3,56 €/u.	46,28
Marco embellecedor Marca: NIESEN	13	1,40 €/u.	18,2
Mecanismo conmutador monopolar Marca: NIESEN Gama ARCO	16	6,37 €/u.	101,92
Tecla interruptor Marca NIESEN	16	3,56 €/u.	56,96
Marco embellecedor Marca: NIESEN	16	1,40 €/u.	22,4
Mano de obra y montaje. Completamente instalados	4,83 horas	35 €/hora	169,05
TOTAL			487,35



3.3- RESUMEN PRESUPUESTO TOMAS DE CORRIENTE Y MECANISMOS

BLOQUE	PRECIO
TOMAS DE CORRIENTE	784,25
INTERRUPTORES Y CONMUTADORES	487,35
TOTAL:	1.271,6 €

4 – ARMARIOS DE PROTECCIÓN

4.1- CUADRO GENERAL

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO/UNIDAD	TOTAL (€)
Cofret marca Schneider Modelo: Prisma Plus System G, con IP55, de 19 módulos, de medida: 1050x600x180 mm Con su placa de montaje y puesta a tierra Ref: 08305	1	451,02 €/u.	451,02
Interruptor automático para distribución Marca: ABB Calibre: 1250 A Poder de Corte: 50 KA, Curva B III+N Ref: 62875	1	4.384,19 €/u.	4.384,19
Interruptor automático para distribución Marca: ABB Calibre: 320 A Poder de Corte: 50 KA, Curva C III+N Ref: 54131	1	1.805,33 €/u.	1.805,33
Interruptor automático para distribución Marca: ABB Calibre: 320 A Poder de Corte: 36 KA, Curva C III+N Ref: 54123	2	1.735,95 €/u.	3.471,90



<p>Interruptor automático para distribución</p> <p>Marca: ABB Calibre: 250 A Poder de Corte: 25 KA, Curva C III+N Ref: 68505</p>	2	1.442,67 €/u.	2.885,34
<p>Interruptor automático para distribución</p> <p>Marca: ABB Calibre: 250 A Poder de Corte: 15 KA, Curva C III+N Ref: 68157</p>	1	1.422,45 €/u.	1.422,45
<p>Interruptor magnetotérmico industrial</p> <p>Marca: ABB Calibre: 3 A Poder de Corte: 10 KA, Curva C I+N</p>	1	88,30	88,30
<p>Interruptor magnetotérmico industrial</p> <p>Marca: ABB Calibre: 0,5 A Poder de Corte: 10 KA, Curva C I+N</p>	1	98,60	98,60
<p>Interruptor magnetotérmico industrial</p> <p>Marca: ABB Calibre: 20 A Poder de Corte: 10 KA, Curva C I+N</p>	1	57,37	57,37
<p>Interruptor diferencial industrial</p> <p>Marca: ABB Intensidad nominal: 25 A Sensibilidad: 30mA I+N</p>	3	157,52 €/u.	472,56
<p>Mano de obra y montaje. Incluso pequeño material. Completamente instalado.</p>	5horas	35 €/hora	175
TOTAL			15.312,06



4.2- CUADRO AUXILIAR 1: ALUMBRADO



Documento 5: Presupuesto

Universidad Pública de Navarra

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO/UNIDAD	TOTAL (€)
Cofret marca Schneider Modelo: Pragma UP, con 4 filas de 48 módulos en total, de medida: 706x361x99 mm Con su placa de montaje y puesta a tierra Ref: 10938	1	196,59 €/u.	196,59
Interruptor automático para distribución Marca: ABB Calibre: 250 A Poder de Corte: 25 KA, Curva C III+N Ref: 68505	1	1.442,67 €/u.	1.442,67
Interruptor magnetotérmico industrial Marca: ABB Calibre: 3 A Poder de Corte: 10 KA, Curva C I+N	3	88,30 €/u.	264,9
Interruptor magnetotérmico industrial Marca: ABB Calibre: 4 A Poder de Corte: 10 KA, Curva C I+N	1	88,30 €/u.	88,30
Interruptor magnetotérmico industrial Marca: ABB Calibre: 6 A Poder de Corte: 10 KA, Curva C I+N	1	60,14 €/u.	60,14
Interruptor magnetotérmico industrial Marca: ABB Calibre: 10 A Poder de Corte: 10 KA, Curva B I+N	4	62,61 €/u.	250,44
Interruptor magnetotérmico industrial Marca: ABB Calibre: 16 A Poder de Corte: 10 KA, Curva C I+N	1	55,88 €/u.	55,88



<p>Interruptor magnetotérmico industrial</p> <p>Marca: ABB Calibre: 20 A Poder de Corte: 10 KA, Curva C I+N</p>	1	57,37 €/u.	57,37
<p>Interruptor magnetotérmico industrial</p> <p>Marca: ABB Calibre: 25 A Poder de Corte: 10 KA, Curva D I+N</p>	4	101,38 €/u.	405,52,
<p>Interruptor magnetotérmico industrial</p> <p>Marca: ABB Calibre: 40 A Poder de Corte: 10 KA, Curva B III+N</p>	1	168,27 €/u.	168,27
<p>Interruptor magnetotérmico industrial</p> <p>Marca: ABB Calibre: 63 A Poder de Corte: 10 KA, Curva C I+N</p>	2	107,07 €/u.	214,14
<p>Interruptor diferencial industrial</p> <p>Marca: ABB Intensidad nominal: 25 A Sensibilidad: 30mA I+N</p>	15	157,52 €/u.	2.362,80
<p>Interruptor diferencial industrial</p> <p>Marca: ABB Intensidad nominal: 40 A Sensibilidad: 300mA III+N</p>	1	300,59 €/u.	300,59



Interrupitor diferencial industrial Marca: ABB Intensidad nominal: 63 A Sensibilidad: 30mA I+N	2	229,69 €/u.	459,38
Mano de obra y montaje. Incluso pequeño material. Completamente instalado.	8 horas	35 €/hora	280
TOTAL			6.201,47

4.3- CUADRO AUXILIAR 2: EVAPORADORES Y PUERTAS

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO/UNIDAD	TOTAL (€)
Cofret marca Schneider Modelo: Prisma Plus System G, con IP55, de 19 módulos, de medida: 1050x600x180 mm Con su placa de montaje y puesta a tierra Ref: 08305	1	451,02 €/u.	451,02
Interrupitor automático para distribución Marca: ABB Calibre: 250 A Poder de Corte: 15 KA, Curva C III+N Ref: 68157	1	1.422,45 €/u.	1.422,45
Interrupitor magnetotérmico industrial Marca: ABB Calibre: 10 A Poder de Corte: 10 KA, Curva B III+N	1	113,37 €/u.	113,37
Interrupitor magnetotérmico industrial Marca: ABB Calibre: 16 A Poder de Corte: 10 KA, Curva B III+N	4	135,24 €/u.	540,96



<p>Interruptor magnetotérmico industrial</p> <p>Marca: ABB Calibre: 16 A Poder de Corte: 10 KA, Curva C III+N</p>	1	115,86 €/u.	115,86
<p>Interruptor magnetotérmico industrial</p> <p>Marca: ABB Calibre: 20 A Poder de Corte: 10 KA Curva C III+N</p>	1	119,10 €/u.	119,10
<p>Interruptor magnetotérmico industrial</p> <p>Marca: ABB Calibre: 40 A Poder de Corte: 10 KA, Curva B III+N</p>	1	168,27 €/u.	168,27
<p>Interruptor magnetotérmico industrial</p> <p>Marca: ABB Calibre: 63 A Poder de Corte: 10 KA, Curva D I+N</p>	1	142,39 €/u.	142,39
<p>Interruptor diferencial industrial</p> <p>Marca: ABB Intensidad nominal: 25 A Sensibilidad: 300 mA III+N</p>	7	208,69 €/u.	1.460,83
<p>Interruptor diferencial industrial</p> <p>Marca: ABB Intensidad nominal: 40 A Sensibilidad: 300 mA III+N</p>	1	300,59 €/u.	300,59
<p>Interruptor diferencial industrial</p> <p>Marca: ABB Intensidad nominal: 63 A Sensibilidad: 30 mA I+N</p>	1	229,69 €/u.	229,69
<p>Mano de obra y montaje. Incluso pequeño material. Completamente instalado.</p>	6 horas	35 €/hora	210
TOTAL			5.274,53



4.4- CUADRO AUXILIAR 3: EQUIPO DE FRÍO 1

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO/UNIDAD	TOTAL (€)
Cofret marca Schneider Modelo: Prisma Plus System G, con IP55, de 11 módulos, de medida: 650x600x180 mm Con su placa de montaje y puesta a tierra Ref: 08303	1	338,99 €/u.	338,99
Interruptor automático para distribución Marca: ABB Calibre: 320 A Poder de Corte: 36 KA, Curva C III+N Ref: 54123	1	1.735,95 €/u.	1.735,95
Interruptor magnetotérmico industrial Marca: ABB Calibre: 0,5 A Poder de Corte: 10 KA, Curva C I+N	1	98,60 €/u.	98,60
Interruptor automático para distribución Marca: ABB Calibre: 250 A Poder de Corte: 25 KA, Curva C III+N Ref: 68505	1	1.442,67 €/u.	1.442,67
Interruptor magnetotérmico industrial Marca: ABB Calibre: 40 A Poder de Corte: 10 KA, Curva B III+N	1	168,27 €/u.	168,27
Interruptor magnetotérmico industrial Marca: ABB Calibre: 63 A Poder de Corte: 10 KA, Curva C I+N	1	107,07 €/u.	107,07



Interrupor diferencial industrial Marca: ABB Intensidad nominal: 25 A Sensibilidad: 30 mA I+N	1	157,52 €/u.	157,52
Interrupor diferencial industrial Marca: ABB Intensidad nominal: 40 A Sensibilidad: 300 mA III+N	1	300,59 €/u.	300,59
Interrupor diferencial industrial Marca: ABB Intensidad nominal: 63 A Sensibilidad: 30 mA I+N	1	229,69 €/u.	229,69
Mano de obra y montaje. Incluso pequeño material. Completamente instalado.	3 horas	35 €/hora	105
TOTAL			4.684,35

4.5- CUADRO AUXILIAR 4: EQUIPO DE FRÍO 2

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO/UNIDAD	TOTAL (€)
Cofret marca Schneider Modelo: Prisma Plus System G, con IP55, de 11 módulos, de medida: 650x600x180 mm Con su placa de montaje y puesta a tierra Ref: 08303	1	338,99 €/u.	338,99
Interrupor automático para distribución Marca: ABB Calibre: 320 A Poder de Corte: 50 KA, Curva C III+N Ref: 54131	1	1.805,33 €/u.	1.805,33
Interrupor magnetotérmico industrial Marca: ABB Calibre: 0,5 A Poder de Corte: 10 KA, Curva C I+N	1	98,60 €/u.	98,60



<p>Interruptor automático para distribución</p> <p>Marca: ABB Calibre: 250 A Poder de Corte: 25 KA, Curva C III+N Ref: 68505</p>	1	1.442,67 €/u.	1.442,67
<p>Interruptor magnetotérmico industrial</p> <p>Marca: ABB Calibre: 40 A Poder de Corte: 10 KA, Curva B III+N</p>	1	168,27 €/u.	168,27
<p>Interruptor magnetotérmico industrial</p> <p>Marca: ABB Calibre: 63 A Poder de Corte: 10 KA, Curva C I+N</p>	1	107,07 €/u.	107,07
<p>Interruptor diferencial industrial</p> <p>Marca: ABB Intensidad nominal: 25 A Sensibilidad: 30 mA I+N</p>	1	157,52 €/u.	157,52
<p>Interruptor diferencial industrial</p> <p>Marca: ABB Intensidad nominal: 40 A Sensibilidad: 300 mA III+N</p>	1	300,59 €/u.	300,59
<p>Interruptor diferencial industrial</p> <p>Marca: ABB Intensidad nominal: 63 A Sensibilidad: 30 mA I+N</p>	1	229,69 €/u.	229,69
<p>Mano de obra y montaje. Incluso pequeño material. Completamente instalado.</p>	3 horas	35 €/hora	105
TOTAL			4.684,35



4.6- CUADRO AUXILIAR 5: BOMBAS Y CONDENSADORES

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO/UNIDAD	TOTAL (€)
Cofret marca Merlin Gerin Modelo: Prisma Plus System G, con IP55, de 15 módulos, de medida: 850x600x180 mm Con su placa de montaje y puesta a tierra Ref: 08304	1	384,94 €/u.	384,94
Interruptor automático para distribución Marca: ABB Calibre: 250 A Poder de Corte: 25 KA, Curva C III+N Ref: 68505	1	1.442,67 €/u.	1.442,67
Interruptor magnetotérmico industrial Marca: ABB Calibre: 0,5 A Poder de Corte: 10 KA, Curva C I+N	1	98,60 €/u.	98,60
Interruptor magnetotérmico industrial Marca: ABB Calibre: 10 A Poder de Corte: 10 KA, Curva D III+N	1	199,33 €/u.	199,33
Interruptor magnetotérmico industrial Marca: ABB Calibre: 32 A Poder de Corte: 10 KA, Curva C III+N	1	226,77 €/u.	226,77



<p>Interrupor magnetotérmico industrial</p> <p>Marca: ABB Calibre: 40 A Poder de Corte: 10 KA, Curva B III+N</p>	1	168,27 €/u.	168,27
<p>Interrupor magnetotérmico industrial</p> <p>Marca: ABB Calibre: 50 A Poder de Corte: 10 KA, Curva C III+N</p>	1	217,93 €/u.	217,93
<p>Interrupor magnetotérmico industrial</p> <p>Marca: ABB Calibre: 63 A Poder de Corte: 10 KA, Curva D I+N</p>	2	142,39 €/u.	284,78
<p>Interrupor diferencial industrial</p> <p>Marca: ABB Intensidad nominal: 25 A Sensibilidad: 30 mA I+N</p>	1	157,52 €/u.	157,52
<p>Interrupor diferencial industrial</p> <p>Marca: ABB Intensidad nominal: 25 A Sensibilidad: 300 mA III+N</p>	1	208,69 €/u.	208,69
<p>Interrupor diferencial industrial</p> <p>Marca: ABB Intensidad nominal: 40 A Sensibilidad: 300 mA III+N</p>	2	300,59 €/u.	601,18
<p>Interrupor diferencial industrial</p> <p>Marca: ABB Intensidad nominal: 63 A Sensibilidad: 30 mA I+N</p>	2	229,69 €/u.	459,38



Interrupor diferencial industrial Marca: ABB Intensidad nominal: 63 A Sensibilidad: 30 mA III+N	1	300,59 €/u.	300,59
Mano de obra y montaje. Incluso pequeño material. Completamente instalado.	5 horas	35 €/hora	175
TOTAL			4.925,65

4.7- RESUMEN PRESUPUESTO ARMARIOS DE PROTECCIÓN

BLOQUE	PRECIO
CUADRO GENERAL	15.312,06
CUADRO AUXILIAR 1: ALUMBRADO	6.201,47
CUADRO AUXILIAR 2: EVAPORADORES Y PUERTAS	5.274,53
CUADRO AUXILIAR 3: EQUIPO DE FRÍO 1	4.684,35
CUADRO AUXILIAR 4: EQUIPO DE FRÍO 2	4.684,35
CUADRO AUXILIAR 5: BOMBAS Y CONDENSADORES	4.925,65
TOTAL:	41.082,41 €



5 – PUESTA A TIERRA

5.1- PUESTA A TIERRA DE LA INSTALACIÓN

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO/UNIDAD	TOTAL (€)
Pica de tierra de 2 metros de longitud y 14 mm de sección de acero cobreado marca INGESCO.	8	36,31 €/u.	290,48
Arqueta de registro de polipropileno de 30x30x30 cm. Marca INGESCO.	8	54,26 €/u.	433,60
Tapa y marco de fundición para arqueta. Marca INGESCO.	8	71,15 €/u.	569,20
Cable trenzado de cobre desnudo para red de tierra. 50 mm de sección.	237 metros	8,23 €/metro	1.950,51
Caja de seccionamiento de tierra URIARTE CCST-50 con pletina de seccionamiento y bornes de conexión.	1	35 €/u.	35
Mano de obra y montaje. Incluye preparación de zanjas, soldadura aluminotérmica y pequeño material u accesorios necesarios.	34 horas	35 €/hora	1.190
TOTAL			4.468,79

5.2 RESUMEN PRESUPUESTO PUESTA A TIERRA

BLOQUE	PRECIO
PUESTA A TIERRA DE LA INSTALACIÓN	4.468,79
TOTAL:	4.468,79 €

6 – COMPENSACIÓN DE ENERGÍA REACTIVA

6.1- BATERÍA DE CONDENSADORES

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO/UNIDAD	TOTAL (€)
Batería de condensadores VARSET ESTANDAR Marca: Schneider 400/415V 210 KVar: Trabajo en 14 pasos de 15 kVar Presentación en Armario A2	1	6.608,00 €/u.	6.608,00
Mano de obra y montaje de la batería de condensadores.	2 horas	35 €/hora	70
TOTAL			6.678,00



6.2 RESUMEN PRESUPUESTO COMPENSACIÓN DE ENERGÍA REACTIVA

BLOQUE	PRECIO
BATERÍA DE CONDENSADORES	6.678,00
TOTAL:	6.678,00 €

7 – CENTRO DE TRANSFORMACIÓN

7.1- CENTRO DE TRANSFORMACIÓN

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO/UNIDAD	TOTAL (€)
Transformador trifásico de distribución de 50Hz en baño de aceite para interiores. Marca: Schneider Gama: Integral Potencia: 630 KVA Tensión en primario: 13,2/20 KV Tensión en secundario: 420 V	2	12.700 €/u.	25.400
Celda de llegada. Marca: Schneider. Modelo: IM Dimensiones: 1600x375x940	1	1.350 €/u.	1.350
Celda de protección de interruptor-fusibles asociados. Marca: Schneider. Modelo: PMBD. Calibre del fusible: 100A Dimensiones: 1600x375x940	1	4.820€/u.	4.820
Celda de medida de tensión e intensidad Marca: Schneider. Modelo: GBC-A Dimensiones: 1600x375x1038	1	5.310 €/u.	5.310
Celda de protección de interruptor automático y salida de línea Marca: Schneider. Modelo: DM1-C Dimensiones: 1600x375x1220	2	4.270 €/u.	8.540



Puerta de centro de transformación con 4 huecos para ventilación Marca: Urano Dimensiones: 1504x2504 Referencia: PCT-25150-01	1	724 €/u.	724
Rejilla para ventilación para puerta de centro de transformación Marca: Urano Dimensiones: 600x500 Referencia: RCT-6050-01	4	83 €/u.	332
Mano de obra. Instalación completa de todo el equipo presupuestado.	24 horas	35 €/hora	840
TOTAL			47.316

7.2- ACONDICIONAMIENTO DEL LOCAL

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO/UNIDAD	TOTAL (€)
Obra civil. Incluye preparación de pozos para recogida de aceite y mallazo equipotencial.	1	8.000	8000
TOTAL			8.000

7.3- PUESTA A TIERRA DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO/UNIDAD	TOTAL (€)
Puesta a tierra de protección. Cuenta con anillo de cobre desnudo de 50 mm ² , de 5x3,5 metros a una profundidad de 0,5 metros. Las picas son de 14mm de diámetro y 8 metros de longitud. Incluye arquetas de registro y caja de seccionamiento. Incluso también soldadura aluminotérmica y otros elementos para conexión. Totalmente instalada y conexionada.	1	1.135	1.135
Puesta a tierra de servicio. Cuenta con conductor de cobre desnudo de 50 mm ² de 21 metros a una profundidad de 0,8 metros. Las picas son de 14mm de diámetro y 2 metros de longitud. Incluye arquetas de registro y caja de seccionamiento. Incluso también soldadura aluminotérmica y otros elementos para conexión. Totalmente instalada y conexionada.	1	630	630
TOTAL			1.765

7.4- EQUIPO DE SEGURIDAD

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO/UNIDAD	TOTAL (€)
Banqueta aislante para maniobra aparamenta.	1	154,76 €/u.	154,76
Par de guantes de maniobra	1	99,05 €/u.	99,05
Extintor de eficacia equivalente 89B	1	179,52 €/u.	179,52
Placa reglamentaria PELIGRO DE MUERTE	2	12,38 €/u.	24,76
Placa reglamentaria PRIMEROS AUXILIOS	1	12,38 €/u.	12,38
TOTAL			470,47

7.5- RESUMEN PRESUPUESTO CENTRO DE TRANSFORMACIÓN

BLOQUE	PRECIO
CENTRO DE TRANSFORMACIÓN	47.316
ACONDICIONAMIENTO DEL LOCAL	8.000
PUESTA A TIERRA DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN	1.765
EQUIPO DE SEGURIDAD	470,47
TOTAL:	57.551,47 €



8 – RESUMEN DEL PRESUPUESTO TOTAL DE LA INSTALACIÓN

CAPÍTULO	PRECIO
1: LÍNEAS DE ALIMENTACIÓN	75.990,79
2: ALUMBRADO	31.903,71
3: TOMAS DE CORRIENTE Y MECANISMOS	1.271,60
4: ARMARIOS DE PROTECCIÓN	41.082,41
5: PUESTA A TIERRA	4.468,79
6: COMPENSACIÓN DE ENERGÍA REACTIVA	6.678,00
7: CENTRO DE TRANSFORMACIÓN	57.551,47
PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL	218.946,77 €

El presupuesto de ejecución del presente proyecto asciende a un total de DOSCIENTOS DIECIOCHOMIL NOVECIENTOS CUARENTAYSEIS EUROS CON SETENTAYSIETE CÉNTIMOS.

DESCRIPCIÓN	PRECIO
PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL	218.946,77
GASTOS GENERALES (5%)	10.947,34
BENEFICIO INDUSTRIAL (10%)	20.894,68
PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN POR CONTRATA SIN IVA	250.788,79
IVA (18%)	45.141,98
PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN POR CONTRATA CON IVA	292.930,77 €

DESCRIPCIÓN	PRECIO
REDACCIÓN DEL PROYECTO (3% del PEM)	6.568,40
IVA (18%)	1.182,31
PRESUPUESTO REDACCIÓN DEL PROYECTO CON IVA	7.750,71 €

DESCRIPCIÓN	PRECIO
PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN POR CONTRATA CON IVA	292.930,77
PRESUPUESTO REDACCIÓN DEL PROYECTO CON IVA	7.750,71
PRESUPUESTO TOTAL	300.681,48 €

El presupuesto total del presente proyecto asciende a un total de TRESCIENTOS MIL SEISCIENTOS OCHENTAYUNO MIL EUROS CON CUARENTAYOCHO CÉNTIMOS.

Pamplona, Junio del 2012

Mikel Valencia Arraiz



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación :

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL ELÉCTRICO

Título del proyecto:

“DETERMINACIÓN DE INSTALACIÓN ELÉCTRICA Y CENTRO DE
TRANSFORMACIÓN DE NAVE INDUSTRIAL EN EL POLÍGONO DE
LANDABEN”

DOCUMENTO 6: ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y
SALUD

Mikel Aingeru Valencia Arraiz

José Vicente Valdenebro García

Pamplona, Junio del 2012



ÍNDICE GENERAL

1 – INTRODUCCIÓN	p.3
2 – AUTOR DEL ESTUDIO	p.4
3 – DATOS DEL PROYECTO DE LA OBRA	p.4
4 – NORMAS DE SALUD Y SEGURIDAD APLICABLES EN LA OBRA	p.4
5 – IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS LABORALES	p.5
5.1- Riesgos laborales evitables completamente	p.5
5.2- Riesgos laborales parcialmente evitables	p.5
5.3- Equipos de protección individual (EPI)	p.6
5.4- Protección colectiva	p.7
6 – PRIMEROS AUXILIOS	p.9
7 – TRABAJOS POSTERIORES	p.9



1 – INTRODUCCIÓN

El Real Decreto 1627/1.997 de 24 de Octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción, establece en el apartado 2 del Artículo 4 que en los proyectos de obra no incluidos en los supuestos previstos en el apartado 1 del mismo Artículo, el promotor estará obligado a que en la fase de redacción del proyecto se elabore un Estudio Básico de Seguridad y Salud. Estos son los supuestos previstos mencionados en el artículo:

- El presupuesto de ejecución por contrata (PEC) es superior a 450.000 euros.
- La duración estimada de obra es superior a 30 días o en algún momento se emplea más de 20 trabajadores simultáneamente.
- El volumen de mano de obra es superior a 500 trabajadores-día.
- Es una obra de túneles, galerías, conducciones subterráneas o presas.

Puesto que el presente proyecto no cumple ninguna de las características descritas, se deberá redactar un estudio básico de seguridad y salud. De cumplirse alguna de ellas, sería obligatorio redactar un estudio completo.

Conforme se especifica en el apartado 2 del Artículo 6 del R.D. 1627/1.997, el Estudio Básico deberá precisar:

- Las normas de seguridad y salud aplicables en la obra.
- La identificación de los riesgos laborales que puedan ser evitados, indicando las medidas técnicas necesarias.
- Relación de los riesgos laborales que no pueden eliminarse conforme a lo señalado anteriormente especificando las medidas preventivas y protecciones técnicas tendentes a controlar y reducir riesgos valorando su eficacia, en especial cuando se propongan medidas alternativas (en su caso, se tendrá en cuenta cualquier tipo de actividad que se lleve a cabo en la misma y contendrá medidas específicas relativas a los trabajos incluidos en uno o varios de los apartados del Anexo II del Real Decreto.)
- Previsiones e informaciones útiles para efectuar en su día, en las debidas condiciones de seguridad y salud, los previsibles trabajos posteriores.



2 – AUTOR DEL ESTUDIO

El autor del estudio básico de seguridad y salud es:

Mikel Aingeru Valencia Arraiz
C/ Sangüesa 16, 5º izd.
31003 Pamplona (Navarra)

3 – DATOS DEL PROYECTO DE LA OBRA

Tipo de obra:	Instalación eléctrica para nave industrial para almacenamiento con cámaras frigoríficas.
Situación:	Polígono de Landaben, Pamplona.
Nº Trabajadores:	15 trabajadores.
Plazo de ejecución:	28 días.

4 – NORMAS DE SEGURIDAD Y SALUD APLICABLES

EN LA OBRA

- Reglamento de seguridad e higiene en el trabajo de la industria de la construcción
- Ley 31/ 1.995 de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales.
- Real Decreto 485/1.997 de 14 de abril, sobre Señalización de seguridad en el trabajo.
- Real Decreto 486/1.997 de 14 de abril, sobre Seguridad y Salud en los lugares de trabajo.
- Real Decreto 487/1.997 de 14 de abril, sobre Manipulación de cargas.



- Real Decreto 773/1.997 de 30 de mayo, sobre Utilización de Equipos de Protección Individual.
- Real Decreto 39/1.997 de 17 de enero, Reglamento de los Servicios de Prevención.
- Real Decreto 1215/1.997 de 18 de julio, sobre Utilización de Equipos de Trabajo.
- Estatuto de los Trabajadores (Ley 8/1.980, Ley 32/1.984, Ley 11/1.994).

5 – IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS LABORALES

5.1- RIESGOS LABORALES EVITABLES COMPLETAMENTE

El único riesgo completamente evitable que se prevé durante la obra de la instalación es el de la presencia de la línea de alta alimentación de Iberdrola. Para evitarlo bastará con mantener cortado el fluido eléctrico de la instalación durante la obra.

5.2- RIESGOS LABORALES PARCIALMENTE EVITABLES

A continuación se enumerarán los diferentes riesgos parcialmente evitables a los que los trabajadores estarán expuestos durante la obra:

- Caída de operarios al mismo nivel.
- Caída de operarios a distinto nivel.
- Caída de objetos sobre operarios.
- Choques o golpes contra objetos.
- Atrapamientos y aplastamientos.
- Lesiones y/o cortes en las manos.
- Lesiones y/o cortes en los pies.
- Sobreesfuerzos.
- Ruido, contaminación acústica.
- Cuerpos extraños en los ojos.
- Afecciones en la piel.
- Contactos eléctricos directos.
- Contactos eléctricos indirectos.
- Quemaduras.
- Incendios.
- Derivados del acceso al lugar de trabajo.



5.3- EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL (EPI)

Estos son los equipos de protección individual que se emplearán durante la obra, así como su uso, modo de empleo y enumeración de las situaciones en las que se deberán emplear:

CASCO AÍSLANTE:

Protege el cráneo contra choques, golpes, caídas y contactos eléctricos. Para emplearlo correctamente se debe ajustar la banda de entorno, y en trabajos de altura, como al instalar las luminarias en las cámaras, se deberá emplear el barboquejo. Se deberá emplear en trabajos de diferentes a diferentes alturas, almacenaje y en instalaciones eléctricas en general

PANTALLA FACIAL:

Protege el rostro contra elevadas temperaturas y partículas de metal fundido. Se debe ajustar el adaptador al casco. Su uso es obligatorio en trabajos que presenten riesgos de proyectar partículas de metal fundido o expuestos a altas temperaturas.

GAFAS INACTÍNICAS:

Protegen contra deslumbramientos. Se deben ajustar a la cara de forma que protejan los ojos. Se emplearán en trabajos con riesgo a deslumbramientos por cualquier motivo.

GUANTES AISLANTES:

Protegen las manos contra contactos eléctricos, cortes y lesiones. Se debe emplear guantes de la talla adecuada y comprobar que están en buen estado.

GUANTES IGNÍFUGOS:

Protegen las manos contra una posible fusión del guante aislante. Se colocarán siempre debajo de los guantes aislantes, cuando se vaya a realizar un trabajo en el que pueda darse un arco eléctrico por cualquier motivo.

GUANTES DE PROTECCIÓN MECÁNICA:

Protegen el guante aislante del caucho, y las manos de cortes y lesiones. Se colocan encima de los guantes aislantes. Se deberán usar cuando se vayan a realizar tareas donde puedan dañarse los guantes aislantes.

CALZADO DE SEGURIDAD:

Protegen los pies contra cortes y lesiones. Se deben emplear botas de la talla adecuada y sujeta al pie de forma que no haya posibilidad de holgura. Se empleará el calzado de clase I en trabajos con riesgo de accidentes en los pies, los de clase II cuando haya objetos punzantes en el suelo y los de clase III cuando haya ambos riesgos.



5.4- PROTECCIÓN COLECTIVA

Estos son los medios de protección que se emplearán para proteger a todos los trabajadores en todo momento, agrupados según su tipo:

SEÑALIZACIÓN:

El Real Decreto 485/1997, de 14 de abril por el que se establecen las disposiciones mínimas de carácter general relativas a la señalización de seguridad y salud en el trabajo, indica que deberá utilizarse una señalización de seguridad y salud a fin de:

- Llamar la atención de los trabajadores sobre la existencia de determinados riesgos prohibiciones u obligaciones.
- Alertar a los trabajadores cuando se produzca una determinada situación de emergencia que requiera medidas urgentes de protección o evacuación.
- Facilitar a los trabajadores la localización e identificación de determinados medios o instalaciones de protección, evacuación, emergencia o primeros auxilios.
- Orientar o guiar a los trabajadores que realicen determinadas maniobras peligrosas.

Se emplearán tanto señales en forma de panel como cintas de señalización para delimitar las zonas de trabajo con riesgos.

PROTECCIÓN DE PERSONAS EN INSTALACIÓN ELÉCTRICA:

La instalación eléctrica será ajustada al Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión y hojas de interpretación, y certificada por un instalador autorizado. En aplicaciones de lo indicado en el apartado 3º del Anexo IV al R.D. 1627/97 de 24/10/97, la instalación eléctrica deberá satisfacer, además, las dos siguientes condiciones:

- Deberá proyectarse, realizarse y utilizarse de manera que no entrañe peligro de incendio ni de explosión y de modo que las personas estén debidamente protegidas contra los riesgos de electrocución por contacto directo o indirecto.
- El proyecto, la realización y la elección del material y de los dispositivos de protección deberán tener en cuenta el tipo y la potencia de la energía suministrada, las condiciones de los factores externos y la competencia de las personas que tengan acceso a partes de la instalación.

Además, se tomarán también todas las siguientes medidas de seguridad en lo que se refiere al equipo de obra:



- Continuidad de la toma de tierra en las líneas de suministro interno de obra con un valor máximo de la resistencia de 80W. Las máquinas fijas dispondrán de toma de tierra independiente.
- Todos los circuitos de suministro a las máquinas e instalaciones de alumbrado estarán protegidas por fusibles blindados o interruptores magnetotérmicos y disyuntores diferenciales de alta sensibilidad en perfecto estado de funcionamiento.
- Se mantendrá una distancia de seguridad a líneas de Alta Tensión de: $3,3 + \text{Tensión (en KV)} / 100 \text{ m}$.

PROTECCIÓN CONTRA CAÍDAS DE ALTURA DE PERSONAS U OBJETOS:

El riesgo de caída de altura de personas (precipitación, caída al vacío) es contemplado por el Anexo II del R.D. 1627/97 de 24/10/97 como riesgo especial para la seguridad y salud de los trabajadores, por ello, de acuerdo con los artículos 5.6 y 6.2 del mencionado Real Decreto se adjuntan las medidas preventivas específicas adecuadas.

PASARELAS:

En aquellas zonas que sea necesario, el paso de peatones sobre las zanjas, pequeños desniveles y obstáculos, originados por los trabajos se realizarán mediante pasarelas. Será preferiblemente prefabricadas de metal, o en su defecto realizadas "insitu", de una anchura mínima de 1 metro, dotada en sus laterales de barandilla de seguridad reglamentaria: La plataforma será capaz de resistir 300 Kg de peso y estará dotada de guirnaldas de iluminación nocturna, si se encuentra afectando a la vía pública.

ESCALERAS PORTÁTILES:

Tendrán la resistencia y los elementos de apoyo y sujeción necesarios para que su utilización en las condiciones requeridas no suponga un riesgo de caída, por rotura o desplazamiento de las mismas.

Las escaleras que tengan que utilizarse en obra habrán de ser preferentemente de aluminio o hierro, a no ser posible se utilizarán de madera, pero con los peldaños ensamblados y no clavados. Estarán dotadas de zapatas, sujetas en la parte superior, y sobrepasarán en un metro el punto de apoyo superior.

Previamente a su utilización se elegirá el tipo de escalera a utiliza, en función de la tarea a la que esté destinada y se asegurará la estabilidad. No se emplearán escaleras excesivamente cortas o largas, ni empalmadas.



6 – PRIMEROS AUXILIOS

De acuerdo con el apartado A 3 del Anexo VI del R.D. 486/97, la obra dispondrá del material de primeros auxilios. Por ello, durante la obra siempre deberá haber disponible un botiquín portátil en el lugar de la misma. En caso de accidente y de requerirse, el centro de asistencia sanitaria al que acudir es el Hospital de Navarra en la calle Irunlarrea.

7 – TRABAJOS POSTERIORES

El apartado 3 del Artículo 6 del Real Decreto 1627/1.997 establece que en el Estudio Básico se contemplarán también las previsiones y las informaciones para efectuar en su día, en las debidas condiciones de seguridad y salud, los previsibles trabajos posteriores. Estos son los riesgos que podrían preverse en un futuro, durante una reparación o mantenimiento, y de los que habrá que informar sobre su prevención:

- Caídas al mismo nivel del suelo o por resbalones.
- Reacciones químicas por productos de limpieza.
- Contactos eléctricos por accionamiento inadvertido y modificación o deterioro de sistemas eléctricos.
- Contactos eléctricos directos e indirectos.
- Impacto por desprendimientos de elementos constructivos.
- Toxicidad de productos empleados en la reparación.
- Vibraciones de origen interno y externo.
- Contaminación por ruido.



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación :

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL ELÉCTRICO

Título del proyecto:

“DETERMINACIÓN DE INSTALACIÓN ELÉCTRICA Y CENTRO DE
TRANSFORMACIÓN DE NAVE INDUSTRIAL EN EL POLÍGONO DE
LANDABEN”

DOCUMENTO 7: BIBLIOGRAFÍA

Mikel Aingeru Valencia Arraiz

José Vicente Valdenebro García

Pamplona, Junio del 2012



ÍNDICE GENERAL

1 – REGLAMENTOS Y NORMATIVAS	p.3
2 – CATÁLOGOS DE PRODUCTOS	p.4
3 – PÁGINAS WEB	p.5



1- REGLAMENTOS Y NORMATIVAS

Estos son los reglamentos y normativas que se han seguido y cumplido para completar el presente proyecto:

- Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión e Instrucciones Técnicas complementarias (Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto de 2002).
- Reglamento sobre Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de transformación. Colección Leyes, Normas y Reglamentos. Ministerio de Industria y Energía (Real Decreto 3.275/82, de 12 de noviembre de 1982).
- Normas UNE y recomendaciones UNESA que sean de aplicación.
- Normas particulares de “IBERDROLA distribución eléctrica S.A.U.”
- Normas Tecnológicas de la Edificación (NTE-IE).
- Leyes y normas vigentes del BOE.



2- CATÁLOGOS DE PRODUCTOS

Para la selección de productos a adquirir para la instalación eléctrica, se han empleado los diversos catálogos de las siguientes marcas:

- ABB (protecciones y mecanismos)
- Catálogos de Schneider (centros de transformación, protecciones y condensadores)
- Philips (lámparas y luminarias)
- Normalux (alumbrado de emergencia)
- Prysmian (conductores)
- Odi-bakar (canalizaciones)
- Pensa (bandejas de distribución)
- Urano (puertas y rejillas para centros de transformación)
- Extiniruña (extintores)
- Naisa (equipos de protección)



3- PÁGINAS WEB

Se ha navegado por las siguientes páginas web para acceder a catálogos o información referente al presente proyecto:

- <http://www.abb.es/>
- <http://www.schneider-electric.com>
- <http://www.philips.es/>
- <http://www.normalux.com/>
- <http://www.prysmian.es/>
- <http://www.odibakar.com/>
- <http://www.pemsa-rejiband.com/>
- <http://www.urano.es/>
- <http://www.extiniruna.com/>
- <http://www.naisa.es/>
- <http://www.dial.de/DIAL/es/dialux.html>
- <http://www.soloingenieria.net/foros/>
- <http://www.coitiab.es/>