



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación:

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL ELÉCTRICO

Título del proyecto:

“INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA NAVE INDUSTRIAL
EN BAJA TENSIÓN CON CENTRO DE
TRANSFORMACIÓN”

Alumno: Javier Rollón Rodríguez

Tutor: José Javier Crespo Ganuza

Pamplona, 24 de Febrero de 2011



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación:

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL ELÉCTRICO

Título del proyecto:

“INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA NAVE INDUSTRIAL
EN BAJA TENSIÓN CON CENTRO DE
TRANSFORMACIÓN”

DOCUMENTO 1: MEMORIA

Alumno: Javier Rollón Rodríguez

Tutor: José Javier Crespo Ganuza

Pamplona, 24 de Febrero de 2011



MEMORIA

ÍNDICE:

1.1 INTRODUCCIÓN.....	5
1.1.1. OBJETO DEL PROYECTO.....	5
1.1.2. SITUACIÓN.....	5
1.1.3. DESCRIPCIÓN DE LA PARCELA, SUPERFICIE Y ALTURAS.....	5
1.1.4. DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD.....	7
1.1.5. SUMINISTRO DE ENERGÍA.....	7
1.1.6. RELACIÓN DE LA MAQUINARIA INSTALADA.....	7
1.1.7. DISTRIBUCIÓN DE LOS CUADROS.....	9
1.1.8. NORMATIVA.....	9
1.2 ESQUEMA DE DISTRIBUCIÓN.....	10
1.2.1 INTRODUCCIÓN.....	10
1.2.2. TIPOS DE ESQUEMAS DE DISTRIBUCIÓN.....	11
1.2.3. SOLUCIÓN ADOPTADA PARA EL ESQUEMA DE DISTRIBUCIÓN.....	11
1.3 ALUMBRADO.....	12
1.3.1. INTRODUCCIÓN.....	12
1.3.2. CONCEPTOS LUMINOTÉRMICOS.....	12
1.3.3 PROCESO DE CÁLCULO.....	14
1.3.3.1 INFORMACIÓN PREVIA DE LOS FACTORES DE PARTIDA.....	15
1.3.3.2 DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE ILUMINACIÓN.....	15
1.3.3.3 DETERMINACIÓN DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN Y TIPO DE LUMINARIA- LÁMPARA.....	17
1.3.3.3.1 Sistemas de iluminación.....	17
1.3.3.3.2 Tipos de lámparas.....	20
1.3.3.4 DETERMINACIÓN DEL FACTOR DE MANTENIMIENTO.....	21
1.3.3.4.1 Factor de mantenimiento bueno.....	21
1.3.3.4.2 Factor de mantenimiento medio.....	21
1.3.3.4.3 Factor de mantenimiento malo.....	21
1.3.3.5 CÁLCULO DEL ÍNDICE DEL LOCAL.....	21
1.3.3.6 DETERMINACIÓN DEL FACTOR DE UTILIZACIÓN.....	23
1.3.3.7 CÁLCULO DEL FLUJO A INSTALAR.....	28
1.3.3.8 CÁLCULO DEL NÚMERO DE LUMINARIAS.....	28
1.3.3.9 DISTRIBUCIÓN DE LAS LUMINARIAS.....	28
1.3.4 ALUMBRADO INTERIOR.....	28
1.3.4.1. JUSTIFICACIÓN DE LAS LÁMPARAS Y LUMINARIAS EMPLEADAS.....	28
1.3.4.2. TABLA RESUMEN.....	31
1.3.5 ALUMBRADO EXTERIOR.....	33
1.3.6 ALUMBRADOS ESPECIALES.....	33



1.3.6.1 SOLUCIÓN EMPLEADA.....	35
1.4 CONDUCTORES Y DISTRIBUCIÓN EN BAJA TENSIÓN.....	35
1.4.1 INTRODUCCIÓN.....	35
1.4.2 FACTORES PARA EL CÁLCULO DE CONDUCTORES.....	36
1.4.3 PRESCRIPCIONES GENERALES.....	38
1.4.3.1 CONDUCTORES ACTIVOS.....	38
1.4.3.2 CONDUCTORES DE PROTECCIÓN.....	38
1.4.4 SISTEMAS DE CANALIZACIÓN.....	39
1.4.4.1 CANALIZACIONES.....	39
1.4.4.2 TUBOS PROTECTORES.....	40
1.4.5 RECEPTORES.....	42
1.4.5.1. RECEPTORES PARA EL ALUMBRADO.....	42
1.4.5.2 RECEPTORES A MOTOR.....	43
1.4.5.2.1 Un solo motor.....	43
1.4.5.2.2 Varios motores.....	43
1.4.6 TOMAS DE CORRIENTE.....	43
1.4.7 PROCESO PARA EL CÁLCULO DE SECCIONES.....	43
1.4.8 NORMAS PARA LA ELECCIÓN DEL CABLE.....	44
1.4.9 NORMAS PARA LA ELECCIÓN DEL TUBO.....	45
1.4.10 SOLUCIONES ADOPTADAS.....	46
1.5 PROTECCIONES EN BAJA TENSIÓN.....	48
1.5.1 INTRODUCCIÓN.....	48
1.5.2 CONCEPTOS BÁSICOS.....	48
1.5.3 PROTECCIÓN DE LA INSTALACIÓN.....	50
1.5.3.1 PROTECCIÓN CONTRA SOBRECARGAS.....	50
1.5.3.2 PROTECCION CONTRA CORTOCIRCUITOS.....	51
1.5.3.3 PROCESO PARA EL CÁLCULO DE LAS CORRIENTES DE CORTOCIRCUITO.....	53
1.5.3.4 CÁLCULO DE LAS IMPEDANCIAS.....	55
1.5.4 PROTECCIÓN DE PERSONAS.....	57
1.5.4.1 PROTECCIÓN CONTRA CONTACTOS DIRECTOS.....	58
1.5.4.2. PROTECCIÓN CONTRA CONTACTOS INDIRECTOS.....	59
1.5.5 SOLUCIÓN ADOPTADA.....	60
1.5.5.1 CUADRO GENERAL DE PROTECCIÓN.....	61
1.5.5.2. CUADRO SECUNDARIO Nº0.....	64
1.5.5.3. CUADRO SECUNDARIO Nº1.....	66
1.5.5.4. CUADRO SECUNDARIO Nº2.....	69
1.5.5.5. CUADRO SECUNDARIO Nº3.....	77
1.5.5.6. CUADRO SECUNDARIO Nº3.1.....	80
1.5.5.7. CUADRO SECUNDARIO Nº4.....	82
1.5.5.8. CUADRO SECUNDARIO Nº5.....	85



1.6 PUESTAS A TIERRA.....	93
1.6.1 INTRODUCCIÓN.....	93
1.6.2 OBJETIVO DE LA PUESTA A TIERRA.....	94
1.6.3 PARTES DE LA PUESTA A TIERRA.....	95
1.6.4 ELEMENTOS A CONECTAR A LA TOMA DE TIERRA.....	98
1.6.5 SOLUCIÓN ADOPTADA.....	98
1.7 POTENCIA A COMPENSAR.....	99
1.8 POTENCIA A CONTRATAR.....	100
1.8.1 MÁXIMOS A ELEGIR.....	100
1.8.2 TARIFAS A ELEGIR.....	102
1.9 CENTRO DE TRANSFORMACIÓN.....	103
1.9.1 INTRODUCCIÓN.....	103
1.9.2 REGLAMENTACIÓN Y DISPOSICIONES OFICIALES.....	103
1.9.3 CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN.....	103
1.9.4 CARACTERÍSTICAS DE LAS CELDAS.....	104
1.9.5 DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN.....	104
1.9.5.1 OBRA CIVIL.....	104
1.9.5.1.1 Local.....	104
1.9.5.1.2 Características constructivas.....	104
1.9.6 INSTALACIÓN ELÉCTRICA.....	107
1.9.6.1 INTRODUCCIÓN.....	107
1.9.6.2 CARACTERÍSTICAS DE LA RED DE ALIMENTACIÓN.....	107
1.9.6.3 CARACTERÍSTICAS DE LA APARATURA DE MEDIA TENSIÓN.....	108
1.9.6.4 CARACTERÍSTICAS DESCRIPTIVAS DE LAS CELDAS Y TRANSFORMADORES DE MEDIA TENSIÓN.....	110
1.9.7 CUADRO GENERAL DE BAJA TENSIÓN.....	113
1.9.8 INSTALACIÓN DE PUESTA A TIERRA.....	114
1.9.8.1 INTRODUCCIÓN.....	114
1.9.8.2 INVESTIGACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL SUELO.....	115
1.9.8.3 DETERMINACIÓN DE LAS CORRIENTES MÁXIMAS DE PUESTA A TIERRA Y TIEMPO MÁXIMO CORRESPONDIENTE DE ELIMINACIÓN DE DEFECTO.....	115
1.9.8.4 DISEÑO PRELIMINAR DE LA INSTALACIÓN DE PUESTA A TIERRA.....	116
1.9.9 DISTANCIAS.....	116
1.9.10 APARATOS DE MEDIA TENSIÓN.....	116
1.9.11 AISLAMIENTO.....	116
1.9.12 INSTALACIONES SECUNDARIAS EN EL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN.....	117



1.10 RESUMEN PRESUPUESTO TOTAL DE LA INSTALACIÓN.....119



1.1. Introducción

1.1.1. Objeto del proyecto

En dicho punto se va a describir la Instalación eléctrica en Baja Tensión de una nave industrial dedicada a la calderería.

La instalación eléctrica constará de:

- Instalación de alumbrado general y de emergencia.
- Instalación de fuerza y tomas de corriente.
- Centro de transformación propio de media a baja tensión.
- Protección eléctrica de las líneas que alimentan todas las instalaciones.
- Puestas a tierra del centro de transformación, y de la instalación eléctrica de la nave.
- Corrección del factor de potencia con batería de condensadores de la instalación eléctrica de la nave.

1.1.2. Situación

La nave está situada en la parcela 186 del polígono industrial La Nava, perteneciente al término municipal de Tafalla, tal como se ve en el plano de situación.

1.1.3. Descripción de la parcela, superficie y alturas

La nave en la que se desarrollará la actividad solamente limita con otra nave por uno de sus lados, los otros tres lados dan a calles del polígono. La parcela esta vallada, y tiene dos puertas correderas (para la entrada de vehículos del personal de la empresa, y para la zona de carga y descarga), y también tiene una puerta para la entrada de personas.

La nave está formada por planta baja y una entreplanta de oficinas.

La parcela donde se construirá la Nave Industrial dispondrá de una superficie útil de 3964,73 m², de los cuales 2560,35 m² serán destinados a la superficie útil de la Nave Industrial, y estará compuesta por:

PLANTA BAJA

	Superficie (m²)
Vestuario Mujeres	15,894
Aseo Mujeres	7,020
Cuarto	4,068
Aseo Hombres	7,020



Vestuario Hombres	12,531
Pasillo Vestuarios	5,330
P. Vestuario Hombres	3,276
Acceso Inst. P.B.	6,138
Entrada	5,292
Sala de espera	69,000
Oficinas Planta Baja	133,084
Taller (1)	311,019
Taller (2)	333,127
Taller (3)	982,831
Almacén	609,571

PRIMERA PLANTA

	Superficie (m ²)
Área de descanso	86,334
Acceso Instalaciones	7,107
Cuarto Limpieza	6,405
Pasillo	3,660
Aseo 1	2,400
Aseo 2	2,400
Varios	22,803
Oficinas Generales	409,220
Despacho 1	20,693
Despacho 2	17,072
Sala	12,318
Reunión	16,524
Aseos Mujeres	11,058
Aseos Hombres	11,640
Servidor	14,405
Dirección	54,839
Reunión Dirección	47,557
Aseos Dirección	4,270



Oficina	14,918
Espera	64,680

ZONA EXTERIOR

- Centro de transformación prefabricado de 10,61 m², donde se procede a la transformación eléctrica de MT a BT.

- 17 plazas de aparcamiento en el interior de la parcela.

Distribución de alturas:

- La altura de las naves es de 8 m en cumbrera y 6 m hasta las vigas delta.
- La altura desde el suelo acabado hasta el falso techo en la zona de oficinas y vestuarios es de 2,6 m.
- La altura del Taller (1), Taller (2), y la sala de espera de la planta baja y la entrada, tendrán una altura de 3,6 m.
- Las alturas del Taller (3) y del almacén serán de 6 m.

1.1.4. Descripción de la actividad

La actividad a desarrollar en la Nave Industrial es la fabricación, montaje y reparación de elementos de construcciones metálicas.

Consiste en una línea de producción que se divide en dos zonas, reparación, montaje y fabricación del producto, y embalaje y laminación de este.

1.1.5. Suministro de energía

Iberdrola abastece de energía al polígono industrial en el que está ubicado la nave mediante red de media tensión. Ésta red proporciona una tensión alterna trifásica de 13.200 voltios con una frecuencia de 50 ciclos por segundo.

La empresa suministradora se compromete, previo acuerdo, a facilitar e instalar una línea subterránea hasta el centro de transformación.

1.1.6. Relación de la Maquinaria instalada

La actividad comercial contará con los útiles y herramientas necesarios para el correcto funcionamiento de la actividad.



Para el desarrollo de la actividad, el local cuenta con la siguiente maquinaria:

Máquina	Potencia(W)
Compresor	3000
Envasadora Aut.	1300
Envasadora Aut.	1300
Laminadora	83500
Envasadora Manual	300
Envasadora Manual	300
Polipasto	600
Soplete	8000
Equipo Soldadura SMAW	1800
Equipo Soldadura MIG-MAG	5000
Equipo Soldadura MIG-MAG	5000
Torno	5250
Torno	5250
Rectificadora	3000
Dobladora	85000
Fresadora	700
Fresadora	700
Cortadora de Guillotina	3500
Cortadora Radial	1200
Cortadora de Guillotina	3500
Afiladora	1000



Taladradora	1000
Biseladora	1000
Máquina Extrusora	116000

1.1.7. Distribución de los cuadros

La instalación se compone de un cuadro general y 7 cuadros secundarios.

- Cuadro general, situado en la planta baja del edificio, del cual se protegen las líneas a los cuadros secundarios.

- Cuadro secundario N°0 (aire acondicionado y alumbrado entrada). Situado en la planta baja. Contiene los elementos de protección de los circuitos 12 a 20.

- Cuadro secundario N°1 (oficinas y sala de espera de planta baja). Situado en la planta baja. Contiene los elementos de protección de los circuitos 21 a 30.

- Cuadro secundario N°2 (oficinas de la primera planta). Situado en la planta primera. Contiene los elementos de protección de los circuitos 31 a 66.

- Cuadro secundario N°3 (vestuarios y aseos planta baja). Situado en la planta baja. Contiene los elementos de protección de los circuitos 67 a 77.

- Cuadro secundario N°3.1 (área de descanso y locales de la primera planta). Situado en la planta primera, sale del cuadro secundario N°3. Contiene los elementos de protección de los circuitos 78 a 86.

- Cuadro secundario N°4 (taller). Situado en la planta baja. Contiene los elementos de protección de los circuitos 87 a 99.

- Cuadro secundario N°5 (taller y almacén). Situado en la planta baja. Contiene los elementos de protección de los circuitos 100 a 129.

1.1.8. Normativa

La realización del presente proyecto así como la ejecución del mismo, se realizará de acuerdo a lo especificado en las normas y reglamentos vigentes en el momento, que son:



- 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 3275/82, de 12 de noviembre de 1982).
- Normas UNE y recomendaciones UNESA que sean de aplicación.
- Normas particulares de la empresa suministradora de energía: Iberdrola.
- Normas tecnológicas de la edificación, así como la norma tecnológica para instalaciones eléctricas de puesta a tierra.
- Ley 31/1995 de 8 de noviembre de prevención de riesgos laborales y Real Decreto 1215/1997, de 18 de julio, de disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de protección.
- Real Decreto 2267/2004 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.

1.2 Esquema de distribución

1.2.1 Introducción

Para la determinación de las características de las medidas de protección contra choques eléctricos en caso de defecto (contactos indirectos) y contra sobreintensidades, así como de las especificaciones de la aparatamenta encargada de tales funciones, será preciso tener en cuenta el esquema de distribución empleado.

Los esquemas de distribución se establecen en función de las conexiones a tierra de la red de distribución o de la alimentación, por un lado, y de las masas de la instalación receptora, por otro.

La denominación se realiza con un código de letras con el significado siguiente:

Primera letra: se refiere a la situación de la alimentación con respecto a tierra:

- **T** = conexión directa de un punto de la alimentación a tierra.
- **I** = aislamiento de todas las partes activas de la alimentación con respecto a tierra o conexión de un punto a tierra a través de una impedancia.



Segunda letra: se refiere a la situación de las masas de la instalación receptora con respecto a tierra:

- **T** = masas conectadas directamente a tierra, independientemente de la eventual puesta a tierra de la alimentación.
- **N** = masas conectadas directamente al punto de la alimentación puesto a tierra (en corriente alterna, este punto es normalmente el punto neutro).

1.2.2. Tipos de esquemas de distribución

Existen tres tipos de esquemas de distribución:

1) Esquema TN:

Los esquemas TN tienen un punto de la alimentación, generalmente el neutro o compensador, conectado directamente a tierra y las masas de la instalación receptora conectadas a dicho punto mediante conductores de protección.

En los esquemas TN cualquier intensidad de defecto franco fase-masa es una intensidad de cortocircuito.

2) Esquema TT:

El esquema TT tiene un punto de alimentación, generalmente el neutro o compensador, conectado directamente a tierra. Las masas de la instalación receptora están conectadas a una toma de tierra separada de la toma de tierra de la alimentación.

En este esquema las intensidades de defecto fase-masa o fase-tierra pueden tener valores inferiores a los de cortocircuito, pero pueden ser suficientes para provocar la aparición de tensiones peligrosas.

3) Esquema IT:

El esquema IT no tiene ningún punto de la alimentación conectado directamente a tierra, sino que se conectan a través de una impedancia. Las masas de la instalación receptora están puestas directamente a tierra.

En estos tipos de esquema, 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.

1.2.3. Solución adoptada para el esquema de distribución

En este caso se podría elegir cualquiera de los tres tipos de esquema pero se cogerá un esquema TT ya que es la solución más apropiada y flexible a la hora de afrontar futuras



ampliaciones, teniendo presente que los defectos fase-masa pueden tener valores inferiores a los de cortocircuito y provocar la aparición de tensiones peligrosas.

1.3. Alumbrado

1.3.1. Introducción

El objeto de todo alumbrado artificial, es complementar la luz natural o en su defecto reemplazarla, para que se pueda continuar con la actividad a realizar, durante las horas donde la luz diurna es insuficiente o inexistente.

Se trata de dotar de la iluminación adecuada a espacios cubiertos donde se desarrollen actividades laborales, docentes, deportivas y recreativas.

En el caso del alumbrado industrial, la iluminación es un factor de productividad y rendimiento, además de aumentar la seguridad laboral.

Las cualidades principales del alumbrado que deben considerarse al proyectar una instalación son:

- a) La intensidad de iluminación: suministrar una cantidad de luz suficiente para crear unas buenas condiciones de visibilidad.
- b) La distribución espacial de la luz, que comprende la combinación de la luz difusa y luz dirigida, el ángulo de incidencia, la distribución de las luminarias, la medida de la homogeneidad y el grado de deslumbramiento.
- c) Utilización de fuentes luminosas que aseguren, para cada caso una satisfactoria distribución de los colores.
- d) Prever aparatos de alumbrado apropiados para cada caso particular: una buena elección de la fuente de luz y de su armadura.

1.3.2. Conceptos luminotérmicos

Debemos tener en cuenta una serie de conceptos básicos sobre luminotecnica, como son:

- Flujo radiante (ϕ):
Se define como la potencia emitida, transportada o recibida, en forma de radiación. La unidad es el vatio (W).



- Flujo luminoso (ϕ_v):
Es la magnitud que deriva del flujo radiante al evaluar su acción sobre el observador. Es la energía luminosa emitida por unidad de tiempo. La unidad es el Lúmen (Lm).

- Lúmen:
Es el flujo luminoso emitido por un foco puntual de una Candela de intensidad sobre una porción esférica de un metro cuadrado a la distancia de un metro que corresponde a un ángulo sólido de un estereo-radián.

- Angulo sólido (w):
Se define por el volumen formado por la superficie lateral de un cono cuyo vértice coincide con el centro de una esfera de radio r , y cuya base se encuentra situada sobre la superficie de la esfera, si el radio es un metro y la superficie de la base del cono es un metro cuadrado, el ángulo sólido vale un estereo-radián.

$$w = \frac{S}{r^2} \qquad \phi_v = I \times w$$

siendo:

- w : ángulo sólido.
- S : superficie de la base del cono.
- r : radio de la base del cono.
- I : intensidad lumínica.
- ϕ_v : flujo luminoso.

- Energía radiante (Q_e):
Es la energía emitida, transportada o recibida en forma de radiación. La unidad es el Julio (J).

- Cantidad de luz (Q_v):
Es la energía en función del tiempo del flujo luminoso, durante una duración dada de tiempo. Las unidades son: Lúmen por segundo (Lm x sg) o Lúmen por hora (Lm x hora).

- Intensidad luminosa (I):
Es el flujo emitido en una dirección dada, por unidad de ángulo sólido. La unidad es la Candela (Cd).



- **Candela (Cd):**

Se define como la intensidad luminosa en una dirección dada, de una fuente que emite una radiación monocromática de frecuencia 540×10^{12} Hz y cuya intensidad radiante en esa dirección es $1/683$ Wx estereo-radián.

- **Distancia luminosa:**

Conjunto de la intensidad luminosa de una lámpara en todas direcciones.

- **Iluminancia (E):**

Es el flujo luminoso recibido por unidad de superficie. Es el cociente entre el flujo luminoso recibido por un elemento de la superficie que contiene al punto y el área de dicho elemento. La unidad es el Lux (Lx).

$$E = \frac{\phi_v}{S}$$

- **Lux (Lx):**

Se define como la iluminancia producida por un flujo de un lúmen que se distribuye uniformemente sobre una superficie de un metro cuadrado.

$$1 \text{ Lux} = \frac{1 \text{ Lm}}{1 \text{ m}^2}$$

- **Luminancia:**

Es la intensidad luminosa en una dirección dada por unidad de superficie aparente iluminada. Su unidad es $\text{Cd} \cdot \text{m}^2$.

- **Rendimiento luminoso o eficacia luminosa:**

Es la relación entre el flujo emitido por la fuente y la potencia empleada para obtener tal flujo, con ella se puede evaluar el ahorro de energía que puede dar una lámpara con respecto a otra. Su unidad de medida es el lúmen por vatio (Lm/W).

1.3.3. Proceso de cálculo

El proceso de cálculo de una instalación de interiores conlleva los siguientes pasos:

1. Obtención de información previa de los factores de partida.
2. Fijar el nivel de iluminación.
3. Determinación del sistema de iluminación y del tipo de luminaria.
4. Determinación del factor de mantenimiento.
5. Calcular el índice local.
6. Calcular el flujo a instalar.



7. Cálculo del número de luminarias
8. Distribución de las luminarias.

1.3.3.1 INFORMACIÓN PREVIA DE LOS FACTORES DE PARTIDA

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

- Forma y configuración del local.
- Tipo de tarea a realizar.
- Tensión de alimentación de la red eléctrica.
- Características y tipo del objeto a iluminar.

1.3.3.2 DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE ILUMINACIÓN

Existen diferentes niveles de iluminación para los diferentes tipos de locales y las diferentes tareas que se realicen en ellos.

Mediante una serie de investigaciones científicas, surgen tablas que relacionan el nivel de iluminación con los distintos locales y las tareas a realizar. Estas tablas nos sirven como guía para poder determinar que iluminación llenará cada local, siendo estas de carácter orientativo ya que siempre se deberá estudiar cada caso.

A continuación se incluye una tabla con los niveles de iluminación según la clase de edificio y la tarea a realizar:

Clase de edificio y tipo de espacio a iluminar	Nivel de iluminación en lux (Lux)
Escuelas:	
Pasillos, vestíbulos, aseos	200
Aulas y bibliotecas	750
Cocinas y talleres general	500
Aulas de dibujo	1000
Hospitales:	
Pasillos durante el día	250
Pasillos durante la noche	40
Aseos, locales de mantenimiento	200
Habitación iluminación general	150
Habitación iluminación lectura	250



Servicio médico general	250
Servicio médico reconocimiento	500
Sala de operación y autopsias:	
Iluminación general	
Puesto de trabajo	1000
Quirófano	mayor 5000
Zona adyacente quirófano	20000-100000
	10000
Hoteles y restaurantes:	
Habitaciones y pasillos	200
Cocinas	500
Sala de lectura	500
Restaurante y autoservicio	300
Salas de costura	750
Imprenta:	
Alumbrado general	500
Comprobación colores	1200
Fotocomposición y montaje	1500
Locales de trabajo:	
Garajes y aparcamientos	80
Locales de vestuario, ducha y aseo	200
Locales de almacenaje	300
Fundiciones, cerámicas y granjas	150
Locales de venta y exposición:	
Almacenaje y exposición	250
Comercio y salas de exposición	500
Pabellones de ferias	500
Supermercados	1000
Escaparates	Más de 1000
Montaje de piezas:	



Mecánica en general	500
Montajes precisión eléctricos	1500
Trabajos finos en cristal	1500
Piezas miniaturizadas	2000
Oficinas:	
Trabajos de mecanografía	750
Dibujo técnico	1200
Comprobación de colores	1200
Punto y confección:	
Telares punto oscuro	700
Telares punto claro	500
Control calidad	1000
Trabajo de la madera:	
Trabajo en banco	300
Trabajo en máquinas	500
Acabado, pulido y barnizado	500

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 Lux. En el de un local desprovisto totalmente de ventanas o huecos de iluminación natural, el nivel de iluminación no será inferior a 500 Lux.

1.3.3.3 DETERMINACIÓN DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN Y TIPO DE LUMINARIA- LÁMPARA

1.3.3.3.1 Sistemas de iluminación

Existen cinco tipos de iluminación: directa, semidirecta, difusa, semiindirecta e indirecta.

La iluminación directa es apropiada para la obtención económica de altos niveles de iluminación sobre el plano útil de las mesas y de los puestos de trabajo. Por su propia naturaleza deja en la sombra las partes superiores del local y por lo tanto, reduce las pérdidas de luz por las claraboyas.



Es necesario aumentar considerablemente los aparatos de alumbrado, con el propósito de conseguir que cada objeto iluminado, reciba luz desde varias direcciones simultáneamente, con lo que se consigue la disminución de sombras molestas.

La iluminación directa se realiza, en general, por medio de reflectores de chapa esmaltada o de aluminio pulido, anodizado y abrillantado. Con el objeto de dar a la luz obtenida cierto grado de difusión favorable al suavizado, de las sombras, a la vez, concentrar el flujo luminoso hacia las zonas útiles del local, estos reflectores deben de ser anchos y profundos.

Mediante la iluminación directa se consigue una distribución luminosa tal que del 90% al 100% del flujo luminoso emitido llegue directamente al plano de trabajo.

La iluminación semidirecta hace que parte de la luz emitida por los aparatos de alumbrado sea reflejada sobre el techo, por ello su empleo está restringido para techos no muy altos, y no debe utilizarse en locales provistos de claraboyas en el techo.

Permite la realización relativamente económica de elevados niveles de iluminación con las ventajas sobre la iluminación directa de que las sombras son bastante más suaves porque, como ya sabemos los objetos reciben simultáneamente, la luz directa de los aparatos de alumbrado y la reflejada en el techo y en las paredes.

Con este tipo de iluminación se consigue entre el 60 y el 90 por 100 del flujo luminoso emitido se dirige hacia abajo, hacia el plano de trabajo, mientras el resto del flujo luminoso, del 10 al 40 por 100 se dirige hacia techo y paredes.

La iluminación difusa, da una importancia creciente a la reflexión de la luz sobre el techo y las paredes. Desaparecen por completo las sombras de los objetos, pero se aconseja que el techo y las paredes estén pintados de colores claros, con el objeto de disminuir las pérdidas por absorción que, de otro modo, resultarían muy elevadas.

Con la iluminación difusa el flujo luminoso emitido hacia abajo es del 40 al 60 por 100 con ángulos por debajo de la horizontal, y entre el 40 y el 60 por 100 del flujo luminoso se dirige hacia arriba.

La iluminación semiindirecta, y la iluminación indirecta, hacen que los manantiales luminosos secundarios, que equivalen a las paredes y techo del local, tengan un efecto preponderante sobre los manantiales luminosos primarios, que son las lámparas eléctricas.

Desaparecen las sombras totalmente y también el riesgo de deslumbramiento directo, ya que las lámparas están totalmente ocultas a los ojos del observador. La falta de plasticidad obtenida con estos sistemas obliga en algunos casos a completar el alumbrado del local mediante alumbrado auxiliar. Estos dos tipos de iluminación, precisan que las



paredes y techos del local estén pintados con materiales de alto factor de reflexión, y aunque esta condición se cumpla, el consumo de energía es mayor que para cualquier otro sistema de iluminación.

Mediante la iluminación semiindirecta e indirecta, del 60 al 100 por 100 del flujo luminoso emitido es dirigido hacia arriba en ángulos superiores a la horizontal.

Con cada uno de los cinco tipos de iluminación descritos con anterioridad, se pueden obtener tres clases o métodos de alumbrado, según la distribución de la luz en el local a iluminar.

A) Alumbrado general

Se trata de un alumbrado uniforme de un espacio, sin tener en cuenta las necesidades particulares de ciertas zonas determinadas. La iluminación media deberá ser igual al nivel de iluminación que requiera la tarea específica visual. Presenta como ventaja que se pueden cambiar los puestos de trabajo sin modificar las luminarias. Es por antonomasia, el método de distribución uniforme de la luz.

La distribución luminosa más normal, se obtiene colocando las luminarias de forma simétrica en filas por columnas, cuyo producto da el número total de luminarias instaladas (reajustadas por exceso o por defecto al número de luminarias calculado).

Por razones de uniformidad, la distancia entre luminarias, no puede ser mayor que un determinado valor. Este valor depende de la altura de montaje, del nivel de iluminación, así como de las características propias del local y de la luminaria. Generalmente, la distancia entre luminarias es doble que entre estas y las paredes.

B) Alumbrado general localizado

Alumbrado general en zonas especiales de trabajo, donde se necesita un alto nivel de iluminación, siendo suficiente la iluminación general para las zonas contiguas, de modo que este tipo de alumbrado se caracteriza por la concentración de luminarias.

C) Alumbrado suplementario

Alumbrado que proporciona un alto nivel de iluminación en puntos específicos de trabajo, mediante la combinación del alumbrado general o del alumbrado general localizado.



1.3.3.3.2 Tipos de lámparas

A) Lámpara de Incandescencia

Es de cómodo empleo y en el mercado existe una amplia gama, con todo tipo de potencias. Es aconsejable para un nivel de iluminación inferior a 200 lux, tiene un bajo rendimiento luminoso y una duración media reducida. Se emplean principalmente en alumbrado doméstico y de señalización. Debido al bajo rendimiento luminoso y a su reducida duración, no son rentables para alumbrado de grandes espacios con alto nivel de iluminación, ni para naves industriales o locales comerciales con altura de montaje superior a cuatro metros.

B) Lámpara Fluorescente

Se utiliza cuando se necesita una elevada temperatura de color, (se define T^a de color de una fuente luminosa como la que corresponde por comparación, con la del cuerpo negro que presenta el mismo color que la fuente analizada. La T^a de color define únicamente el color (tono) de la luz), también se utiliza cuando el nivel de iluminación necesario sobre el plano útil de trabajo, ha de alcanzar o sobrepasar los 200 lux, sobre todo si la instalación ha de estar funcionando durante un elevado número de horas el año (2000horas o más). El flujo luminoso es del orden de siete veces mayor comparado con el que producen las lámparas incandescentes de igual potencia. Este factor unido a su larga vida (también siete veces mayor) y calidad de luz, hacen que sean las lámparas universales de alumbrado contemporáneo. Estas características hacen que sean de aplicación universal para fines generales de alumbrado, sobre todo, en interiores de oficina, grandes almacenes, comercio escuelas, hospitales, industrias, est.; donde la altura de montaje no supere los cinco metros.

C) Lámpara de vapor de Mercurio

Se utilizan para alumbrado industrial, cuando las condiciones de calidad de la luz son menos imperativas. Existen dos tipos: de luz mixta y de color corregido, estas últimas resultan económicas por su elevado rendimiento luminoso (similar al de las fluorescentes), y por su larga vida media (suele ser de 6000-9000 horas), resultando especialmente indicadas para alumbrado directo, con aparatos de alumbrado suspendidos a mucha altura, en las naves industriales. En esta aplicación, su elevada potencia unitaria permite aprovechar bien su gran altura de suspensión, separando débilmente los aparatos de alumbrado y disminuyendo el número de estos aparatos.

D) Lámpara de vapor de Sodio

Se utilizan en el alumbrado de exteriores y en el interior de naves industriales con elevadas alturas de montaje. Existen de dos tipos: de baja presión y de alta presión, estas últimas presentan un elevado rendimiento, además de una gran duración, lo que implica



intervalos de reposición más largos. Además, su elevada potencia unitaria permite aprovechar bien su gran altura de suspensión, de forma que resultan especialmente indicadas para instalaciones interiores de industria.

1.3.3.4 DETERMINACIÓN DEL FACTOR DE MANTENIMIENTO

En toda instalación de alumbrado hay tres elementos de mantenimiento que son variables y que afectan a la cantidad de flujo luminoso útil que se obtiene en el espacio a iluminar.

- A) La depreciación luminosa de la propia lámpara.
- B) La pérdida por acumulación de polvo y suciedad sobre la superficie de la lámpara y la superficie reflectora y transmisora de la luminaria.
- C) Pérdida de luz reflejada en las paredes.

Teniendo en cuenta estos tres elementos, se definen tres condiciones de mantenimiento que nos permiten valorar cuantitativamente el factor de mantenimiento o factor de depreciación.

1.3.3.4.1 Factor de mantenimiento bueno

Cuando las luminarias se limpian frecuentemente y las lámparas se sustituyen por grupos antes de fundirse. Condiciones atmosféricas buenas exentas de polvo y suciedad. Este factor de mantenimiento toma valores comprendidos entre 0,70 - 0,80. Típicamente se toma 0,75 o 0,7.

1.3.3.4.2 Factor de mantenimiento medio

Cuando las luminarias no se limpian con frecuencia y las lámparas sólo se reponen cuando se funden. Condiciones atmosféricas menos limpias. Este factor de mantenimiento medio toma valores comprendidos entre 0,60 - 0,70. Típicamente se toma 0,65.

1.3.3.4.3 Factor de mantenimiento malo

Cuando las condiciones atmosféricas son bastante sucias y la instalación tiene un mantenimiento deficiente. Este factor de mantenimiento malo toma valores comprendidos entre 0,50 - 0,60. Típicamente se toma 0,55.

1.3.3.5 CÁLCULO DEL ÍNDICE DEL LOCAL

Los locales a iluminar se clasifican según la relación que existe entre sus dimensiones, la altura de montaje, y el tipo de alumbrado. Es lo que denominamos índice local y nos sirve después, para determinar el factor de utilización. Se calcula de la siguiente forma:



Para iluminaciones directas, semidirectas y difusas, se utiliza:

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

Para iluminaciones indirectas y semiindirectas, se utiliza:

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

En ambas formulas:

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 situado a 0,85 metros sobre el suelo según la NTE.

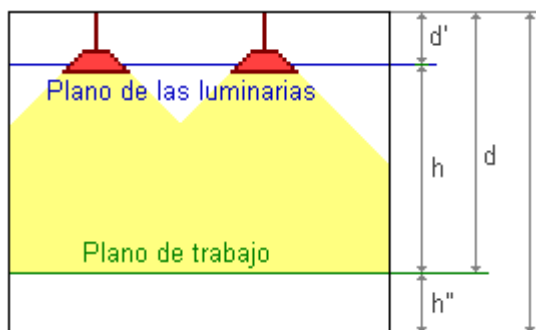
La altura de suspensión de las lámparas:

-Locales de altura normal (oficinas, aulas, etc.)

Lo más altas posibles

-Locales con iluminación directa, semidirecta y difusa:

$$\text{Óptimo: } h = \frac{4}{5} \times (h' - 0,85)$$



h: altura entre el plano de trabajo y las luminarias

h': altura del local

h'': altura del plano de trabajo

d: altura del plano de trabajo al techo

d': altura entre el plano de trabajo y las luminarias



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

Índice del local	Relación del local	
	Valor	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

1.3.3.6 DETERMINACIÓN DEL FACTOR DE UTILIZACIÓN

El factor de utilización de un sistema de alumbrado es la relación que existe entre el flujo luminoso que llega al plano de trabajo y el flujo total que emiten las lámparas instaladas.

Este es un factor muy importante para el cálculo del alumbrado, a la vez que complejo y difícil de calcular, pues depende de una diversidad de factores como son: el valor adecuado del nivel de iluminación, el sistema de alumbrado, las luminarias, las dimensiones del local, la reflexión (techos, paredes y suelos) y el factor de mantenimiento.

En general, para su detección, existen valores tabulados según cada fabricante e incluso programas de ordenador. A continuación se expone una tabla con los valores del factor de utilización, en función de los tipos de luminaria más frecuentes, del índice del local y de la reflexión de techos y paredes:



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
	A	0.67	0.65	0.64	0.65	0.63	0.62	0.62	0.61
Fluorescente descubierta	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
	B	0.73	0.70	0.68	0.71	0.68	0.67	0.67	0.66
	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
	B	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

El factor de reflexión, se define como la relación entre la luz reflejada por una superficie y la luz incidente sobre la misma, se expresa en tanto por ciento y es distinto para diferentes colores. Para la luz blanca y para distintos colores y tonalidades exista la siguiente tabla empírica normalizada que da el valor de reflexión.



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



1.3.3.7 CÁLCULO DEL FLUJO A INSTALAR

El siguiente paso es calcular el flujo total a instalar, para ello se emplea la siguiente fórmula:

$$\phi_t = \frac{E \times L \times A}{F_m \times F_u} \text{ (Lm)}$$

Donde:

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.

1.3.3.8 CÁLCULO DEL NÚMERO DE LUMINARIAS

Una vez calculado el flujo total ϕ_t , como conocemos el flujo que nos aporta cada luminaria ϕ_L (dato proporcionado por el fabricante), podemos calcular el número de luminarias a instalar mediante la siguiente fórmula:

$$N = \frac{\phi_t}{\phi_L}$$

1.3.3.9 DISTRIBUCIÓN DE LAS LUMINARIAS

La distribución de las luminarias más normal, se obtiene colocando las luminarias de forma simétrica en filas y columnas, cuyo producto da el número total de luminarias instaladas. Es posible reajustar el número de luminarias por exceso o por defecto, por cuestiones de uniformidad.

En los locales de aseos, se han calculado las luminarias necesarias por superficie, y en los cuartos de cada uno de ellos se ha puesto una luminaria, para una mejor visión.

1.3.4. Alumbrado interior

1.3.4.1. JUSTIFICACIÓN DE LAS LÁMPARAS Y LUMINARIAS EMPLEADAS

Las lámparas fluorescentes que se han colocado son empotradas, ya que en todos los lugares donde están situadas hay falso techo. Las lámparas son marca Philips y modelo TBS330 TL-D 36W/840 HPF M6.

También se han colocado Downlights, marca Philips y modelo FBS291 1xPL-C/2P26W/840 IC C WH. Son downlights fijos de montaje empotrado para lámparas



fluorescentes compactas PL-C, con una óptica de alta eficiencia y clips de fijación regulables para simplificar la instalación.

En las escaleras se han puesto odyssey, que son una gama de downlights de montaje empotrado para iluminación general en interiores. Está diseñado para el uso con lámparas fluorescentes compactas, halógenas y de descarga de alta intensidad. Odyssey admite el montaje en pared, suelo o techo. Son de Philips y modelo FBR600 1xPL-C/2P26W I 230V C L310 ANT.

En los cuartos de los aseos, se han colocado downlights modelo FBS120 1xPL-C/2P18W/840 I 230V O W2.

En la parte de fuera de la entrada a la nave, se han colocado tres downlights estancos modelo FWG250 1xPL-C/2P18W I WH.

En la zona de taller y almacén, se han puesto lámparas de vapor de sodio a alta presión con tubo de descarga cerámico, modelo SON 250W/220 E40 1SL.

Solución:

A continuación se muestran las luminarias utilizadas en la nave

- **Vestuario Mujeres:** 2 luminarias modelo TBS330 TL-D 2x36W/840 HPF M6
- **Aseo Mujeres:** 3 luminarias modelo FBS291 1xPL-C/2P26W/840 IC C WH
- **Cuarto:** 1 luminaria modelo FBS291 1xPL-C/2P26W/840 IC C WH
- **Aseo Hombres:** 3 luminarias modelo FBS291 1xPL-C/2P26W/840 IC C WH
- **Vestuario Hombres:** 2 luminarias modelo TBS330 TL-D 2x36W/840 HPF M6
- **Pasillo vestuarios:** 3 luminarias modelo FBS291 1xPL-C/2P26W/840 IC C WH
- **Pasillo Vestuario Hombres:** 2 luminarias modelo FBS291 1xPL-C/2P26W/840 IC C WH
- **Acceso Inst. P.B.:** 4 luminarias modelo FBS291 1xPL-C/2P26W/840 IC C WH
- **Entrada:** 3 luminarias modelo FBS291 1xPL-C/2P26W/840 IC C WH
- **Sala de espera:** 16 luminarias modelo FBS291 1xPL-C/2P26W/840 IC C WH
- **Oficinas Planta Baja:** 10 luminarias modelo TBS330 TL-D 4x36W/840 HPF M6



- **Taller (1):** 10 luminarias modelo SON 250W/220 E40 1SL
- **Taller (2):** 12 luminarias modelo SON 250W/220 E40 1SL
- **Taller (3):** 30 luminarias modelo SON 250W/220 E40 1SL
- **Almacén:** 12 luminarias modelo SON 250W/220 E40 1SL
- **Área de descanso:** 12 luminarias modelo FBS291 1xPL-C/2P26W/840 IC C WH
- **Acceso Instalaciones:** 4 luminarias modelo FBS291 1xPL-C/2P26W/840 IC C WH
- **Cuarto de Limpieza:** 1 luminaria modelo TBS330 TL-D 2x36W/840 HPF M6
- **Pasillo:** 2 luminarias modelo FBS291 1xPL-C/2P26W/840 IC C WH
- **Aseo 1:** 1 luminaria modelo FBS291 1xPL-C/2P26W/840 IC C WH
- **Aseo 2:** 1 luminaria modelo FBS291 1xPL-C/2P26W/840 IC C WH
- **Varios:** 3 luminarias modelo TBS330 TL-D 2x36W/840 HPF M6
- **Oficinas Generales:** 22 luminarias modelo TBS330 TL-D 4x36W/840 HPF M6
- **Despacho 1:** 2 luminarias modelo TBS330 TL-D 4x36W/840 HPF M6
- **Despacho 2:** 2 luminarias modelo TBS330 TL-D 4x36W/840 HPF M6
- **Sala:** 1 luminaria modelo TBS330 TL-D 4x36W/840 HPF M6
- **Reunión:** 2 luminarias modelo TBS330 TL-D 4x36W/840 HPF M6
- **Aseos Mujeres:** 4 luminarias modelo FBS291 1xPL-C/2P26W/840 IC C WH
- **Aseos Hombres:** 4 luminarias modelo FBS291 1xPL-C/2P26W/840 IC C WH
- **Servidor:** 1 luminaria modelo TBS330 TL-D 4x36W/840 HPF M6
- **Dirección:** 4 luminarias modelo TBS330 TL-D 4x36W/840 HPF M6
- **Reunión-Dirección:** 4 luminarias modelo TBS330 TL-D 4x36W/840 HPF M6
- **Aseos Dirección:** 4 luminarias modelo FBS291 1xPL-C/2P26W/840 IC C WH



- **Oficina:** 8 luminarias modelo FBS291 1xPL-C/2P26W/840 IC C WH
- **Espera:** 8 luminarias modelo FBS291 1xPL-C/2P26W/840 IC C WH
- **Escaleras:** 3 luminarias en cada escalera modelo FBR600 1xPL-C/2P26W I 230V C L310 ANT
- **Cuartos aseos:** 1 luminaria en cada cuarto modelo FBS120 1xPL-C/2P18W/840 I 230V O W2
- **Parte exterior de la entrada principal:** 3 luminarias modelo FWG250 1xPL-C/2P18W I WH
- **Entrada Taller (3):** 1 luminaria modelo FBS291 1xPL-C/2P26W/840 IC C WH

1.3.4.2. TABLA RESUMEN

Como resumen de la iluminación interior utilizada y la potencia necesaria para dicha iluminación tenemos las siguientes tablas:

Planta Baja	Nº lámparas	Nº Luminarias	Potencia por lámpara (W)	Potencia total (W)
Vestuario Mujeres	4	2	36	144
Aseo Mujeres	3	3	26	78
Cuarto	1	1	26	26
Aseo Hombres	3	3	26	78
Vestuario Hombres	4	2	36	144
Pasillo Vestuarios	3	3	26	78
P. Vestuario Hombres	2	2	26	52
Acceso Inst. P.B.	4	4	26	104
Entrada	3	3	26	78
Sala de espera	16	16	26	416
Oficinas Planta Baja	40	10	36	1440



Taller (1)	10	10	250	2500
Taller (2)	12	12	250	3000
Taller (3)	30	30	250	7500
Almacén	12	12	250	3000

Primera Planta	Nº lámparas	Nº Luminarias	Potencia por lámpara (W)	Potencia total (W)
Área de descanso	12	12	26	312
Acceso Instalaciones	4	4	26	104
Cuarto Limpieza	2	1	36	72
Pasillo	2	2	26	52
Aseo 1	1	1	26	26
Aseo 2	1	1	26	26
Varios	6	3	36	216
Oficinas Generales	88	22	36	3168
Despacho 1	8	2	36	288
Despacho 2	8	2	36	288
Sala	4	1	36	144
Reunión	8	2	36	288
Aseos Mujeres	4	4	26	104
Aseos Hombres	4	4	26	104
Servidor	4	1	36	144
Dirección	16	4	36	576
Reunión Dirección	16	4	36	576
Aseos Dirección	4	4	26	104
Oficina	8	8	26	208
Espera	8	8	26	208



1.3.5. Alumbrado exterior

Dentro de la parcela no se ha puesto ningún alumbrado exterior, porque tiene tres lados que limitan con calle pública del polígono industrial donde hay alumbrado, y este alumbrado público también ilumina la parte exterior de la nave. (Además, el lado que no limita con la calle, está construido, ya que la pared de nuestra nave y la pared de la nave colindante están pegadas).

1.3.6. Alumbrados especiales

Las instalaciones especiales destinadas a alumbrados especiales tienen por objeto asegurar, aún faltando el alumbrado general, la iluminación en los locales y el acceso hasta las salidas, para una eventual evacuación de público o iluminar otros puntos que señalen. Se distinguen tres tipos de alumbrado especial: de emergencia, de señalización y de reemplazamiento.

Las líneas que alimentan directamente a los circuitos individuales de las lámparas de los alumbrados especiales, estarán protegidas 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 la misma dependencia existiesen varios puntos de luz de alumbrados especiales, estos deben ser repartidos al menos entre dos líneas diferentes, aunque su número sea inferior a 12.

El alumbrado de emergencia debe permitir, en caso de fallo general, la evacuación segura y fácil del público hacia el exterior.

Sólo puede ser alimentado por fuentes propias de energía, sean o no exclusivas para dicho alumbrado, pero no por fuente de suministro exterior. Si esta fuente propia está constituida por baterías de acumuladores o por aparatos autónomos automáticos, se puede utilizar un suministro exterior par proceder a su carga.

Debe poder funcionar durante un mínimo de una hora, proporcionando en el eje de los pasos principales una iluminación mínima de 1 lux.

La iluminación será, como, mínimo de 5 lux en los puntos en los que estén situados los equipos de las instalaciones de protección contra incendios que exijan utilización manual y en los cuadros de distribución del alumbrado.

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 indicados 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.

Para cumplir las condiciones del articulado puede aplicarse la siguiente regla práctica para la distribución de las luminarias:

- Dotación: 5 lúmenes / m
- Flujo luminoso de las luminarias 4 h, siendo h la altura a las que estén instaladas las luminarias comprendida entre 2,00 y 2,50 metros.

El alumbrado de señalización se instala para funcionar de un modo continuo durante determinados períodos de tiempo. Debe señalar de modo permanente la situación de puertas, pasillos, escaleras y salidas de los locales, durante todo el tiempo que permanezca con público.

Estará alimentado, al menos, por dos suministros, sea normal, complementario o procedente de fuente propia de energía eléctrica admitida.

En el eje de los pasos principales debe proporcionar una iluminación mínima de un lux.

Se situará en las salidas de los locales y dependencias indicados en cada caso y en las señalizaciones indicadoras de la dirección de los mismos.

Cuando los locales, dependencias o indicaciones que deben iluminarse con este alumbrado coinciden con los que precisan el de emergencia, los puntos de luz de ambos pueden ser los mismos.



Si el suministro habitual del alumbrado de señalización falla, o su tensión baja a menos del 70 % de su valor nominal, la alimentación del mismo debe pasar automáticamente al segundo suministro.

1.3.6.1 SOLUCIÓN EMPLEADA

En el mercado existen aparatos que proporcionan en el mismo soporte, los alumbrados de emergencia y señalización. Como esta solución está permitida, es la que se utilizará en este caso.

En concreto, se utilizarán luminarias de la marca LEGRAND. Estas luminarias disponen de varias referencias las cuales varían en cuanto a lúmenes proporcionados, autonomía, potencia de las lámparas, índices de protección y tipo de acumuladores de carga.

Las características principales de estas lámparas se pueden consultar en el catálogo del fabricante.

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, excepto en las zonas de taller y almacenaje, que se colocarán a una altura de 3,5m respecto del suelo.

En el punto 2.1.4. del documento cálculos se detalla el número de luminarias de emergencia, así como la marca y el modelo escogido.

1.4. Conductores y Distribución en Baja Tensión

1.4.1. Introducción

Se llaman líneas interiores a las instalaciones llevadas a cabo en el interior de los edificios. Comprenden en este caso, desde el punto de conexión con el transformador hasta los aparatos receptores.

Se va a realizar la conducción eléctrica del centro de transformación a los distintos receptores de la instalación, la instalación es de baja tensión y han de emplearse tensiones normalizadas como indica el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión. Emplearemos corriente alterna trifásica 400 / 230 V.

Los conductores de corriente eléctrica deben calcularse de modo que tengan la resistencia mecánica suficiente para las conducciones de la línea y además no sufran calentamientos excesivos, así como una caída de tensión en el propio conductor dentro de los límites establecidos en el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión.



1.4.2. Factores para el cálculo de los conductores

Para el cálculo de las líneas de distribución, se tendrán en cuenta los siguientes factores:

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

1. Calentamiento de los conductores

Si por un conductor cuya resistencia es R (en ohmios), circula una intensidad I (en amperios), se eleva su temperatura hasta que el calor transmitido por la corriente al conductor, se iguala al calor cedido por el conductor al ambiente en igual tiempo; según la ley de Joule, la cantidad de calorías recibidas en un segundo son:

$$Q = 0,24 \times I^2 \times R \text{ Calorías}$$

Partiendo de esta fórmula y teniendo en cuenta que las calorías cedidas dependen de la temperatura del conductor respecto del ambiente que la rodea, a su superficie, al material que forma su aislante, etc. Se demuestra que el aumento de temperatura es directamente proporcional al cuadrado de la intensidad (considerando despreciables las variaciones de la resistencia con la temperatura).

$$\Delta T = \left(\frac{I}{I_n} \right)^2 \times \Delta T_n$$

Siendo:

ΔT = incremento admisible de la temperatura.

ΔT_n = incremento de la temperatura en condiciones normales.

I_n = intensidad nominal en condiciones normales.

I = intensidad admisible.

El calor que adquiere un conductor, lo va cediendo a través del medio que le rodea (aislamiento, tubo, pared, aire, etc.), produciéndose un equilibrio entre el calor que recibe por el paso de la corriente y el que desprende hacia el exterior.

El calor que es cedido al exterior es:

$$Q = M \times C \times \Delta T$$

Si la intensidad I crece, el calor producido por el paso de la corriente crece también. Al cabo de un periodo transitorio, el calor cedido al exterior será igual al producido por el paso de intensidad, por lo tanto este calor cedido al exterior aumenta



también, produciéndose por consiguiente un aumento del incremento de la temperatura, pero como la temperatura del exterior es prácticamente constante, el aumento del incremento de la temperatura es debido al aumento de la temperatura del conductor.

Si la intensidad es elevada, la temperatura del conductor es elevada, con el peligro de deterioro de los aislantes por no estar diseñados para soportar esas temperaturas (con el riesgo de provocar cortocircuitos).

Por lo tanto, para cada sección de los conductores existe un límite de carga en amperios que no debe sobrepasarse, que se corresponde con la temperatura máxima admisible que puede soportar esa sección del conductor sin que se produzcan los efectos antes reseñados.

Las intensidades de las corrientes eléctricas admisibles en los conductores, (Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión, ITC-BT-19), se regularán en función de las condiciones técnicas de las redes de distribución y de los sistemas de protección empleados en los mismos.

Los cálculos y condiciones a las que deben ajustarse los proyectos y la ejecución de estas redes están fijados en las instrucciones complementarias correspondientes a este reglamento.

En estas tablas se dan las intensidades máximas admisibles según unas determinadas condiciones (condiciones normales), para cada sección de cable.

Complementando a estas tablas existen otras, que dan unos factores de corrección de esa intensidad admisible, según nuestra instalación varíe de las condiciones normales; como disposición de los cables, resistividad térmica del suelo (para cables subterráneos), clase de recubrimiento, temperatura ambiente, etc.

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

Una vez elegida la sección de acuerdo con la intensidad nominal que ha de circular por esa sección, es menor que la intensidad máxima admisible de dicho conductor para dicha sección, deberemos comprobar que cumple las condiciones relativas a la caída 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 del 4,5% de la tensión nominal en el origen de la instalación para el alumbrado y del 6,5% para la fuerza.



1.4.3. Prescripciones generales

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

1.4.3.1 CONDUCTORES ACTIVOS

Son los destinados a la transmisión de la energía eléctrica. Esta consideración se aplica a los conductores de fase y al conductor neutro en corriente alterna.

Los conductores flexibles serán únicamente de cobre.

La sección de los conductores será tal que la caída de tensión entre el origen de la instalación y cualquier punto de utilización, sea menor del 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 de utilización susceptibles de funcionar simultáneamente.

Las intensidades máximas admisibles en servicio permanente para una temperatura ambiente del aire de 40° C y para distintos métodos de instalación, agrupamientos y tipos de cable, están señaladas en una tabla en la instrucción ITC-BT-19 del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión.

1.4.3.2 CONDUCTORES DE PROTECCIÓN

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)
$S \leq 16$	S
$16 < S \leq 35$	16
$S > 35$	S / 2



- Con un mínimo de $2,5 \text{ mm}^2$ si los conductores de protección no forman parte de la canalización de alimentación y tienen una protección mecánica.
- Con un mínimo de 4 mm^2 si los conductores de protección no forman parte de la canalización de alimentación y no tienen una protección mecánica.

Cuando la sección de los conductores de fase o polares sea superior a 35 mm^2 , 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 mm^2 .

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.

Para que se mantenga el mayor equilibrio posible en la carga de los conductores que forman parte de una instalación, se procurará que aquella quede repartida entre sus fases.

La instalación deberá presentar una resistencia de aislamiento por lo menos igual a $1000 \times U$ 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.

En caso de proximidad de canalizaciones eléctricas con otras no eléctricas, se dispondrán de forma que entre las superficies exteriores de ambas se mantenga una distancia de por lo menos 3 cm.

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.

1.4.4. Sistemas de canalización

1.4.4.1 CANALIZACIONES

Hay muchos sistemas de instalación de los conductores para una canalización fija. Algunas de estas variantes son: conductores desnudos colocados sobre aisladores,



conductores aislados colocados sobre aisladores, conductores aislados bajo molduras, conductores aislados fijados directamente sobre las paredes, etc.

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, tales como muros, tabiques y techo, 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.

1.4.4.2 TUBOS PROTECTORES

Hay muchas clases de tubos, dependiendo de las necesidades que tengamos. Algunas de estas son: Tubos metálicos rígidos blindados, tubos metálicos rígidos blindados con aislamiento interior, tubos aislantes rígidos normales curvables, tubos aislantes flexibles normales, tubo PVC rígido, etc.

Los tubos deberían soportar, como mínimo, sin deformación alguna, las siguientes temperaturas:

- 60° C para los tubos aislantes constituidos por PVC.
- 70° C para los tubos metálicos aislantes.

Tanto el diámetro de los tubos como el número de conductores que deben pasar por cada uno están largamente especificados en las tablas de la instrucción ITC-BT-21 del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión.

Para la colocación de las canalizaciones bajo tubos protectores se tendrá que tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- El trazado de las canalizaciones se hará siguiendo preferentemente líneas paralelas a las verticales y horizontales que limitan el local donde se efectúa la instalación.
- Los tubos se unirán entre si mediante accesorios adecuados a su clase que aseguren la continuidad de la protección que proporcionan a los conductores.
- Las curvas practicadas en los tubos serán continuas y no originarán reducciones de sección admisibles.
- Será posible la fácil introducción y retirada de los conductores en los tubos después de colocados y fijados éstos y sus accesorios, disponiendo para ello los registros que se consideren convenientes, que en tramos rectos no estarán separados entre sí más de 15 metros. El número de curvas en ángulo situadas entre dos registros consecutivos no será superior a 3. Los conductores se alojarán normalmente en los tubos después de colocados éstos.



- Los registros podrán estar destinados únicamente a facilitar la introducción y retirada de los conductores en los tubos o servir al mismo tiempo como cajas de empalme o derivación.
- Las conexiones entre conductores se realizarán en el interior de cajas apropiadas de material aislante y no propagador de la llama. Las dimensiones de estas cajas serán tales que permitan alojar holgadamente todos los conductores que deban contener.
- En ningún caso se permitirá la unión de conductores como empalmes o derivaciones por simple retorcimiento o arrollamiento entre sí de los conductores, sino que deberá realizarse siempre utilizando bornes de conexión montados individualmente o constituyendo bloques o regletas de conexión; puede permitirse asimismo la utilización de bridas de conexión.
- En los tubos metálicos sin aislamiento interior, se tendrán en cuenta las posibilidades de que se produzcan condensaciones de agua en su interior, para lo cual se elegirá convenientemente el trazado de su instalación.
- Los tubos metálicos que sean accesibles deben ponerse a tierra. Su continuidad eléctrica deberá quedar convenientemente asegurada. En el caso de utilizar tubos metálicos flexibles, es necesario que la distancia entre dos puestas a tierra consecutivas de los tubos no exceda de 10 metros.
- No podrán utilizarse los tubos metálicos como conductores de protección o de neutro.

Cuando los tubos se 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.

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.

1.4.5. Receptores

Los aparatos receptores satisfarán los requisitos concernientes a una correcta instalación, 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 del local, emplazamiento, utilización, etc.), teniendo en cuenta 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. Soportarán la influencia de los agentes externos a que estén sometidos en servicio, por ejemplo, polvo, humedad, gases y vapores.

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 y controlar esa conexión.

1.4.5.1. RECEPTORES PARA EL ALUMBRADO

Las lámparas de descarga deberán cumplir una serie de condiciones:

- Serán accionadas por interruptores, previstos para cargas inductivas o, en defecto de esta característica, tendrá una capacidad de corte no inferior a dos veces la intensidad del receptor o grupo de receptores.
- Para receptores con lámparas de descarga, la carga mínima prevista en voltiamperios será de 1,8 veces la potencia en vatios de la lámpara. En el caso de distribuciones monofásicas, el conductor neutro tendrá la misma sección que los de fase.
- En el caso de lámparas fluorescentes, será obligatoria la compensación del factor de potencia hasta un valor mínimo de 0,90, cumpliendo así con lo dispuesto en la ITC-BT-44.



1.4.5.2 RECEPTORES A MOTOR

Según indica el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión, en su Instrucción 47, las secciones mínimas que deben tener los conductores de conexión de los motores, con objeto de que no se produzca en ellos un calentamiento excesivo serán las siguientes:

1.4.5.2.1 Un solo motor

Los conductores de conexión que alimentan a un solo motor deberán estar dimensionados para una intensidad del 125 % de la intensidad a plena carga del motor.

1.4.5.2.2 Varios motores

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

1.4.6. Tomas de corriente

Se ha dotado a las tomas de corriente con un factor de utilización sobre su potencia total, y así, para el cálculo de la sección se ha tenido en cuenta igualmente, la fracción de la potencia total obtenida de multiplicar ésta por el factor de utilización.

El cálculo de la potencia a instalar en las tomas de corriente se encuentra en el documento CÁLCULOS del presente proyecto.

Las tomas de corriente que se van a colocar en este proyecto serán tanto monofásicas como trifásicas, definiéndolas de la siguiente manera:

- Tomas de corriente monofásicas de 16 A a 230 V. (2P+T)
- Tomas de corriente monofásicas para los ordenadores (SAI).
- Tomas de corriente trifásicas de 16 A a 400 V. (3P+T)

1.4.7. Proceso para el cálculo de secciones

1. Se diferencian los cálculos de fuerza y alumbrado.
2. Se determinan las intensidades que circulan por cada tramo.
3. Se calcula la sección según la intensidad admisible.
4. Se calculan las caídas de tensión en los distintos tramos teniendo en cuenta las condiciones más desfavorables de longitud e intensidad que pueden darse.



5. Si la caída de tensión en ese tramo es mayor que la fijada, procederemos a tomar un conductor de sección superior, y volveremos a repetir el cálculo de la caída de tensión, hasta que esté dentro de los márgenes que nos fijan.

La caída de tensión por línea depende de donde se encuentre ésta y de la función a la que ha sido encomendada. Así, para la acometida, que es la línea que une el transformador con el cuadro general de distribución, es permitida una caída de tensión tal que para la fuerza y el alumbrado se permiten un 6,5 % y un 4,5 % de la tensión nominal respectivamente. Los cálculos se basan en las siguientes fórmulas:

Monofásica:

$$I = \frac{P}{V \cos \varphi} \qquad e = \frac{2LI \cos \varphi}{S\gamma}$$

Trifásica:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3}V \cos \varphi} \qquad e = \frac{\sqrt{3}LI \cos \varphi}{S\gamma}$$

donde:

I = intensidad nominal (A).

P = potencia consumida (W).

V = tensión nominal (V).

Cos φ = factor de potencia .

e = caída de tensión en voltios.

L = longitud de la línea en metros.

γ = conductividad del material del conductor (56 para el cobre, 35 para el aluminio).

S = sección del cable en mm².

1.4.8. Normas para la elección del cable

Además de lo expuesto anteriormente para el cálculo del conductor, se harán las siguientes consideraciones a la hora de elegir el cable:

1. El aislamiento del cable ha de ser tal que asegure en su parte conductora una continuidad eléctrica duradera. Normalmente el aislamiento del cable se determina con los picos de tensión que este tiene que soportar en cualquier momento.



2. La sección del cable a colocar en el alumbrado normalmente la determina la caída de tensión (si la longitud no es pequeña).

La sección de los conductores de fuerza la determina la corriente a transportar y el calentamiento que esta puede producir, de tal forma que nunca se superen temperaturas determinadas por encima de las cuales el cable se deteriora.

3. 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.

Se preverá que la temperatura y los esfuerzos electrodinámicos producidos por el cortocircuito, no deterioren en ningún momento el cable.

1.4.9. Normas para la elección del tubo

Para la elección del tubo protector de los conductores de distribución se ha atendido a lo dispuesto en la ITC-BT-21 del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión.

Los tubos deberán soportar como mínimo sin deformación alguna, las siguientes temperaturas:

- 60° C para los tubos aislantes constituidos por PVC o polietileno.
- 70° C para los tubos metálicos con forros aislantes de papel impregnado.

Los diámetros de los tubos se eligen de acuerdo a las tablas que aparecen en la ITC-BT-21 del citado reglamento. En estas tablas viene expresado el diámetro exterior mínimo en función del número, clase y sección de los conductores que ha de alojar, según el sistema de instalación y la clase de los tubos.

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.

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.

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.



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.

El trazado de las canalizaciones se hará preferentemente siguiendo líneas paralelas a las verticales y horizontales.

Los tubos se unirán entre si mediante accesorios adecuados a su clase que aseguren la continuidad de la protección que proporcionan los conductores.

Será posible la fácil introducción y retirada de los conductores en los tubos después de colocados y fijados estos y sus accesorios, disponiendo para ello los registros que se consideren convenientes y que en tramos rectos nos estarán separados entre si más de 25 metros.

Las conexiones entre los conductores se realizarán en el interior de cajas apropiadas de material aislante.

1.4.10. Soluciones adoptadas

1. Conductores.

RZ1-K 0.6/ 1 kV PRYSMIAN, (para la acometida).

Conductor: Cobre recocido flexible clase 5.

Aislamiento: Polietileno reticulado XLPE.

Cubierta: Mezcla especial cero halógenos, tipo AFUMEX Z1.

Tª de servicio:

Servicio permanente: 90°.

Cortocircuito: 250°.

RV-K 0.6/ 1 kV PRYSMIAN, (para taller, almacén y tomas de corriente).

Conductor: Cobre recocido flexible clase 5.

Aislamiento: Polietileno reticulado XLPE.

Tª de servicio:

Servicio permanente: 90°.

Cortocircuito: 250°.

H07V-K 0.6/ 1 kV PRYSMIAN, (para las instalaciones de la zona de oficinas).

Conductor: Cobre recocido flexible clase 5.

Aislamiento: PVC.

Tª de servicio:

Servicio permanente: 90°.

Cortocircuito: 250°.



Tendrán sección suficiente para las caídas de tensión, conforme al Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión y contada desde el origen de la instalación no excedan del 4,5 % para el alumbrado y del 6,5 % para la fuerza, siendo las intensidades admisibles por los conductores, en todos los casos, siempre superiores a las máximas previsibles para el circuito de la instalación.

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 partirá desde el centro de transformación hasta el cuadro general en el interior de la nave. Irá enterrado a 0,4 metros de profundidad. Se realizará una zanja de 40x70cm. Con arena lavada debajo del tubo y relleno de tierra excavada. Se llevarán tres fases y neutro, constituida cada una de las fases por tres conductores unipolares de 240 mm² y el neutro por tres cables unipolares de 120 mm². Los cables de cada fase irán dispuestos en trébol y separada cada terna de cables 2 veces el diámetro del conductor unipolar como mínimo. El diámetro del tubo de la acometida será de 225 mm, de 2,2 mm de espesor, liso por el interior y corrugado por el exterior, color rojo FU 15 R, de resistencia de aplastamiento 450 N.

b) Canalización general:

La canalización general de la nave se realizará a través de bandeja portacables de malla de acero galvanizado para el cuadro secundario N°5. Esta bandeja ira por encima del falso techo desde el C.G.D. hasta el cuadro secundario, cuando esta bandeja se encuentre en la zona de taller dejara de ir por falso techo, y estará al descubierto. En los demás casos, los conductores irán en tubos empotrados.

c) Derivaciones:

En la zona de producción, la derivación de esta canalización a las diferentes máquinas se realizará a través de bandeja portacables de malla de acero galvanizado, sus medidas están detalladas en el documento Cálculos. El alumbrado de las zonas de taller y almacén irá en tubo empotrado y grapado al techo.

La canalización de las dos plantas de la zona de oficinas se realizará a través de tubos de PVC que irá a través de falso techo, por catas y/o empotrado en la pared.

Para las tomas de corriente en oficinas, algunas irán empotradas, y otras irán en bandeja no perforada por suelo.



Además se realizará la instalación de todo el alumbrado de emergencia y señalización por medio de tubo rígido de PVC grapado en la pared.

1.5. Protecciones en baja tensión

1.5.1. Introducción

En las instalaciones de baja tensión, y de acuerdo con las instrucciones de Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión ITC-BT-22, ITC-BT-23, ITC-BT-24; se deben considerar las siguientes protecciones:

- a) Protección de la instalación
 - Contra sobrecargas.
 - Contra cortocircuitos.

- b) Protección de las personas
 - Contra contactos directos.
 - Contra contactos indirectos.

1.5.2. Conceptos básicos

Para la realización de la protección de la nave se han de tener en cuenta una serie de conceptos básicos:

- **Interruptor diferencial:** es un dispositivo electromecánico que se coloca en las instalaciones eléctricas con el fin de proteger a las personas de las derivaciones causadas por la falta de aislamiento entre los conductores y tierra o masa de los aparatos. Consta de dos bobinas, colocadas en serie con los conductores de alimentación de corriente y que producen campos magnéticos opuestos y un núcleo o armadura que mediante un dispositivo mecánico adecuado puede accionar unos contactos. Dicho interruptor provocará la apertura automática de la instalación cuando la suma vectorial de las intensidades que atraviesan los polos del aparato alcanza un valor determinado.

- **Conductor eléctrico:** se dice que un cuerpo es conductor eléctrico cuando puesto en contacto con un cuerpo cargado de electricidad transmite ésta a todos los puntos de su superficie. Generalmente suelen ser hilos de cobre.

- **Interruptor automático:** es un aparato mecánico de conexión capaz de establecer, soportar e interrumpir corrientes en condiciones normales, así como de establecer y soportar durante un tiempo corrientes de cortocircuito.



El interruptor automático consta de:

1. Cámara de extinción: absorbe el arco que se produce al abrir y cerrar los contactos
2. Mecanismo de apertura y cierre: lo que hace es abrir y cerrar el contacto.
3. Disparadores: es el que manda abrir este mecanismo de apertura: Hay de dos tipos:

a) Disparadores primarios:

- Térmicos: Verifica si se produce una sobrecarga
- Electromagnéticos: para verificar cortocircuitos. A partir de 125A el disparador es regulable.

b) Disparador secundario: Siempre está conectado a un contacto auxiliar que está alimentado a una fuente de alimentación. Este disparador también se puede utilizar para el rearme de automático, además de una determinada condición que nosotros hayamos impuesto.

- **Interruptor magnetotérmico:** Es un pequeño interruptor automático. Tiene las mismas partes que un interruptor automático excepto que no tienen disparadores secundarios. Además no son regulables. Es el elemento responsable del corte de la corriente con el fin de protegernos. Es un dispositivo electromecánico que se coloca en las instalaciones eléctricas con el fin de proteger frente a las intensidades excesivas, producidas como consecuencia de cortocircuitos o por el excesivo número de elementos de consumo conectados a ellas. Para su funcionamiento, los interruptores magnetotérmicos aprovechan dos de los efectos producidos por la circulación de corriente eléctrica por un circuito, el magnético y el térmico. El dispositivo consta, por tanto, de dos partes, un electroimán y una lámina bimetálica, conectadas en serie y por las que circula la corriente que va a hacia la carga.
- **Fusibles:** Es un aparato de conexión que provoca la apertura del circuito por fusión debido al calentamiento de uno o varios elementos destinados a ese fin.

Tiene 2 componentes:

1. Portafusibles: es la parte fija donde se coloca el fusible

2. Fusible: está formado por un cartucho aislante donde en su interior está el conductor, la parte metálica donde se va a fundir. Luego también tiene dentro aire en vacío.



La característica del fusible es que tiene un alto poder de corte (hasta 100 KA) y tiene el inconveniente de que no se puede rearmar.

1.5.3. Protección de la instalación

Los dispositivos de protección tienen por finalidad registrar de forma selectiva las averías y separar las partes de la instalación defectuosa, así como para limitar las sobreintensidades.

Cuando se disponen varios interruptores en serie, generalmente se requiere que estos sean selectivos. Un dispositivo de protección se considera selectivo cuando solamente dispara el interruptor inmediatamente anterior al punto defectuoso, tomando como base el sentido de flujo de la energía. En caso de fallar el interruptor, tiene que actuar otro de orden superior.

Se entiende por tiempo de escalonamiento, el intervalo necesario para que dispare con seguridad sólo el elemento de protección anterior al punto de defecto.

Las características de disparo de los diversos elementos de protección no deben entrecruzarse.

1.5.3.1 PROTECCIÓN CONTRA SOBRECARGAS

Se denomina sobrecarga, al paso de una intensidad superior a la nominal de la instalación. Esta intensidad superior a la nominal, no producirá daños en la instalación si su duración es breve, sin embargo si la duración es larga se producirán daños, ya que los aparatos receptores y conductores no están preparados para soportar este incremento de temperatura a la que se verán sometidos como consecuencia del incremento de la intensidad.

La consecuencia más directa de la sobrecarga, es una elevación de la temperatura, que por otra parte es la causa directa de los desperfectos que pueda ocasionar la sobrecarga en la instalación.

Las protecciones que se utilizan contra las sobrecargas, se tratan esencialmente de una protección térmica, o sea, basada en la medición directa o indirecta de la temperatura del objeto que se ha de proteger, permitiendo además la utilización racional de la capacidad de sobrecarga de este mismo objeto.

La medida directa de la temperatura se realiza por medio de una imagen térmica o relé térmico más o menos aproximada que reproduce las condiciones de carga y calentamiento del objeto que se ha de proteger.



Los dispositivos de protección contra sobrecargas vienen indicados en la instrucción ITC-BT-22 y son los siguientes:

- Cortacircuitos fusibles calibrados de características de funcionamiento adecuadas.
- Interruptor automático de corte omnipolar con curva térmica de corte.

1.5.3.2 PROTECCIONES CONTRA CORTOCIRCUITOS

Se produce un cortocircuito en un sistema de potencia cuando entran en contacto entre sí o con tierra conductores correspondientes a distintas fases. Normalmente las corrientes de cortocircuito son muy elevadas, entre 5 y 20 veces al valor máximo de la corriente de carga en el punto de falta.

La corriente de cortocircuito es la corriente que fluye por el punto en que se ha producido el cortocircuito y mientras tenga duración éste. Dicha corriente transcurre, generalmente, en un principio de forma asimétrica con respecto a la línea cero y contiene una componente alterna y otra continua. La componente de corriente alterna se amortigua hasta alcanzar el valor de la intensidad permanente de cortocircuito. La componente de corriente continua se atenúa hasta anularse completamente.

Un cortocircuito tiene las siguientes características:

- Su duración: auto extinguido, transitorio, permanente.
- Su origen: originados por factores mecánicos (rotura de conductores, conexión eléctrica accidental entre dos conductores producida por un objeto conductor extraño, como herramientas o animales), debidos a sobretensiones eléctricas de origen interno o atmosférico, causados por la degradación del aislamiento provocada por el calor, la humedad o un ambiente corrosivo.
- Su localización: dentro o fuera de una máquina o un cuadro eléctrico.

Desde otro punto de vista, los cortocircuitos pueden ser: monofásicos (el 80% de los casos), bifásicos (el 15% de los casos, que suelen degenerar en trifásicos) y trifásicos de origen (el 5% de los casos).

El RBT admite como dispositivo de protección contra cortocircuitos los fusibles de características de funcionamiento adecuadas o los interruptores automáticos con sistema de corte omnipolar.

En el origen de todo circuito se establecerá un dispositivo de protección contra cortocircuitos, cuya capacidad de corte estará de acuerdo con la intensidad de cortocircuito que pueda presentarse en el punto de su instalación. Se admite, no obstante que, cuando se trate de circuitos derivados de uno principal, cada uno de estos circuitos derivados



disponga de protección contra sobrecarga, mientras que un solo dispositivo general pueda asegurar la protección contra cortocircuitos para todos los circuitos derivados.

Los dispositivos de protección deben ser previstos para interrumpir toda la corriente del cortocircuito en los conductores, antes que ésta pueda causar daños como consecuencia de los efectos térmicos y mecánicos producidos en los conductores y en las conexiones. Todo dispositivo que asegure la protección contra cortocircuito debe responder a las dos siguientes condiciones:

1. Su poder de ruptura debe ser por lo menos, igual a la corriente de cortocircuito presunta en el punto en el que se encuentra instalado. Puede admitirse un dispositivo de poder de ruptura inferior al previsto, a condición de que por el lado de la alimentación se instale otro dispositivo con el poder de ruptura necesario.

2. El tiempo de ruptura de toda corriente resultante de un cortocircuito producido en un punto cualquiera del circuito no debe ser superior al tiempo que se requiera para llevar la temperatura de los conductores al límite admisible.

Un cortocircuito puede tener diferentes consecuencias dependiendo de la naturaleza y duración de los defectos, del punto de la instalación afectado y de la magnitud de la intensidad.

Según el lugar del defecto, la presencia de un arco puede:

- Degradar los aislantes
- Fundir los conductores
- Provocar un incendio o representar un peligro para las personas.

Según el circuito afectado, pueden presentarse:

- Sobreesfuerzos electrodinámicos con deformación de los juegos de barras y arrancado o desprendimiento de los cables.

Puede haber un sobrecalentamiento debido al aumento de pérdidas por efecto Joule, con riesgo de deterioro de los aislantes.

Para la correcta aplicación de las medidas de protección se deberá aplicar lo indicado en la tabla 1 de la ITC-BT-22, del RBT.



1.5.3.3 PROCESO PARA EL CÁLCULO DE LAS CORRIENTES DE CORTOCIRCUITO

Para el diseño de una instalación y poder elegir adecuadamente los dispositivos de protección debemos conocer las corrientes de cortocircuito máximas y mínimas en los distintos niveles.

❖ Corriente de cortocircuito máxima:

Estas corrientes corresponden a un cortocircuito en los bornes de salida del dispositivo de protección, considerando la configuración de la red y al tipo de cortocircuito de mayor aporte. En general, en las instalaciones de baja tensión el tipo de cortocircuito de mayor aporte es el trifásico.

Estas corrientes se utilizan para determinar:

- El poder de corte y de cierre de los interruptores.
- Los esfuerzos térmicos y electrodinámicos en los componentes.

Para el cálculo de la corriente de cortocircuito máxima tendremos en cuenta todo lo que hay aguas arriba del interruptor automático a calcular.

Dicha corriente se calculará mediante las siguientes expresiones, en función de si es un cortocircuito tetrapolar o bipolar:

$$I_{cc\ max} = \frac{c \times u_{B.T.}}{\sqrt{3} \times |Z_d|} \qquad I_{cc\ max} = \frac{c \times u_{B.T.}}{2 \times |Z_d|}$$

Donde:

I_{cc}: corriente de cortocircuito eficaz en A.

c: variación de tensión. Su valor para instalaciones de baja tensión, a 230/400 V es de 1.

U_{B.T.}: tensión entre fases en vacío del secundario del transformador.

Z_d: impedancia total por fase de la red aguas arriba del defecto en Ω.

Una vez se ha calculado la corriente de cortocircuito máxima, se obtiene el poder de corte, que deberá cumplir la siguiente condición:

$$PdC \geq I_{cc\ max}$$

Siendo el PdC el poder de corte de los interruptores magnetotérmicos que escogeremos.



❖ Corriente de cortocircuito mínima:

Estas corrientes corresponden a un cortocircuito en el extremo del circuito protegido, considerando la configuración de la red y al tipo de cortocircuito de menor aporte. En las instalaciones de baja tensión los tipos de cortocircuito de menor aporte son el fase-neutro (circuito con neutro) o entre dos fases (circuitos sin neutro).

Estas corrientes se utilizan para determinar:

- El ajuste de los dispositivos de protección para la protección de los conductores frente a cortocircuitos.
- Tipo de curva del interruptor magnetotérmico.

Esta corriente se calcula mediante la siguiente expresión:

$$I_{cc \min} = \frac{c \times u_{B.T.} \times \sqrt{3}}{|2 \times Z_d + Z_o|}$$

Donde:

I_{cc} : corriente de cortocircuito eficaz en A.

c : variación de tensión. Su valor para instalaciones de baja tensión, a 230/400V es de 0,95.

$U_{B.T.}$: tensión entre fases en vacío del secundario del transformador.

Z_d : impedancia directa en Ω , teniendo en cuenta que la temperatura de cortocircuito es de 250°C.

Z_o : impedancia homopolar en Ω .

Una vez calculada la corriente de cortocircuito mínima, antes de elegir el tipo de curva del interruptor magnetotérmico, es necesario calcular su calibre (intensidad nominal). Se acotará del siguiente modo:

$$I_{reglamentaria} < I_{nom} < I_{adm}$$

Donde:

$I_{reglamentaria}$: es la intensidad prevista partiendo de la previsión de cargas que va a ser alimentada por la línea en la que está la protección, su tensión y el factor de potencia. Por tanto se puede determinar de la siguiente manera:

$$I_r = \frac{P}{\sqrt{3} \times V \times \cos\varphi}$$



I_{adm} : es la máxima intensidad que puede circular por el cable sin que sufra daños irreversibles. Se obtiene de la tabla 1 de la ITC-BT-19.

Dentro del intervalo que nos ofrecen estos dos valores se escoge el que más convenga teniendo en cuenta los valores normalizados.

Finalmente ya se puede conocer el tipo de curva del interruptor magnetotérmico, de forma que la I_{ccmin} sea mayor o igual que la corriente de magnetización, siendo esta corriente para cada curva:

Curva B: $I_{mag} = 5I_n$

Curva C: $I_{mag} = 10I_n$

Curva D: $I_{mag} = 20I_n$

1.5.3.4 CÁLCULO DE LAS IMPEDANCIAS

❖ Impedancia directa (Z_d):

Cada constituyente de una red de baja tensión se caracteriza por una impedancia Z compuesta de:

- un elemento resistivo puro R .
- un elemento inductivo puro X , llamado reactancia.

El método consiste en descomponer la red en trozos y en calcular para cada uno de ellos los valores de R y de X . Después se suman aritméticamente por separado:

$$Z_d = Z_{M.T.} + Z_{Trafo} + Z_L + Z_{aparamenta}$$

❖ Impedancia de la línea MT ($Z_{M.T.}$)

La potencia de cortocircuito de la red es un dato de la compañía distribuidora de energía (400MVA). Despreciando la resistencia frente a la reactancia se puede calcular la impedancia de la red aguas arriba llevada al secundario del transformador:

$$Z_{M.T.}(j) = \frac{u_{M.T.}^2}{S_{cc}}$$



Donde:

$U_{M.T.}$: tensión en vacío del primario del transformador en voltios.
 S_{cc} : potencia de cortocircuito en VA.
 $Z_{M.T.}$: impedancia aguas arriba del defecto en $j\Omega$.

❖ Impedancia del transformador (Z_{Trafo})

Para el cálculo aproximado, se puede igualmente despreciar la resistencia debida a las pérdidas en el cobre según la relación:

$$Z_{Trafo}(j) = U_{cc} \times \frac{u_{B.T.}^2}{S_n}$$

Donde:

$U_{B.T.}$: tensión en vacío entre fases en voltios
 U_{cc} : tensión de cortocircuito en % (4.5%)
 S_n : potencia aparente en VA del transformador (800 KVA)
 Z_{Trafo} : impedancia o reactancia al secundario en $j \Omega$.

La resistencia y la reactancia, tanto del transformador como del aparellaje de alta tensión lo podemos considerar despreciable, con el motivo de ahorrar cálculos prácticamente innecesarios.

❖ Impedancia de los conductores (Z_L)

La resistencia de los conductores se calculará según la fórmula:

$$Z_L = \phi \times \frac{L}{S}$$

Donde:

Z_L : resistencia del conductor en Ω .
 ϕ : resistividad del material, la resistividad de un conductor de cobre a 20°C es de 0,011724 $\Omega\text{mm}^2/\text{m}$.
 L : longitud del conductor.
 S : sección por fase del conductor.

Para secciones iguales o inferiores a 150 mm² se desprecia la reactancia de la línea.



❖ Impedancia de los automatismos ($Z_{\text{aparamenta}}$)

Esta impedancia representa los automatismos (protecciones, relés, bobinas, etc.) de aguas arriba. El valor de la impedancia de cada automatismo es de $0,15 \text{ } \mu\Omega$.

$$Z_{\text{Aparametna1}}(j) = n^{\circ} \times 0.00015$$

En el n° de automatismos se incluye el que se está calculando, así como otros de otra índole como diferenciales, relés, fusible, etc.

❖ Impedancia directa nueva ($Z_{\text{d}_{\text{nueva}}}$)

Con el objetivo de determinar la curva del interruptor magnetotérmico, se procede a calcular la nueva impedancia directa. Para ello se debe tener en cuenta la Z_{d} de la línea más desfavorable, es decir, también hay que tener en cuenta las impedancias aguas abajo. Otra novedad es que para calcular la nueva Z_{L} , hay que calcularlo a temperatura de cortocircuito (250°C). Para ellos se hace la siguiente transposición:

$$Z_{\text{L}} = Z_{\text{L}} \times (1 + \alpha \times \Delta T)$$

Donde:

$$\alpha: 4 \times 10^{-3}$$

$$T: 250^{\circ} - 20^{\circ} = 230^{\circ}$$

❖ Impedancia homopolar

En este caso también se calcula la impedancia al final de la línea:

$$|Z_{\text{o}}| = \sqrt{(3 \times Z'_{\text{Líneas}})^2 + (Z_{\text{Trafo}}(j) + 3 \times Z_{\text{Aparametna}}(j))^2}$$

1.5.4. Protección de las personas

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.

Se han realizado diversos estudios para determinar con exactitud, los valores peligrosos en intensidad y tiempo, trazándose de esta forma curvas límites tiempo-corriente para diferentes grados de peligrosidad. En general, valores superiores a 30 mA se ha comprobado que no son peligrosos para el hombre, así como tiempos superiores a 30 ms. Como es lógico, los valores de esta intensidad dependerán de los de la tensión existente y de la resistencia eléctrica del cuerpo humano. Las distintas precauciones que se emplean tenderán a limitar la tensión de contacto.

El Reglamento Electrotécnico para Baja tensión fija unos valores de tensiones máximos de contacto que son:

- 24 V en locales o emplazamientos húmedos.
- 50 V en los demás casos.

El grado de peligrosidad de la corriente eléctrica para la persona que pueda establecer contacto directo o indirecto, dependerá de factores fisiológicos, e incluso de su estado concreto en el momento del contacto; sin embargo, al margen de ello, a nivel general, se puede decir que depende del valor de la corriente que pasa por él y de la duración de la misma.

1.5.4.1 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 que son:

- 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.

1.5.4.2 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 neutro de cada generador o transformador, o, si no existe, un conductor de fase de cada generador o transformador, debe ponerse a tierra.

Se cumplirá la siguiente condición:

$$R_A \times I_A < U$$

Siendo:

R_A : suma de las resistencias de tima 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, tales como fusibles interruptores automáticos.

El valor mínimo de la corriente de defecto, a partir de la cual el interruptor diferencial debe abrir automáticamente, en un tiempo conveniente, la instalación a proteger, determina la sensibilidad de funcionamiento del aparato.

La elección de la sensibilidad del diferencial que debe utilizarse en cada caso viene determinada por la resistencia de tierra de las masas, medida en cada punto de conexión de las mismas. Debe cumplir la relación:

- En locales secos: $R \leq (50/I_s)$
- En locales húmedos o mojados: $R \leq (24/I_s)$

Siendo I_s la sensibilidad en mA.

1.5.5. Solución adoptada

La solución adoptada consiste en colocar un interruptor general automático a la entrada del cuadro general de distribución. Luego, en este cuadro se colocarán cuatro diferenciales, uno para los circuitos 05 y 06, otro para los circuitos 07 y 08, otro para los circuitos 09 y 10, y otro para la batería de condensadores. Se colocan de esta manera con el fin de que haya selectividad, y en el caso de que hubiese algún fallo imprevisto (algún contacto indirecto) solo se quedarán sin suministro dos cuadros secundarios, sin afectar así a todos los cuadros secundarios. A parte de esto, también se han de colocar seis interruptores automáticos al principio de cada una de las seis líneas, para la protección de éstas.

En los cuadros secundarios 4 y 5 se ha de colocar un interruptor automático para la protección de cada una de las máquinas que alimentan, y se ha puesto un diferencial por cada tres o cuatro máquinas. Para la protección de las tomas de corriente trifásicas se ha colocado un interruptor automático en cada toma, y un único diferencial para las tomas trifásicas que pertenecen al mismo cuadro. Los circuitos monofásicos estarán protegidos cada uno con un interruptor automático, y tendrán como mínimo un diferencial cada cinco circuitos.

La distribución de las distintas protecciones estará representada en los planos de los cuadros auxiliares.



Los elementos de protección utilizados son de la marca Merlin Gerin. Para su elección se tendrá en cuenta, aparte del calibre y del poder de corte, la selectividad y las curvas de limitación de los mismos que aparecen en los catálogos comerciales.

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. Partiendo de un retardo de 0 ms en los diferenciales situados más abajo en las líneas, se dotarán a los situados aguas arriba por encima de estos de un retraso de 30-60 ms. Se incrementará el retraso en esta misma cantidad para los diferenciales situados por encima de los anteriores y así progresivamente hasta los diferenciales de cabecera de la línea.

1.5.5.1 CUADRO GENERAL DE DISTRIBUCIÓN

ENTRADA:

La entrada vendrá en la sección de la Acometida con cable RZ1-K 0.6/ 1 kV PRYSMIAN. Sección: 3x(3x240/120) mm².

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:
Características principales:
 - Calibre: 1250A
 - Poder de corte: 25 KA
 - N° de polos: III+N
 - Curva B
- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:
Características principales:
 - Calibre: 320A
 - Sensibilidad: 100 mA
 - N° de polos: 4P
- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:
Características principales:
 - Calibre: 80 A
 - Sensibilidad: 300 mA
 - N° de polos: 4P
- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:
Características principales:
 - Calibre: 1000A
 - Sensibilidad: 500 mA
 - N° de polos: 4P



SALIDAS:

Línea. Cuadro secundario N°0.

Sección del cable: 3x150/70+95TT mm².
H07V-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 250A
- Poder de corte: 25 KA
- N° de polos: III+N
- Curva C
- Reg. 210A

Línea. Cuadro secundario N°1.

Sección del cable: 3x6/6+4TT mm².
H07V-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 32A
- Poder de corte: 25 KA
- N° de polos: III+N
- Curva C

Línea. Cuadro secundario N°2.

Sección del cable: 3x16/10+4TT mm².
H07V-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 63A
- Poder de corte: 25 KA
- N° de polos: III+N
- Curva C

Línea. Cuadro secundario N°3.

Sección del cable: 3x4/4+4TT mm².
H07V-K 0.6/1KV PRYSMIAN



- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 16A
- Poder de corte: 25 KA
- N° de polos: III+N
- Curva C

Línea. Cuadro secundario N°4.

Sección del cable: 3x150/70+95TT mm².
H07V-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 250A
- Poder de corte: 25 KA
- N° de polos: III+N
- Curva C

Línea. Cuadro secundario N°5.

Sección del cable: 3x300/150+150TT mm².
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 630A
- Poder de corte: 25 KA
- N° de polos: III+N
- Curva C

Línea. Batería de condensadores.

Sección del cable: 3x120/70+70TT mm².
H07V-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 320A
- Poder de corte: 25 KA
- N° de polos: III+N
- Curva C
- Reg. 255A



- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 320 A
- Sensibilidad: 100 mA
- N° de polos: 4P

1.5.5.2 CUADRO SECUNDARIO N°0

ENTRADA:

Sección del cable: 3x150/70+95TT mm².
H07V-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 250A
- Poder de corte: 22 KA
- N° de polos: III+N
- Curva B
- Reg. 208A

- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 320 A
- Sensibilidad: 30 mA
- N° de polos: 4P

SALIDAS:

Circuito 12

Sección del cable: 2x1,5+4TT mm².
H07V-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 6A
- Poder de corte: 6 KA
- N° de polos: I+N
- Curva B



Circuito 13, 14 y 15

Sección del cable: 3x4/4+4TT mm².
H07V-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:
Características principales:
 - Calibre: 10A
 - Poder de corte: 22 KA
 - N° de polos: III+N
 - Curva C

Circuito 17

Sección del cable: 2x1,5+4TT mm².
H07V-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:
Características principales:
 - Calibre: 10A
 - Poder de corte: 15 KA
 - N° de polos: I+N
 - Curva B

Circuito 19

Sección del cable: 2x1,5+4TT mm².
H07V-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:
Características principales:
 - Calibre: 10A
 - Poder de corte: 15 KA
 - N° de polos: I+N
 - Curva B

Circuito 20

Sección del cable: 3x95/50+50TT mm².
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN



- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 250A
- Poder de corte: 22 KA
- N° de polos: III+N
- Curva C
- Reg. 170A

1.5.5.3 CUADRO SECUNDARIO N°1

ENTRADA:

Sección del cable: 3x6/6+4TT mm².
H07V-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 32A
- Poder de corte: 22 KA
- N° de polos: III+N
- Curva B

- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 40 A
- Sensibilidad: 30 mA
- N° de polos: 4P

- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 40 A
- Sensibilidad: 30 mA
- N° de polos: 4P

SALIDAS:

Circuito 21

Sección del cable: 2x1,5+4TT mm².
H07V-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 10A
- Poder de corte: 15 KA
- N° de polos: I+N
- Curva B



-Reg. 2A

Circuito 22

Sección del cable: $2 \times 1,5 + 4 \text{TT} \text{ mm}^2$.
H07V-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 10A
- Poder de corte: 15 KA
- N° de polos: I+N
- Curva B
- Reg. 1,5A

Circuito 24

Sección del cable: $2 \times 1,5 + 4 \text{TT} \text{ mm}^2$.
H07V-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 10A
- Poder de corte: 15 KA
- N° de polos: I+N
- Curva B
- Reg. 4,6A

Circuito 26

Sección del cable: $2 \times 1,5 + 4 \text{TT} \text{ mm}^2$.
H07V-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 10A
- Poder de corte: 15 KA
- N° de polos: I+N
- Curva B
- Reg. 6,8A



Circuito 27

Sección del cable: 3x2,5/2,5+4TT mm².
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:
Características principales:
 - Calibre: 16A
 - Poder de corte: 22 KA
 - N° de polos: III+N
 - Curva C
 - Reg. 4,7A

Circuito SAI

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:
Características principales:
 - Calibre: 16A
 - Poder de corte: 22 KA
 - N° de polos: III+N
 - Curva C
 - Reg. 11,5A

Circuito 28

Sección del cable: 3x2,5/2,5+4TT mm².
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:
Características principales:
 - Calibre: 16A
 - Poder de corte: 22 KA
 - N° de polos: III+N
 - Curva C
 - Reg. 3,8A

Circuito 29

Sección del cable: 3x2,5/2,5+4TT mm².
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:
Características principales:
 - Calibre: 16A
 - Poder de corte: 22 KA



- Nº de polos: III+N
- Curva C
- Reg. 3,8A

Circuito 30

Sección del cable: $3 \times 2,5/2,5 + 4TT \text{ mm}^2$.
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:
Características principales:
 - Calibre: 16A
 - Poder de corte: 22 KA
 - Nº de polos: III+N
 - Curva C
 - Reg. 3,8A

1.5.5.4 CUADRO SECUNDARIO Nº2

ENTRADA:

Sección del cable: $3 \times 16/10 + 4TT \text{ mm}^2$.
H07V-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:
Características principales:
 - Calibre: 63A
 - Poder de corte: 22 KA
 - Nº de polos: III+N
 - Curva B
- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:
Características principales:
 - Calibre: 40 A
 - Sensibilidad: 30 mA
 - Nº de polos: 4P
- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:
Características principales:
 - Calibre: 63 A
 - Sensibilidad: 30 mA
 - Nº de polos: 4P
- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:
Características principales:
 - Calibre: 63 A
 - Sensibilidad: 30 mA



- N° de polos: 4P
- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:
Características principales:
 - Calibre: 63 A
 - Sensibilidad: 30 mA
 - N° de polos: 4P
- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:
Características principales:
 - Calibre: 40 A
 - Sensibilidad: 30 mA
 - N° de polos: 4P

SALIDAS:

Circuito 31

Sección del cable: 2x2,5+4TT mm².
H07V-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:
Características principales:
 - Calibre: 10A
 - Poder de corte: 15 KA
 - N° de polos: I+N
 - Curva B
 - Reg. 5,7A

Circuito 33

Sección del cable: 2x4+4TT mm².
H07V-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:
Características principales:
 - Calibre: 10A
 - Poder de corte: 15 KA
 - N° de polos: I+N
 - Curva B
 - Reg. 6,8A



Circuito 34

Sección del cable: 2x2,5+4TT mm².
H07V-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:
Características principales:
 - Calibre: 10A
 - Poder de corte: 15 KA
 - N° de polos: I+N
 - Curva B
 - Reg. 5,7A

Circuito 36

Sección del cable: 2x4+4TT mm².
H07V-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:
Características principales:
 - Calibre: 10A
 - Poder de corte: 15 KA
 - N° de polos: I+N
 - Curva B
 - Reg. 6,8A

Circuito 37

Sección del cable: 2x2,5+4TT mm².
H07V-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:
Características principales:
 - Calibre: 10A
 - Poder de corte: 15 KA
 - N° de polos: I+N
 - Curva B
 - Reg. 2,3A

Circuito 39

Sección del cable: 2x1,5+4TT mm².
H07V-K 0.6/1KV PRYSMIAN



- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 10A
- Poder de corte: 15 KA
- N° de polos: I+N
- Curva B
- Reg. 1,3A

Circuito 41

Sección del cable: 2x1,5+4TT mm².

H07V-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 10A
- Poder de corte: 15 KA
- N° de polos: I+N
- Curva B
- Reg. 2,3A

Circuito 43

Sección del cable: 2x2,5+4TT mm².

H07V-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 10A
- Poder de corte: 15 KA
- N° de polos: I+N
- Curva B
- Reg. 4,6A

Circuito 45

Sección del cable: 2x1,5+4TT mm².

H07V-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 10A
- Poder de corte: 15 KA
- N° de polos: I+N
- Curva B



-Reg. 4,6A

Circuito 47

Sección del cable: $2 \times 1,5 + 4 \text{TT} \text{ mm}^2$.
H07V-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 10A
- Poder de corte: 15 KA
- N° de polos: I+N
- Curva B
- Reg. 2,3A

Circuito 49

Sección del cable: $2 \times 1,5 + 4 \text{TT} \text{ mm}^2$.
H07V-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 10A
- Poder de corte: 15 KA
- N° de polos: I+N
- Curva B
- Reg. 1,3A

Circuito 51

Sección del cable: $2 \times 1,5 + 4 \text{TT} \text{ mm}^2$.
H07V-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 10A
- Poder de corte: 15 KA
- N° de polos: I+N
- Curva B
- Reg. 1,3A



Circuito 53

Sección del cable: 2x1,5+4TT mm².
H07V-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:
Características principales:
 - Calibre: 10A
 - Poder de corte: 15 KA
 - N° de polos: I+N
 - Curva B
 - Reg. 1,3A

Circuito 55

Sección del cable: 2x1,5+4TT mm².
H07V-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:
Características principales:
 - Calibre: 10A
 - Poder de corte: 15 KA
 - N° de polos: I+N
 - Curva B
 - Reg. 1,3A

Circuito 57

Sección del cable: 2x1,5+4TT mm².
H07V-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:
Características principales:
 - Calibre: 10A
 - Poder de corte: 15 KA
 - N° de polos: I+N
 - Curva B
 - Reg. 1,7A

Circuito 59

Sección del cable: 2x1,5+4TT mm².
H07V-K 0.6/1KV PRYSMIAN



- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 10A
- Poder de corte: 15 KA
- N° de polos: I+N
- Curva B
- Reg. 1,7A

Circuito 61

Sección del cable: 3x4/4+4TT mm².

RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 16A
- Poder de corte: 22 KA
- N° de polos: III+N
- Curva C
- Reg. 4,7A

Circuito 62

Sección del cable: 3x2,5/2,5+4TT mm².

RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 16A
- Poder de corte: 22 KA
- N° de polos: III+N
- Curva 2
- Reg. 4,7A

Circuito SAI

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 16A
- Poder de corte: 22 KA
- N° de polos: III+N
- Curva C



Circuito 63

Sección del cable: 3x4/4+4TT mm².
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:
Características principales:
 - Calibre: 16A
 - Poder de corte: 22 KA
 - N° de polos: III+N
 - Curva C
 - Reg. 4A

Circuito 64

Sección del cable: 3x2,5/2,5+4TT mm².
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:
Características principales:
 - Calibre: 16A
 - Poder de corte: 22 KA
 - N° de polos: III+N
 - Curva C
 - Reg. 4A

Circuito 65

Sección del cable: 3x4/4+4TT mm².
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:
Características principales:
 - Calibre: 16A
 - Poder de corte: 22 KA
 - N° de polos: III+N
 - Curva C
 - Reg. 4A

Circuito 66

Sección del cable: 3x2,5/2,5+4TT mm².
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:



Características principales:

- Calibre: 16A
- Poder de corte: 22 KA
- N° de polos: III+N
- Curva C
- Reg. 4A

1.5.5.5 CUADRO SECUNDARIO N°3

ENTRADA:

Sección del cable: 3x4/4+4TT mm².
H07V-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 25A
- Poder de corte: 25 KA
- N° de polos: III+N
- Curva B

- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 40 A
- Sensibilidad: 30 mA
- N° de polos: 4P

- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 40 A
- Sensibilidad: 30 mA
- N° de polos: 4P

- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 25 A
- Sensibilidad: 30 mA
- N° de polos: 4P

SALIDAS:Circuito 67

Sección del cable: 2x1,5+4TT mm².
H07V-K 0.6/1KV PRYSMIAN



- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 10A
- Poder de corte: 15 KA
- N° de polos: I+N
- Curva B
- Reg. 1,5A

Circuito 69

Sección del cable: 2x1,5+4TT mm².

H07V-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 10A
- Poder de corte: 15 KA
- N° de polos: I+N
- Curva B
- Reg. 0,7A

Circuito 71

Sección del cable: 2x1,5+4TT mm².

H07V-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 10A
- Poder de corte: 15 KA
- N° de polos: I+N
- Curva B
- Reg. 2,5A

Circuito 73

Sección del cable: 2x1,5+4TT mm².

H07V-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 10A
- Poder de corte: 15 KA
- N° de polos: I+N
- Curva B



-Reg. 2,5A

Circuito 75

Sección del cable: $2 \times 1,5 + 4TT \text{ mm}^2$.
H07V-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 10A
- Poder de corte: 15 KA
- N° de polos: I+N
- Curva B
- Reg. 0,7A

Circuito 76

Sección del cable: $3 \times 2,5/2,5 + 4TT \text{ mm}^2$.
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 16A
- Poder de corte: 22 KA
- N° de polos: III+N
- Curva C
- Reg. 4A

Circuito 77

Sección del cable: $3 \times 2,5/2,5 + 4TT \text{ mm}^2$.
H07V-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 16A
- Poder de corte: 22 KA
- N° de polos: III+N
- Curva C
- Reg. 13A



1.5.5.6 CUADRO SECUNDARIO N°3.1

ENTRADA:Sección del cable: 3x2,5/2,5+4TT mm².

H07V-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 16A
- Poder de corte: 22 KA
- N° de polos: III+N
- Curva B
- Reg. 13A

- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 25 A
- Sensibilidad: 30 mA
- N° de polos: 4P

SALIDAS:Circuito 78Sección del cable: 2x1,5+4TT mm².

H07V-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 10A
- Poder de corte: 15 KA
- N° de polos: I+N
- Curva B
- Reg. 1,5A

Circuito 80Sección del cable: 2x1,5+4TT mm².

H07V-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

**Características principales:**

- Calibre: 10A
- Poder de corte: 15 KA
- N° de polos: I+N
- Curva B
- Reg. 2,5A

Circuito 82

Sección del cable: 2x2,5+4TT mm².
H07V-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 10A
- Poder de corte: 15 KA
- N° de polos: I+N
- Curva B
- Reg. 2,5A

Circuito 84

Sección del cable: 2x1,5+4TT mm².
H07V-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 10A
- Poder de corte: 15 KA
- N° de polos: I+N
- Curva B
- Reg. 1A

Circuito 86

Sección del cable: 2x2,5/2,5+4TT mm².
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 16A
- Poder de corte: 22 KA
- N° de polos: III+N
- Curva C
- Reg. 5A



1.5.5.7 CUADRO SECUNDARIO N°4

ENTRADA:

Sección del cable: 3x150/70+95TT mm².
H07-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:
Características principales:
 - Calibre: 250A
 - Poder de corte: 22 KA
 - N° de polos: III+N
 - Curva B
- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:
Características principales:
 - Calibre: 25 A
 - Sensibilidad: 30 mA
 - N° de polos: 4P
- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:
Características principales:
 - Calibre: 25 A
 - Sensibilidad: 30 mA
 - N° de polos: 4P
- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:
Características principales:
 - Calibre: 40 A
 - Sensibilidad: 30 mA
 - N° de polos: 4P
- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:
Características principales:
 - Calibre: 320 A
 - Sensibilidad: 30 mA
 - N° de polos: 4P

SALIDAS:

Circuito 87, 88 y 89

Sección del cable: 3x1,5/1,5+4TT mm².
H07V-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:



Características principales:

- Calibre: 10A
- Poder de corte: 22 KA
- N° de polos: III+N
- Curva C

Circuito 91

Sección del cable: 2x1,5+4TT mm².
H07V-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 6A
- Poder de corte: 6 KA
- N° de polos: I+N
- Curva B

Circuito 92

Sección del cable: 3x2,5+4TT mm².
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 10A
- Poder de corte: 22 KA
- N° de polos: III
- Curva D

Circuito 93

Sección del cable: 3x2,5+4TT mm².
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 10A
- Poder de corte: 22 KA
- N° de polos: III
- Curva D



Circuito 94

Sección del cable: 3x2,5+4TT mm².
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:
Características principales:
 - Calibre: 10A
 - Poder de corte: 22 KA
 - N° de polos: III
 - Curva D

Circuito 95

Sección del cable: 3x2,5+4TT mm².
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:
Características principales:
 - Calibre: 10A
 - Poder de corte: 22 KA
 - N° de polos: III
 - Curva D

Circuito 96

Sección del cable: 3x25+16TT mm².
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:
Características principales:
 - Calibre: 10A
 - Poder de corte: 22 KA
 - N° de polos: III
 - Curva D

Circuito 97

Sección del cable: 3x95+50TT mm².
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:
Características principales:
 - Calibre: 250A
 - Poder de corte: 22 KA



- Nº de polos: III
- Curva D

Circuito 98

Sección del cable: 3x35+25TT mm².
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:
Características principales:
 - Calibre: 10A
 - Poder de corte: 22 KA
 - Nº de polos: III
 - Curva D

Circuito 99

Sección del cable: 3x10 +4TT mm².
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:
Características principales:
 - Calibre: 10A
 - Poder de corte: 22 KA
 - Nº de polos: III
 - Curva D

1.5.5.8 CUADRO SECUNDARIO Nº5

ENTRADA:

Sección del cable: 3x300/150+150TT mm².
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:
Características principales:
 - Calibre: 630A
 - Poder de corte: 22 KA
 - Nº de polos: III+N
 - Curva B



- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:
Características principales:
 - Calibre: 40 A
 - Sensibilidad: 30 mA
 - N° de polos: 4P
- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:
Características principales:
 - Calibre: 25 A
 - Sensibilidad: 30 mA
 - N° de polos: 4P
- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:
Características principales:
 - Calibre: 63 A
 - Sensibilidad: 30 mA
 - N° de polos: 4P
- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:
Características principales:
 - Calibre: 63 A
 - Sensibilidad: 30 mA
 - N° de polos: 4P
- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:
Características principales:
 - Calibre: 320 A
 - Sensibilidad: 30 mA
 - N° de polos: 4P
- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:
Características principales:
 - Calibre: 40 A
 - Sensibilidad: 30 mA
 - N° de polos: 4P
- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:
Características principales:
 - Calibre: 400 A
 - Sensibilidad: 30 mA
 - N° de polos: 4P

SALIDAS:

Circuito 100

Sección del cable: 2x1,5+4TT mm².
H07V-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:



Características principales:

- Calibre: 10A
- Poder de corte: 15 KA
- N° de polos: I+N
- Curva B

Circuito 101, 102 y 103

Sección del cable: 3x6/6+4TT mm².

H07V-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 20A
- Poder de corte: 22 KA
- N° de polos: III+N
- Curva C

Circuito 105, 106 y 107

Sección del cable: 3x6/6+4TT mm².

H07V-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 10A
- Poder de corte: 22 KA
- N° de polos: III+N
- Curva C

Circuito 109

Sección del cable: 2x1,5+4TT mm².

H07V-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 6A
- Poder de corte: 6 KA
- N° de polos: I+N
- Curva B



Circuito 110

Sección del cable: 3x2,5+4TT mm².
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:
Características principales:
 - Calibre: 10A
 - Poder de corte: 22 KA
 - N° de polos: III
 - Curva D

Circuito 111

Sección del cable: 3x2,5+4TT mm².
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:
Características principales:
 - Calibre: 10A
 - Poder de corte: 22 KA
 - N° de polos: III
 - Curva D

Circuito 112

Sección del cable: 3x2,5+4TT mm².
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:
Características principales:
 - Calibre: 10A
 - Poder de corte: 22 KA
 - N° de polos: III
 - Curva D

Circuito 113

Sección del cable: 3x2,5+4TT mm².
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN



- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 20A
- Poder de corte: 22 KA
- N° de polos: III
- Curva C

Circuito 114

Sección del cable: 3x2,5+4TT mm².

RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 10A
- Poder de corte: 22 KA
- N° de polos: III
- Curva D

Circuito 115

Sección del cable: 3x2,5+4TT mm².

RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 16A
- Poder de corte: 22 KA
- N° de polos: III
- Curva D

Circuito 116

Sección del cable: 3x2,5+4TT mm².

RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 16A
- Poder de corte: 22 KA
- N° de polos: III
- Curva D



Circuito 117

Sección del cable: 3x2,5+4TT mm².
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:
Características principales:
 - Calibre: 16A
 - Poder de corte: 22 KA
 - N° de polos: III
 - Curva C

Circuito 118

Sección del cable: 3x2,5+4TT mm².
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:
Características principales:
 - Calibre: 16A
 - Poder de corte: 22 KA
 - N° de polos: III
 - Curva C

Circuito 119

Sección del cable: 3x2,5+4TT mm².
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:
Características principales:
 - Calibre: 10A
 - Poder de corte: 22 KA
 - N° de polos: III
 - Curva D

Circuito 120

Sección del cable: 3x120+70TT mm².
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN



- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 250A
- Poder de corte: 22 KA
- N° de polos: III
- Curva D
- Reg. 200A

Circuito 121

Sección del cable: 3x16+4TT mm².

RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 10A
- Poder de corte: 22 KA
- N° de polos: III
- Curva D

Circuito 122

Sección del cable: 3x6+4TT mm².

RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 10A
- Poder de corte: 22 KA
- N° de polos: III
- Curva D

Circuito 123

Sección del cable: 3x2,5+4TT mm².

RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 10A
- Poder de corte: 22 KA
- N° de polos: III
- Curva D



Circuito 124

Sección del cable: 3x2,5+4TT mm².
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:
Características principales:
 - Calibre: 10A
 - Poder de corte: 22 KA
 - N° de polos: III
 - Curva D

Circuito 125

Sección del cable: 3x2,5+4TT mm².
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:
Características principales:
 - Calibre: 10A
 - Poder de corte: 22 KA
 - N° de polos: III
 - Curva D

Circuito 126

Sección del cable: 3x2,5+4TT mm².
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:
Características principales:
 - Calibre: 10A
 - Poder de corte: 22 KA
 - N° de polos: III
 - Curva D

Circuito 127

Sección del cable: 3x2,5+4TT mm².
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN



- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 10A
- Poder de corte: 22 KA
- N° de polos: III
- Curva D

Circuito 128

Sección del cable: 3x2,5+4TT mm².

RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 10A
- Poder de corte: 22 KA
- N° de polos: III
- Curva D

Circuito 129

Sección del cable: 3x150+95TT mm².

RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 320A
- Poder de corte: 22 KA
- N° de polos: III
- Curva D
- Reg. 270A

1.6. Puestas a tierra

1.6.1. Introducción

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



La puesta a tierra se plantea como una instalación paralela a la instalación eléctrica, como un circuito de protección, que tiene que proteger a las personas, a las instalaciones eléctricas y a los receptores conectados a ellas.

El límite de tensión admisible entre una masa 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.

Las tomas de tierra limitan las sobreintensidades que por diferentes causas aparecen en las instalaciones, siendo esta limitación tanto mayor en cuanto las tomas de tierra presenten menor impedancia al paso de esta corriente.

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.

1.6.2. Objetivo de la puesta a tierra

La puesta a tierra, es la unión eléctrica directa, sin fusibles ni protección alguna, de sección suficiente, entre determinados elementos o partes de una instalación y un electrodo o grupos de electrodos enterrados en el suelo, con el objeto de conseguir que en el conjunto de instalaciones, edificios y superficie próxima del terreno no existan diferencias de potencial peligrosas y que al mismo tiempo permita el paso a tierra de las corrientes de falta, o la de descargas de origen atmosférico.

La instalación a tierra manda a tierra toda la corriente eléctrica que se salga de su recorrido normal y también enviará a tierra corrientes o descargas de origen atmosférico o procedentes de otras fuentes.

El paso de estas diferentes corrientes por el terreno conductor, con unas características eléctricas variables por sus características geológicas, producen unas distribuciones de potencial en toda su masa y en particular en su superficie, con las consiguientes diferencias de potencial entre puntos del terreno que inciden directamente sobre la seguridad de las personas. Por ello, los estudios de las puestas a tierra deberían considerar:

- La seguridad de las personas.
- La protección de las instalaciones.
- La protección de los equipos sensibles.



- Un potencial de referencia.

Para ello es necesario conocer:

- 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, teniendo en cuenta su heterogeneidad (rocas que lo forman, estratos, textura, etc.) y los factores que sobre él actúan (humedad y temperatura).

1.6.3. Partes de la puesta a tierra

Los elementos de puesta a tierra, se dividen en cinco partes o grupos:

1) El terreno.

El terreno, desde el punto de vista eléctrico, se considera como el elemento encargado de disipar corrientes de defecto o descargas de origen atmosférico.

Este comportamiento viene determinado por la resistividad, que es una característica de todos los materiales y que nos da una idea de la resistencia que ofrece un material al ser atravesado por una corriente eléctrica.

Los cuerpos que tienen una resistividad muy baja, dejan pasar fácilmente la corriente eléctrica y los materiales que tienen una resistividad alta, se oponen al paso de corriente.

La resistividad del terreno se mide en ohmios por metro.

Como los terrenos no suelen ser uniformes en cuanto a su composición, un determinado terreno tendrá una resistividad aparente que promedia los efectos de las diferentes capas que componen el terreno.

La investigación de las características eléctricas del terreno es un requerimiento de la instrucción MIE-RAT-13, para realizar el proyecto de una instalación de puesta a tierra.

El terreno, como conductor de la corriente eléctrica, se puede considerar como un agregado formado por una parte sólida mineral y sendas partes líquida y gaseosa. La resistividad del terreno depende de los siguientes conceptos:

- 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 es el elemento de unión entre el terreno y el circuito instalado en el interior del edificio.

La toma de tierra consta de tres partes fundamentales:

1.- Electrodo

Son la masa metálica que se encuentra en contacto permanente con el terreno para facilitar a este el paso de corrientes de defecto, o la carga eléctrica que pueda tener.

Pueden ser naturales o artificiales; los electrodos naturales, suelen estar constituidos por conducciones metálicas enterradas, como conducciones de agua, cubiertas de plomo de cables de redes subterráneas, pilares metálicos de los edificios que se construyen con estructuras metálicas, etc. Los electrodos artificiales pueden ser barras (picas), tubos, placas metálicas, cables, u otros perfiles que a su vez puedan combinarse formando anillos o mallas.

De la sección en contacto con el terreno dependerá el valor de la resistencia a tierra. En general, la sección de un electrodo no debe ser inferior a un cuarto de la sección del conductor de línea principal de tierra.

Los metales deben ser inalterables a las acciones de la humedad y del terreno como son el cobre, el hierro galvanizado, etc.

2.- Líneas de enlace con tierra

La línea de enlace con la tierra está formada por los conductores que unen el electrodo, conjunto de electrodos o anillo, con el punto de puesta a tierra. Los conductores de enlace con tierra desnudos en el suelo, se consideran que forman parte del electrodo y deberán ser de cobre u otro metal de alto punto de fusión con un mínimo de 35 mm² de sección en caso de ser de cobre o su equivalente de otros metales.



3.- Punto de puesta a tierra

El elemento de la puesta a tierra, es el situado fuera del terreno y que sirve de unión entre la línea de enlace con tierra y la línea principal de tierra. El punto de puesta es un elemento de conexión, placa, regleta, grapa, etc. que une los conductores de la línea de enlace con la principal de tierra. 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.

Es la parte del circuito de puesta a tierra del edificio, que está formado por conductores de cobre, que partiendo de los puntos de puesta a tierra, conecta con las derivaciones necesarias para la puesta a tierra de todas las masas o elementos necesarios.

Serán de cobre y se dimensionarán con la máxima corriente de falta que se prevé, siendo como mínimo de 16 mm² de sección.

Su tendido se hará buscando los caminos más cortos y evitando los cambios bruscos de dirección. Se evitará someterlos a desgastes mecánicos y estarán protegidos contra la corrosión y los desgastes mecánicos. La línea principal de tierra termina en el punto de puesta a tierra, teniendo especial cuidado en la conexión, asegurando una conexión efectiva.

4) Derivaciones de las líneas principales de tierra.

Son los conductores que unen la línea principal de tierra con los conductores de protección o bien directamente las masas significativas que existen en el edificio. Serán de cobre o de otro metal de elevado punto de fusión. El dimensionamiento viene en la ITC-BT-18.

Secciones de los conductores de fase (mm²)	Secciones mínimas de los conductores de protección (mm²)
S ≤ 16	S
16 < S ≤ 35	16
S > 35	S / 2
<ul style="list-style-type: none"> - 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. - 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. 	



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, con el fin de asegurar la protección contra los 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-19.

1.6.4. Elementos a conectar a la toma de tierra

Una vez realizada la toma de tierra del edificio, se deberá conectar en los puntos de puesta a tierra todos los elementos metálicos o elementos susceptibles de ponerse en tensión, con el fin de conseguir una gran red equipotencial dentro del edificio y en contacto íntimo con tierra.

Según la norma tecnológica de la edificación, deberá conectarse a tierra:

- a) Las instalaciones de fontanería, gas y calefacción, depósitos, calderas, etc.
- b) Guías metálicas de los aparatos elevadores.
- c) Caja General de Protección (no obligatorio según R.E.B.T.).
- d) Instalación de pararrayos.
- e) Instalación de antenas colectivas de TV y FM.
- f) Redes equipotenciales de cuarto de baño, que unan enchufes eléctricos y masas metálicas.
- g) Toda masa o elemento metálico significativo.
- h) Estructuras metálicas y armaduras de muros de hormigón.

1.6.5. 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 abarca todo el perímetro de la nave, y en cada vértice tendrá una pica de acero galvanizado de 14 mm de diámetro y 2 metros de longitud.

El número total de picas será 5, de acero galvanizado con arquetas de ladrillo. La conexión entre el conductor de cobre en anillo y las picas se realizará mediante soldadura de alto poder de fusión (soldadura aluminotérmica).

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. La puesta a tierra estará conectada a cada uno de 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.

1.7. Potencia a compensar

La potencia reactiva, calculada en función de los diferentes receptores será:

$$Q=342898,117 \text{ VAr}$$

La idea es colocar un condensador en la acometida para corregir el factor de potencia, puesto que la compañía suministradora de energía eléctrica (en este caso Iberdrola), dependiendo de dicho factor, en la factura eléctrica aplica un recargo o una bonificación.

Si el factor de potencia es cercano a 1, se aplica una bonificación, si por el contrario es muy bajo, se aplica un recargo. En nuestro caso lo que queremos es obtener un factor de potencia cercano a 1, y se ha elegido $\cos\phi = 0,97$.

Aparte del ahorro económico que supone en la factura eléctrica, la compensación de energía reactiva reporta mejoras en las prestaciones y funcionamiento de la instalación, disminuyendo las caídas de tensión y las pérdidas por efecto Joule.

Para ello, se colocará, como se ha comentado, un condensador en la acometida. El equipo seleccionado para la corrección automática del factor de potencia es una **batería de condensadores de 175 KVAR (Con escalones 7x25KVAR)**, serie **RECTIMAT 2 estándar de 400V**, que se colocará en el Cuadro General de BT.

La batería automática escogida tiene una serie de características:

- Tensión asignada: 400 V, trifásicos 50 Hz.
- Grado de protección IP31
- Auto transformador 400/230 V, integrado.
- Protección contra contactos directos (puerta abierta)
- Normas: CEI 439-1, UNE EN-60439-1



1.8. Potencia a contratar

1.8.1. Máxímetros a elegir

Para contratar la potencia deberemos escoger una de las siguientes opciones:

1.- Con un Máxímetro

Un máxímetro es un instrumento de medición eléctrico cuya finalidad es obtener el valor máximo de la potencia eléctrica demandada durante un periodo de facturación de una compañía suministradora de energía eléctrica. El método de funcionamiento en el que se basa es en la realización de integrales del consumo eléctrico cada 15 minutos, y registra el valor más alto.

Si utilizamos este método la manera que tiene la compañía eléctrica de facturarnos es de la siguiente forma:

- Si sobrepasamos 1.05 veces la potencia contratada aplicará la siguiente fórmula:

$$P_F = P_R + 2 \times (P_R - 1.05 \times P_C)$$

Donde:

P_F = Potencia facturada.

P_R = Potencia registrada por el máxímetro.

P_C = Potencia contratada.

- Si el medidor marca entre 0.85 veces y 1.05 veces la potencia contratada nos aplicará esta:

$$P_F = P_R$$

- Si no llegamos a 0.85 veces la potencia contratada nos aplicará esta:

$$P_F = 0.85 \times P_C$$

2.- Con dos Máxímetros

Con la utilización de dos máxímetros llega la diferenciación de horarios en los que se consume que se expondrá posteriormente.

En este método uno de los máxímetros se utiliza para registrar la energía utilizada en los periodos horarios considerados punta y llano, mientras que el otro máxímetro se encarga de registrar la energía utilizada en los horarios denominados valle.

El máxímetro que se utiliza para las horas punta y llano funciona como el método de 1 máxímetro, es decir, se obtiene la potencia del máxímetro 1 como la potencia de facturación del caso anterior.



El maxímetro 2 se utiliza para las horas valle y también se calcula con el método de 1 maxímetro.

Para hallar la potencia de facturación se hace lo siguiente:

- Si la potencia de las horas valle es mayor que la de las horas punta y llano:

$$P_F = P_{1,2} + 0.2 \times (P_{HV} - P_{1,2})$$

P_F = Potencia facturada.

$P_{1,2}$ = Potencia a considerar en los periodos punta y llano aplicando el modo de 1 maxímetro.

P_{HV} = Potencia registrada en las horas valle.

- Si la potencia de las horas valle es menor que la de las horas punta y llano:

$$P_F = P_{1,2}$$

3.- Con tres Maxímetros

En este método se utiliza un maxímetro para franja horaria, es decir, uno para las horas punta, otros para las horas llano y otro para las valle. Por lo tanto para el cálculo de cada maxímetro se hace lo hecho en el primer caso.

La potencia de facturación se calcula de la siguiente forma:

$$P_F = P_{HP} + 0.5 \times (P_{HLL} - P_{HP}) + 0.2 \times (P_{HV} - P_{HLL})$$

P_F = Potencia facturada.

P_{HP} = Potencia registrada en las horas punta.

P_{HLL} = Potencia registrada en las horas llano.

P_{HV} = Potencia registrada en las horas valle.

Con esta fórmula tenemos que diferenciar los siguientes casos:

- Si la potencia de las horas llano es mayor que la de las punta:

$$P_F = P_{HP} + 0.2 \times (P_{HV} - P_{HLL})$$

- Si la potencia de las horas llano es mayor que la de las punta y la potencia de las horas llano también es mayor que la de las valle:

$$P_F = P_{HP}$$

- Si la potencia de las horas llano es mayor que la de las valle:

$$P_F = P_{HP} + 0.5 \times (P_{HLL} - P_{HP})$$



1.8.2. Tarifas a elegir

Con estas tarifas existen diferentes franjas horarias e incluso periodos anuales, y todos ellos quedan determinados por la empresa suministradora.

Si eliges el método de 1 maxímetro no hace falta elegir tarifa, ya que no hay discriminación horaria, por lo que la compañía establece otro término de potencia.

1.- Triple Tarifa A

Con esta tarifa tenemos, como ya se ha dicho, 3 franjas horarias distintas. Por lo tanto el día, que tiene 24 horas, queda dividido de la siguiente forma:

- Las horas punta serán 4 horas y el recargo económico en ellas será del 70%.
- Las horas llano serán 12 horas y no habrá ni recargo ni descuento.
- Las horas valle serán 8 horas y habrá un descuento del 43%.

2.- Triple Tarifa B

Al igual que en el anterior caso hay 3 franjas horarias para los días laborables (de lunes a sábado), mientras que hay un precio especial para festivos y domingos. De lunes a sábado:

- Las horas punta son 6 horas y tendrán un recargo del 100%.
- Las horas llano son 10 horas y no tendrán ni recargo ni descuento.
- Las horas valle son 8 horas y tendrán un descuento del 43%.

Festivos y domingos:

- Estos días se considerarán sus 24 horas como horas valle por lo que tendrán un descuento del 43%.

Esta tarifa beneficia mucho a las empresas que trabajan ininterrumpidamente los 7 días de la semana.

3.- Estacional

En este caso, lo que ocurre es que se divide el año en cuatro periodos, de ahí su nombre, (pico (70 días), alto (80 días), medio (80 días) y bajo (135 días) estos periodos a su vez, tienen una discriminación de horas punta, llano y valle.

El número de horas de cada una de las franjas horarias es exactamente igual al de la triple tarifa A, pero los recargos no:

- Si consumimos en las horas punta de los días pico el recargo es del 300%.



- Si consumimos en las horas punta de los días alto el recargo es del 100%.
- Si consumimos en las horas punta de los otros dos periodos o si consumimos en las horas llano de cualquiera de ellos, no hay ni recargo ni descuento.
- Si consumimos en las horas valle de cualquier periodo, el descuento será del 43%.

1.9. Centro de Transformación

1.9.1. Introducción

La alimentación de todos los circuitos de la instalación se realizará a partir del centro de transformación propiedad de la empresa, ubicado en un local de uso exclusivo y de fácil acceso. En el se encuentran los elementos de unión entre la red de distribución y el transformador de potencia.

Al centro de transformación llegará la acometida de alta tensión a 13,2 KV subterránea, y en el se dispondrán los elementos necesarios y exigidos por la reglamentación vigente.

Las necesidades de la instalación serán cubiertas mediante un transformador de 800 KVA.

1.9.2. Reglamentación y disposiciones oficiales

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

- Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas y Centros de transformación, e Instrucciones Técnicas Complementarias (Real Decreto 3.275/82, de noviembre de 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.

1.9.3. Características generales del Centro de Transformación

La acometida será subterránea, se alimentará de la red de Media Tensión, el suministro de energía se efectuará a una tensión de servicio de 13,2 KV y a una frecuencia de 50 Hz, siendo la Compañía Eléctrica suministradora Iberdrola.



Dadas las características de ubicación de la parcela en la que se emplaza la nave, la empresa suministradora, clasifica el centro de transformación objeto de estudio como centro de transformación de abonado. Por lo que se considerará la llegada de una única línea de media tensión, y no será necesaria la instalación de una celda de salida.

El centro de transformación será prefabricado de la marca ORMAZABAL, modelo PFU-4, empleando para su aparellaje celdas prefabricadas bajo envoltente metálica según la norma UNE-20.099-90 de la marca ORMAZABAL. Se encuentra situado en la parte trasera de la nave, a la misma altura del cuarto de compresores.

1.9.4. Características de las celdas

Los tipos generales de celdas empleadas en este proyecto son sistema CGM: celdas modulares de aislamiento en aire equipadas de aparellaje fijo que utiliza el hexafloruro de azufre como elemento de corte y extinción de arco.

Responderán en su concepción y fabricación a la definición de aparamenta bajo envoltente metálica compartimentada de acuerdo con la norma UNE-20.099-90.

1.9.5. Descripción de la Instalación

1.9.5.1 OBRA CIVIL

1.9.5.1.1 Local

El centro estará ubicado en una caseta independiente destinada únicamente a esta finalidad, situado en la parte trasera de la nave, a la misma altura del cuarto de compresores.

La caseta será de construcción prefabricada de hormigón de la marca ORMAZABAL, modelo PFU-4.

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.

1.9.5.1.2 Características constructivas

Se trata de una constitución prefabricada de hormigón modelo PFU-4 de ORMAZABAL.



Las características más destacadas del prefabricado serán:

Compacidad:

Esta serie de prefabricados se montarán enteramente en fábrica. Realizar el montaje en la propia fábrica supondrá obtener:

- Calidad en origen.
- Reducción del tiempo de instalación.
- Posibilidad de posteriores traslados.

Facilidad de instalación

La innecesaria cimentación y el montaje en fábrica permitirán asegurar una cómoda y fácil instalación.

Material

El material empleado en la fabricación de las piezas (bases, paredes, techos) es hormigón armado. Con la justa dosificación y el vibrado adecuado, se conseguirán unas características óptimas de resistencia característica y una perfecta impermeabilidad.

Equipotencialidad

La propia armadura de mallazo electrosoldado garantizará la perfecta equipotencialidad de todo el prefabricado. Como se indica en la recomendación UNESA las puertas y rejillas de ventilación no estarán conectadas al sistema equipotencial.

Entre la armadura equipotencialidad, embebida de hormigón, y las puertas y rejillas existirá una resistencia eléctrica superior a 10.000Ω .

Ningún elemento metálico unido al sistema equipotencialidad será accesible desde el exterior.

Impermeabilidad

Los techos estarán diseñados de tal forma que se impidan las filtraciones y la acumulación de agua sobre estos, desaguado directamente al exterior desde su perímetro.

Grados de protección

Serán conformes a la UNE 20324/89 de tal forma que la parte exterior del edificio prefabricado será IP239, excepto las rejillas de ventilación donde el grado de protección será IP339.



Los componentes principales que formarán el edificio prefabricado son los que se indican a continuación.

Envolvente

La envolvente (base, paredes y techos) de hormigón armado se fabricará de tal manera que se cargará sobre camión como un solo bloque en fábrica.

La envolvente estará diseñada de tal forma que se garantizará una total impermeabilidad y equipotencialidad del conjunto, así como una elevada resistencia mecánica.

En la base de la envolvente irán dispuestos, tanto en el lateral como en la solera, los orificios para la entrada de cables de Alta y Baja Tensión. Estos orificios son partes debilitadas del hormigón que se deberán romper (desde el interior del prefabricado) para realizar la acometida de cables.

Suelos

Estarán constituidos por elementos planos prefabricados de hormigón armado apoyados en un extremo sobre unos soportes metálicos en forma de U, los cuales constituirán los huecos que permitirán la conexión de cables en las celdas. Los huecos que no queden cubiertos por las celdas o cuadros eléctricos se tapanán con unas placas fabricadas para tal efecto. En la parte frontal se dispondrán unas placas de peso reducido que permitirán el acceso de personas a la parte inferior del prefabricado a fin de facilitar las operaciones de conexión de los cables.

Cuba de recogida de aceite

La cuba de recogida de aceite se integra en el propio diseño del hormigón. Tendrá una capacidad suficiente para transformadores de hasta 800 KVA, estando así diseñada para recoger en su interior el aceite del transformador sin que este se derrame por la base.

Puertas y rejillas de ventilación

Estarán construidas en chapa de acero galvanizado recubierta con resina epoxi. Esta doble protección, galvanizado más pintura, las hará muy resistentes a la corrosión causada por los agentes atmosféricos.

Las puertas estarán abisagradas para que se puedan abatir 180° hacia el exterior, y se podrá mantener en la posición de 90° con retenedor metálico.

El acabado estándar del centro se realiza con pintura acrílica rugosa, de color blanco en las paredes y marrón en los techos, puertas y rejillas.



Las dimensiones del centro de transformación quedan reflejadas en el siguiente cuadro:

	Dimensiones exteriores	Dimensiones interiores	Dimensiones excavación
Longitud (mm)	4460	4280	5260
Anchura (mm)	2380	2200	3180
Altura (mm)	3045	2355	560 (Profundidad)
Superficie (m²)	10,7	9,4	

Peso = 12.000 Kg

Los equipos eléctricos inmersos en el centro de transformación serán prefabricados y cumplirán con las especificaciones indicadas en MIE RAT 19.

El acceso al centro de transformación estará restringido al personal de la compañía eléctrica suministradora y al personal de mantenimiento especialmente autorizado.

1.9.6. Instalación eléctrica

1.9.6.1 INTRODUCCIÓN

El centro de transformación se compone de una serie de celdas unidas eléctricamente entre sí, de un transformador y de un cuadro de baja tensión.

En primer lugar habrá una celda de línea, que se utiliza para la maniobra de entrada de los cables que forman el circuito de alimentación del centro de transformación. Después se conectará una celda de protección, que se utiliza para la ejecución de maniobras para la conexión y desconexión del transformador o para su protección, realizándose esta última mediante fusibles. Seguidamente se conectará la celda de medida, justo antes del transformador de MT/BT. Para finalizar se conectará el transformador a un cuadro de baja tensión, en el que se ubicarán las distintas protecciones del alumbrado y de las tomas de corriente del centro.

1.9.6.2 CARACTERÍSTICAS DE LA 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 400 MVA según datos suministrados por la compañía suministradora.



1.9.6.3 CARACTERÍSTICAS DE LA APARAMENTA DE MEDIA TENSIÓN

Características generales de los tipos de aparamenta empleados en la instalación.

Celdas CGM

El sistema CGM está formado por un conjunto de celdas modulares de media tensión, con aislamiento y corte de hexafluoruro de azufre (SF₆), cuyos embarrados se conectan utilizando unos elementos patentados por ORMAZABAL y denominados “conjuntos de unión”, consiguiendo una unión totalmente apantallada, e insensible a las condiciones externas.

Las partes que componen estas celdas son:

- **Base y frente**

La altura y el diseño de esta base permiten el paso de cables entre celdas sin necesidad de foso, y presentan el mismo unifilar del circuito principal y ejes de accionamiento de la aparamenta a la altura idónea para su operación. Igualmente, la altura de esta base facilita la conexión de los cables frontales de la acometida.

La parte frontal incluye en su parte superior la placa de características eléctricas, la mirilla para el manómetro, el esquema eléctrico de la celda y los accesos de los accionamientos del mando y, en la parte inferior, se encuentran las tomas para las lámparas de señalización de tensión y el panel de acceso de los cables y fusibles. En su interior hay una pletina de cobre a lo largo de toda la celda, permitiendo la conexión a la misma del sistema de tierras y de las pantallas de los cables.

- **Cuba**

La cuba fabricada en acero inoxidable de 2 mm de espesor, contiene el interruptor, el embarrado y los portafusibles. El gas SF₆ se encuentra en su interior a una presión absoluta de 1,3 bares. El sellado de la cuba permite el mantenimiento de los requisitos de operación segura durante más de 30 años, sin necesidad de reposición de gas.

Esta cuba cuenta con un dispositivo de evacuación de gases que, en caso de arco interno permite su salida hacia la parte trasera de la celda, evitando así, con la ayuda de la altura de las celdas, su incidencia sobre las personas, los cables, o la aparamenta del centro de transformación.

- **Interruptor – Seccionador – Seccionador de puesta a tierra**

El interruptor disponible en el sistema CHM tiene las tres posiciones: conectado, seccionado y puesto a tierra (salvo para el interruptor de la celda CMIP).



La actuación de este interruptor se realiza mediante palanca de accionamiento sobre dos ejes distintos: uno para el interruptor (conmutación entre las posiciones de interruptor conectado e interruptor seccionado); y otro para el seccionador de puesta a tierra de los cables de acometida (que conmuta entre las posiciones de seccionado y puesto a tierra).

- Mando

Los mandos de actuación son accesibles desde la parte frontal, pudiendo ser accionados de forma manual o motorizada.

- Fusibles (Celda CMP-F)

En las celdas CMP-F de protección mediante fusibles, los fusibles se montan sobre unos carros que se introducen en los tubos portafusibles de resina aislante, que son perfectamente estancos respecto del gas y del exterior. El disparo se producirá por fusión de uno de los fusibles o cuando la presión interior de los tubos portafusibles se eleve, debido a un fallo en los fusibles o al calentamiento excesivo de éstos.

- Conexión de cables

La conexión de cables se realiza por la parte frontal, mediante unos pasatapas estándar.

- Enclavamientos

Los enclavamientos incluidos en todas las celdas CGM pretenden que:

- No se pueda conectar el seccionador de puesta a tierra con el aparato principal cerrado y, recíprocamente, no se pueda cerrar el aparato principal, si el seccionador de puesta a tierra está conectado.

- No se pueda quitar la tapa frontal, si el seccionador de puesta a tierra está abierto y, a la inversa, no se pueda abrir el seccionador de puesta a tierra cuando la tapa frontal ha sido extraída.

- Características eléctricas

Las características generales de las celdas CGM son las siguientes:



Tensión nominal. (kV) → 24 KV

Nivel de aislamiento.
Frecuencia industrial (1min) (kV)

-Entre fases y Tierra → 50 KV
-Distancia de seccionamiento → 60 KV

Onda de choque (kV)

- Entre fases y Tierra → 125 KV
- Distancia de seccionamiento → 145 KV

En la descripción de cada celda se incluyen los valores propios correspondientes a las intensidades nominales, térmicas y dinámicas.

1.9.6.4 CARACTERÍSTICAS DESCRIPTIVAS DE LAS CELDAS Y TRANSFORMADORES DE MEDIA TENSIÓN

Entrada: CGM-CML Interruptor - seccionador

Celda con envolvente metálica, fabricada por ORMAZABAL, formada por un módulo de $U_n = 24$ KV e $I_n = 400$ A y 370 mm de ancho por 850 mm de fondo por 1800 mm de alto y 135 Kg de peso.

La celda CML de interruptor seccionador, o celda de línea, está constituida por un módulo metálico, con aislamiento y corte en SF₆, que incorpora en su interior un embarrado superior de cobre, y una derivación con interruptor – seccionador rotativo, con capacidad de corte y aislamiento, y posición de puesta a tierra de los cables de acometida inferior – frontal mediante bornas enchufables. Presenta también captadores capacitivos para la detención de tensión en los cables de acometida.

Permite comunicar el embarrado del conjunto de celdas con los cables, cortar la corriente asignada, seccionar esta unión o poner a tierra simultáneamente las tres bornas de los cables de media tensión.

Otras características constructivas:

- Capacidad de ruptura 400A
- Intensidad de cortocircuito 16 KA/20KA
- Capacidad de cierre 40 KA



Celda de protección con fusibles

Celda con envolvente metálica prefabricada por ORMAZABAL, formada por un módulo UN = 24 KV e In = 400 A y 480 mm de fondo por 1800 mm de alto y 215 Kg de peso.

La celda CMP-F de protección con fusibles está constituida por un módulo metálico, con aislamiento y corte en SF₆, que incorpora en su interior un embarrado superior de cobre, y una derivación con un interruptor – seccionador rotativo, con capacidad de corte y aislamiento, y posición de puesta a tierra de los cables de acometida inferior – frontal mediante bornas enchufables, y en serie con él, un conjunto de fusibles fríos, combinados o asociados a ese interruptor.

Otras características constructivas:

- Capacidad de ruptura 400A
- Intensidad de cortocircuito 16 KA/20KA
- Capacidad de cierre 40 KA
- Fusibles 3 x 63 A

Celda de medida

Celda con envolvente metálica, fabricada por ORMAZABAL, formada por un módulo de Un = 24 KV y 800 mm de ancho por 1025 de fondo por 1800 de alto y 180 Kg de peso.

La celda CMM de medida es un módulo metálico, construido en chapa galvanizada, que permite la incorporación en su interior de los transformadores de tensión e intensidad que se utilizan para dar los valores correspondientes a los contadores de medida de energía.

Por su constitución, esta celda puede incorporar los transformadores de cada tipo (tensión e intensidad), normalizados en las distintas empresas suministradoras de electricidad.

La tapa de la celda cuenta con los dispositivos que evitan la posibilidad de contactos auxiliares y permiten el sellado de la misma para garantizar la no manipulación de las conexiones.

La celda de medida contiene:

- 2 juegos de barras tripolar In = 400 A
- 3 transformadores de intensidad de relación 30 – 60 / 5 A Clase 0.5, aislamiento 24 KV



- 3 transformadores de tensión, bipolares de relación 13.200 – 22.000 / 110, Clase 0.5, aislamiento 24 KV
- Embarrado de puesta a tierra

Transformador

Será una máquina trifásica reductora de tensión, siendo la tensión entre fases a la entrada de 13,2 KV, y la tensión a la salida de 400 V entre fases y 230 V entre fases y neutro.

El transformador a instalar será de la marca Cotradis (Ormazabal) conectado con acoplamiento Dyn 11.

La tecnología empleada será la de llenado integral a fin de conseguir una mínima degradación del aceite por oxidación y absorción de humedad, así como unas dimensiones reducidas de la máquina y un mantenimiento mínimo.

Sus características mecánicas y eléctricas se ajustarán a la norma UNE 21428 y a las normas particulares de la compañía suministradora, siendo las siguientes:

- Potencia: 800 KVA
- Tensión primaria: 13200 – 20000 V
- Refrigeración: natural.
- Aislamiento: aceite mineral.
- Cuba de aletas: Llenado integral.

EQUIPO BASE

- Pasatapas de media tensión de porcelana.
- Pasatapas de baja tensión de porcelana.
- Conmutador de regulación maniobrable sin tensión.
- 2 cáncamos de elevación y desencubado
- Orificio de llenado
- Dispositivo de vaciado y toma de muestras
- 4 ruedas bidireccionales
- 2 tomas de puesta a tierra



CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS DEL TRANSFORMADOR

Potencia en KVA	800
Tensión primaria	13,2 / 20
Tensión secundaria en vacío	420
Grupo de conexión	Dyn 11
Pérdidas en vacío (W)	1550
Pérdidas en carga (W)	8100
Tensión de cortocircuito (%)	6
Caída de tensión a plena carga (%)	1.2
Rendimiento (%)	99

DIMENSIONES DEL TRANSFORMADOR

Potencia (KVA)	800
Largo (mm)	1780
Ancho (mm)	1080
Alto (mm)	1395
Volumen líquido aislante (l)	540

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.

1.9.7. Cuadro General de Baja Tensión

La distribución de potencia del Centro de Transformación al C.G.D. situado dentro del recinto de la fábrica se realizará mediante canalización subterránea.



1.9.8 Instalación de puesta a tierra

1.9.8.1 INTRODUCCIÓN

Todo centro de transformación estará provisto de una instalación de puesta a tierra, con objeto de limitar las tensiones de defecto a tierra que puedan producirse en la propia instalación. 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, que aprueba el “Reglamento sobre condiciones y garantías de seguridad de centrales eléctricas, subestaciones y centros de transformación” y con la O.M. de 6-7-84 que señala las “Instrucciones Técnicas Complementarias” para aplicar dicho reglamento, la instalación que se pretende realizar es de Tercera Categoría por ser la máxima tensión utilizada igual a 20 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 dispondrá por tanto de una tierra de protección a la que se conectarán, de acuerdo con la instrucción MIE-RAT 13, todas las partes metálicas de la instalación que no estén normalmente en tensión, pero puedan estarlo a consecuencia de averías, accidentes, descargas atmosféricas o sobretensiones.

Se conectará a la tierra de protección entre otros 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.

De igual manera se dispondrá por tanto de una puesta a tierra de servicio a la que se conectarán, según la instrucción MIE-RAT-13, los elementos necesarios de la instalación. La puesta a tierra de servicio será separada e independiente respecto a la puesta a tierra de protección.

Se conectará a la tierra de servicio entre otros 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.

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, guantes y calzados aislantes.

1.9.8.2 INVESTIGACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL SUELO

Según la investigación previa del terreno (Método Wenner) donde se instalará este centro de transformación, se determina una resistividad media de 400 Ω .m (suelo pedregoso cubierto de césped).

1.9.8.3 DETERMINACIÓN DE LAS CORRIENTES MÁXIMAS DE PUESTA A TIERRA Y TIEMPO MÁXIMO CORRESPONDIENTE DE ELIMINACIÓN DE DEFECTO

En instalaciones eléctricas de alta tensión de tercera categoría, los parámetros de la red que definen la corriente de puesta a tierra son, la resistencia y la reactancia de las líneas.

El aspecto más importante que debe tenerse presente en el cálculo de la corriente máxima de puesta a tierra es el tratamiento del neutro de la red.

En este caso el neutro irá conectado rígidamente a tierra.

Cuando se produce un defecto a tierra, este se elimina mediante la apertura de un elemento de corte que actúa por la orden que le transmite un dispositivo que controla la intensidad de defecto.

A efectos de determinar el tiempo máximo de eliminación de la corriente de defecto a tierra, el elemento de corte será un interruptor cuya desconexión está controlada por un relé que establezca su tiempo de apertura. Los tiempos de apertura del interruptor, incluido el de extinción del arco, se consideran incluidos en el tiempo de actuación del relé.

El diseño preliminar de la instalación de puesta a tierra se realiza basándose en la configuración tipo (representada en el anexo 2 del “Método de cálculo de UNESA”) que está de acuerdo con la forma y dimensiones del centro de transformación.



1.9.8.4 DISEÑO PRELIMINAR DE LA INSTALACIÓN DE PUESTA A TIERRA

Tierra de protección

Se conectarán a este sistema las partes metálicas de la instalación que no estén en tensión normalmente pero puedan estarlo a consecuencia de averías o causas fortuitas, tales como los chasis y los bastidores de los aparatos de maniobra, envolventes metálicas de las celdas, prefabricadas, cubas de los transformadores, envolventes metálicas de los cuadros de baja tensión.

Los cálculos realizados para la elección de la puesta a tierra quedan indicados en el documento cálculos; optando finalmente por un sistema de picas en rectángulo de 5 x 3 m cuyo código de identificación es 50-30/8/84 dentro del “Método de cálculo y proyecto de instalaciones de puesta a tierra para centros de transformación conectados a redes de tercera categoría” de UNESA.

Tierra de servicio

Los cálculos realizados para la elección de la puesta a tierra quedan indicados en el documento cálculos; optando finalmente por un sistema de 8 picas en hilera separadas 3 m cuyo código de identificación es 8/82 dentro del “Método de cálculo y proyecto de instalaciones de puesta a tierra para centros de transformación conectados a redes de tercera categoría” de UNESA.

1.9.9. Distancias

Las celdas de media tensión en este proyecto, están constituidas por aparatos de fabricación en serie, y cumplen con lo indicado por el Ministerio de Industria, de acuerdo con la orden 11 – 1971.

1.9.10. Aparatos de Media Tensión

Todos los aparatos que se proyectan colocar están previstos para una tensión nominal de 20 KV, con lo que cumplen las prescripciones del Reglamento.

1.9.11. Aislamiento

Todos los elementos que se utilicen en el montaje de la instalación de alta tensión, estarán diseñados según la técnica de aislamiento pleno. Siendo 20 KV, el valor eficaz de la tensión nominal de servicio y de 24 KV, el valor eficaz de la tensión más elevada de la red entre fases, deberán soportar sin fallo alguno los siguientes ensayos:

- 125 KV (cresta) tensión de ensayo soportada al choque con onda 1,2 / 50µseg
- 50 KV (valor eficaz) tensión soportada durante un minuto a 50 Hz.



1.9.12. Instalaciones secundarias en el Centro de Transformación

Alumbrado

En el interior del centro de transformación se instalará 2 luminarias de Philips, modelo MASTER TL-Dsuper 80 36W/830 G13, de 36W; capaz de proporcionar un nivel de iluminación suficiente para la comprobación y maniobra de los elementos del mismo.

La luminaria estará dispuesta de tal forma que mantenga la misma uniformidad posible en la iluminación. Además se deberá poder efectuar la sustitución de las lámparas sin peligro de contacto con otros elementos en tensión.

Se instalará también un punto de luz de alumbrado de emergencia de carácter autónomo, formado por una lámpara de emergencia y señalización de LEGRAND, el cual señalará el acceso peatonal al centro de transformación.

Ventilación

La ventilación del centro de transformación se realizará de modo natural por convección mediante las rejillas de entrada y salida de aire dispuestas para tal efecto. Se dispondrá de una rejilla lateral inferior para entrada de aire de 1,95 m², y dos rejillas situadas en la parte superior de superficie total 2,30 m² para la salida del aire.

Estas rejillas estarán protegidas mediante una tela metálica con el fin de impedir el paso de pequeños animales, la entrada de agua de lluvia y los contactos accidentales con partes en tensión si se introdujeran elementos metálicos por las mismas.

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 ala 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.



El centro estará dotado con el siguiente equipamiento auxiliar:

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



1.10. Resumen presupuesto total de la instalación

ORDEN	DESCRIPCIÓN	TOTAL (Euros)
CAPÍTULO 1	ACOMETIDA	15333,44
CAPÍTULO 2	PROTECCIONES	30357,31
CAPÍTULO 3	CONDUCTORES, TUBOS PROTECTORES Y CANALIZACIONES	59041,51
CAPÍTULO 4	PUESTA A TIERRA	1547,22
CAPÍTULO 5	ALUMBRADO	42677,56
CAPÍTULO 6	TOMAS Y ELEMENTOS VARIOS	2002,67
CAPÍTULO 7	CENTRO DE TRANSFORMACIÓN	51063,53
CAPÍTULO 8	CONDENSADORES	4324,00
CAPÍTULO 9	SEGURIDAD Y SALUD	295,27
TOTAL	PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL	206.642,51
	GASTOS GENERALES (5%)	10.332,13
	BENEFICIO INDUSTRIAL (10%)	20.664,25
TOTAL	PRESUPUESTO DE EJ. POR CONTRATA SIN IVA	237.638,89
	IVA (18%)	42.775,00
TOTAL	PRESUPUESTO DE EJ. POR CONTRATA CON IVA	280.413,89
	REDACCIÓN DEL PROYECTO (4%)	11.216,56
	DIRECCIÓN DE LA OBRA (4%)	11.216,56
TOTAL	PRESUPUESTO TOTAL	302.847,01



El total del presente proyecto asciende a la cantidad de: “TRESCIENTOS DOS MIL OCHOCIENTOS CUARENTA Y SIETE EUROS CON UN CÉNTIMO DE EURO”.

Pamplona, Febrero 2011

Javier Rollón Rodríguez



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación:

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL ELÉCTRICO

Título del proyecto:

“INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA NAVE INDUSTRIAL
EN BAJA TENSIÓN CON CENTRO DE
TRANSFORMACIÓN”

DOCUMENTO 2: CÁLCULOS

Alumno: Javier Rollón Rodríguez

Tutor: José Javier Crespo Ganuza

Pamplona, 24 de Febrero de 2011



CALCULOS

ÍNDICE:

2.1. CÁLCULO DE LA INSTALACIÓN DE ALUMBRADO.....	3
2.1.1. PASOS PARA EL CÁLCULO.....	3
2.1.2. NIVEL DE ILUMINACIÓN.....	3
2.1.3. CÁLCULO LUMÍNICO.....	5
2.1.3.1. DATOS DE PARTIDA.....	5
2.1.3.2. MÉTODO DE CÁLCULO.....	9
2.1.3.3. TABLA CÁLCULO LUMINARIAS DE LA PLANTA BAJA.....	10
2.1.3.4. TABLA CÁLCULO LUMINARIAS DE LA PRIMERA PLANTA.....	11
2.1.4. CÁLCULO DE ILUMINACIÓN DE EMERGENCIA.....	16
2.2. CÁLCULO DE LAS INTENSIDADES DE LÍNEA.....	19
2.2.1. INTRODUCCIÓN.....	19
2.2.2. MÉTODO DE CÁLCULO.....	20
2.2.3. TABLAS RESUMEN DE LAS INTENSIDADES DE LOS CUADROS.....	22
2.2.3.1. CUADRO SECUNDARIO N°0.....	22
2.2.3.2. CUADRO SECUNDARIO N°1.....	22
2.2.3.3. CUADRO SECUNDARIO N°2.....	23
2.2.3.4. CUADRO SECUNDARIO N°3.....	24
2.2.3.5. CUADRO SECUNDARIO N°3.1.....	25
2.2.3.6. CUADRO SECUNDARIO N°4.....	25
2.2.3.7. CUADRO SECUNDARIO N°5.....	26
2.2.3.8. CUADRO GENRAL DE DISTRIBUCIÓN.....	27
2.2.4. CÁLCULO DE LA POTENCIA DEL TRANSFORMADOR.....	29
2.2.5. POTENCIA CONTRATADA.....	29
2.3. CÁLCULO DE LOS CONDUCTORES DE BAJA TENSIÓN.....	31
2.3.1. INTRODUCCIÓN.....	31
2.3.2. ACOMETIDA.....	31
2.3.3. CIRCUITOS INTERIORES.....	32
2.3.3.1. MÉTODO DE CÁLCULO.....	32
2.3.3.2. TABLAS RESUMEN DE CÁLCULOS.....	34
2.4. CÁLCULO DE LAS INTENSIDADES DE CORTOCIRCUITO.....	37
2.4.1. MÉTODO DE CÁLCULO.....	40
2.4.1.1. MAGNETOTÉRMICO PARA C.S. N°1	40
2.4.2. TABLAS RESUMEN DE LOS CÁLCULOS DE PROTECCIONES.....	41
2.4.3. TABLA RESUMEN DE SECCIONES.....	44



2.5. COMPENSACIÓN DE LA REACTIVA.....	49
2.5.1. DIMENSIONES DE LA BATERÍA.....	49
2.5.2. CÁLCULO DEL CONDUCTOR DE UNIÓN DE LA BATERÍA...50	
2.5.3. PROTECCIÓN.....	50
2.6. CÁLCULO DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN.....	51
2.6.1. INTENSIDAD EN ALTA TENSIÓN.....	51
2.6.2. INTENSIDAD EN BAJA TENSIÓN.....	51
2.6.3. CORTOCIRCUITOS.....	52
2.6.4. DIMENSIONES DEL EMBARRADO.....	53
2.6.4.1. COMPROBACIÓN POR DENSIDAD DE	
CORRIENTE.....	53
2.6.4.2. COMPROBACIÓN POR SOLICITACIÓN	
ELECTRODINÁMICA.....	54
2.6.4.3. COMPROBACIÓN POR SOLICITACIÓN TÉRMICA A	
CORTOCIRCUITO.....	55
2.6.5. OTRAS INSTALACIONES DEL CENTRO.....	56
2.6.5.1. LÁMPARAS Y LUMINARIAS.....	56
2.6.5.2. LUMINARIAS EMERGENCIA Y SEÑALIZACIÓN..56	
2.6.5.3. CUADRO DE BAJA TENSIÓN DEL CENTRO DE	
TRANSFORMACIÓN.....	57
2.6.5.4. DIMENSIONAMIENTO DE LOS CABLES DEL	
CUADRO DE BAJA TENSIÓN DEL CENTRO DE	
TRANSFORMACIÓN.....	57
2.6.6. DIMENSIONADO DE LA VENTILACIÓN DEL C.T.	57
2.6.7. DIMENSIONES DEL POZO APAGAFUEGOS.....	59
2.6.8. CÁLCULO DE LA INSTALACIÓN DE PUESTA A TIERRA.....	59
2.6.8.1. MÉTODO EMPLEADO EN LA INSTALACIÓN DE	
PUESTA A TIERRA.....	61
2.6.8.2. CÁLCULO DE LA RESISTENCIA DEL SISTEMA DE	
TIERRAS.....	63
2.6.8.3. TENSIONES EN EL EXTERIOR DE LA	
INSTALACIÓN.....	64
2.6.8.4. TENSIONES EN EL INTERIOR DE LA	
INSTALACIÓN.....	64
2.6.8.5. TENSIONES APLICADAS.....	65
2.6.8.6. TENSIONES TRANSFERIDAS AL EXTERIOR.....	66
2.6.8.7. CORRECCIÓN Y AJUSTE SI PROCEDE.....	66
2.7. CÁLCULO DE LA PUESTA A TIERRA.....	66
2.7.1. RED DE TIERRA.....	67



2.1. Cálculo de la instalación de alumbrado

2.1.1. Pasos para el cálculo

El proceso de cálculo del sistema de iluminación seguirá los siguientes pasos:

1. Obtención de información previa de los factores de partida.
2. Fijar el nivel de iluminación.
3. Determinación del sistema de iluminación y del tipo de luminaria.
4. Determinación del factor de mantenimiento.
5. Calcular el índice local.
6. Calcular el flujo a instalar.
7. Cálculo del número de luminarias
8. Distribución de las luminarias.

2.1.2. Nivel de iluminación

La iluminación de los lugares de trabajo permitirá a los empleados que tengan una visibilidad adecuada para poder desarrollar las actividades sin riesgo para su seguridad y salud.

En el Real Decreto 486/1997 se incluye una tabla detallada con los niveles mínimos de luz recomendados para diferentes actividades y tareas:

ANEXO IV. Iluminación de los lugares de trabajo.

1. La iluminación de cada zona o parte de un lugar de trabajo deberá adaptarse a las características de la actividad que se efectúe en ella, teniendo en cuenta:
 - a. Los riesgos para la seguridad y salud de los trabajadores dependientes de las condiciones de visibilidad.
 - b. Las exigencias visuales de las tareas desarrolladas.
2. Siempre que sea posible, los lugares de trabajo tendrán una iluminación natural, que deberá complementarse con una iluminación artificial cuando la primera, por sí sola, no garantice las condiciones de visibilidad adecuadas. En tales casos se utilizará preferentemente la iluminación artificial general, complementada a su vez con una localizada cuando en zonas concretas se requieran niveles de iluminación elevados.
3. Los niveles mínimos de iluminación de los lugares de trabajo serán los establecidos en la siguiente tabla:

Zona o parte del lugar de trabajo (*)	Nivel mínimo de iluminación (lux)
Zonas donde se ejecuten tareas con:	



1)	Bajas exigencias visuales	100
2)	Exigencias visuales moderadas	200
3)	Exigencias visuales altas	500
4)	Exigencias visuales muy altas	1.000
	Áreas o locales de uso ocasional	50
	Áreas o locales de uso habitual	100
	Vías de circulación de uso ocasional	25
	Vías de circulación de uso habitual	50

(*) El nivel de iluminación de una zona en la que se ejecute una tarea se medirá a la altura donde ésta se realice; en el caso de zonas de uso general a 85 cm. del suelo y en el de las vías de circulación a nivel del suelo.

Estos niveles mínimos deberán duplicarse cuando concurren las siguientes circunstancias:

- a. En las áreas o locales de uso general y en las vías de circulación, cuando por sus características, estado u ocupación, existan riesgos apreciables de caídas, choques u otros accidentes.
- b. En las zonas donde se efectúen tareas, cuando un error de apreciación visual durante la realización de las mismas pueda suponer un peligro para el trabajador que las ejecuta o para terceros o cuando el contraste de luminancias o de color entre el objeto a visualizar y el fondo sobre el que se encuentra sea muy débil.

No obstante lo señalado en los párrafos anteriores, estos límites no serán aplicables en aquellas actividades cuya naturaleza lo impida.

4. La iluminación de los lugares de trabajo deberá cumplir, además, en cuanto a su distribución y otras características, las siguientes condiciones:

- a. La distribución de los niveles de iluminación será lo más uniforme posible.
- b. Se procurará mantener unos niveles y contrastes de luminancia adecuados a las exigencias visuales de la tarea, evitando variaciones bruscas de luminancia dentro de la zona de operación y entre ésta y sus alrededores.
- c. Se evitarán los deslumbramientos directos producidos por la luz solar o por fuentes de luz artificial de alta luminancia. En ningún caso éstas se colocarán sin protección en el campo visual del trabajador.
- d. Se evitarán, asimismo, los deslumbramientos indirectos producidos por superficies reflectantes situadas en la zona de operación o sus proximidades.
- e. No se utilizarán sistemas o fuentes de luz que perjudiquen la percepción de los contrastes, de la profundidad o de la distancia entre objetos en la zona de trabajo, que produzcan una impresión visual de intermitencia o que puedan dar lugar a efectos estroboscópicos.



5. Los lugares de trabajo, o parte de los mismos, en los que un fallo del alumbrado normal suponga un riesgo para la seguridad de los trabajadores dispondrán de un alumbrado de emergencia de evacuación y de seguridad.

6. Los sistemas de iluminación utilizados no deben originar riesgos eléctricos, de incendio o de explosión, cumpliendo, a tal efecto, lo dispuesto en la normativa específica vigente.

Los niveles de iluminancia que utilizaremos para nuestros cálculos serán los siguientes:

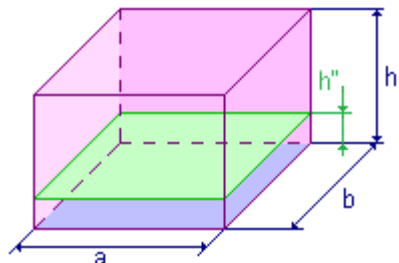
Local	Iluminancia (lux)
Oficinas y salas de reunión	500
Zonas con exigencias visuales moderadas	200
Aseos y vestuarios	350
Taller	500
Almacén	500

2.1.3. Cálculo lumínico

Lo primero que vamos a realizar es la explicación de cómo se realiza el cálculo por el método de los lúmenes, a continuación se realizará el cálculo de una zona de la nave industrial siguiendo el método de cálculo y el resto de zonas se realizará siguiendo el mismo método pero expuesto en tablas.

2.1.3.1. DATOS DE PARTIDA

- Debemos conocer las dimensiones del local y del plano de trabajo, que depende de la actividad que realicemos, como se ha visto en un apartado anterior.



- Debemos saber la iluminancia media que queremos para el local, cosa que también se ha visto anteriormente.
- Escogeremos el tipo de lámpara, el sistema de alumbrado y las luminarias que mejor se adapten a la actividad del local.



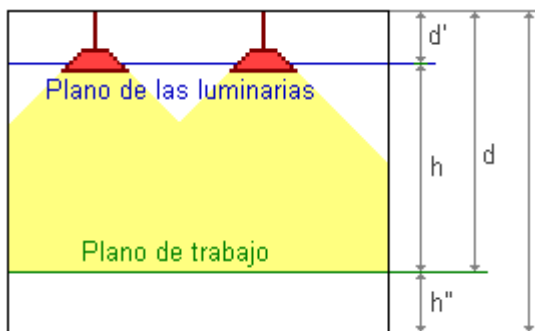
- Determinar la altura de suspensión de las lámparas o si éstas van empotradas. Para ello nos guiamos de la siguiente manera:

-Locales de altura normal (oficinas, aulas, etc.)

Lo más altas posibles

-Locales con iluminación directa, semidirecta y difusa:

$$\text{Óptimo: } h = \frac{4}{5} \times (h' - 0,85)$$



h : altura entre el plano de trabajo y las luminarias
 h' : altura del local
 h'' : altura del plano de trabajo
 d : altura del plano de trabajo al techo
 d' : altura entre el plano de trabajo y las luminarias

- Obtendremos el índice del local (k) a partir de la fórmula:

$$k = \frac{a \times b}{h \times (a + b)}$$

- Después estableceremos el factor de reflexión por defecto de nuestro local que será de techo (0.5) de las paredes (0.3) y del suelo (0.1).
- En función del valor de k , determinaremos el índice del local mediante la siguiente tabla:

Índice del local	Relación del local	
	Valor	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

- En función de los factores de reflexión, y del índice del local elegido escogemos el factor de utilización con las tablas que se muestran a continuación:

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

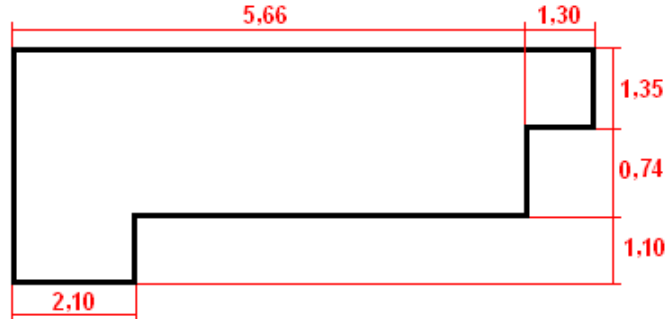


Luminaria industrial abierta	J	0.38	0.32	0.28	0.37	0.32	0.28	0.31	0.28
	I	0.47	0.52	0.39	0.46	0.41	0.38	0.40	0.37
	H	0.51	0.47	0.44	0.50	0.47	0.43	0.46	0.43
	G	0.55	0.51	0.48	0.54	0.51	0.47	0.50	0.47
	F	0.58	0.54	0.51	0.57	0.53	0.51	0.52	0.50
	E	0.63	0.60	0.57	0.62	0.59	0.56	0.58	0.55
	D	0.68	0.64	0.61	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
	B	0.73	0.70	0.68	0.71	0.68	0.67	0.67	0.66
	A	0.74	0.72	0.70	0.72	0.70	0.68	0.69	0.67
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

- Finalmente estableceremos el factor de mantenimiento (fm), que para nosotros será de 0.8, ya que se prevé tener limpias las instalaciones.



2.1.3.2. MÉTODO DE CÁLCULO

Cálculo Vestuario Mujeres

Se divide en tres partes, con las siguientes medidas:

$$\begin{array}{lll} a = 5,66 \text{ m} & a' = 2,10 \text{ m} & a'' = 1,30 \text{ m} \\ b = 2,09 \text{ m} & b' = 1,10 \text{ m} & b'' = 1,35 \text{ m} \end{array}$$

Los datos son los siguientes:

$$\begin{array}{llll} h' = 2,6 \text{ m} & h'' = 0,85 \text{ m} & h = 1,4 \text{ m} & f_m = 0,8 \\ E = 350 \text{ lux} & S = 15,894 \text{ m}^2 & n = 2 & \Phi_L = 4450 \text{ lm} \end{array}$$

Siendo:

- E: Iluminancia media deseada.
- n: Número de lámparas por luminaria.
- f_m : Factor de mantenimiento.
- S: Superficie del local.
- Φ_L : Flujo proporcionado por la lámpara.

Hallamos el índice del local (k) mediante la fórmula:

$$k = \frac{a \times b}{h \times (a + b)} + \frac{a' \times b'}{h \times (a' + b')} + \frac{a'' \times b''}{h \times (a'' + b'')}$$

$$k = \frac{5,66 \times 2,09}{1,4 \times (5,66 + 2,09)} + \frac{2,10 \times 1,10}{1,4 \times (2,10 + 1,10)} + \frac{1,30 \times 1,35}{1,4 \times (1,30 + 1,35)}$$

$$k = 2,078$$

Mirando en las tablas obtenemos el factor de utilización:



$$\eta = 0.58$$

Con la siguiente fórmula hallamos el flujo luminoso total:

$$\Phi_T = \frac{E \times S}{\eta \times f_m}$$

$$\Phi_T = \frac{350 \times 15,894}{0,58 \times 0,8} = 11980,772 \text{ lm}$$

Finalmente sacamos el número de luminarias necesarias:

$$N = \frac{\Phi_T}{n \times \Phi_L} = \frac{11980,772}{2 \times 4450} = 1,35$$

Utilizaremos 2 luminarias.

2.1.3.3. TABLA CÁLCULO LUMINARIAS DE LA PLANTA BAJA

	Superficie (m ²)	Iluminancia deseada (lux)	Factor mantenimiento	Flujo Total (lm)	Flujo luminaria (lm)	Nº luminarias
Vestuario Mujeres	15,894	350	0,8	11980,77	4450	2
Aseo Mujeres	7,020	350	0,8	11812,50	3600	3
Cuarto	4,068	200	0,8	4421,74	3600	1
Aseo Hombres	7,020	350	0,8	11812,50	3600	3
Vestuario Hombres	12,531	350	0,8	11188,57	4450	2
Pasillo Vestuarios	5,330	350	0,8	10138,59	3600	3
P. Vestuario Hombres	3,276	350	0,8	7962,50	3600	2
Acceso Inst. P.B.	6,138	200	0,8	6671,30	3600	2



Entrada	5,292	200	0,8	7350,00	3600	2
Sala de espera	69,000	200	0,8	47917,292	3600	14
Oficinas Planta Baja	133,084	500	0,8	132027,38	4450	8
Taller (1)	311,019	500	0,8	285863,24	42500	7
Taller (2)	333,127	500	0,8	325319,53	42500	8
Taller (3)	982,831	500	0,8	903337,41	42500	22
Almacén	609,571	500	0,8	586126,15	42500	14

2.1.3.4. TABLA CÁLCULO LUMINARIAS DE LA PRIMERA PLANTA

	Superficie (m ²)	Iluminancia deseada (lux)	Factor mantenimiento	Flujo Total (lm)	Flujo luminaria (lm)	Nº luminarias
Área de descanso	86,334	200	0,8	52642,44	3600	15
Acceso Instalaciones	7,107	200	0,8	6833,17	3600	2
Cuarto Limpieza	6,405	200	0,8	6961,96	4450	1
Pasillo	3,660	200	0,8	5083,33	3600	2
Aseo 1	2,400	200	0,8	3333,33	3600	1
Aseo 2	2,400	200	0,8	3333,33	3600	1
Varios	22,803	350	0,8	18823,56	4450	3
Oficinas Generales	409,220	500	0,8	393480,77	4450	22
Despacho 1	20,693	500	0,8	23950,69	4450	2
Despacho 2	17,072	500	0,8	19759,26	4450	2



Sala	12,318	500	0,8	14525,35	4450	1
Reunión	16,524	500	0,8	19125,46	4450	2
Aseos Mujeres	11,058	350	0,8	18607,21	3600	5
Aseos Hombres	11,640	350	0,8	17560,35	3600	5
Servidor	14,405	350	0,8	11890,51	4450	1
Dirección	54,839	500	0,8	56187,50	4450	4
Reunión Dirección	47,557	500	0,8	48726,54	4450	3
Aseos Dirección	4,270	350	0,8	10378,47	3600	3
Oficina	14,918	500	0,8	32149,78	3600	9
Espera	64,680	200	0,8	39439,02	3600	11

Una vez calculadas las luminarias necesarias para satisfacer la iluminación deseada, elegiremos el número de luminarias utilizadas definitivamente teniendo en cuenta la estética o simetría del local. También se determinan el tipo de luminarias escogidas.

- **Vestuario Mujeres:** Luminaria tubos fluorescentes de empotrar 2x36W
Se necesitan 2 luminarias.
- **Aseo Mujeres:** Downlights 1xPL-C/2P26W
Se necesitan 3 luminarias.
- **Cuarto:** Downlights 1xPL-C/2P26W
Se necesita 1 luminaria.
- **Aseo Hombres:** Downlights 1xPL-C/2P26W
Se necesitan 3 luminarias.
- **Vestuario Hombres:** Luminaria tubos fluorescentes de empotrar 2x36W
Se necesitan 2 luminarias.



- **Pasillo vestuarios:** Downlights 1xPL-C/2P26W
Se necesitan 3 luminarias.
- **Pasillo Vestuario Hombres:** Downlights 1xPL-C/2P26W
Se necesitan 2 luminarias.
- **Acceso Inst. P.B.:** Downlights 1xPL-C/2P26W
Se necesitan 2 luminarias, pero por motivo de estética se ponen 4 luminarias.
- **Entrada:** Downlights 1xPL-C/2P26W
Se necesitan 2 luminarias, pero por motivo de estética y simetría se ponen 3 luminarias.
- **Sala de espera:** Downlights 1xPL-C/2P26W
Se necesitan 14 luminarias, pero para aprovechar mejor el espacio, y dejar la sala simétrica, se han puesto 16 luminarias.
- **Oficinas Planta Baja:** Luminaria tubos fluorescentes de empotrar 4x36W
Se necesitan 8 luminarias, pero por motivos de estética y simetría se han puesto 10 luminarias.
- **Taller (1):** Luminaria de vapor de sodio de 250W
Se necesitan 7 luminarias, pero para seguir la simetría y estética se han colocado 10 luminarias.
- **Taller (2):** Luminaria de vapor de sodio de 250W
Se necesitan 8 luminarias, pero por motivos de simetría y estética se ponen 12 luminarias.
- **Taller (3):** Luminaria de vapor de sodio de 250W
Se necesitan 22 luminarias, pero se han colocado 30 luminarias por motivos de estética y simetría.
- **Almacén:** Luminaria de vapor de sodio de 250W
Se necesitan 14 luminarias, pero para seguir la simetría se han puesto 12 luminarias.



- **Área de descanso:** Downlights 1xPL-C/2P26W
Se necesitan 15 luminarias, pero se han puesto 12 luminarias.
- **Acceso Instalaciones:** Downlights 1xPL-C/2P26W
Se necesitan 2 luminarias, pero por motivo de estética se ponen 4 luminarias.
- **Cuarto de Limpieza:** Luminaria tubos fluorescentes de empotrar 2x36W
Se necesita 1 luminaria.
- **Pasillo:** Downlights 1xPL-C/2P26W
Se necesitan 2 luminarias.
- **Aseo 1:** Downlights 1xPL-C/2P26W
Se necesita 1 luminaria.
- **Aseo 2:** Downlights 1xPL-C/2P26W
Se necesita 1 luminaria.
- **Varios:** Luminaria tubos fluorescentes de empotrar 2x36W
Se necesitan 3 luminarias.
- **Oficinas Generales:** Luminaria tubos fluorescentes de empotrar 4x36W
Se necesitan 22 luminarias.
- **Despacho 1:** Luminaria tubos fluorescentes de empotrar 4x36W
Se necesitan 2 luminarias.
- **Despacho 2:** Luminaria tubos fluorescentes de empotrar 4x36W
Se necesitan 2 luminarias.
- **Sala:** Luminaria tubos fluorescentes de empotrar 4x36W
Se necesita 1 luminaria.
- **Reunión:** Luminaria tubos fluorescentes de empotrar 4x36W
Se necesitan 2 luminarias.



➤ **Aseos Mujeres:** Downlights 1xPL-C/2P26W

Se necesitan 5 luminarias, pero se han puesto 4 por motivos de simetría y estética.

➤ **Aseos Hombres:** Downlights 1xPL-C/2P26W

Se necesitan 5 luminarias, pero se han puesto 4 por motivos de simetría y estética.

➤ **Servidor:** Luminaria tubos fluorescentes de empotrar 4x36W

Se necesita 1 luminaria.

➤ **Dirección:** Luminaria tubos fluorescentes de empotrar 4x36W

Se necesitan 4 luminarias.

➤ **Reunión-Dirección:** Luminaria tubos fluorescentes de empotrar 4x36W

Se necesitan 3 luminarias, pero por motivos de simetría y estética se ponen 4 luminarias.

➤ **Aseos Dirección:** Downlights 1xPL-C/2P26W

Se necesitan 3 luminarias, los aseos dirección comprenden tanto los aseos como el pequeño pasillo que lleva a ellos. Se han colocado 4 luminarias.

➤ **Oficina:** Downlights 1xPL-C/2P26W

Se necesitan 9 luminarias, pero se han puesto 8 por motivo de estética.

➤ **Espera:** Downlights 1xPL-C/2P26W

Se necesitan 11 luminarias, pero por motivos de simetría y estética se han colocado 8 luminarias.

➤ **Escaleras:** Downlights 1xPL-C/2P26W

No se ha hecho el cálculo de luminarias, pero se ponen 3 luminarias.

➤ **Cuartos aseos:** Downlights 1xPL-C/2P18W

Son los cuartos de los aseos donde se encuentran los inodoros. No se ha hecho el cálculo de luminarias, pero se pone 1 luminaria en cada cuarto.

➤ **Parte exterior de la entrada principal:** Downlights 1xPL-C/2P18W

No se ha hecho el cálculo de luminarias, pero se ponen 3 downlights estancos.



➤ **Entrada Taller (3):** Downlights 1xPL-C/2P26W

Es una pequeña entrada desde la que se puede acceder al taller (3) desde el exterior, se ha puesto una luminaria.

2.1.4. Cálculo de iluminación de emergencia

El cálculo del alumbrado de emergencia se realiza para obtener una iluminación media de 5 lux/m² en toda la nave, de manera que en caso de que el alumbrado general falle se mantenga un nivel de iluminación que permita evacuar la nave por las rutas marcadas.

La colocación del alumbrado de emergencia se situará justo encima de los marcos de las puertas o similar, a una altura de 2,3 m respecto del suelo en el área de oficinas, vestuarios, salas, cuartos y baños.

En los locales con grandes alturas, como almacén y taller, se colocarán a una altura de 3,5 metros respecto del suelo.

Las luminarias de emergencia elegidas se consideran luminarias autónomas, no permanentes con señalización y son de la marca LEGRAND.

Tabla alumbrado de emergencia de la nave:

	Superficie (m ²)	Iluminación (lm/ m ²)	Flujo necesario (lm)	Luminaria	Nº de luminarias
Vestuario Mujeres	15,894	5	79,47	LEGRAND Ref. B65 61561 de 6W 90 lm	1
Aseo Mujeres	7,020	5	35,10	LEGRAND Ref. B65 61561 de 6W 90 lm	1
Cuarto	4,068	5	20,35	LEGRAND Ref. B65 61561 de 6W 90 lm	1
Aseo Hombres	7,020	5	35,10	LEGRAND Ref. B65 61561 de 6W 90 lm	1
Vestuario Hombres	12,531	5	62,65	LEGRAND Ref. B65 61561 de 6W 90 lm	1
Pasillo Vestuarios	5,330	5	26,65	LEGRAND Ref. B65 61561 de 6W 90 lm	1
P. Vestuario Hombres	3,276	5	16,40	LEGRAND Ref. B65 61561 de 6W 90 lm	1



Acceso Inst. P.B.	6,138	5	30,70	LEGRAND Ref. B65 61561 de 6W 90 lm	1
Entrada	5,292	5	26,45	LEGRAND Ref. C3 61510 de 6W 100 lm	1
Sala de espera	69,000	5	345,00	LEGRAND Ref. C3 61510 de 6W 100 lm	4
Oficinas Planta Baja	133,084	5	665,40	LEGRAND Ref. C3 61510 de 6W 100 lm	7
Taller (1)	311,019	5	1555,10	LEGRAND Ref. B65 61563 de 6W 315 lm	5
Taller (2)	333,127	5	1665,65	LEGRAND Ref. B65 61563 de 6W 315 lm	6
Taller (3)	982,831	5	4914,15	LEGRAND Ref. B65 61563 de 6W 315 lm	16
Almacén	609,571	5	3047,85	LEGRAND Ref. B65 61563 de 6W 315 lm	10
Área de descanso	86,334	5	431,65	LEGRAND Ref. C3 61510 de 6W 100 lm	5
Acceso Instalaciones	7,107	5	35,55	LEGRAND Ref. B65 61561 de 6W 90 lm	1
Cuarto Limpieza	6,405	5	32,05	LEGRAND Ref. C3 61510 de 6W 100 lm	1
Pasillo	3,660	5	18,30	LEGRAND Ref. C3 61510 de 6W 100 lm	1
Aseo 1	2,400	5	12,00	LEGRAND Ref. B65 61561 de 6W 90 lm	1
Aseo 2	2,400	5	12,00	LEGRAND Ref. B65 61561 de 6W 90 lm	1
Varios	22,803	5	114,00	LEGRAND Ref. C3 61510 de 6W 100 lm	2
Oficinas Generales	409,220	5	2046,10	LEGRAND Ref. C3 61510 de 6W 100 lm	21
Despacho 1	20,693	5	103,45	LEGRAND Ref. C3 61510 de 6W 100 lm	2
Despacho 2	17,072	5	85,35	LEGRAND Ref. C3 61510 de 6W 100 lm	2
Sala	12,318	5	61,60	LEGRAND Ref. C3 61510 de 6W 100 lm	1



Reunión	16,524	5	82,60	LEGRAND Ref. C3 61510 de 6W 100 lm	1
Aseos Mujeres	11,058	5	55,30	LEGRAND Ref. B65 61561 de 6W 90 lm	1
Aseos Hombres	11,640	5	58,20	LEGRAND Ref. B65 61561 de 6W 90 lm	1
Servidor	14,405	5	72,00	LEGRAND Ref. C3 61510 de 6W 100 lm	1
Dirección	54,839	5	274,20	LEGRAND Ref. C3 61510 de 6W 100 lm	3
Reunión Dirección	47,557	5	237,80	LEGRAND Ref. C3 61510 de 6W 100 lm	3
Aseos Dirección	4,270	5	21,35	LEGRAND Ref. B65 61561 de 6W 90 lm	1
Oficina	14,918	5	74,60	LEGRAND Ref. C3 61510 de 6W 100 lm	1
Espera	64,680	5	323,40	LEGRAND Ref. C3 61510 de 6W 100 lm	4



2.2. Cálculo de las intensidades de línea

2.2.1. Introducción

En este apartado se van a calcular las intensidades que circulan por cada uno de los circuitos que componen la instalación.

Para realizar los cálculos se partirá de la potencia consumida por cada uno de los receptores y se usarán las siguientes fórmulas, dependiendo del tipo de red que se tenga:

Monofásica:

$$I_r = \frac{P}{V \times \cos\varphi}$$

Trifásica:

$$I_r = \frac{P}{\sqrt{3} \times V \times \cos\varphi}$$

Siendo:

I_r = Intensidad reglamentaria, es la intensidad que consume el receptor (A).

P = Potencia consumida por el receptor (W).

V = Tensión nominal (V).

$\cos\varphi$ = Factor de potencia del receptor.

Cuando los receptores sean motores la potencia se multiplicará por 1,25. Y en el caso de que una línea alimente a varios motores, la línea se dimensionará para una intensidad no inferior a la suma del 125% de la intensidad a plena carga del motor de mayor potencia, más la intensidad a plena carga de todos los demás.

En los conductores que suministran corriente a lámparas de descarga, se calculará para una carga total de 1,8 veces la potencia nominal.

Otro elemento a tener en cuenta será el factor de corrección, que depende de la temperatura ambiente, tipo de canalización y número de conductores que se alojan en la misma.



2.2.2. Método de cálculo

Se calcula como ejemplo de cálculo el circuito número 24, luego los demás circuitos vendrán dados en la tabla.

$P = 576\text{W}$ (son 4 luminarias fluorescentes de $4 \times 36\text{W}$)

$$P = 576 \times 1,8 \times 0,9 = 933,12 \text{ W}$$



$$I_r = \frac{933,12}{230 \times 0,9} = 4,51 \text{ A}$$

La I_p (Intensidad de protección) será de 10 A.

A continuación determinaremos los factores de corrección mediante las siguientes tablas:

- Factores de corrección para agrupamiento de varios circuitos

Tabla E. Factores de reducción para agrupamiento de varios circuitos Capa única

Tipo de instalación	Número de circuitos o cables multiconductores								
	1	2	3	4	6	9	12	16	20
A1, A2, B1 y B2	1,00	0,80	0,70	0,70	0,55	0,50	0,45	0,40	0,40
C	1,00	0,85	0,80	0,75	0,70	0,70	Sin reducción adicional para más de 9 circuitos o cables multiconductores.		
C (Fijada bajo techo)	0,95	0,80	0,70	0,70	0,65	0,60			
 Bandeja perforada horizontal o vertical	1,00	0,90	0,80	0,75	0,75	0,70			
 Bandeja escalera o abrazaderas	1,00	0,85	0,80	0,80	0,80	0,8			

Nota 1. Estos factores son aplicables a grupos homogéneos de cables cargados por igual.
 Nota 2. Cuando la distancia horizontal entre cables adyacentes es superior al doble de su diámetro exterior, no es necesario factor de reducción alguno.
 Nota 3. Los mismos factores se aplican para grupos de dos o tres cables unipolares que para cables multiconductores.
 Nota 4. Si un sistema se compone de cables de dos o tres conductores, se toma el número total de cables como el número de circuitos, y se aplica el factor correspondiente a las tablas de dos conductores cargados para los cables de dos conductores y a las tablas de tres conductores cargados para los cables de tres conductores.
 Nota 5. Si la instalación se compone de "n" conductores unipolares cargados, también pueden considerarse como "n/2" circuitos de dos conductores o "n/3" circuitos de tres conductores cargados.



- Factores de corrección para temperatura ambiente distinta de 40°C

Tipo de aislamiento	Tª máxima de servicio θ_s , en °C	Temperatura ambiente θ_a , en °C										
		10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
XLPE y EPR	90	1.27	1.22	1.18	1.14	1.10	1.05	1.00	0.95	0.90	0.84	0.77
PVC	70	1.41	1.35	1.29	1.22	1.15	1.08	1.00	0.91	0.81	0.71	0.58

- "PVC" : aislamiento policloruro de vinilo.
 - "XLPE": aislamiento polietileno reticulado.
 - "EPR" : aislamiento etileno-propileno.

El factor de corrección para otras temperaturas θ_a , distintas de las de la tabla, será:

$$F = \sqrt{\frac{\theta_s - \theta_a}{\theta_s - 40}}$$

El circuito 24 va con el circuito 26 y tendrá un factor de corrección, referido al número de circuitos, de 0,8.

La Temperatura ambiente de nuestra nave será de 30°C, y como este circuito tiene aislamiento de PVC, su factor de corrección referido a la temperatura es 1,15.

A continuación calculamos la Intensidad tabulada:

$$I_{tab} = \frac{I_p}{F. C. Temp. \times F. C. Circ.} = \frac{10}{1,15 \times 0,8} = 10,87 \text{ A}$$

Ahora vamos a la ITC-BT-19, tabla 1, y en función de la intensidad tabulada, aislamiento y tipo de canalización elegimos la intensidad correspondiente, que será la intensidad que aguanta el cable a 40°C.

Este circuito va a ir en tubo empotrado, tipo B, aislamiento de PVC, y cogemos la intensidad inmediatamente superior a la tabulada, una intensidad de 15A, que corresponde a un cable de 1,5 mm² (la sección del cable se verá más adelante, en función de la caída de tensión).

A continuación tenemos que calcular la intensidad admisible para una temperatura de 30°C, que será la intensidad elegida de 15A multiplicada por los factores de corrección.

$$I_{adm} = 15 \times 1,15 \times 0,8 = 13,8 \text{ A}$$

Esta intensidad es la que aguanta el cable, por lo que tiene que ser superior a la intensidad de protección.

$$I_{adm} = 13,8 \text{ A} > I_p = 10 \text{ A}$$



2.2.3. Tablas resumen de las intensidades de los cuadros

2.2.3.1. CUADRO SECUNDARIO N°0

Circuito	Descripción	Potencia (W)	Tensión (V)	Cosφ	Ir (A)	F.C.	Inom (A)	Fase
Circuito 12	Maniobra	-	-	-	-	-	-	R-N
Circuito 13	Alumbrado Taller (4x1x250W)	1000	230	0,9	7,83	1,8	4,35	R-N
Circuito 14	Alumbrado Taller (4x1x250W)	1000	230	0,9	7,83	1,8	4,35	S-N
Circuito 15	Alumbrado Taller (4x1x250W)	1000	230	0,9	7,83	1,8	4,35	T-N
Circuito 16	Emergencia	-	-	-	-	-	-	R-N
Circuito 17	Alumbrado Entrada (3x18W+3x26W)	132	230	0,9	1,03	1,8	0,57	T-N
Circuito 18	Emergencia	-	-	-	-	-	-	T-N
Circuito 19	Alumbrado Escalera (3x1x26W)	78	230	0,9	0,61	1,8	0,34	T-N
Circuito 20	General Aire Acondicionado	100000	400	0,85	169,81	1	169,81	Trifásico

2.2.3.2. CUADRO SECUNDARIO N°1

Circuito	Descripción	Potencia (W)	Tensión (V)	Cosφ	Ir (A)	F.C.	Inom (A)	Fase
Circuito 21	Alumbrado S. Espera (9x1x26W)	234	230	0,9	1,83	1,8	1,02	R-N
Circuito 22	Alumbrado S. Espera (7x1x26W)	182	230	0,9	1,42	1,8	0,79	R-N
Circuito 23	Emergencia	-	-	-	-	-	-	R-N
Circuito 24	Alumbrado Oficinas P.B. (4x4x36W)	576	230	0,9	4,51	1,8	2,51	T-N
Circuito 25	Emergencia	-	-	-	-	-	-	T-N
Circuito 26	Alumbrado Oficinas P.B. (6x4x36W)	864	230	0,9	6,76	1,8	3,76	S-N
Circuito 27	Tomas de Corriente P.B.	3000	230	0,95	13,73	1	13,73	Trifásico
Circuito 28	SAI Oficina P.B.	2500	230	0,95	11,44	1	11,44	Trifásico
Circuito 29	SAI Oficina P.B.	2500	230	0,95	11,44	1	11,44	Trifásico
Circuito 30	SAI Oficina P.B.	2500	230	0,95	11,44	1	11,44	Trifásico



2.2.3.3. CUADRO SECUNDARIO N°2

Circuito	Descripción	Potencia (W)	Tensión (V)	Cosφ	Ir (A)	F.C.	Inom (A)	Fase
Circuito 31	Alumbrado Of. Generales (5x4x36W)	720	230	0,9	5,63	1,8	3,13	R-N
Circuito 32	Emergencia	-	-	-	-	-	-	R-N
Circuito 33	Alumbrado Of. Generales (6x4x36W)	864	230	0,9	6,76	1,8	3,76	S-N
Circuito 34	Alumbrado Of. Generales (5x4x36W)	720	230	0,9	5,63	1,8	3,13	R-N
Circuito 35	Emergencia	-	-	-	-	-	-	R-N
Circuito 36	Alumbrado Of. Generales (6x4x36W)	864	230	0,9	6,76	1,8	3,76	T-N
Circuito 37	Despacho 1 (2x4x36W)	288	230	0,9	2,25	1,8	1,25	R-N
Circuito 38	Emergencia	-	-	-	-	-	-	R-N
Circuito 39	Sala (1x4x36W)	144	230	0,9	1,13	1,8	0,63	R-N
Circuito 40	Emergencia	-	-	-	-	-	-	R-N
Circuito 41	Reunión (2x4x36W)	288	230	0,9	2,25	1,8	1,25	R-N
Circuito 42	Emergencia	-	-	-	-	-	-	R-N
Circuito 43	Dirección (4x4x36W)	576	230	0,9	4,51	1,8	2,51	S-N
Circuito 44	Emergencia	-	-	-	-	-	-	S-N
Circuito 45	Reunión Dirección (4x4x36W)	576	230	0,9	4,51	1,8	2,51	S-N
Circuito 46	Emergencia	-	-	-	-	-	-	S-N
Circuito 47	Despacho 2 (2x4x36W)	288	230	0,9	2,25	1,8	1,25	T-N
Circuito 48	Emergencia	-	-	-	-	-	-	T-N
Circuito 49	Servidor (1x4x36W)	144	230	0,9	1,13	1,8	0,63	T-N
Circuito 50	Emergencia	-	-	-	-	-	-	T-N
Circuito 51	Aseos Mujeres (4x26W+2x18W)	140	230	0,9	1,10	1,8	0,61	T-N
Circuito 52	Emergencia	-	-	-	-	-	-	T-N
Circuito 53	Aseos Hombres (4x26W+3x18W)	158	230	0,9	1,24	1,8	0,69	T-N
Circuito 54	Emergencia	-	-	-	-	-	-	T-N
Circuito 55	Aseos Dirección (4x26W+2x18W)	140	230	0,9	1,10	1,8	0,61	T-N
Circuito 56	Emergencia	-	-	-	-	-	-	T-N
Circuito 57	Oficina (8x1x26W)	208	230	0,9	1,63	1,8	0,91	R-N
Circuito 58	Emergencia	-	-	-	-	-	-	R-N
Circuito 59	Espera (8x1x26W)	208	230	0,9	1,63	1,8	0,91	S-N



Circuito 60	Emergencia	-	-	-	-	-	-	S-N
Circuito 61	Tomas de corriente Primera Planta	3000	230	0,95	13,73	1	13,73	Trifásico
Circuito 62	Tomas de corriente Primera Planta	3000	230	0,95	13,73	1	13,73	Trifásico
Circuito 63	SAI Primera Planta (oficinas)	2500	230	0,95	11,44	1	11,44	Trifásico
Circuito 64	SAI Primera Planta (oficinas)	2500	230	0,95	11,44	1	11,44	Trifásico
Circuito 65	SAI Primera Planta (oficinas)	2500	230	0,95	11,44	1	11,44	Trifásico
Circuito 66	SAI Primera Planta (oficinas)	2500	230	0,95	11,44	1	11,44	Trifásico

2.2.3.4. CUADRO SECUNDARIO N°3

Circuito	Descripción	Potencia (W)	Tensión (V)	Cosφ	Ir (A)	F.C.	Inom (A)	Fase
Circuito 67	Alumbrado P. Vestuarios y acceso Inst. P.B. (7x1x26W)	182	230	0,9	1,42	1,8	0,79	S-N
Circuito 68	Emergencia	-	-	-	-	-	-	S-N
Circuito 69	Alumbrado P. Vestuario Hombres y Cuarto (3x1x26W)	78	230	0,9	0,61	1,8	0,34	S-N
Circuito 70	Emergencia	-	-	-	-	-	-	S-N
Circuito 71	Alumbrado Vestuario Aseos Mujeres (2x2x36W+3x26W+3x18W)	276	230	0,9	2,16	1,8	1,20	R-N
Circuito 72	Emergencia	-	-	-	-	-	-	R-N
Circuito 73	Alumbrado Vestuario Aseos Hombres (2x2x36W+4x26W+1x18W)	266	230	0,9	2,08	1,8	1,16	T-N
Circuito 74	Emergencia	-	-	-	-	-	-	T-N
Circuito 75	Escaleras Vestuarios (3x1x26W)	78	230	0,9	0,61	1,8	0,34	R-N
Circuito 76	Tomas de Corriente Vestuarios	2500	230	0,95	11,44	1	11,44	Trifásico
Circuito 77	C.S. N° 3.1	3844	400	-	20,33	-	-	Trifásico



2.2.3.5. CUADRO SECUNDARIO N°3.1

Circuito	Descripción	Potencia (W)	Tensión (V)	Cosφ	Ir (A)	F.C.	Inom (A)	Fase
Circuito 78	Alumbrado Acceso inst. y Pasillo (6x1x26W)	156	230	0,9	1,22	1,8	0,68	S-N
Circuito 79	Emergencia	-	-	-	-	-	-	S-N
Circuito 80	Alumbrado C. Limpieza y Varios (4x2x36W)	288	230	0,9	2,25	1,8	1,25	R-N
Circuito 81	Emergencia	-	-	-	-	-	-	R-N
Circuito 82	Área de descanso (12x1x26W)	312	230	0,9	2,44	1,8	1,36	T-N
Circuito 83	Emergencia	-	-	-	-	-	-	T-N
Circuito 84	Aseo 1 y Aseo 2 (2x26+2x18W)	88	230	0,9	0,69	1,8	0,38	S-N
Circuito 85	Emergencia	-	-	-	-	-	-	S-N
Circuito 86	Tomas de corriente Primera Planta	3000	230	0,95	13,73	1	13,73	Trifásico

2.2.3.6. CUADRO SECUNDARIO N°4

Circuito	Descripción	Potencia (W)	Tensión (V)	Cosφ	Ir (A)	F.C.	Inom (A)	Fase
Circuito 87	Alumbrado Taller (3x1x250W)	750	230	0,9	5,87	1,8	3,26	R-N
Circuito 88	Alumbrado Taller (4x1x250W)	1000	230	0,9	7,83	1,8	4,35	S-N
Circuito 89	Alumbrado Taller (3x1x250W)	750	230	0,9	5,87	1,8	3,26	T-N
Circuito 90	Emergencia	-	-	-	-	-	-	R-N
Circuito 91	Maniobra	-	-	-	-	-	-	S-N
Circuito 92	Tomas de Corriente del Taller	3500	400	0,95	5,32	1	5,32	Trifásico
Circuito 93	Tomas de Corriente del Taller	3500	400	0,95	5,32	1	5,32	Trifásico
Circuito 94	Compresor	3000	400	0,8	6,77	1,25	5,42	Trifásico
Circuito 95	Envasadora Aut.	1300	400	0,8	2,93	1,25	2,34	Trifásico
Circuito 96	Envasadora Aut.	1300	400	0,8	2,93	1,25	2,34	Trifásico
Circuito 97	Laminadora	83500	400	0,8	188,32	1,25	150,66	Trifásico
Circuito 98	Envasadora Manual	300	400	0,8	0,68	1,25	0,54	Trifásico
Circuito 99	Envasadora Manual	300	400	0,8	0,68	1,25	0,54	Trifásico



2.2.3.7. CUADRO SECUNDARIO Nº5

Circuito	Descripción	Potencia (W)	Tensión (V)	Cosφ	Ir (A)	F.C.	Inom (A)	Fase
Circuito 100	Alumbrado Acceso Taller (1x1x26W)	26	230	0,9	0,20	1,8	0,11	R-N
Circuito 101	Alumbrado Taller (10x1x250W)	2500	230	0,9	19,57	1,8	10,87	R-N
Circuito 102	Alumbrado Taller (10x1x250W)	2500	230	0,9	19,57	1,8	10,87	S-N
Circuito 103	Alumbrado Taller (10x1x250W)	2500	230	0,9	19,57	1,8	10,87	T-N
Circuito 104	Emergencia	-	-	-	-	-	-	S-N
Circuito 105	Alumbrado Almacén (4x1x250W)	1000	230	0,9	7,83	1,8	4,35	R-N
Circuito 106	Alumbrado Almacén (4x1x250W)	1000	230	0,9	7,83	1,8	4,35	S-N
Circuito 107	Alumbrado Almacén (4x1x250W)	1000	230	0,9	7,83	1,8	4,35	T-N
Circuito 108	Emergencia	-	-	-	-	-	-	T-N
Circuito 109	Maniobra	-	-	-	-	-	-	T-N
Circuito 110	Tomas de Corriente del Taller	3500	400	0,95	5,32	1	5,32	Trifásico
Circuito 111	Tomas de Corriente del Taller	3500	400	0,95	5,32	1	5,32	Trifásico
Circuito 112	Polipasto	600	400	0,8	1,35	1,25	1,08	Trifásico
Circuito 113	Soplete	8000	400	0,8	18,04	1,25	14,43	Trifásico
Circuito 114	Equipo Soldadura SMAW	1800	400	0,8	4,06	1,25	3,25	Trifásico
Circuito 115	Equipo Soldadura MIG-MAG	5000	400	0,8	11,28	1,25	9,02	Trifásico
Circuito 116	Equipo Soldadura MIG-MAG	5000	400	0,8	11,28	1,25	9,02	Trifásico
Circuito 117	Torno	5250	400	0,8	11,84	1,25	9,47	Trifásico
Circuito 118	Torno	5250	400	0,8	11,84	1,25	9,47	Trifásico
Circuito 119	Rectificadora	3000	400	0,8	6,77	1,25	5,42	Trifásico
Circuito 120	Dobladora	85000	400	0,8	191,70	1,25	153,36	Trifásico
Circuito 121	Fresadora	700	400	0,8	1,58	1,25	1,26	Trifásico
Circuito 122	Fresadora	700	400	0,8	1,58	1,25	1,26	Trifásico
Circuito 123	Cortadora de Guillotina	3500	400	0,8	7,89	1,25	6,31	Trifásico
Circuito 124	Cortadora Radial	1200	400	0,8	2,71	1,25	2,17	Trifásico
Circuito 125	Cortadora de Guillotina	3500	400	0,8	7,89	1,25	6,31	Trifásico
Circuito 126	Afiladora	1000	400	0,8	2,26	1,25	1,81	Trifásico
Circuito 127	Taladradora	1000	400	0,8	2,26	1,25	1,81	Trifásico
Circuito 128	Biseladora	1000	400	0,8	2,26	1,25	1,81	Trifásico
Circuito 129	Máquina Extrusora	116000	400	0,8	261,61	1,25	209,29	Trifásico



2.2.3.8. CUADRO GENERAL DE DISTRIBUCIÓN

Una vez calculadas las intensidades que consume cada receptor, y concretadas las fases, se sumaran las intensidades de cada cuadro teniendo en cuenta su módulo y argumento.

Los valores de Tensión serán los siguientes:

Monofásico

$$V_1 = 230_{\angle -90^\circ} \text{ V}$$

$$V_2 = 230_{\angle 150^\circ} \text{ V}$$

$$V_3 = 230_{\angle 30^\circ} \text{ V}$$

Trifásico

$$U_1 = 400_{\angle 0^\circ} \text{ V}$$

$$U_2 = 400_{\angle -120^\circ} \text{ V}$$

$$U_3 = 400_{\angle 120^\circ} \text{ V}$$

Se pone a continuación las operaciones de suma para el cálculo de intensidades del cuadro N°3.1:

- FASE R: $I_r = 2,25_{\angle -115,84^\circ} + 4,58_{\angle -108,19^\circ} = 6,82_{\angle -110,71^\circ} \text{ A}$
- FASE S: $I_r = 1,22_{\angle 124,16^\circ} + 0,69_{\angle 124,16^\circ} + 4,58_{\angle 131,81^\circ} = 6,48_{\angle 129,55^\circ} \text{ A}$
- FASE T: $I_r = 2,44_{\angle 4,16^\circ} + 4,58_{\angle 11,81^\circ} = 7,01_{\angle 9,15^\circ} \text{ A}$

En la siguiente tabla se muestran las intensidades reglamentarias de cada cuadro:

NOTA: (En el cuadro N°3 ya están sumados los resultados del cuadro N°3.1)

Circuito	Descripción	Potencia (W)	Tensión (V)	Fases	Ir (A)
Circuito 05	C.S. N° 0	103210	400	Fase R	170,80 _{∠-34,40°}
				Fase S	170,80 _{∠-154,40°}
				Fase T	171,05 _{∠85,06°}
Circuito 06	C.S. N° 1	12356	400	Fase R	19,25 _{∠-109,48°}
				Fase S	22,37 _{∠129,54°}
				Fase T	20,50 _{∠10,13°}
Circuito 07	C.S. N° 2	22326	400	Fase R	42,83 _{∠-111,49°}
				Fase S	41,72 _{∠128,62°}
				Fase T	38,10 _{∠9,07°}
Circuito 08	C.S. N° 3	7224	400	Fase R	13,38 _{∠-111,06°}
				Fase S	12,31 _{∠129,36°}
				Fase T	12,88 _{∠9,13°}
Circuito 09	C.S. N° 4	99200	400	Fase R	210,73 _{∠-37,51°}
				Fase S	211,13 _{∠-158,03°}
				Fase T	210,73 _{∠82,49°}
Circuito 10	C.S. N° 5	265026	400	Fase R	514,73 _{∠-39,51°}
				Fase S	514,69 _{∠-159,49°}
				Fase T	514,69 _{∠80,52°}



Sumando las intensidades de los cuadros secundarios, quedan las siguientes intensidades por fase:

Fases	Ir (A)
Fase R	920,83 $\angle -42,56^\circ$
Fase S	921,72 $\angle -162,74^\circ$
Fase T	920,04 $\angle 77,61^\circ$

NOTA: Los circuitos de Tomas de Corriente monofásicas se han llevado en Trifásica, y se conectarán el mismo número de tomas de corriente a cada fase, para tener el circuito equilibrado. (Por eso, en algún circuito por ejemplo, donde las tomas de corriente consumen 13,73 A, a la hora de sumar, se ha sumado 4,58 A por fase).

Se utiliza un coeficiente de simultaneidad de 0,9 para cada cuadro, por lo que se miran las intensidades de cada fase de los cuadros, y se coge la mayor, y a esta intensidad elegida se le multiplica por 0,9. Por ejemplo para el cuadro N°1 se coge la intensidad de 22,37A.

Número de cuadro	Ir (A)	coeficiente de simultaneidad	Ir (A)
C.S. N°0	171,05	0,9	153,95
C.S. N°1	22,37	0,9	20,13
C.S. N°2	42,83	0,9	38,55
C.S. N°3	13,38	0,9	12,04
C.S. N°4	211,13	0,9	190,02
C.S. N°5	514,73	0,9	463,26
C.G.D.	921,72	0,9	829,55

Al cuadro de distribución se le multiplica por el coeficiente de simultaneidad porque la suma de los cuadros secundarios han sido realizadas sin aplicarle dicho coeficiente.



2.2.4. Cálculo de la potencia del Transformador

Tras el cálculo de las intensidades que demandará la empresa, se ha visto que para estas necesidades de consumo y de utilización el transformador más adecuado es uno de 800 KVA, ya que proporciona una intensidad de:

$$I = \frac{S_n}{\sqrt{3} \times V} = \frac{800000}{\sqrt{3} \times 400} = 1155 \text{ A}$$

De esta forma la instalación de la nave queda abastecida, ya que la demanda es de 921,72 A. Además, no se prevé ampliar la potencia de la nave en un futuro cercano. Aunque si fuese necesario, con este transformador se podrían cubrir dichas necesidades.

2.2.5. Potencia Contratada

Una vez calculadas las potencias de cada cuadro (calculadas anteriormente), multiplicaremos por un coeficiente de simultaneidad para cada cuadro, mirar siguiente tabla:

k_s = coeficiente de simultaneidad (0,9)

CUADROS	Potencia total (W)	Coefficiente de simultaneidad	POTENCIA (W)
Cuadro 0	103210	0,9	92889,0
Cuadro 1	12356	0,9	11120,4
Cuadro 2	22326	0,9	20093,4
Cuadro 3	7224	0,9	6501,6
Cuadro 4	99200	0,9	89280,0
Cuadro 5	265026	0,9	238523,4
TOTAL	509342	458407,8

Para determinar la potencia que debemos contratar lo que haremos es multiplicar la potencia aparente total por un coeficiente de simultaneidad, que será de 0,9.

$$P_{\text{contratada}} = S_{\text{total}} \times k_s$$

$$P_{\text{contratada}} = 699105,42 \times 0,9 = 629194,88 \text{ W}$$



NOTA: La potencia aparente se obtiene multiplicando la intensidad reglamentaria de un receptor por su tensión nominal, y sumando la potencia aparente de todos los receptores obtenemos la potencia aparente total (S_{total}).

Para esta potencia contratada, vamos a pedir a la compañía eléctrica que el cobro de la factura lo haga por el método de 1 máximo. Por lo tanto el cálculo debe ser:

- Si sobrepasamos 1,05 veces la potencia contratada aplicará la siguiente fórmula:

$$P_F = P_R + 2 \times (P_R - 1,05 \times P_C)$$

Donde:

P_F = Potencia facturada.

P_R = Potencia registrada por el máximo.

P_C = Potencia contratada.

- Si el medidor marca entre 0,85 veces y 1,05 veces la potencia contratada nos aplicará esta:

$$P_F = P_R$$

- Si no llegamos a 0,85 veces la potencia contratada nos aplicará esta:

$$P_F = 0,85 \times P_C$$

Como podemos ver, si contratamos una potencia de 629 KW, podremos llegar a tener un consumo de 660,5 KW sin que se produzca ningún recargo.

La intensidad máxima que podría pasar sin que se produjese un recargo en la factura es:

$$I = \frac{1,05 \times P_C}{\sqrt{3} \times V \times \cos\varphi} = \frac{660500}{\sqrt{3} \times 400 \times 0,97} = 982,83 \text{ A}$$

Siendo $\cos\varphi = 0,97$: el factor de potencia cercano a 1 que se ha elegido. (Se verá más adelante).



2.3. Cálculo de los conductores de Baja Tensión

2.3.1. Introducción

Mirando el punto 2 y sus tablas, donde vienen dados los resultados de las intensidades reglamentarias, la potencia que consume cada circuito, y los pasos empleados, se procede a calcular las secciones de los circuitos utilizando dos criterios, el térmico y el de caída de tensión.

2.3.2. Acometida

Es la línea que une el centro de transformación con el cuadro general de distribución. Transporta toda la corriente de la instalación y está diseñada para ampliar en un 30% la carga de la misma, o para poder aprovechar el transformador al 100%.

Como se ha calculado anteriormente, esta línea se dimensionará para una corriente de 1155 amperios. La longitud desde el centro de transformación hasta el cuadro general es de 15 metros.

Se designan 3 conductores por fase (dispuestos en trébol), por lo que la corriente que lleve cada conductor será un tercio de la total.

Se trata de una línea subterránea, por lo que según el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión se deben aplicar dos factores de corrección, uno de 0,55 por ser una agrupación de cables trifásicos bajo tierra y separados entre sí 10 cm, y otro de 1,03 por estar enterrados a una profundidad de 0,4 m.

Los cálculos se realizan según la ITC-BT-07 que dan la sección y el factor de corrección que se debe emplear para cables con conductores de cobre en instalaciones subterráneas.

$$I = \frac{I}{F_{c1} \times F_{c2}} = \frac{921,72}{0,55 \times 1,03} = 1627 \text{ A}$$

La distribución de la corriente del centro de transformación al cuadro general de distribución se hará mediante nueve conductores unipolares de cobre de 240 mm² de sección. Siendo para cada una de las fases tres de ellos. Para el neutro se utilizarán tres conductores de 120 mm² de sección cada uno, con aislamiento de Polietileno Reticulado (XLPE).



Miramos la sección que le corresponde a la acometida por caída de tensión, con los siguientes datos:

$$u(\%) = 1,5 \quad L = 15 \text{ m} \quad P = 629194,88 \text{ W} \quad V = 400 \text{ V}$$

Donde:

S= Sección (mm²)

L= Longitud de la línea (m)

P= Potencia conectada (W)

c= Conductividad del cobre (S/m=56)

u= Caída de tensión admisible

V= Tensión nominal (V)

$$S = \frac{2 \times L \times P}{c \times u \times V} = \frac{2 \times 15 \times 629194,88}{56 \times \left[\frac{1,5}{100} \times 400\right] \times 400} = 140,45 \text{ mm}^2 \quad S_{\text{normalizada}} = 150 \text{ mm}^2.$$

La sección elegida es:

Acometida 3x3x240 mm² Cu + 3x120 mm² Cu

El aislamiento será XLPE y el diámetro exterior de los tubos será de 225 mm.

2.3.3. Circuitos interiores

2.3.3.1. MÉTODO DE CÁLCULO

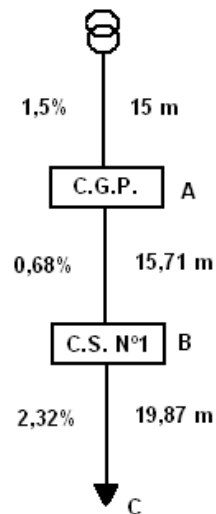
Para la realización del cálculo de los circuitos, primero haremos un ejemplo paso a paso y posteriormente resumiremos todas las líneas en tablas con todos los parámetros calculados:

- Criterio Térmico:

Los pasos de cómo calcular las secciones según este criterio se pueden observar mirando el punto “2.2. Métodos de cálculo”, donde calcula como ejemplo el circuito número 24.

- Criterio de caída de tensión:

También se calcula el circuito número 24, perteneciente al C.S.Nº1.



Sabiendo que la acometida tiene una longitud de 15 m, y su caída de tensión es de 1,5%, queda calcular la caída de tensión del punto A al punto C, y primero se calcula la caída de tensión para el circuito más desfavorable del C.S.Nº1.

(La C.d.T. debe ser de 4,5% para el alumbrado y de 6,5% para los demás usos), según la ITC-BT-19.

Como el Circuito 24 es de alumbrado, la caída de tensión no debe superar el 4,5 %.

El circuito más desfavorable del C.S.Nº1 es el número 26, con una longitud de 19,87 m.

Se divide el tramo A-C en porciones:

La porción A-B es trifásica:

$$\text{Porción}_{AB} = \sqrt{3} \times L \times I_p = \sqrt{3} \times 15,71 \times 25 = 680,31$$

La porción B-C es monofásica:

$$\text{Porción}_{BC} = 2 \times L \times I_p = 2 \times 19,87 \times 10 = 397,32$$

$$\text{Porción}_{TOTAL} = 1077,63$$

Desde el punto A al punto C la caída de tensión es del 3%.

Ahora se calcula la caída de tensión en el tramo A-B:

$$u(\%)_{AB} = \frac{3 \times 680,31}{1077,63} = 1,89 \%$$

$$u(V) = \frac{1,89}{100} \times 400 = 7,56 \text{ V}$$



$$S = \frac{\sqrt{3} \times L \times I \times \cos\varphi}{c \times u} = \frac{\sqrt{3} \times 15,71 \times 25 \times 0,9}{56 \times 7,56} = 1,45 \text{ mm}^2$$

La sección normalizada es $1,5 \text{ mm}^2$, pero en este tramo A-B la sección que se ha puesto (por criterio térmico) es de 6 mm^2 . Ahora se calcula la caída de tensión para esta sección de 6 mm^2 .

$$u = \frac{\sqrt{3} \times L \times I \times \cos\varphi}{c \times S} = \frac{\sqrt{3} \times 15,71 \times 25 \times 0,9}{56 \times 6} = 2,73 \text{ V}$$

$$u(\%)_{AB} = \frac{2,73 \times 100}{400} = 0,68 \%$$

La caída de tensión en el tramo A-B es de $0,68 \%$, por lo que la caída de tensión en el tramo B-C será de $2,32 \%$.

La caída de tensión en el circuito 24 es de $2,32 \%$, y su longitud es de $12,52 \text{ m}$.

La sección que le corresponde por caída de tensión es:

$$S = \frac{2 \times L \times I \times \cos\varphi}{c \times u} = \frac{2 \times 12,52 \times 10 \times 0,9}{56 \times 5,34} = 0,75 \text{ mm}^2$$

La sección normalizada es de $1,5 \text{ mm}^2$.

Como la sección que corresponde al criterio térmico también es de $1,5 \text{ mm}^2$, la sección para este circuito es de $1,5 \text{ mm}^2$.

2.3.3.2. TABLAS RESUMEN DE CÁLCULOS

Circuito	Descripción	In (A)	Ir (A)	Iadm (A)	L (m)	u (%)	Sección por C.Térmico (mm ²)	Sección por C.d.T. (mm ²)
Circuito 12	Maniobra	-	-	-	-	-	-	-
Circuito 13	Alumbrado	4,35	7,83	17,25	78,92	2,96	1,5	3,72
Circuito 14	Alumbrado	4,35	7,83	17,25	50,24	2,96	1,5	2,37
Circuito 15	Alumbrado	4,35	7,83	17,25	26,63	2,96	1,5	1,26
Circuito 16	Emergencia	-	-	-	-	-	-	-
Circuito 17	Alumbrado	0,57	1,03	17,25	10,13	2,96	1,5	0,48
Circuito 18	Emergencia	-	-	-	-	-	-	-
Circuito 19	Alumbrado	0,34	0,61	13,80	6,62	2,96	1,5	0,31
Circuito 20	Fuerza	169,81	169,81	281,75	1,39	4,96	95	0,46
Circuito 21	Alumbrado	1,02	1,83	13,80	16,65	2,32	1,5	1,00
Circuito 22	Alumbrado	0,79	1,42	13,80	11,38	2,32	1,5	0,69
Circuito 23	Emergencia	-	-	-	-	-	-	-
Circuito 24	Alumbrado	2,51	4,51	13,80	12,52	2,32	1,5	0,75
Circuito 25	Emergencia	-	-	-	-	-	-	-
Circuito 26	Alumbrado	3,76	6,76	13,80	19,87	2,32	1,5	1,20



Circuito 27	Fuerza	13,73	13,73	18,11	19,75	4,32	1,5	1,14
Circuito 28	Fuerza	11,44	11,44	18,11	13,23	4,32	1,5	0,72
Circuito 29	Fuerza	11,44	11,44	18,11	18,71	4,32	1,5	1,02
Circuito 30	Fuerza	11,44	11,44	18,11	10,53	4,32	1,5	0,58
Circuito 31	Alumbrado	3,13	5,63	12,08	32,51	1,97	1,5	2,31
Circuito 32	Emergencia	-	-	-	-	-	-	-
Circuito 33	Alumbrado	3,76	6,76	12,08	45,96	1,97	1,5	3,26
Circuito 34	Alumbrado	3,13	5,63	12,08	26,17	1,97	1,5	1,86
Circuito 35	Emergencia	-	-	-	-	-	-	-
Circuito 36	Alumbrado	3,76	6,76	12,08	38,84	1,97	1,5	2,76
Circuito 37	Alumbrado	1,25	2,25	12,08	25,76	1,97	1,5	1,83
Circuito 38	Emergencia	-	-	-	-	-	-	-
Circuito 39	Alumbrado	0,63	1,13	12,08	20,25	1,97	1,5	1,44
Circuito 40	Emergencia	-	-	-	-	-	-	-
Circuito 41	Alumbrado	1,25	2,25	12,08	18,28	1,97	1,5	1,30
Circuito 42	Emergencia	-	-	-	-	-	-	-
Circuito 43	Alumbrado	2,51	4,51	12,08	21,37	1,97	1,5	1,52
Circuito 44	Emergencia	-	-	-	-	-	-	-
Circuito 45	Alumbrado	2,51	4,51	12,08	17,75	1,97	1,5	1,26
Circuito 46	Emergencia	-	-	-	-	-	-	-
Circuito 47	Alumbrado	1,25	2,25	12,08	13,11	1,97	1,5	0,93
Circuito 48	Emergencia	-	-	-	-	-	-	-
Circuito 49	Alumbrado	0,63	1,13	12,08	9,60	1,97	1,5	0,68
Circuito 50	Emergencia	-	-	-	-	-	-	-
Circuito 51	Alumbrado	0,61	1,10	12,08	13,75	1,97	1,5	0,98
Circuito 52	Emergencia	-	-	-	-	-	-	-
Circuito 53	Alumbrado	0,69	1,24	12,08	11,64	1,97	1,5	0,83
Circuito 54	Emergencia	-	-	-	-	-	-	-
Circuito 55	Alumbrado	0,61	1,10	12,08	21,08	1,97	1,5	1,50
Circuito 56	Emergencia	-	-	-	-	-	-	-
Circuito 57	Alumbrado	0,91	1,63	12,08	18,27	1,97	1,5	1,30
Circuito 58	Emergencia	-	-	-	-	-	-	-
Circuito 59	Alumbrado	0,91	1,63	17,25	18,11	1,97	1,5	1,28
Circuito 60	Emergencia	-	-	-	-	-	-	-
Circuito 61	Fuerza	13,73	13,73	18,11	47,73	3,97	1,5	2,84
Circuito 62	Fuerza	13,73	13,73	19,32	19,61	3,97	1,5	1,17
Circuito 63	Fuerza	11,44	11,44	18,11	43,62	3,97	1,5	2,59
Circuito 64	Fuerza	11,44	11,44	18,11	39,83	3,97	1,5	2,37
Circuito 65	Fuerza	11,44	11,44	18,11	43,01	3,97	1,5	2,56
Circuito 66	Fuerza	11,44	11,44	19,32	27,24	3,97	1,5	1,62
Circuito 67	Alumbrado	0,79	1,42	13,80	6,03	1,97	1,5	0,43
Circuito 68	Emergencia	-	-	-	-	-	-	-
Circuito 69	Alumbrado	0,34	0,61	13,80	6,17	1,97	1,5	0,44
Circuito 70	Emergencia	-	-	-	-	-	-	-
Circuito 71	Alumbrado	1,20	2,16	17,25	8,08	1,97	1,5	0,57
Circuito 72	Emergencia	-	-	-	-	-	-	-
Circuito 73	Alumbrado	1,16	2,08	13,80	9,48	1,97	1,5	0,67
Circuito 74	Emergencia	-	-	-	-	-	-	-
Circuito 75	Alumbrado	0,34	0,61	13,80	12,33	1,97	1,5	0,87
Circuito 76	Fuerza	11,44	11,44	24,15	7,32	3,97	1,5	0,44
Circuito 77	-	17,40	20,33	79,35	16,71	0,74	2,5	2,50



Circuito 78	Alumbrado	0,68	1,22	13,80	12,67	1,23	1,5	1,44
Circuito 79	Emergencia	-	-	-	-	-	-	-
Circuito 80	Alumbrado	1,25	2,25	13,80	13,24	1,23	1,5	1,50
Circuito 81	Emergencia	-	-	-	-	-	-	-
Circuito 82	Alumbrado	1,36	2,44	13,80	13,23	1,23	1,5	1,81
Circuito 83	Emergencia	-	-	-	-	-	-	-
Circuito 84	Alumbrado	0,38	0,69	13,80	5,91	1,23	1,5	0,67
Circuito 85	Emergencia	-	-	-	-	-	-	-
Circuito 86	Fuerza	13,73	13,73	24,15	18,22	3,23	1,5	1,33
Circuito 87	Alumbrado	3,26	5,87	17,25	30,53	2,84	1,5	1,50
Circuito 88	Alumbrado	4,35	7,83	17,25	16,68	2,84	1,5	0,82
Circuito 89	Alumbrado	3,26	5,87	17,25	11,47	2,84	1,5	0,56
Circuito 90	Emergencia	-	-	-	-	-	-	-
Circuito 91	Maniobra	-	-	-	-	-	-	-
Circuito 92	Fuerza	5,32	5,32	16,56	15,39	4,84	1,5	0,23
Circuito 93	Fuerza	5,32	5,32	16,56	1,11	4,84	1,5	0,02
Circuito 94	Fuerza	5,42	6,77	20,53	25,26	4,84	1,5	0,32
Circuito 95	Fuerza	2,34	2,93	20,53	11,74	4,84	1,5	0,15
Circuito 96	Fuerza	2,34	2,93	20,53	5,02	4,84	1,5	0,06
Circuito 97	Fuerza	150,66	188,32	264,90	5,44	4,84	95	1,74
Circuito 98	Fuerza	0,54	0,68	20,53	3,57	4,84	1,5	0,05
Circuito 99	Fuerza	0,54	0,68	20,53	7,30	4,84	1,5	0,09
Circuito 100	Alumbrado	0,11	0,20	13,80	18,23	2,29	1,5	1,11
Circuito 101	Alumbrado	10,87	19,57	24,15	49,78	2,29	2,5	5,95
Circuito 102	Alumbrado	10,87	19,57	24,15	37,98	2,29	2,5	4,64
Circuito 103	Alumbrado	10,87	19,57	24,15	39,34	2,29	2,5	4,80
Circuito 104	Emergencia	-	-	-	-	-	-	-
Circuito 105	Alumbrado	4,35	7,83	12,08	89,59	2,29	1,5	5,47
Circuito 106	Alumbrado	4,35	7,83	12,08	82,99	2,29	1,5	5,06
Circuito 107	Alumbrado	4,35	7,83	12,08	76,39	2,29	1,5	4,66
Circuito 108	Emergencia	-	-	-	-	-	-	-
Circuito 109	Maniobra	-	-	-	-	-	-	-
Circuito 110	Fuerza	5,32	5,32	16,56	14,87	4,29	1,5	0,25
Circuito 111	Fuerza	5,32	5,32	16,56	46,41	4,29	1,5	0,79
Circuito 112	Fuerza	1,08	1,35	19,32	10,16	4,29	1,5	0,15
Circuito 113	Fuerza	14,43	18,04	26,68	23,68	4,29	2,5	0,68
Circuito 114	Fuerza	3,25	4,06	19,32	20,75	4,29	1,5	0,30
Circuito 115	Fuerza	9,02	11,28	19,32	17,56	4,29	1,5	0,41
Circuito 116	Fuerza	9,02	11,28	19,32	16,69	4,29	1,5	0,39
Circuito 117	Fuerza	9,47	11,84	19,32	33,33	4,29	1,5	0,77
Circuito 118	Fuerza	9,47	11,84	19,32	33,19	4,29	1,5	0,77
Circuito 119	Fuerza	5,42	6,77	19,32	28,11	4,29	1,5	0,41
Circuito 120	Fuerza	153,36	191,70	288,88	25,14	4,29	120	9,06
Circuito 121	Fuerza	1,26	1,58	19,32	6,13	4,29	1,5	0,09
Circuito 122	Fuerza	1,26	1,58	19,32	7,26	4,29	1,5	0,10
Circuito 123	Fuerza	6,31	7,89	19,32	41,29	4,29	1,5	0,60
Circuito 124	Fuerza	2,17	2,71	19,32	37,60	4,29	1,5	0,54
Circuito 125	Fuerza	6,31	7,89	19,32	33,54	4,29	1,5	0,48
Circuito 126	Fuerza	1,81	2,26	19,32	29,64	4,29	1,5	0,43
Circuito 127	Fuerza	1,81	2,26	19,32	33,70	4,29	1,5	0,49
Circuito 128	Fuerza	1,81	2,26	19,32	37,92	4,29	1,5	0,55



Circuito 129	Fuerza	209,29	261,61	333,96	42,73	4,29	150	19,72
--------------	--------	--------	--------	--------	-------	------	-----	-------

Circuito	Descripción	Ir (A)	Iadm (A)	L (m)	u (%)	Sección por C. Térmico (mm ²)	Sección por C.d.T. (mm ²)
Circuito 01	Acometida	921,72	1897,50	15,00	1,5	3x240	140,45
Circuito 05	C.S. N°0	171,05	271,40	3,26	0,038	150	5,25
Circuito 06	C.S. N°1	22,37	36,80	15,71	0,68	6	1,45
Circuito 07	C.S. N°2	42,83	67,85	29,44	1,03	16	4,64
Circuito 08	C.S. N°3	13,38	27,60	37,15	1,03	4	2,35
Circuito 09	C.S. N°4	211,13	271,40	13,36	0,16	150	8,57
Circuito 10	C.S. N°5	514,73	649,75	48,16	0,71	300	72,81

2.4. Cálculo de las intensidades de cortocircuito

El cálculo de las intensidades de cortocircuito (protecciones) es posible que nos fuerce a cambiar alguna de las secciones de los cables debido a:

- La intensidad nominal normalizada de los interruptores.
- El tiempo máximo que el conductor aguanta la intensidad de cortocircuito es inferior que el marcado (0.1 segundos).
- La ITC-REBT-25 obliga a unas determinadas secciones e intensidades de los interruptores que conllevarán al cambio para cumplir todas las condiciones.

Para calcular las protecciones debemos calcular primero las impedancias de la red de baja tensión, del transformador, la Aparamenta, etc.

Así pues, calcularemos los datos necesarios para todas las protecciones también pondremos los datos que utilizamos.

Lo primero pondremos las fórmulas que usaremos comunes para todos los circuitos. La Aparamenta habrá que ir aumentándola a medida que bajemos en el circuito, ya que se añaden protecciones.



$$Z_{M.T.}(j) = \frac{u_{M.T.}^2}{S_{cc}} \quad Z_{B.T.}(j) = Z_{M.T.}(j) \times \frac{u_{B.T.}^2}{u_{M.T.}^2} \quad Z_{Trafo}(j) = U_{cc} \times \frac{u_{B.T.}^2}{S_n}$$

$$Z_{Aparametna1}(j) = n^0 \times 0.00015$$

$$Z_{DI} = \phi \times \frac{L}{s} \quad |Z_d| = \sqrt{(Z_{Lineas})^2 + (Z(j))^2}$$

$$I_{cc \max} = \frac{c \times u_{B.T.}}{\sqrt{3} \times |Z_d|} \quad I_{cc \min} = \frac{c \times u_{B.T.} \times \sqrt{3}}{|2 \times Z_d + Z_o|}$$

$$|Z_o| = \sqrt{(3 \times Z'_{Lineas})^2 + (Z_{Trafo}(j) + 3 \times Z_{Aparametna}(j))^2}$$

$$t_{mcicc} = \frac{C_c \times s^2}{I_{ccf}^2}$$

Definiciones:

$Z_{M.T.}(j)$ = Impedancia de Media Tensión.

$Z_{B.T.}(j)$ = Impedancia de Baja Tensión.

$Z_{Trafo}(j)$ = Impedancia del transformador.

$Z_{Aparametna1}(j)$ = Impedancia de la Aparamenta hasta el cuadro C.G.P.

Z_{DI} = Impedancia de la Derivación Individual. Esta fórmula se utilizará para todas las líneas que calculemos.

$|Z_d|$ = Impedancia directa.

$|Z_o|$ = Impedancia homopolar.

$u_{M.T.}$ = Tensión en Media Tensión (13200 V).

S_{cc} = Corriente de cortocircuito al principio de la línea dada por la compañía eléctrica (400000000 VA).

$u_{B.T.}$ = Tensión en Baja Tensión (400 V ó 230 V).

U_{cc} (%) = Tensión de cortocircuito que se rige por la siguiente tabla:

	U_{cc}
$S_n \leq 630KVA$	4%
$630KVA \leq S_n \leq 800KVA$	4,5%
$800KVA \leq S_n \leq 1000KVA$	5%
$1000KVA \leq S_n \leq 1600KVA$	6%

S_n = Potencia del transformador (800000 VA).

n^0 = Número de aparatos o protecciones.

ϕ = Resistividad del cobre (0,018).

L = Longitud de la línea.

s = Sección de la línea.

$I_{cc \max}$ = Calculamos la intensidad de cortocircuito máxima para el punto en el que nos encontramos y puede ser calculada con tres fórmulas.



Cortocircuito trifásico	$I_{cc\ max} = \frac{c \times u_{B.T.}}{\sqrt{3} \times Z_d }$
Cortocircuito bifásico	$I_{cc\ max} = \frac{c \times u_{B.T.}}{2 \times Z_d }$
Cortocircuito Fase-Tierra	$I_{cc\ max} = \frac{c \times u_{B.T.} \times \sqrt{3}}{ 2 \times Z_d + Z_o }$

$I_{cc\ min}$ = Corriente de cortocircuito mínima, suele ser el cortocircuito fase-tierra.

c = Se rige por la siguiente tabla:

	$I_{cc\ max}$	$I_{cc\ min}$
230/400 V	1	0.95
Otras tensiones	1.05	1

t_{mcicc} = Tiempo máximo que el conductor es capaz de soportar la intensidad de cortocircuito.

C_c = Coeficiente del conductor. Ser rige por la siguiente tabla:

	PVC	XLPE/EPR
Cu	13225	20449
Al	5476	8836

$$I_{ccf} = I_{cc\ min}$$

Realizamos los cálculos:

$$Z_{M.T.}(j) = \frac{u_{M.T.}^2}{S_{cc}} = \frac{13200^2}{40000000} = 0,4356j\Omega$$

$$Z_{B.T.}(j) = Z_{M.T.}(j) \times \frac{u_{B.T.}^2}{u_{M.T.}^2} = 0,4356 \times \frac{400^2}{13200^2} = 0,0004j\Omega$$

$$Z_{Trafo}(j) = U_{cc} \times \frac{u_{B.T.}^2}{S_n} = \frac{4,5}{100} \times \frac{400^2}{800000} = 0,009j\Omega$$

$$Z_{Aparametna1}(j) = n^2 \times 0,00015 = 1 \times 0,00015 = 0,00015j\Omega$$

$$Z_{DI} = \phi \times \frac{L}{s} = 0,018 \times \frac{15}{3 \times 240} = 0,000375\Omega$$



2.4.1. Método de cálculo

2.4.1.1. MAGNETOTÉRMICO PARA C.S. N°1

Este elemento va a proteger frente a sobrecarga y cortocircuito por lo que debemos calcular el poder de corte, el calibre y su curva:

$$Z_{Aparametna1}(j) = n^{\circ} \times 0,00015 = 4 \times 0,00015 = 0,00060j\Omega$$

$$|Z_d| = \sqrt{(Z_{Líneas})^2 + (Z(j))^2} = \sqrt{(0,000375)^2 + (0,0004 + 0,009 + 0,00060)^2} \\ = 0,010$$

$$I_{cc\ max} = \frac{c \times u_{B.T.}}{\sqrt{3} \times |Z_d|} = \frac{1 \times 400}{\sqrt{3} \times 0,010} = 23077,79\ A$$

El Poder de Corte de este magnetotérmico será de 25 KA.

Para calcular el calibre:

$$I_{reglamentaria} < I_n < I_{adm}; \ 22,37 < I_n < 36,80$$

Vamos a coger un interruptor automático magnetotérmico de intensidad nominal 32 A, que es la intensidad normalizada.

Calculamos la curva del magnetotérmico:

$$Z_{Línea\ CSN^{\circ}1} = \phi \times \frac{L}{S} = 0,018 \times \frac{15,71}{6} = 0,0471\Omega$$

Para este cálculo, debemos hallar las impedancias de las líneas a temperatura de cortocircuito:

$$Z_{Línea\ CSN^{\circ}1}(250^{\circ}) = Z_{Línea\ CSN^{\circ}1} \times (1 + \alpha \times \Delta T) \\ = 0,0471 \times (1 + 0,004 \times 230) = 0,0905\Omega$$

$$Z_{D_I}(250^{\circ}) = Z_{D_I} \times (1 + \alpha \times \Delta T) = 0,000375 \times (1 + 0,004 \times 230) = \\ 0,00072\Omega$$

Cogemos toda la Aparamenta de la línea

$$Z_{Aparametna}(j) = n^{\circ} \times 0,00015 = 5 \times 0,00015 = 0,00075j\Omega$$

$$Z_d = Z_{Líneas} + Z(j) = 0,0905 + 0,00072 + (0,0004 + 0,009 + 0,00075)j \\ = 0,0909 + (0,01015)j$$

$$Z_o = 3 \times Z_{Líneas} + Z_{Trafo}(j) + 3 \times Z_{Aparametna}(j) \\ = 3 \times 0,0905 + (0,009 + 3 \times 0,00075)j = 0,274 + 0,01125j$$



$$|2 \times Z_d + Z_o| = \sqrt{(2 \times 0,0909 + 0,274)^2 + ((2 \times 0,01015 + 0,01125)j)^2} = 0,456$$

$$I_{cc \min} = \frac{c \times u_{B.T.} \times \sqrt{3}}{|2 \times Z_d + Z_o|} = \frac{0,95 \times 400 \times \sqrt{3}}{0,456} = 1443,38 \text{ A}$$

$$I_{ccF} = I_{cc \min} \geq 5 \times I_n = 160 \rightarrow \text{Curva B}$$

$$I_{ccF} = I_{cc \min} \geq 10 \times I_n = 320 \rightarrow \text{Curva C}$$

$$I_{ccF} = I_{cc \min} \geq 20 \times I_n = 640 \rightarrow \text{Curva D}$$

La curva que elegiremos para el magnetotérmico será la C.

Comprobamos que el tiempo que soporta el conductor la intensidad de cortocircuito es válido:

$$t_{mcicc} = \frac{c_c \times s^2}{I_{ccf}^2} = \frac{13225 \times 6^2}{1443,38^2} = 0,229 \text{ s} > 0,1 \text{ s} \rightarrow \text{Válido}$$

2.4.2. Tablas resumen de los cálculos de protecciones

Circuito	L (m)	S (mm ²)	V (v)	Z _d (mΩ)	2Z _d + Z _o (Ω)	I _{cc max} (kA)	PdC (kA)	I _{cc min} (kA)	t _{mcicc} (seg)	I _n (A)	Curva
Circuito 01	15,00	3x240	400	9,557	0,0300	24,163	25	21,93	22,05	1250	B
Circuito 05	3,26	150	400	10,007	0,0322	23,077	25	20,41	0,71	250	C
Circuito 06	15,71	6	400	10,007	0,4565	23,077	25	1,44	0,23	32	C
Circuito 07	29,44	16	400	10,007	0,3224	23,077	25	2,04	0,81	63	C
Circuito 08	37,15	4	400	10,007	1,6082	23,077	25	0,41	1,26	25	C
Circuito 09	13,36	150	400	10,007	0,0359	23,077	25	18,33	0,89	250	C
Circuito 10	48,16	300	400	10,007	0,04399	23,077	25	14,96	8,22	630	C
Circuito 12	-	1,5	-	-	-	-	6	-	-	6	B
Circuito 13	78,92	4	400	10,457	3,4126	19,126	22	0,19	5,69	10	C
Circuito 14	50,24	4	400	10,457	2,1736	19,126		0,30	2,31		
Circuito 15	26,63	4	400	10,457	1,1537	19,126		0,57	0,65		
Circuito 16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Circuito 17	10,13	1,5	230	10,457	1,1704	10,998	15	0,32	0,28	10	B
Circuito 18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Circuito 19	6,62	1,5	230	10,457	0,7663	10,998	15	0,49	0,14	10	B
Circuito 20	1,39	95	400	10,457	0,0342	21,989	22	19,23	0,50	250	C
Circuito 21	16,65	1,5	230	10,457	2,3742	10,998	15	0,16	1,17	10	B
Circuito 22	11,38	1,5	230	10,457	1,7665	10,998	15	0,21	0,65	10	B
Circuito 23	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Circuito 24	12,52	1,5	230	10,457	1,8975	10,998	15	0,20	0,75	10	B
Circuito 25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Circuito 26	19,87	1,5	230	10,457	2,7465	10,998	15	0,14	1,57	10	B
Circuito 27	19,75	2,5	400	10,457	1,9036	21,989	22	0,35	1,07	16	C
Circuito 28	13,23	2,5	400	10,607	1,3700	21,773	22	0,48	0,55	16	C



Circuito 29	18,71	2,5	400	10,607	1,7490	21,773	22	0,38	0,90	16	C
Circuito 30	10,53	2,5	400	10,607	1,1835	21,773	22	0,56	0,41	16	C
Circuito 31	32,51	2,5	230	10,457	2,5680	10,998	15	0,15	3,81	10	B
Circuito 32	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Circuito 33	45,96	4	230	10,457	2,3066	10,998	15	0,16	7,86	10	B
Circuito 34	26,17	2,5	230	10,457	2,1300	10,998	15	0,18	2,62	10	B
Circuito 35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Circuito 36	38,84	4	230	10,457	2,001	10,998	15	0,19	5,09	10	B
Circuito 37	25,76	2,5	230	10,457	2,1014	10,998	15	0,18	2,55	10	B
Circuito 38	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Circuito 39	20,25	1,5	230	10,457	2,6539	10,998	15	0,14	1,46	10	B
Circuito 40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Circuito 41	18,28	1,5	230	10,457	2,4270	10,998	15	0,16	1,22	10	B
Circuito 42	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Circuito 43	21,37	2,5	230	10,457	1,7983	10,998	15	0,21	1,87	10	B
Circuito 44	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Circuito 45	17,75	1,5	230	10,457	2,3655	10,998	15	0,16	1,16	10	B
Circuito 46	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Circuito 47	13,11	1,5	230	10,457	1,8311	10,998	15	0,21	0,70	10	B
Circuito 48	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Circuito 49	9,60	1,5	230	10,457	1,4266	10,998	15	0,27	0,42	10	B
Circuito 50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Circuito 51	13,75	1,5	230	10,457	1,9046	10,998	15	0,20	0,75	10	B
Circuito 52	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Circuito 53	11,64	1,5	230	10,457	1,6624	10,998	15	0,23	0,57	10	B
Circuito 54	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Circuito 55	21,08	1,5	230	10,457	2,7494	10,998	15	0,14	1,57	10	B
Circuito 56	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Circuito 57	18,27	1,5	230	10,457	2,4254	10,998	15	0,16	1,22	10	B
Circuito 58	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Circuito 59	18,11	1,5	230	10,457	2,4071	10,998	15	0,16	1,20	10	B
Circuito 60	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Circuito 61	47,73	4	400	10,457	2,3829	21,989	22	0,28	4,29	16	C
Circuito 62	19,61	2,5	400	10,457	1,6765	21,989	22	0,40	0,83	16	C
Circuito 63	43,62	4	400	10,607	2,2056	21,773	22	0,30	3,67	16	C
Circuito 64	39,83	2,5	400	10,607	3,0739	21,773	22	0,21	2,79	16	C
Circuito 65	43,01	4	400	10,607	2,1792	21,773	22	0,30	3,56	16	C
Circuito 66	27,24	2,5	400	10,607	2,2041	21,773	22	0,31	1,43	16	C
Circuito 67	6,03	1,5	230	10,457	2,3022	10,998	15	0,16	1,10	10	B
Circuito 68	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Circuito 69	6,17	1,5	230	10,457	2,3187	10,998	15	0,16	1,12	10	B
Circuito 70	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Circuito 71	8,08	1,5	230	10,457	2,5392	10,998	15	0,15	1,34	10	B
Circuito 72	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Circuito 73	9,48	1,5	230	10,457	2,7004	10,998	15	0,14	1,52	10	B
Circuito 74	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Circuito 75	12,33	1,5	230	10,457	3,0287	10,998	15	0,12	1,91	10	B
Circuito 76	7,32	2,5	400	10,457	2,1143	21,989	22	0,31	1,32	16	C
Circuito 77	16,71	2,5	400	10,457	2,7632	21,989	22	0,24	2,25	16	C
Circuito 78	12,67	1,5	230	10,906	4,2232	10,544	15	0,09	3,71	10	B
Circuito 79	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-



Circuito 80	13,24	1,5	230	10,906	4,2887	10,544	15	0,09	3,82	10	B
Circuito 81	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Circuito 82	13,23	2,5	230	10,906	3,6777	10,544	15	0,10	7,81	10	B
Circuito 83	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Circuito 84	5,91	1,5	230	10,906	3,4436	10,544	15	0,11	2,46	10	B
Circuito 85	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Circuito 86	18,22	2,5	400	10,906	4,0224	21,175	22	0,16	4,77	16	C
Circuito 87	30,53	1,5	400	10,457	3,5345	19,126	22	0,19	0,86	10	C
Circuito 88	16,68	1,5	400	10,457	1,9388	19,126		0,34	0,26		
Circuito 89	11,47	1,5	400	10,457	1,3384	19,126		0,49	0,12		
Circuito 90	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Circuito 91	-	1,5	-	-	-	-	6	-	-	6	B
Circuito 92	15,39	2,5	400	10,457	1,0815	21,989	22	0,61	0,35	10	D
Circuito 93	1,11	2,5	400	10,457	0,6948	21,989	22	0,95	0,14	10	D
Circuito 94	25,26	2,5	400	10,457	1,7634	21,989	22	0,37	0,92	10	D
Circuito 95	11,74	2,5	400	10,457	0,8290	21,989	22	0,79	0,20	10	D
Circuito 96	5,02	25	400	10,457	0,0623	21,989	22	10,57	0,11	10	D
Circuito 97	5,44	95	400	10,457	0,0439	21,989	22	15,00	0,82	250	D
Circuito 98	3,57	35	400	10,457	0,0490	21,989	22	13,43	0,14	10	D
Circuito 99	7,30	10	400	10,457	0,1474	21,989	22	4,47	0,103	10	D
Circuito 100	18,23	1,5	230	10,457	2,1308	10,998	15	0,18	0,94	10	B
Circuito 101	49,78	6	400	10,457	1,4646	19,126	22	0,45	2,36	20	C
Circuito 102	37,98	6	400	10,457	1,1249	19,126		0,59	1,39		
Circuito 103	39,34	6	400	10,457	1,1643	19,126		0,57	1,49		
Circuito 104	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Circuito 105	89,59	6	400	10,457	2,6112	19,126	22	0,25	7,49	10	C
Circuito 106	82,99	6	400	10,457	2,4211	19,126		0,27	6,44		
Circuito 107	76,39	6	400	10,457	2,2311	19,126		0,30	5,47		
Circuito 108	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Circuito 109	-	1,5	-	-	-	-	6	-	-	6	B
Circuito 110	14,87	2,5	400	10,457	1,0590	21,989	22	0,62	0,33	10	D
Circuito 111	46,41	2,5	400	10,457	3,2390	21,989	22	0,20	3,10	10	D
Circuito 112	10,16	2,5	400	10,457	0,7340	21,989	22	0,90	0,16	10	D
Circuito 113	23,68	2,5	400	10,457	1,6676	21,989	22	0,39	0,82	20	C
Circuito 114	20,75	2,5	400	10,457	1,4650	21,989	22	0,45	0,63	10	D
Circuito 115	17,56	2,5	400	10,457	1,2449	21,989	22	0,53	0,46	16	D
Circuito 116	16,69	2,5	400	10,457	1,1848	21,989	22	0,56	0,41	16	D
Circuito 117	33,33	2,5	400	10,457	2,3348	21,989	22	0,28	1,61	16	C
Circuito 118	33,19	2,5	400	10,457	2,3252	21,989	22	0,28	1,60	16	C
Circuito 119	28,11	2,5	400	10,457	1,9736	21,989	22	0,33	1,15	10	D
Circuito 120	25,14	120	400	10,457	0,0753	21,989	22	8,75	3,85	250	D
Circuito 121	6,13	16	400	10,457	0,1028	21,989	22	6,40	0,13	10	D
Circuito 122	7,26	6	400	10,457	0,2422	21,989	22	2,72	0,101	10	D
Circuito 123	41,29	2,5	400	10,457	2,8848	21,989	22	0,23	2,46	10	D
Circuito 124	37,60	2,5	400	10,457	2,6299	21,989	22	0,25	2,04	10	D
Circuito 125	33,54	2,5	400	10,457	2,3491	21,989	22	0,28	1,63	10	D
Circuito 126	29,64	2,5	400	10,457	2,0794	21,989	22	0,32	1,28	10	D
Circuito 127	33,70	2,5	400	10,457	2,3600	21,989	22	0,28	1,64	10	D
Circuito 128	37,92	2,5	400	10,457	2,6520	21,989	22	0,25	2,07	10	D
Circuito 129	42,73	150	400	10,457	0,0870	21,989	22	7,56	8,04	320	D



NOTA: La sección mínima para conductores que corresponden a motores es de $2,5 \text{ mm}^2$. La sección para conductores de los circuitos de maniobra es de $1,5 \text{ mm}^2$. Las secciones empleadas en circuitos de emergencia son de $1,5 \text{ mm}^2$. Se han modificado secciones en algunos circuitos por motivos mencionados al principio del punto 4 del presente documento.

NOTA: Algunos magnetotérmicos se han regulado a una intensidad por debajo de la intensidad nominal para que haya selectividad con respecto a los magnetotérmicos situados aguas arriba.

2.4.3. Tabla resumen de secciones

En la realización de los cálculos para las intensidades de cortocircuito se han tenido que aumentar algunas secciones, por lo que en la siguiente tabla se muestran las secciones corregidas. También se ponen las secciones correspondientes al neutro y a los cables de protección, y el tubo o bandeja utilizados.

Circuito	$S_{\text{fase}} (\text{mm}^2)$	$S_{\text{neutro}} (\text{mm}^2)$	$S_{\text{SCP}} (\text{mm}^2)$	\varnothing Tubo (mm)	Bandeja (mm) (alto x ancho)
Circuito 05	150	70	95	63	-
Circuito 06	6	6	4	25	-
Circuito 07	16	10	4	32	-
Circuito 08	4	4	4	25	-
Circuito 09	150	70	95	63	-
Circuito 10	300	150	150	-	Perforada (40 x 100)
Circuito 11	120	70	70	75	-
Circuito 12	1,5	1,5	4	12	-
Circuito 13	4	4	4	25	-
Circuito 14	4	4	4		-
Circuito 15	4	4	4		-
Circuito 16	1,5	1,5	1,5	32	-
Circuito 17	1,5	1,5	4	12	-
Circuito 18	1,5	1,5	1,5	32	-
Circuito 19	1,5	1,5	4	20	-
Circuito 20	95	50	50	75	-
Circuito 21	1,5	1,5	4	16	-
Circuito 22	1,5	1,5	4	16	-
Circuito 23	1,5	1,5	1,5	32	-
Circuito 24	1,5	1,5	4	16	-
Circuito 25	1,5	1,5	1,5	32	-
Circuito 26	1,5	1,5	4	16	-



Circuito 27	2,5	2,5	4	-	No perforada (18 x 100)
Circuito 28	2,5	2,5	4	-	No perforada (18 x 100)
Circuito 29	2,5	2,5	4	-	No perforada (18 x 100)
Circuito 30	2,5	2,5	4	-	No perforada (18 x 100)
Circuito 31	2,5	2,5	4	16	-
Circuito 32	1,5	1,5	1,5	32	-
Circuito 33	4	4	4	16	-
Circuito 34	2,5	2,5	4	16	-
Circuito 35	1,5	1,5	1,5	32	-
Circuito 36	4	4	4	16	-
Circuito 37	2,5	2,5	4	16	-
Circuito 38	1,5	1,5	1,5	32	-
Circuito 39	1,5	1,5	4	16	-
Circuito 40	1,5	1,5	1,5	32	-
Circuito 41	1,5	1,5	4	16	-
Circuito 42	1,5	1,5	1,5	32	-
Circuito 43	2,5	2,5	4	16	-
Circuito 44	1,5	1,5	1,5	32	-
Circuito 45	1,5	1,5	4	16	-
Circuito 46	1,5	1,5	1,5	32	-
Circuito 47	1,5	1,5	4	16	-
Circuito 48	1,5	1,5	1,5	32	-
Circuito 49	1,5	1,5	4	16	-
Circuito 50	1,5	1,5	1,5	32	-
Circuito 51	1,5	1,5	4	16	-
Circuito 52	1,5	1,5	1,5	32	-
Circuito 53	1,5	1,5	4	16	-
Circuito 54	1,5	1,5	1,5	32	-
Circuito 55	1,5	1,5	4	16	-
Circuito 56	1,5	1,5	1,5	32	-
Circuito 57	1,5	1,5	4	16	-
Circuito 58	1,5	1,5	1,5	32	-
Circuito 59	1,5	1,5	4	12	-
Circuito 60	1,5	1,5	1,5	32	-
Circuito 61	4	4	4	-	No perforada (18 x 100)
Circuito 62	2,5	2,5	4	20	-
Circuito 63	4	4	4	-	No perforada (18 x 100)
Circuito 64	2,5	2,5	4	-	No perforada (18 x 100)
Circuito 65	4	4	4	-	No perforada (18 x 100)
Circuito 66	2,5	2,5	4	20	-
Circuito 67	1,5	1,5	4	16	-



Circuito 68	1,5	1,5	1,5	32	-
Circuito 69	1,5	1,5	4	16	-
Circuito 70	1,5	1,5	1,5	32	-
Circuito 71	1,5	1,5	4	12	-
Circuito 72	1,5	1,5	1,5	32	-
Circuito 73	1,5	1,5	4	16	-
Circuito 74	1,5	1,5	1,5	32	-
Circuito 75	1,5	1,5	4	16	-
Circuito 76	2,5	2,5	4	20	-
Circuito 77	2,5	2,5	4	20	-
Circuito 78	1,5	1,5	4	20	-
Circuito 79	1,5	1,5	1,5	32	-
Circuito 80	1,5	1,5	4	16	-
Circuito 81	1,5	1,5	1,5	32	-
Circuito 82	2,5	2,5	4	20	-
Circuito 83	1,5	1,5	1,5	32	-
Circuito 84	1,5	1,5	4	16	-
Circuito 85	1,5	1,5	1,5	32	-
Circuito 86	2,5	2,5	4	20	-
Circuito 87	1,5	1,5	4	20	-
Circuito 88	1,5	1,5	4		-
Circuito 89	1,5	1,5	4		-
Circuito 90	1,5	1,5	1,5	32	-
Circuito 91	1,5	1,5	4	12	-
Circuito 92	2,5	-	4	20	-
Circuito 93	2,5	-	4	20	-
Circuito 94	2,5	-	4	-	Perforada (40 x 150)
Circuito 95	2,5	-	4	-	Perforada (40 x 150)
Circuito 96	25	-	16	-	Perforada (40 x 150)
Circuito 97	95	-	50	-	Perforada (40 x 150)
Circuito 98	35	-	25	-	Perforada (40 x 150)
Circuito 99	10	-	4	-	Perforada (40 x 150)
Circuito 100	1,5	1,5	4	12	-
Circuito 101	6	6	4	25	-
Circuito 102	6	6	4		-
Circuito 103	6	6	4		-
Circuito 104	1,5	1,5	1,5	32	-
Circuito 105	6	6	4	25	-
Circuito 106	6	6	4		-
Circuito 107	6	6	4		-
Circuito 108	1,5	1,5	1,5	32	-
Circuito 109	1,5	1,5	4	12	-
Circuito 110	2,5	-	4	20	-



Circuito 111	2,5	-	4	20	-
Circuito 112	2,5	-	4	-	Perforada (40 x 150)
Circuito 113	2,5	-	4	-	Perforada (40 x 150)
Circuito 114	2,5	-	4	-	Perforada (40 x 150)
Circuito 115	2,5	-	4	-	Perforada (40 x 150)
Circuito 116	2,5	-	4	-	Perforada (40 x 150)
Circuito 117	2,5	-	4	-	Perforada (40 x 150)
Circuito 118	2,5	-	4	-	Perforada (40 x 150)
Circuito 119	2,5	-	4	-	Perforada (40 x 150)
Circuito 120	120	-	70	-	Perforada (40 x 150)
Circuito 121	16	-	4	-	Perforada (40 x 150)
Circuito 122	6	-	4	-	Perforada (40 x 150)
Circuito 123	2,5	-	4	-	Perforada (40 x 150)
Circuito 124	2,5	-	4	-	Perforada (40 x 150)
Circuito 125	2,5	-	4	-	Perforada (40 x 150)
Circuito 126	2,5	-	4	-	Perforada (40 x 150)
Circuito 127	2,5	-	4	-	Perforada (40 x 150)
Circuito 128	2,5	-	4	-	Perforada (40 x 150)
Circuito 129	150	-	95	-	Perforada (40 x 150)

Hay tubos por los que van más de un circuito, los cálculos anteriores se han realizado sabiendo el número de circuitos que coinciden por un mismo tubo, y dependiendo del número de circuitos utilizar un factor de corrección u otro.



A continuación se ponen los circuitos que van por un mismo tubo o bandeja:

- 21 y 22
- 24 y 26
- 27, 28, 29 y 30
- 31, 33, 34 y 36
- 37, 39, 41 y 43
- 45, 55 y 57
- 47, 49, 51 y 53
- 61, 63, 64 y 65
- 62 y 66
- 67 y 75
- 69 y 73
- 78 y 82
- 80 y 84
- 92 y 93
- 94, 95 y 96
- 97, 98 y 99
- 110 y 111
- 112, 113 y 114
- 115, 116 y 117
- 118, 119 y 120
- 121, 122 y 123
- 124, 125 y 126
- 127, 128 y 129

NOTA: Las bandejas no perforadas van por suelo, y son de aluminio con bajo perfil y gran resistencia.

NOTA: Los tubos pertenecientes al alumbrado de emergencia son tubos rígidos de PVC de 32mm de diámetro.



2.5. Compensación de la reactiva

2.5.1. Dimensiones de la batería

La potencia total prevista en la nave es de 509342 W, y aplicando un coeficiente de simultaneidad de 0,9, obtenemos una potencia total de 458407,8 W.

La potencia reactiva, calculada en función de los diferentes receptores será:

$$Q=342898,117 \text{ VAr}$$

Lo que queremos es obtener un factor de potencia cercano a 1, en nuestro caso, hemos elegido 0,97. Entonces, con este factor, la potencia reactiva será:

$$Q' = S \times \text{Sen}\varphi' = 699105,42 \times 0,243 = 169882,62 \text{ VAr}$$

Por lo tanto, la potencia reactiva a compensar será:

$$Q_{\text{Comp}} = Q - Q' = 173015,497 \text{ VAr}$$

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 173,02 KVAR. El equipo seleccionado para la corrección automática del factor de potencia es una batería de condensadores de 175 KVAR con escalones 7*25 KVAR. Esta batería de condensadores es serie RECTIMAT 2 estándar de 400 V, que se colocará en el lado del cuadro general de baja tensión.

El equipo de compensación de esta gama consiste en una batería compuesta por tres condensadores (con 3 salidas), de tal manera que la segunda salida tiene el doble de potencia que la primera, y la tercera el doble que la segunda, por lo que se conectan a la red de la siguiente manera:

- a) Primera salida.
- b) Segunda salida.
- c) Primera y segunda salida.
- d) Tercera salida.
- e) Tercera y primera salida.
- f) Tercera y segunda salida.
- g) Tercera, segunda y primera salida.



2.5.2. Cálculo del conductor de unión de la batería:

Aplicando la siguiente fórmula calcularemos la intensidad:

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

Siendo:

sen $\varphi = 1$ (el de la batería de condensadores)

V= 400 V

Q= potencia de la batería de condensadores (175 KVAr)

Sustituyendo y despejando queda:

$$I_n = \frac{Q}{\sqrt{3} \times V \times \text{sen}\varphi} = \frac{175000}{\sqrt{3} \times 400 \times 1} = 252,59 \text{ A}$$

El cable de conexión de la batería con el CGD tendrá una sección de 120 mm².

2.5.3. Protección:

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

$$I_n = 252,59 \text{ A}$$

La intensidad de cortocircuito será la de la entrada al CGD.

$$I_{cc} = 24,16 \text{ KA}$$

Se elige un interruptor magnetotérmico con poder de corte 25 KA, $I_n = 320 \text{ A}$.



2.6. Cálculo del centro de transformación

2.6.1. Intensidad en Alta Tensión

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

$$I_p = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot U}$$

Siendo:

S = Potencia del transformador en KVA. (800 KVA).

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

I_p = Intensidad primaria en amperios.

Sustituyendo valores, tendremos:

$$I_p = 35 \text{ A}$$

2.6.2. Intensidad en Baja Tensión

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

$$I_s = \frac{S - W_{Fe} - W_{Cu}}{\sqrt{3} \cdot U}$$

Siendo:

S = Potencia del transformador en KVA. (800 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. (400 V)

I_s = Intensidad secundaria en amperios.



Despreciándolas pérdidas en el hierro y en los arrollamientos, se tiene:

$$I_s = 1155 \text{ A}$$

2.6.3. Cortocircuitos

Para el cálculo de la intensidad de cortocircuito se determina una potencia de cortocircuito de 400 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:

$$I_{ccp} = \frac{S_{cc}}{\sqrt{3} \cdot U}$$

Siendo:

S_{cc} = potencia de cortocircuito de la red en MVA (400 MVA).

U = tensión primaria en KV (13,2 KV).

I_{ccp} = intensidad de cortocircuito primaria en KA.

Sustituyendo valores se tendrá una intensidad primaria máxima para un cortocircuito en el lado de alta tensión de:

$$I_{ccp} = 17,49 \text{ KA}$$

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

$$I_{ccs} = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot \frac{U_{cc}}{100} \cdot U_s}$$



Siendo:

S = potencia del transformador en KVA (800 KVA).

U_{cc} = tensión porcentual de cortocircuito del transformador (4,5 %).

U_s = tensión secundaria en carga en voltios.

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

Sustituyendo valores, se tendrá:

$$I_{ccs} = 25,66 \text{ KA}$$

2.6.4. Dimensionamiento del embarrado

El embarrado de las celdas SM6 está constituido por tramos rectos de tubo de cobre recubiertos de aislamiento termo-retráctil. Consta de 3 barras de tubo de cobre rectas y aisladas de 375 mm de longitud, diámetro exterior 24 mm y un espesor de 3 mm, lo que equivale a una sección de 198 mm².

Las barras se fijan a las conexiones existentes en la parte superior del cárter de aparato funcional (interruptor-seccionador o seccionador de SF6). La fijación de las barras se realiza con tornillos M8.

La separación entre las sujeciones de una misma fase y correspondientes a dos celdas contiguas es de 750 mm. La separación entre barras (separación entre fases) es de 200 mm.

Se debe asegurar que el límite térmico sea superior al valor eficaz máximo que puede alcanzar la intensidad de cortocircuito en el lado de Alta Tensión.

Características del embarrado:

- Intensidad nominal = 400A.
- Límite térmico = 24 KA eficaces.
- Límite termodinámico = 60 KA cresta.

2.6.4.1. COMPROBACIÓN POR DENSIDAD DE CORRIENTE

La comprobación por densidad de corriente tiene como objeto verificar que no se supera la máxima densidad de corriente admisible por el elemento conductor cuando por él circule una corriente igual a la corriente nominal máxima.



El juego de barras de las celdas SM6 está formado por 3 barras de tubo de cobre rectas y aisladas de diámetro exterior de 24 mm y un espesor de 3 mm, lo que equivale a una sección de 198 mm².

La densidad de corriente será:

$$\delta = \frac{400}{198} = 2,02 \frac{A}{mm^2}$$

Según normativa DIN se tiene que para una temperatura ambiente de 35°C y del embarrado a 65°C, la intensidad máxima admisible es de 548 A para un diámetro de 20mm y de 818 A para diámetro 32 mm, lo cual corresponde a las densidades máximas de 3,42 A/mm² y 2,99 A/mm² respectivamente. Iterando obtiene una densidad máxima admisible de 3,29 A/mm² para el diámetro de 24 mm, valor superior al calculado (2,02A/mm²) para un calentamiento de 30°C sobre la temperatura ambiente.

2.6.4.2. COMPROBACIÓN POR SOLICITACIÓN ELECTRODINÁMICA

La comprobación por solicitud electrodinámica tiene como objetivo verificar que los elementos conductores de las celdas incluidas en este proyecto son capaces de soportar el esfuerzo mecánico derivado de un defecto de cortocircuito entre fases.

Para el cálculo se considera un cortocircuito trifásico de 24 KA eficaces y 60 KA cresta. El esfuerzo mayor se produce sobre el conductor de la fase central, de acuerdo con la siguiente expresión:

$$F = 13,85 \times 10^{-7} \times f \times \frac{I_{cc}^2}{d} \times L \times \left(\sqrt{1 + \frac{d^2}{L^2}} - \frac{d}{L} \right)$$

Siendo:

F = Fuerza resultante en Newtons.

f = Coeficiente en función de cos φ, siendo f = 1 para cos φ = 0.

I_{cc} = Intensidad máxima de cortocircuito en amperios, 24000.

D = Separación entre fases en milímetros, 200 mm.

L = Longitud de los tramos del embarrado en milímetros, 375 mm.

Se obtiene una fuerza de 897,48 N, que está uniformemente repartida en toda la longitud del embarrado, siendo la carga:



$$q = \frac{F}{9,81 \times L} = \frac{897,48}{9,81 \times 375} = 0,244 \text{ kg/mm}$$

Cada barra equivale a una viga empotrada en ambos extremos, con carga uniformemente repartida.

El momento flector máximo se producirá en los extremos, siendo:

$$M_{\max} = \frac{q \times L^2}{12} = \frac{0,244 \times 375^2}{12} = 2859,38 \text{ kg} \cdot \text{mm}$$

El momento flector en los extremos debe ser soportado por tornillos M8, con un par de apriete de 280 kg.m. El par máximo calculado es inferior al de apriete, por lo que los tornillos están bien dimensionados.

El embarrado tiene un diámetro exterior $D = 24 \text{ mm}$ y un diámetro interior $d = 18 \text{ mm}$. El módulo resistente de la barra será:

$$W = \frac{\pi}{32} \times \left(\frac{D^4 - d^4}{D} \right) = 927 \text{ mm}^3$$

La fatiga máxima es:

$$r_{\max} = \frac{M_{\max}}{W} = 3,08 \text{ kg/mm}^2$$

Para la barra de cobre deformada en frío se tiene que $r = 19 \text{ Kg/mm}^2$, superior al calculado.

2.6.4.3. COMPROBACIÓN POR SOLICITACIÓN TÉRMICA A CORTOCIRCUITO

La comprobación por solicitación térmica tiene como objeto comprobar que por motivo de la aplicación de un defecto o cortocircuito no se producirá un calentamiento excesivo del elemento conductor principal de las celdas que pudiera así dañarlo.

La sobreintensidad máxima admisible durante un segundo se determina de acuerdo con la CEI 298 de 1981 por la expresión:

$$S = \frac{I}{13} \times \sqrt{\frac{t}{\Delta\theta}}$$



Siendo:

S = Sección de la barra de cobre en mm^2 , 198 mm^2 .

I = Intensidad eficaz en amperios.

t = Tiempo de duración del cortocircuito en segundos.

$\Delta\theta = 180^\circ\text{C}$ para conductores inicialmente a temperatura ambiente.

Suponiendo que el cortocircuito se produce después del paso permanente de la corriente nominal, se tendría una temperatura aproximadamente de 30°C superior a la temperatura ambiente, por lo que $\Delta\theta = 150^\circ\text{C}$. Para una corriente de 24 KA:

$$t = \Delta\theta \times \left(\frac{S \times \alpha}{I} \right)^2 = 150 \times \left(\frac{198 \times 13}{24000} \right)^2 = 1,72s$$

Por lo tanto, y según este criterio, el embarrado podría soportar una intensidad de 24 KA eficaces durante más de un segundo.

2.6.5. Otras instalaciones del centro

2.6.5.1. LÁMPARAS Y LUMINARIAS

Debido a las reducidas dimensiones del CT, se ha decidido colocar dos puntos de luz. Las lámparas son fluorescentes de la marca Philips, modelo

MASTER TL-Dsuper 80 36W/830 G13.

- Tipo de local: centro de transformación.
- Área del local: $9,4 \text{ m}^2$
- Solución: 2 fluorescentes MASTER TL-D super 80 36W/830 G13.
- Potencia: 72 W

2.6.5.2. LUMINARIAS DE EMERGENCIA Y SEÑALIZACIÓN

- Tipo de local: centro de transformación.
- Área del local: $9,4 \text{ m}^2$
- Proporción: 5 lúmenes / m^2 .
- Solución: 1 lámpara de emergencia y señalización de LEGRAND, Referencia: B65 61561.
- Lúmenes proporcionados: 90.
- Potencia: 6 W



2.6.5.3. CUADRO DE BAJA TENSIÓN DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN

Línea	Descripción	P(W)	V(v)	Cosφ	I (A)	Factor de corrección	Ic (A)	Fase
T.I.	Iluminación del centro	72	230	0.9	0,35	1,8	0,63	Monofásico
T.I.E.	Iluminación de emergencia y señalización	6	230	0.9	0,03	1	0,03	Monofásico
T.T.	Toma de corriente monofásica	3680	230	1	16	1	16	Monofásico
Total		3758					16,66	

2.6.5.4. DIMENSIONAMIENTO DE LOS CABLES DEL CUADRO DE BAJA TENSIÓN DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN

Línea	Ic (A)	Canalización	S (mm ²)	L (m)	e (v)	e (%)
T.I.	0,63	Tubo de PVC	2×1,5 + 1,5T	5	0,22	0,06
T.I.E.	0,03	Tubo de PVC	2×1,5 + 1,5T	6	0,29	0,07
T.T.	16	Tubo de PVC	2×2,5 + 2,5T	4	1,40	0,35

2.6.6. Dimensionado de la ventilación del Centro de Transformación

El objeto de la ventilación en los centros de transformación es evacuar el calor producido en el transformador o transformadores debido a las pérdidas magnéticas (pérdidas en vacío) y las de los arrollamientos por efecto Joule (pérdidas en carga).



El caudal de aire es función de las pérdidas de potencia del transformador y de la diferencia de temperaturas de entrada y salida de aire (15°C como máximo según proyecto tipo UNESA). Considerando que 1m³ de aire por segundo absorbe 1,16 KW por cada grado centígrado, el caudal de aire necesario será:

$$Q = \frac{P_p}{1,16 \times \Delta\theta_{\text{aire}}} = \frac{2 + 8,2}{1,16 \times 15} = 0,586 \text{ m}^3/\text{s}$$

Siendo:

Q = Caudal de aire en m³/s.

P_p = Pérdida de potencia del transformador a plena carga, pérdidas en el hierro más pérdidas en el cobre en KW.

$\Delta\theta_{\text{aire}}$ = Incremento de la temperatura del aire en °C.

La superficie de la rejilla de entrada de aire es función del caudal en m³/s y de la velocidad de salida del aire en m/s.

$$S_{\text{rejilla}} = \frac{Q}{V_s}$$

La superficie total de la rejilla será superior a la superficie neta debido a que las láminas de la rejilla, para no permitir el paso de agua, pequeños animales o de objetos metálicos según MIE RAT 13, disminuyen el paso del aire; por lo que la superficie total mínima de la rejilla se aumentará como mínimo un 40%.

La ventilación de salida del aire es función de la distancia vertical en metros entre los centros de las dos rejillas, y del incremento de la temperatura del aire en °C.

$$V_s = 4,6 \times \frac{\sqrt{H}}{\Delta\theta_{\text{aire}}} = 4,6 \times \frac{\sqrt{2}}{15} = 0,434 \text{ m/s}$$

Por tanto, la superficie mínima de rejilla para entrada de aire será:

$$S_{\text{rejilla}} = 1,4 \times \frac{Q}{V_s} = 1,4 \times \frac{0,586}{0,434} = 1,89 \text{ m}^2$$

La superficie de rejilla par a la salida del aire caliente debe ser mayor que la superficie de la rejilla par a la entrada de aire, admitiéndose la relación:

$$S_{\text{entrada}} = 0,92 \times S_{\text{salida}}$$

Por tanto la superficie mínima de la rejilla de salida es: $S_{\text{salida}} = 2,06 \text{ m}^2$.



El edificio dispondrá de 1 rejilla de ventilación para la entrada de aire situada en la parte lateral izquierda inferior (detrás del transformador), de dimensiones 2200/900 mm y superficie total de 1,98 m², que es ligeramente superior a la necesaria. Para la salida de aire se dispone de una rejilla en la parte lateral derecha superior, 2 m por encima de la anterior de dimensiones 2200/1000 mm, con superficie de 2,2 m². Las rejillas de entrada y salida de aire irán situadas en las paredes a diferente altura., siendo la distancia media verticalmente de separación entre los puntos medios de dichas rejillas de 2 m, tal como ya se ha tenido en cuenta en el cálculo anterior.

Por otra parte, decir que el precio de dichas rejillas así como su colocación y suministro, viene incluido en el precio del prefabricado.

2.6.7. Dimensiones del Pozo Apagafuegos

El foso de recogida de aceite tiene que ser capaz de alojar la totalidad del volumen de aceite refrigerante que contiene el transformador en caso de su vaciado total. Dado que el foso de recogida de aceite del prefabricado será de 760 litros, no habrá ninguna delimitación en ese sentido ya que entrará toda la totalidad del aceite, 540 litros, que está incorporado en el transformador.

2.6.8. Cálculo de la instalación de puesta a tierra

Hay que 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.

Datos de partida:

- Según la investigación previa del terreno donde se instalará este centro de transformación, se determina una resistividad media superficial de 400 Ω m.
- Tensión de red = 13,2 KV.
- Nivel de aislamiento en las instalaciones de baja tensión del centro de transformación = 24 KV.
- Intensidad de defecto máxima permitida de acuerdo con las normas dadas por las E.S.E.: Id = 400 A.

Características del centro de transformación:

- La caseta tiene 4460 mm de largo, 2380 mm de ancho y 3045 mm de alto.



- Resistividad de terreno: $\rho = 400 \Omega \cdot m$.
- Resistividad del hormigón: $\rho_H = 3000 \Omega \cdot m$.

El neutro de la red de distribución en media tensión está conectado rígidamente a tierra. Por ello, la intensidad máxima de defecto dependerá de la resistencia de puesta a tierra de protección del centro, así como de las características de la red de media tensión.

La intensidad máxima de defecto a tierra es 400 amperios y el tiempo de eliminación del defecto es inferior a 0,45 segundos (gráfica de duración de defecto), según datos proporcionados por la compañía suministradora (Iberdrola). Los valores de K y n para calcular la tensión máxima de contacto aplicada según MIE RAT 13 en el tiempo de defecto proporcionado por la compañía son:

$$K = 0,72$$

$$n = 1$$

La resistencia máxima de la puesta a tierra de las masas del centro de transformación estará limitado por el nivel de aislamiento de los elementos de baja tensión del centro de transformación, y será:

$$R_t = \frac{U_{BT}}{I_d} = \frac{10000}{400} = 25 \Omega$$

Siendo:

- R_t = resistencia máxima de la puesta a tierra de las masas del CT.
- U_{BT} = Nivel de aislamiento en las instalaciones de baja tensión del centro de transformación en voltios.
- I_d = Corriente de defecto máxima de acuerdo con las normas de Iberdrola en amperios.

El valor de K_r será menor que el que da el valor de la resistencia máxima de puesta a tierra.

$$K_r \leq \frac{R_t}{\rho} = \frac{25}{400} = 0,0625 \Omega / \Omega \cdot m$$



2.6.8.1. MÉTODO EMPLEADO EN LA INSTALACIÓN DE PUESTA A TIERRA

A) TIERRA DE PROTECCIÓN

Se conectarán a este sistema las partes metálicas de la instalación que no estén en tensión normalmente pero puedan estarlo a consecuencia de averías o causas fortuitas, tales como los chasis y los bastidores de los aparatos de maniobra, envolventes metálicas de las cabinas prefabricadas y carcasas de los transformadores.

Para los cálculos a realizar se emplearán las expresiones y procedimientos según el “Método de cálculo y proyecto de instalaciones de puesta a tierra para centros de transformación de tercera categoría”, editado por UNESA, conforme a las características del centro de transformación objeto del presente cálculo, siendo, entre otras, las siguientes:

Para la tierra de protección se ha adoptado la configuración 50-30/8/84 cuyos datos son los siguientes:

$$K_r = 0,062 \frac{\Omega}{\Omega \cdot m} < 0,0625 \frac{\Omega}{\Omega \cdot m}$$

$$K_p = 0,0096 \frac{V}{\Omega \cdot m \cdot A}$$

$$K_c = 0,0232 \frac{V}{\Omega \cdot m \cdot A}$$

Siendo:

K_r = resistencia.

K_p = tensión de paso.

K_c = tensión de contacto exterior.

Descripción:

Estará constituida por 8 picas en hilera unidas por un conductor horizontal de cobre desnudo de 50 mm² de sección.

Las picas tendrán un diámetro de 14 mm y una longitud de 4 metros. Se enterrarán verticalmente a una profundidad de 0,8 metros, estas 8 picas formarán un rectángulo de dimensiones 5 x 3 m.



NOTA: Se pueden utilizar otras configuraciones siempre y cuando los parámetros K_r y K_p de la configuración escogida sean iguales o inferiores a los indicados en el párrafo anterior.

La conexión desde el centro hasta la primera pica se realizará con cable de cobre aislado de 0,6/ 1kV protegido contra daños mecánicos.

B) TIERRA DE SERVICIO

Se conectarán a este sistema el neutro del transformador, así como la tierra de los secundarios de los transformadores de tensión e intensidad de la celda de medida.

Para la tierra de servicio se ha adoptado la configuración 8/82 cuyos datos son los siguientes:

$$K_r = 0,0556 \frac{\Omega}{\Omega \cdot m}$$

$$K_p = 0,00255 \frac{V}{\Omega \cdot m \cdot A}$$

Descripción:

Estará constituida por 8 picas en hilera unidas por un conductor horizontal de cobre desnudo de 50 mm² de sección.

Las picas tendrán un diámetro de 14 mm, y una longitud de 2 metros. Se enterrarán 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.

NOTA: Se pueden utilizar otras configuraciones siempre y cuando los parámetros K_r y K_p de la configuración escogida sean inferiores o iguales a los indicados en el párrafo anterior.

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.



2.6.8.2. CÁLCULO DE LA RESISTENCIA DEL SISTEMA DE TIERRAS

A) TIERRA DE PROTECCIÓN

La compañía suministradora proporciona los datos de la puesta a tierra del neutro, cuyos valores son los siguientes: $R_n = 0 \Omega$; $X_n = 25 \Omega$.

Para el cálculo de la resistencia de la puesta a tierra de las masas del centro (R_t), y tensión de defecto correspondiente (U_d), se utilizarán las siguientes fórmulas:

- Resistencia del sistema de puesta a tierra, R_t' :

$$R_t' = K_r \times \rho = 0.062 \times 400 = 24.8 \Omega$$

- Intensidad de defecto (I_d'):

$$I_d' = \frac{U}{\sqrt{3} \times \sqrt{(R_n + R_r')^2 + X_n^2}} = \frac{13200}{\sqrt{3} \times \sqrt{(0 + 24,8)^2 + 25^2}} = 216,42 A$$

- Tensión de defecto, U_d' :

$$U_d' = I_d' \times R_t = 216,42 \times 24,8 = 5367,22 V$$

El aislamiento de las instalaciones de baja tensión del centro de transformación deberá ser mayor o igual que la tensión máxima de defecto calculada (U_d'), por lo que deberá ser como mínimo de 6000 Voltios.

De esta manera se evitará que las sobretensiones que aparezcan al producirse un defecto en la parte de alta tensión deterioren los elementos de baja tensión del centro, y por consiguiente no afecten a la red de baja tensión.

Se comprobará asimismo que la intensidad de defecto calculada es superior a 100 Amperios, lo que permitirá que pueda ser detectada por las protecciones normales.

B) TIERRA DE SERVICIO.

$$R_t = K_r \times \rho = 0,0556 \times 400 = 22,24 \Omega$$

Inferior a 25Ω



2.6.8.3. TENSIONES EN EL EXTERIOR DE LA INSTALACIÓN

Con el fin de evitar la aparición de tensiones de contacto elevadas en el exterior de la instalación, las puertas y rejillas de ventilación metálicas que dan el 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.

Por otra parte, la tensión de paso en el exterior vendrá determinada por las características del electrodo y de la resistividad del terreno, por la expresión:

- Tensión de paso en el exterior, U_p' :

$$U_p' = k_p \cdot I_d \cdot \rho = 0,0096 \times 216,42 \times 400 = 831,05 \text{ V}$$

2.6.8.4. TENSIONES EN EL INTERIOR DE LA INSTALACIÓN

El piso del centro estará constituido por un mallazo electrosoldado con redondos de diámetro no inferior a 4 mm formando una retícula no superior a $0,30 \times 0,30$ m. Este mallazo se conectará como mínimo en dos puntos preferentemente opuestos a la puesta a tierra de protección del centro. Con esta disposición se consigue proteger a la persona que deba acceder a una superficie equipotencial, con lo que desaparece el riesgo inherente a la tensión de contacto y de paso interior. Este mallazo se cubrirá con una capa de hormigón de 10 cm de espesor como mínimo.

El prefabricado de hormigón de ORMAZABAL está construido de tal manera que, una vez fabricado, su interior sea una superficie equipotencial. Todas las varillas metálicas embebidas en el hormigón que constituyan la armadura del sistema equipotencial estarán unidas entre sí mediante soldadura eléctrica.

Esta armadura equipotencial se conectará al sistema de tierras de protección (excepto puertas y rejillas, que como ya se ha indicado no tendrán contacto eléctrico con el sistema equipotencial; debiendo estar aisladas de la armadura con una resistencia igual o superior a 10.000 ohmios a los 28 días de fabricación de las paredes).

Así pues, no será necesario el cálculo de las tensiones de paso y contacto en el interior de la instalación, puesto que su valor será prácticamente nulo.

No obstante, y según el método de cálculo empleado, la existencia de una malla equipotencial conectada al electrodo de tierra implica que la tensión de paso de acceso es equivalente al valor de la tensión de defecto, que se obtiene mediante la expresión:



$$Up (\text{contacto}) = Up'(\text{acc}) = kc \cdot Id' \cdot \rho = 0,0232 \cdot 216,42 \cdot 400 = 2008,38V$$

2.6.8.5. TENSIONES APLICADAS

Para la determinación de los valores máximos admisibles de la tensión de paso en el exterior, y en el acceso al centro, se emplearán las siguientes expresiones:

$$Up (\text{paso}) = 10 \cdot \frac{k}{t^n} \cdot \left(1 + \frac{6 \cdot \rho}{1000} \right)$$

$$Up (\text{contacto}) = 10 \cdot \frac{k}{t^n} \cdot \left(1 + \frac{3 \cdot \rho + 3 \cdot \rho H}{1000} \right)$$

Siendo:

Up = tensiones de paso en voltios.

$k = 72$.

$n = 1$.

t = duración de la falta en segundos (0,45 s.).

ρ = resistividad del terreno.

ρH = resistividad del hormigón (3000 $\Omega \cdot m$).

Obteniendo los siguientes resultados:

$$Up (\text{paso}) = 5440 \text{ V.}$$

$$Up (\text{contacto}) = 17920 \text{ V.}$$

Así pues, se comprobará que los valores calculados son inferiores a los máximos admisibles:

- En el exterior:

$$Up' = 831,05 \text{ V} < Up (\text{paso}) = 5440 \text{ V.}$$

- En el acceso al centro de transformación:

$$Up'(\text{acc}) = 2008,38 \text{ V} < Up (\text{contacto}) = 17920 \text{ V.}$$



Ahora se comprobará los valores de defecto:

$$Ud' = 5367,22 \text{ V} < UBT = 24000 \text{ V}$$

2.6.8.6. TENSIONES TRANSFERIDAS AL EXTERIOR

Al no existir medios de transferencia de tensiones al exterior no se considera necesario un estudio previo para su reducción o eliminación.

No obstante, con el objeto de garantizar que el sistema de puesta a tierra de servicio no alcance tensiones superior a 1000 V cuando se produce un defecto, existirá una distancia de separación mínima ($D_{\text{mín}}$), entre los electrodos de los sistemas de puesta a tierra de protección y de servicio, determinada por la expresión:

$$D_{\text{mín}} = \frac{\rho \cdot I_d'}{2 \cdot \pi \cdot 1000} = \frac{400 \times 216,42}{2 \times \pi \times 1000} = 13,78m$$

2.6.8.7. CORRECCIÓN Y AJUSTE SI PROCEDE

No se considera necesario la corrección del sistema proyectado. No obstante, si el valor medido de las tomas de tierra resultara elevado y pudiera dar lugar a tensiones de paso o contacto excesivas, se corregirán estas mediante la disposición de una alfombra aislante en el suelo del centro, o cualquier otro medio permitido en el reglamento, que asegure la no peligrosidad de estas tensiones.

2.7. Cálculo de la puesta a tierra

La puesta a tierra se realiza para limitar la tensión que, con respecto a tierra, pueden llegar a alcanzar en un momento determinado las masas metálicas, y para asegurar la actuación de las protecciones y eliminar el riesgo que supone las averías eléctricas en los receptores, es decir, desvía al terreno las intensidades de defecto.

A la hora de llevar a cabo este cálculo debemos comprobar que la red de tierras proyectada cumple tanto con la ITC-REBT-18 como con la ITC-REBT-24.

La tensión de contacto que estableceremos como la máxima será de 24V, por lo que la resistencia de tierra calculada multiplicada por la corriente máxima que permite los dispositivos de protección no debe sobrepasar dicho valor.

$$Ra \times Ia < U$$

Ra= Resistencia de puesta a tierra junto con los conductores de protección.

Ia= Intensidad máxima que soporta el dispositivo de protección.

U= Tensión de contacto máxima permitida.



2.7.1. Red de tierra

Para el cálculo de la resistencia de tierra tendremos en cuenta las siguientes ecuaciones:

- Para las picas

$$R_p = \frac{\rho}{L_1} \quad R_{pt} = \frac{R_p}{n}$$

R_p = Resistencia de una pica.

R_{pt} = Resistencia equivalente de las picas usadas.

n = Número de picas.

ρ = Resistividad del terreno ($\Omega \times m$).

L_1 = Longitud de pica (m).

- Para el conductor desnudo

$$R_c = \frac{2\rho}{L_2}$$

R_c = Resistencia del cable ($\Omega \times m$).

L_2 = Longitud del conductor (m).

Una vez que tenemos las expresiones debemos saber la longitud de las picas que vamos a utilizar, la longitud del cable desnudo y la resistividad del terreno:

$\rho = 400 \Omega \times m$ (Suelo pedregoso cubierto de césped).

Longitud cable enterrado (m) = 216 m.

Número de picas de 2 m = 5.

$$R_p = \frac{\rho}{L_1} = \frac{400}{2} = 200 \Omega$$

$$R_{pt} = \frac{R_p}{n} = \frac{200}{5} = 40 \Omega$$

$$R_c = \frac{2\rho}{L_2} = \frac{2 \times 400}{216} = 3,7 \Omega$$

La resistencia total de tierra la hallaremos mediante el paralelo entre la resistencia de las picas y la del cable:

$$\frac{1}{R_a} = \frac{1}{R_{pt}} + \frac{1}{R_c} = \frac{1}{40} + \frac{1}{3,7} = 3,387 \Omega$$

$$R_a = 3,387 \Omega$$

Una vez calculada la resistencia de tierra debemos ver si se cumple el reglamento:

$$U_c = R_a \times I_a = 3,387 \times 0,3 = 1,016 V < 24V \rightarrow \text{Se cumple el reglamento.}$$



Pamplona, Febrero 2011

Javier Rollón Rodríguez



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación:

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL ELÉCTRICO

Título del proyecto:

“INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA NAVE INDUSTRIAL
EN BAJA TENSIÓN CON CENTRO DE
TRANSFORMACIÓN”

DOCUMENTO 3: PLANOS

Alumno: Javier Rollón Rodríguez

Tutor: José Javier Crespo Ganuza

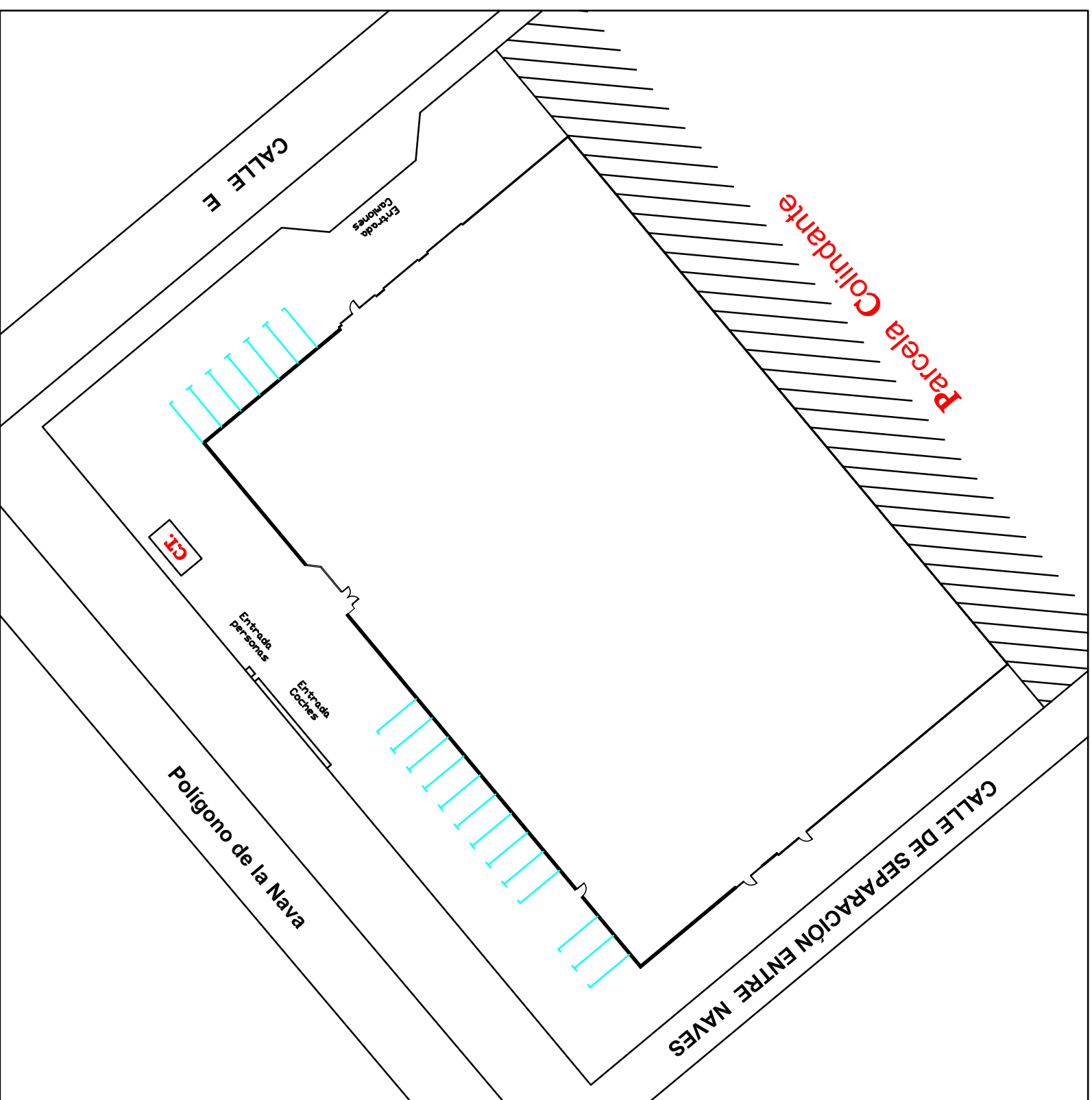
Pamplona, 24 de Febrero de 2011




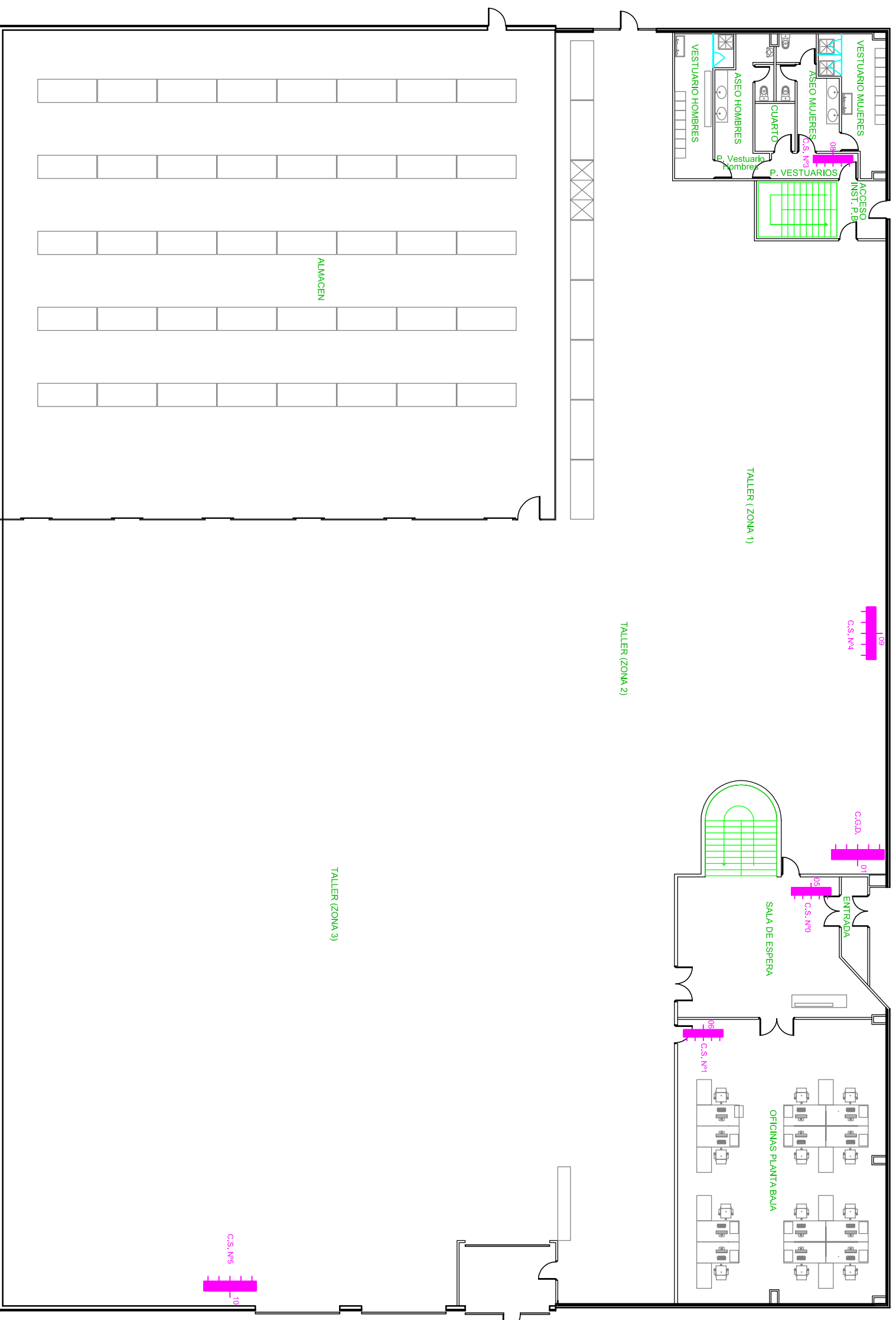
PLANOS

ÍNDICE:

- 3.1 SITUACIÓN DE LA NAVE INDUSTRIAL
- 3.2 SUPERFICIE DE LA PLANTA BAJA
- 3.3 SUPERFICIE DE LA PRIMERA PLANTA
- 3.4 ALUMBRADO INTERIOR DE LA PLANTA BAJA
- 3.5 ALUMBRADO INTERIOR DE LA PRIMERA PLANTA
- 3.6 ALUMBRADO DE EMERGENCIA, OTROS USOS Y MAQUINARIA DE LA PLANTA BAJA
- 3.7 ALUMBRADO DE EMERGENCIA Y OTROS USOS DE LA PRIMERA PLANTA
- 3.8 ESQUEMA UNIFILAR DEL CUADRO GENERAL DE DISTRIBUCIÓN Y CUADROS SECUNDARIOS N°0 Y N°1
- 3.9 ESQUEMA UNIFILAR CUADRO SECUNDARIO N°2
- 3.10 ESQUEMA UNIFILAR CUADROS SECUNDARIOS N°3, N°3.1 Y N°4
- 3.11 ESQUEMA UNIFILAR CUADRO SECUNDARIO N°5
- 3.12 ESQUEMA DE MANDO PARA ALUMBRADO DE TALLER Y ALMACÉN
- 3.13 PUESTA A TIERRA DE LA NAVE
- 3.14 DISTRIBUCIÓN DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN
- 3.15 DISTRIBUCIÓN REJILLADO DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN
- 3.16 ESQUEMA UNIFILAR DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN
- 3.17 PUESTA A TIERRA DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN



 Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa		E.T.S.I.I.T. INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL ELECTRICO	
PROYECTO: INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN B.T. DE NAVE INDUSTRIAL CON C.T.		DEPARTAMENTO DE: PROYECTOS E ING. RURAL	
PLANO: SITUACIÓN		REALIZADO: ROLLÓN RODRÍGUEZ, JAVIER	
FECHA:	ESCALA:	Nº PLANO:	
2/2011	1/200	1	



Universidad Pública
de Navarra
Nafarroako
Unibertsitate Publikoa

E.T.S.I.I.T.
INGENIERO TECNICO
INDUSTRIAL ELECTRICO

DEPARTAMENTO:

DEPARTAMENTO DE
PROYECTOS E ING. RURAL

PROYECTO:

**INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN B.T. DE NAVE
INDUSTRIAL CON C.T.**

REALIZADO:

ROLLÓN RODRÍGUEZ, JAVIER

FIRMA:

PLANO:

SUPERFICIE DE LA PLANTA BAJA

FECHA:

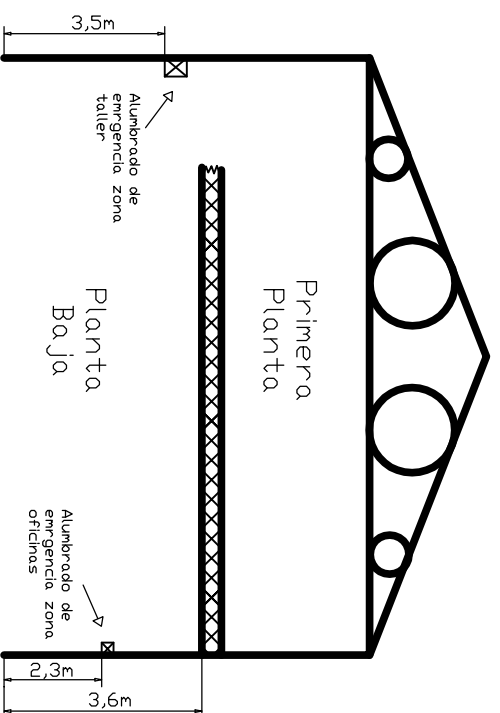
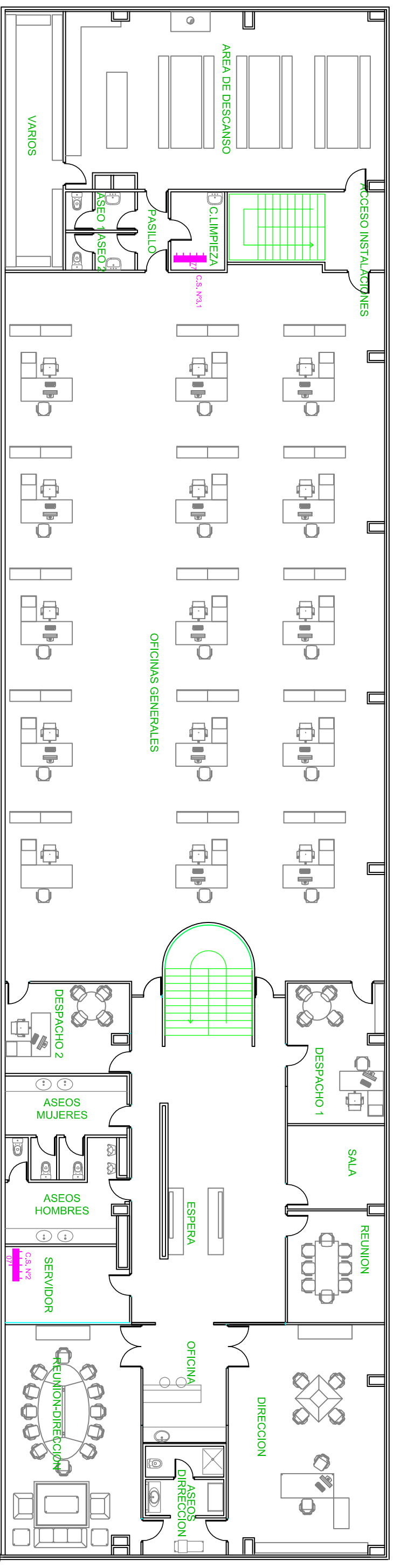
2/2011

ESCALA:

1/200

Nº PLANO:

2



Universidad Pública
de Navarra
Nafarroako
Unibertsitate Publikoa

E.T.S.I.I.T.
INGENIERO TECNICO
INDUSTRIAL ELECTRICO

DEPARTAMENTO:
DEPARTAMENTO DE
PROYECTOS E ING. RURAL

PROYECTO:

**INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN B.T. DE NAVE
INDUSTRIALCON C.T.**

REALIZADO:

ROLLÓN RODRÍGUEZ, JAVIER

FIRMA:

PLANO:

SUPERFICIE DE LA PLANTA PRIMERA

FECHA:

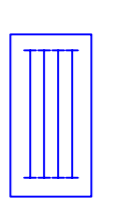
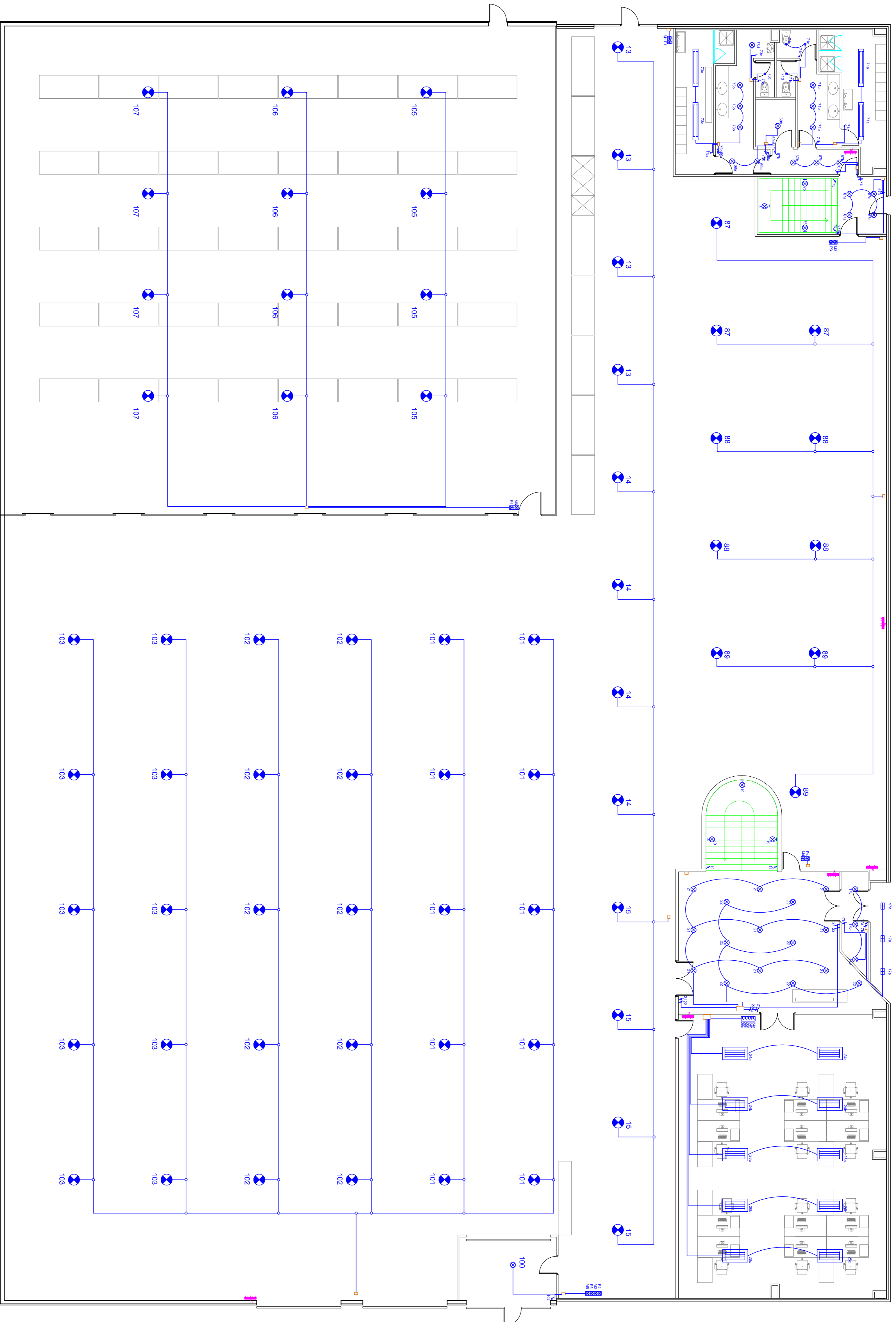
2/2011

ESCALA:

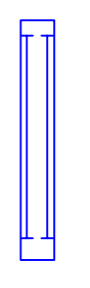
1/200

Nº PLANO:

3



Philips TBS330 TL-D 4x36W/840 HPF M6



Philips TBS330 TL-D 2x36W/840 HPF M6



Luminarias vapor de sodio SON 250W/220 E40 I SL



Downlight Philips FBS291 1xPL-C/2P26W/840 IC C WH



Downlight Philips FBS120 1xPL-C/2P18W/840 I 230V O W2



Downlight estanco Philips FWG250 1xPL-C/2P18W I WH



Interruptor monopolar



Commutador



Commutador de cruzamiento



Pulsador Marcha (M) y Pulsador Paro (P)

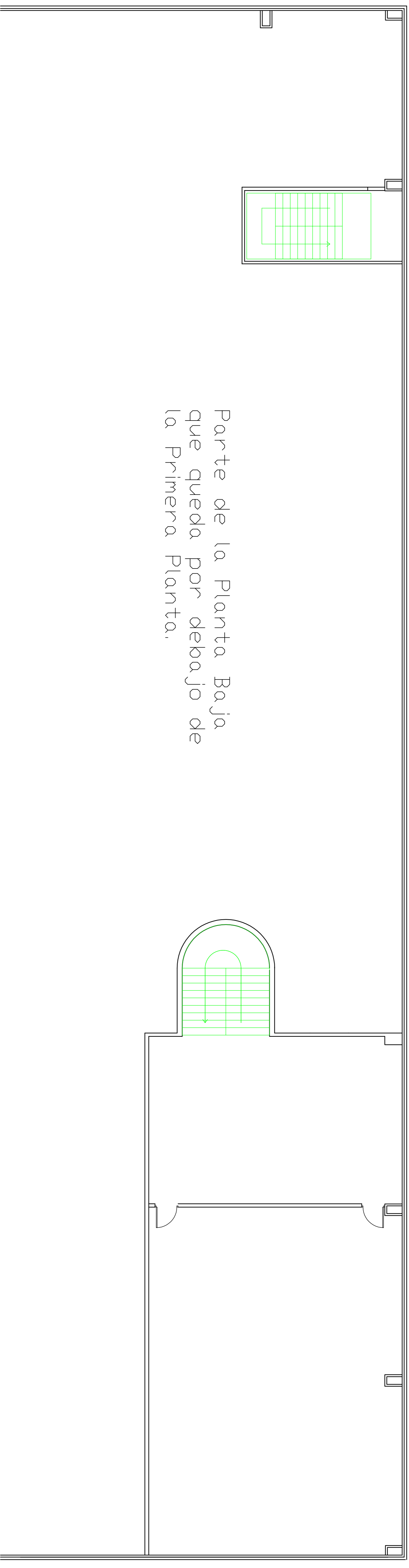


Cuadro secundario o general

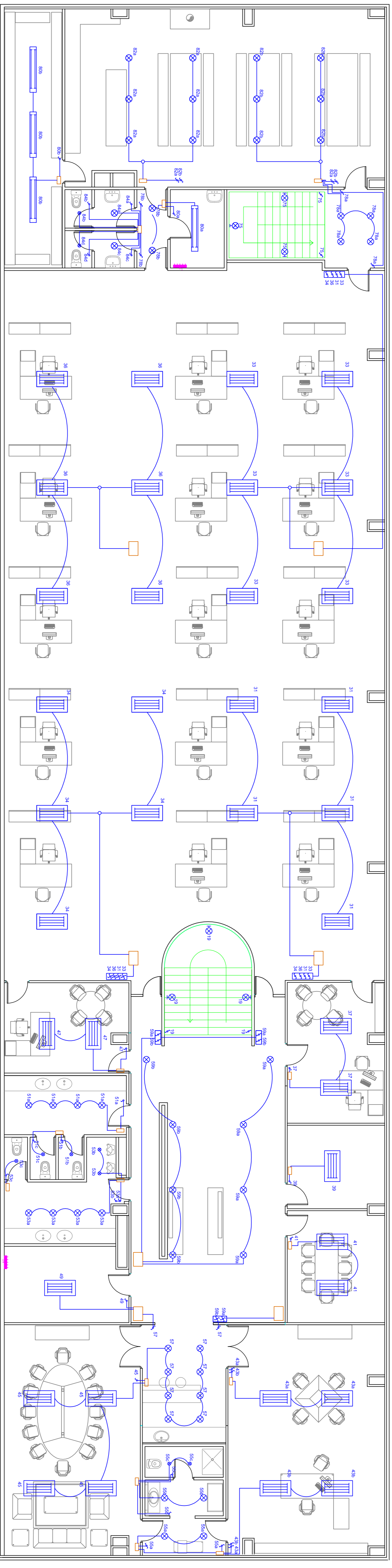


Caja de empalme

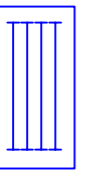








<p>Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa</p>	<p>E.T.S.I.I.T.</p>	<p>DEPARTAMENTO DE</p>
	<p>INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL ELECTRICO</p>	<p>DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL</p>
<p>PROYECTO:</p>	<p>INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN B.T. DE NAVE INDUSTRIAL CON C.T.</p>	<p>REALIZADO:</p>
<p>PLANO:</p>	<p>ALUMBRADO INTERIOR PLANTA BAJA</p>	<p>FIRMA:</p>
<p>FECHA:</p>	<p>2/2011</p>	<p>ESCALA:</p>
	<p>1/100</p>	<p>Nº PLANO:</p>
		<p>4</p>




Planta Baja

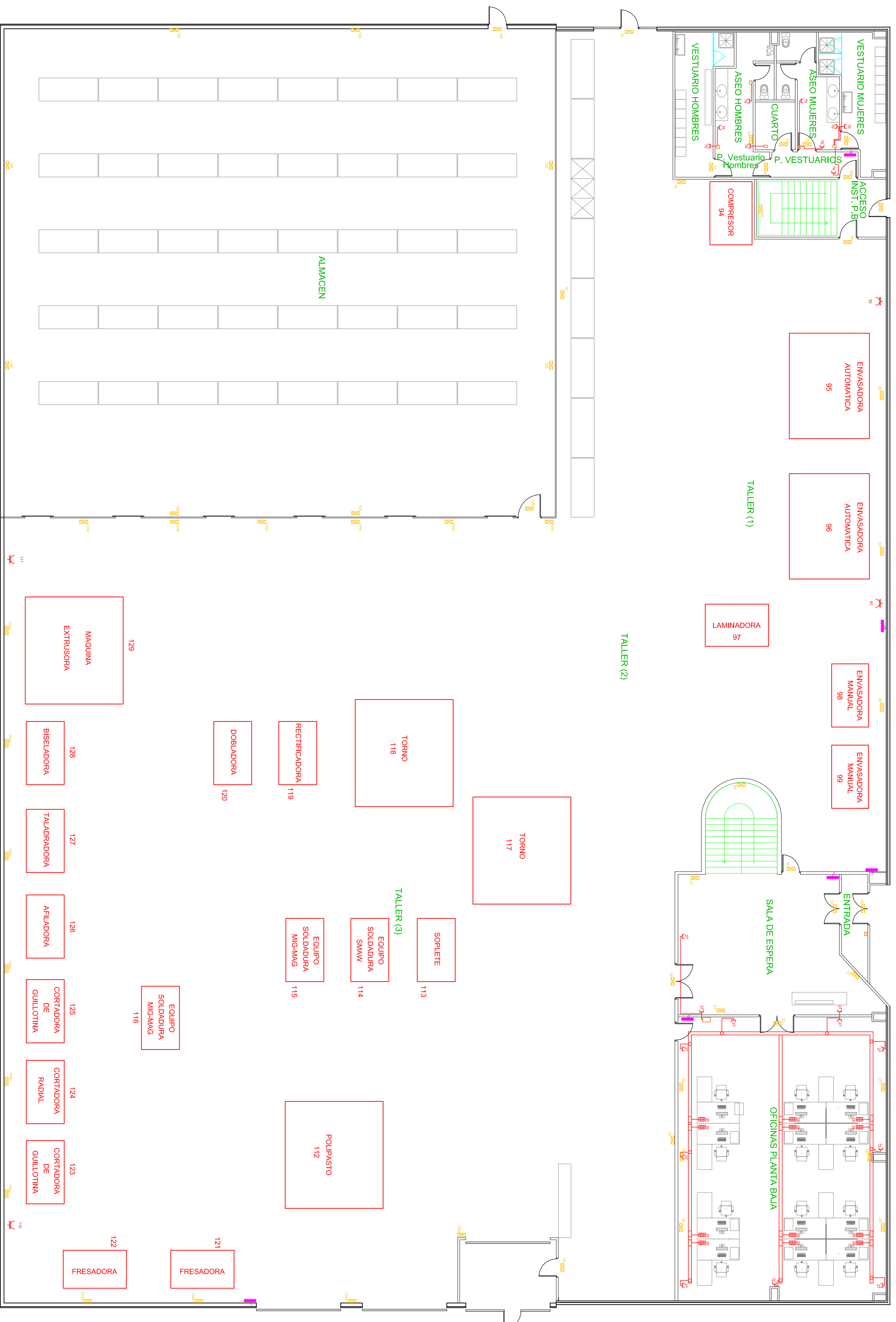


Primera Planta

-  Philips TBS330 TL-D 4x36W/840 HPF M6
-  Philips TBS330 TL-D 2x36W/840 HPF M6
-  Downlight Philips FBSS291 1xPL-C/2P26W/840 IC C WH
-  Downlight Philips FBSS120 1xPL-C/2P18W/840 I 230V O W2
-  Interruptor monopolar
-  Comutador
-  Comutador de cruzamiento
-  Cuadro secundario
-  Caja de empalme


REVISED

 Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	E.T.S.I.I.T.	DEPARTAMENTO:
	INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL ELECTRICICO	DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL
PROYECTO:	INSTALACION ELECTRICA EN B.T. DE NAVE INDUSTRIAL CON C.T.	REALIZADO:
PLANO:	ALUMBRADO INTERIOR PRIMERA PLANTA	FIRMA:
FECHA:	2/2011	ESCALA:
	1/100	Nº PLANO:
		5



Legenda:

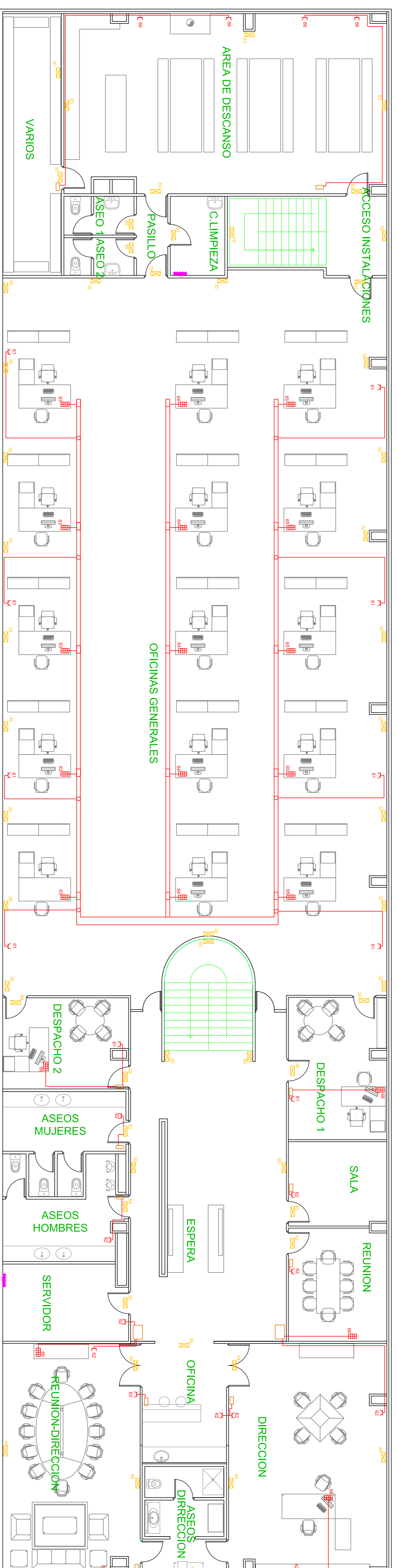
- == Bandeja no perforada de bajo perfil
- ∩ Toma de corriente monofásica
- ∩ Toma de corriente trifásica
- Cuadro secundario o general
- ☒ Alumbrado de emergencia
- ☒ Toma SAI
- ☐ Caja de empalme

 Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	ET.S.I.I.T.T.	DEPARTAMENTU:
	INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL ELECTRICO	DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL
PRD.VECTO:	INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN B.T. DE NAVE INDUSTRIAL CON C.T.	REALIZADO:
		ROLLÓN RODRIGUEZ, JAVIER
PLAND:	ALUMBRADO EMERGENCIA Y OTROS USOS P.L. BAJA	FIRMA:
FECHA:	2/2011	ESCALA:
		Nº PLANO:
		6

Parte de la Planta Baja que queda por debajo de la Primera Planta.










Planta Baja

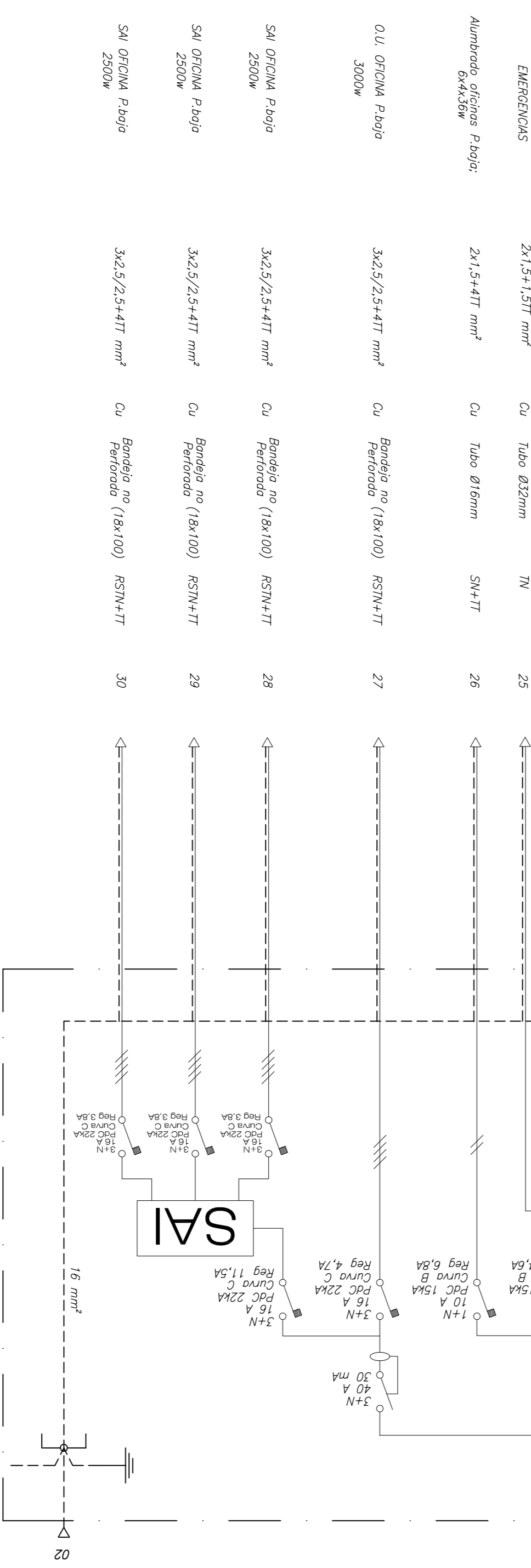
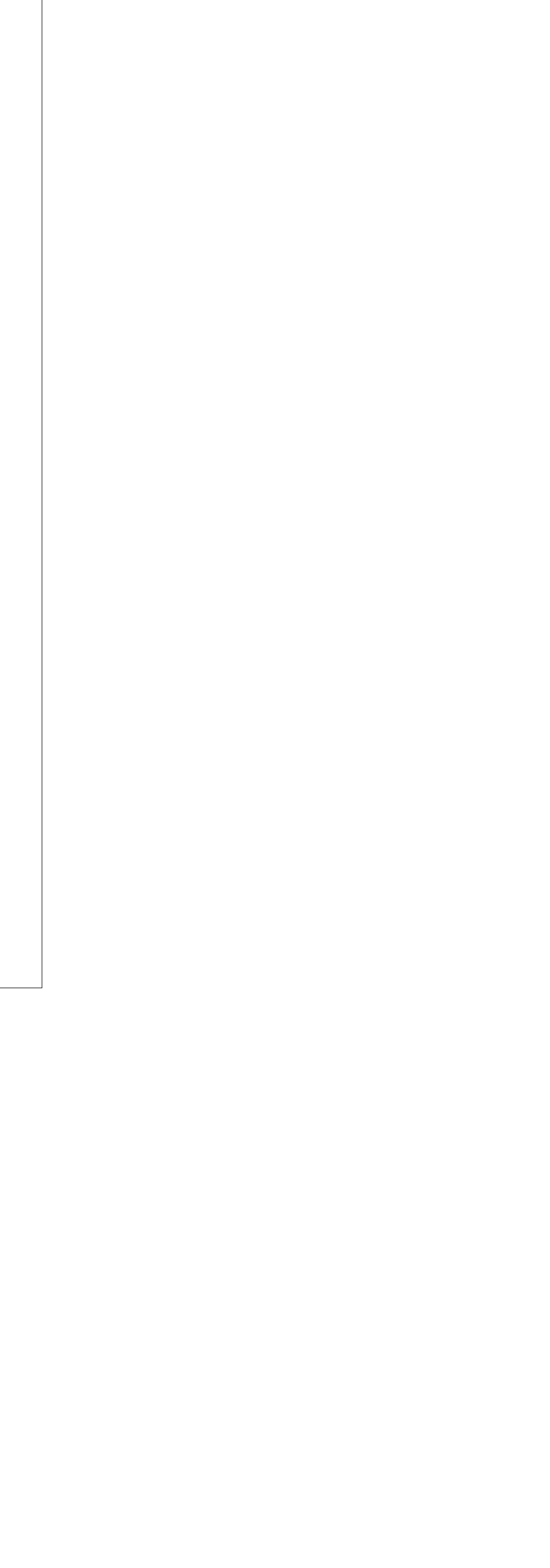
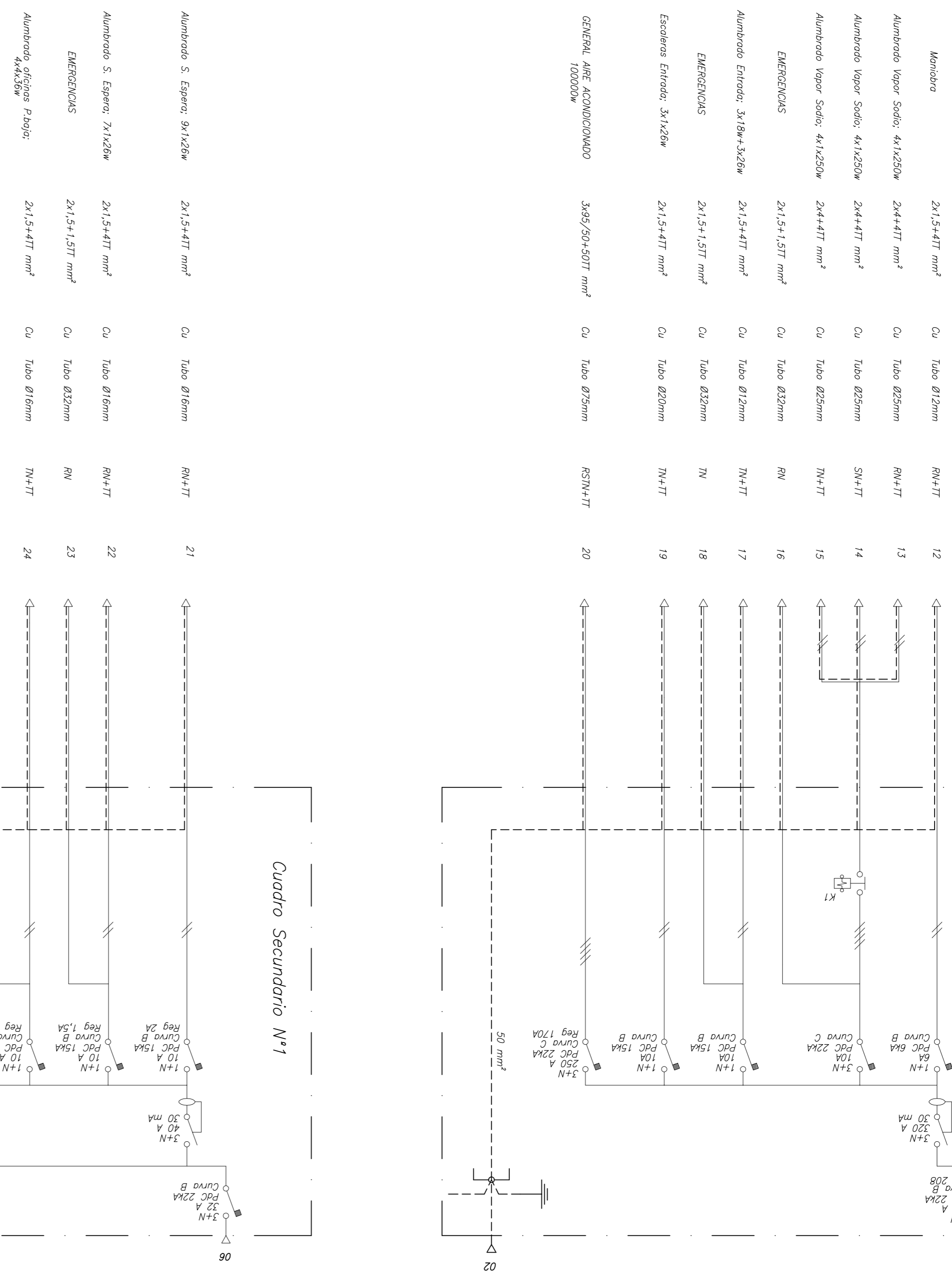
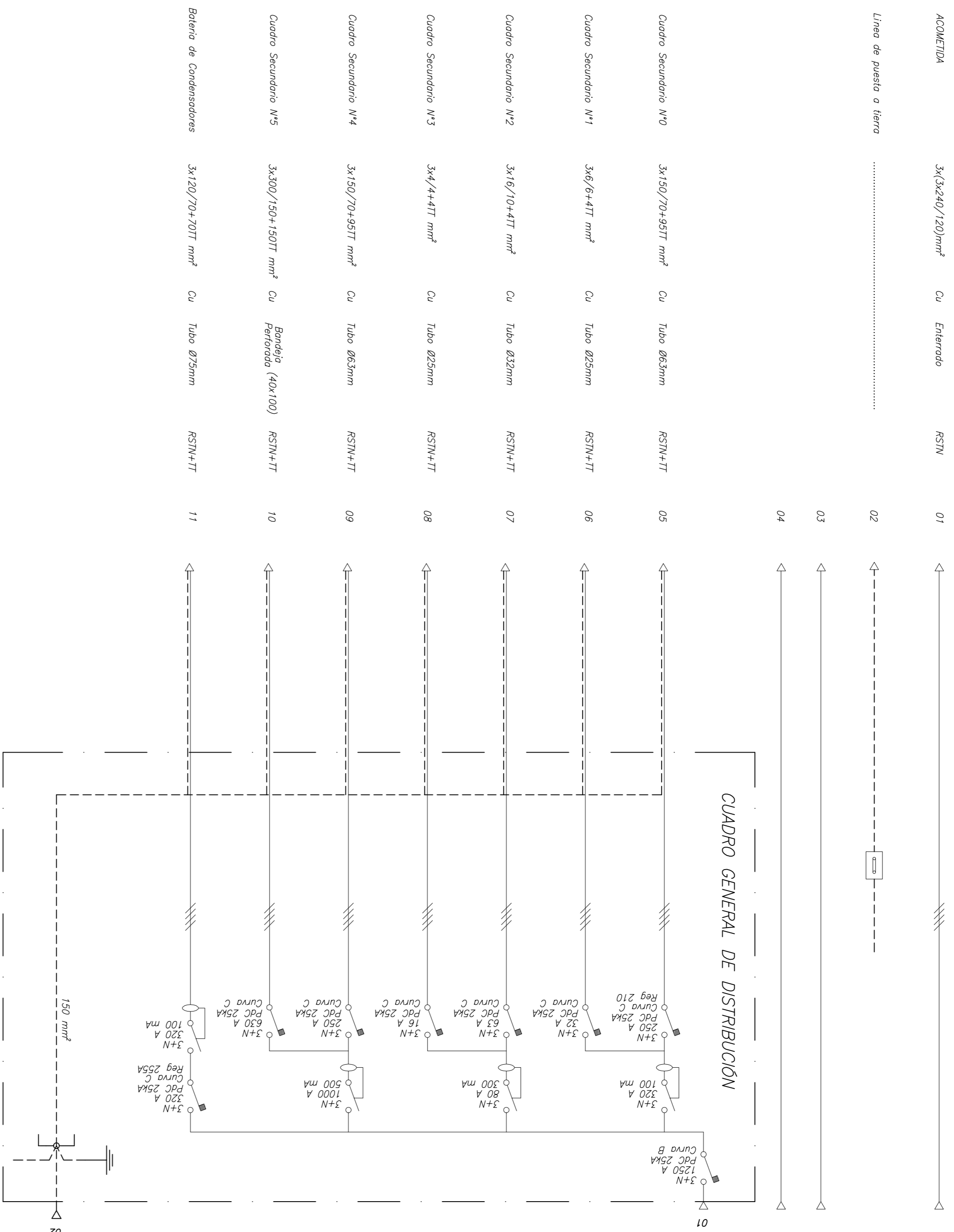


Primera Planta

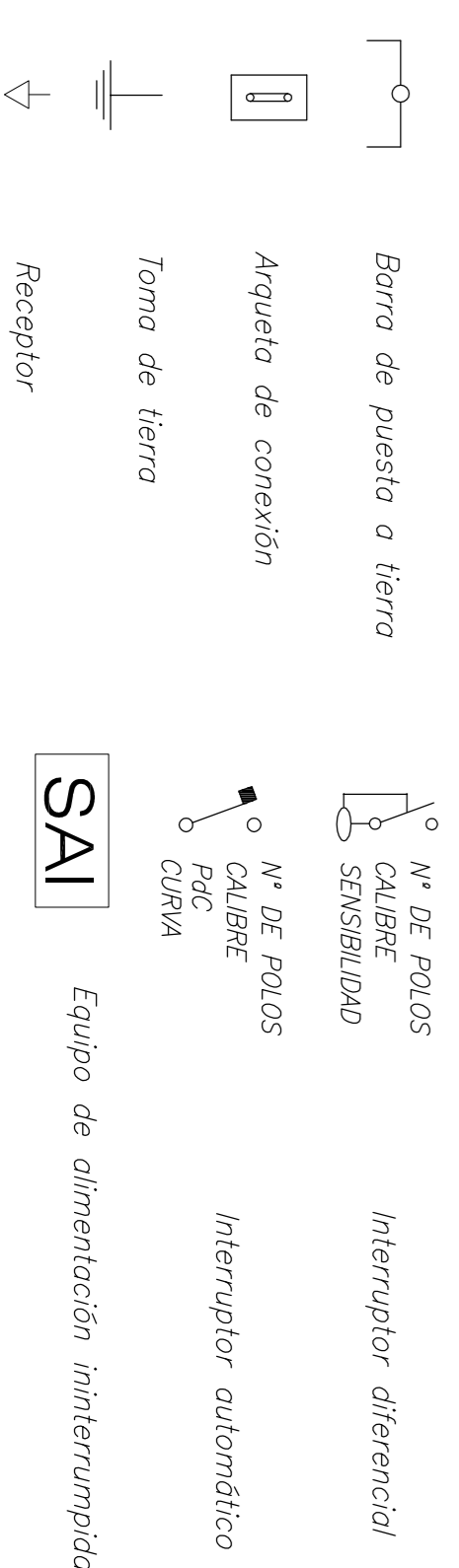
LEYENDA

-  Bandeja no perforada de bajo perfil
-  Toma de corriente monofásica
-  Cuadro secundario
-  Alumbrado de emergencia
-  Toma SAI
-  Caja de empalme

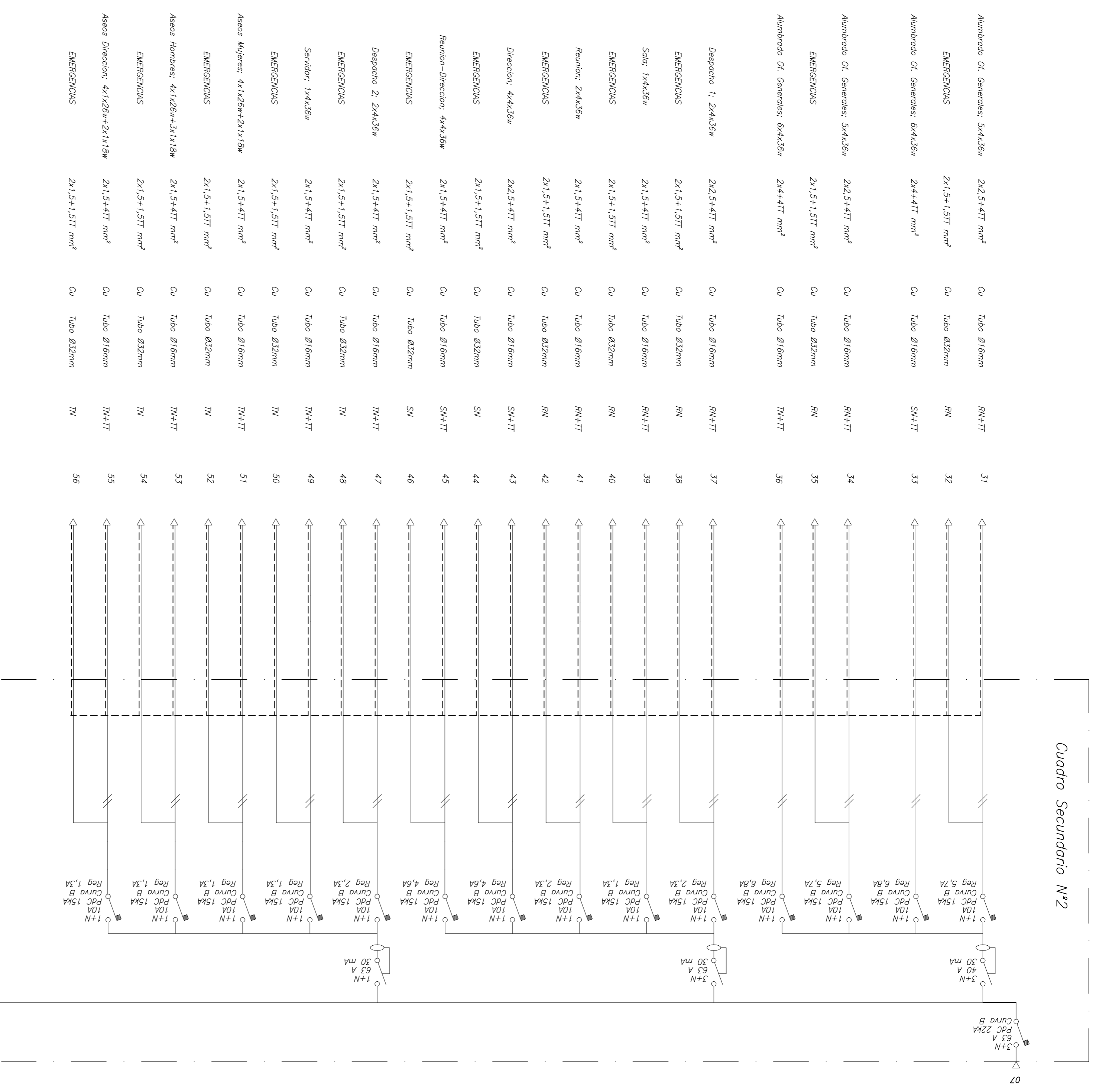
 Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	E.T.S.I.I.T.	DEPARTAMENTO:
	INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL ELECTRICO	DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL
PROYECTO:	INSTALACION ELECTRICA EN B.T. DE NAVE INDUSTRIALCON C.T.	REALIZADO:
		ROLLÓN RODRIGUEZ, JAVIER
PLANO:	ALUMBRADO EMERGENCIA Y OTROS USOS PLANTA. PR.	FIRMA:
FECHA:	2/2011	ESCALA:
		Nº PLANO:
		7



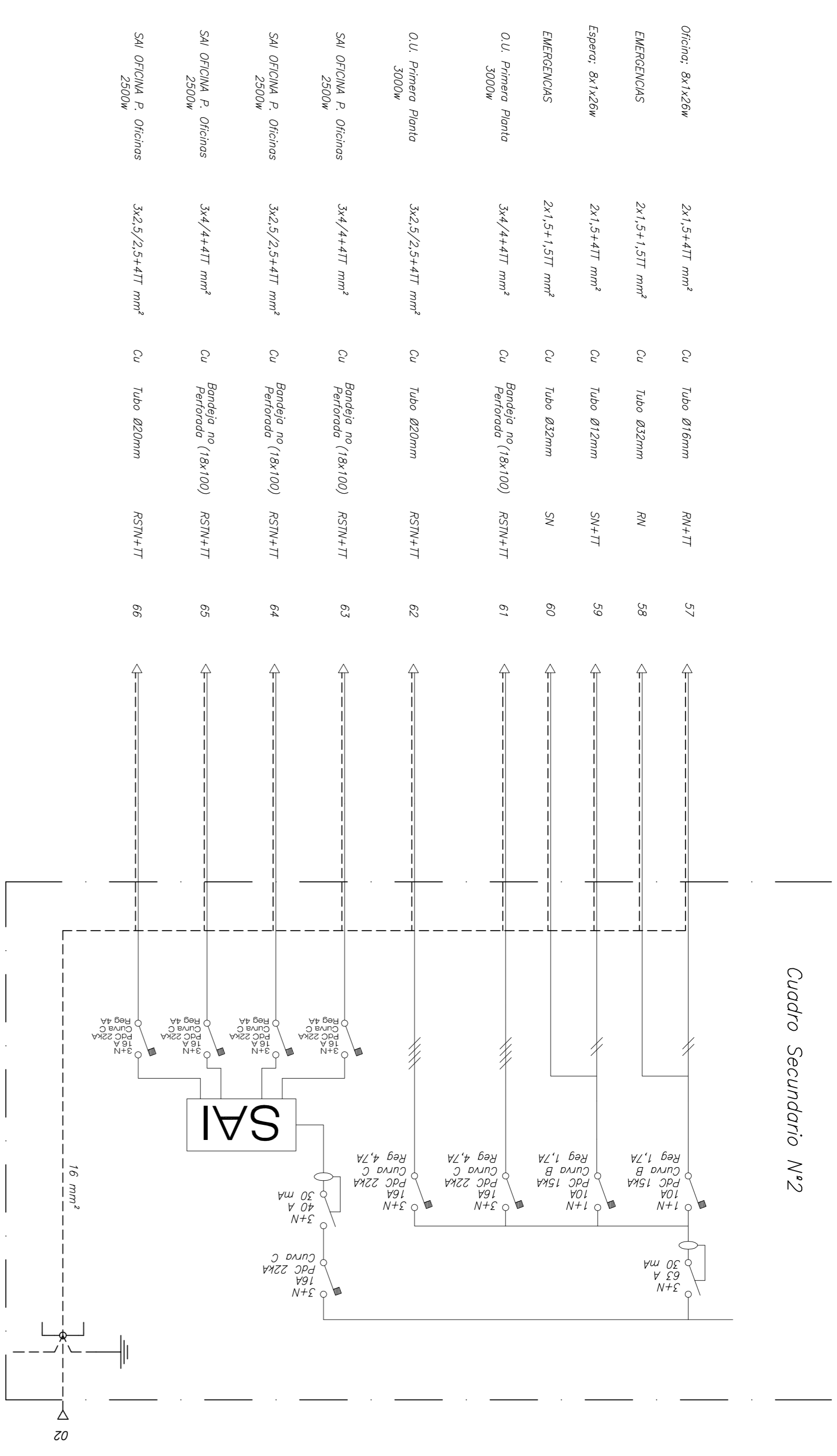
Legenda:



<p>Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa</p>	<p>E.T.S.I.I.T.T.</p> <p>INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL ELÉCTRICO</p>	<p>DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL</p>
	<p>PROYECTO:</p> <p>INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN B.T. DE NAVE INDUSTRIAL CON C.T.</p>	<p>REALIZADO:</p> <p>ROLLÓN RODRÍGUEZ JAVIER</p>
<p>PLANO:</p> <p>ESQUEMA UNIFILAR C.G.D. Y CUADROS N°0 Y N°1</p>	<p>FECHA:</p> <p>2/2011</p>	<p>ESCALA:</p> <p>8</p>



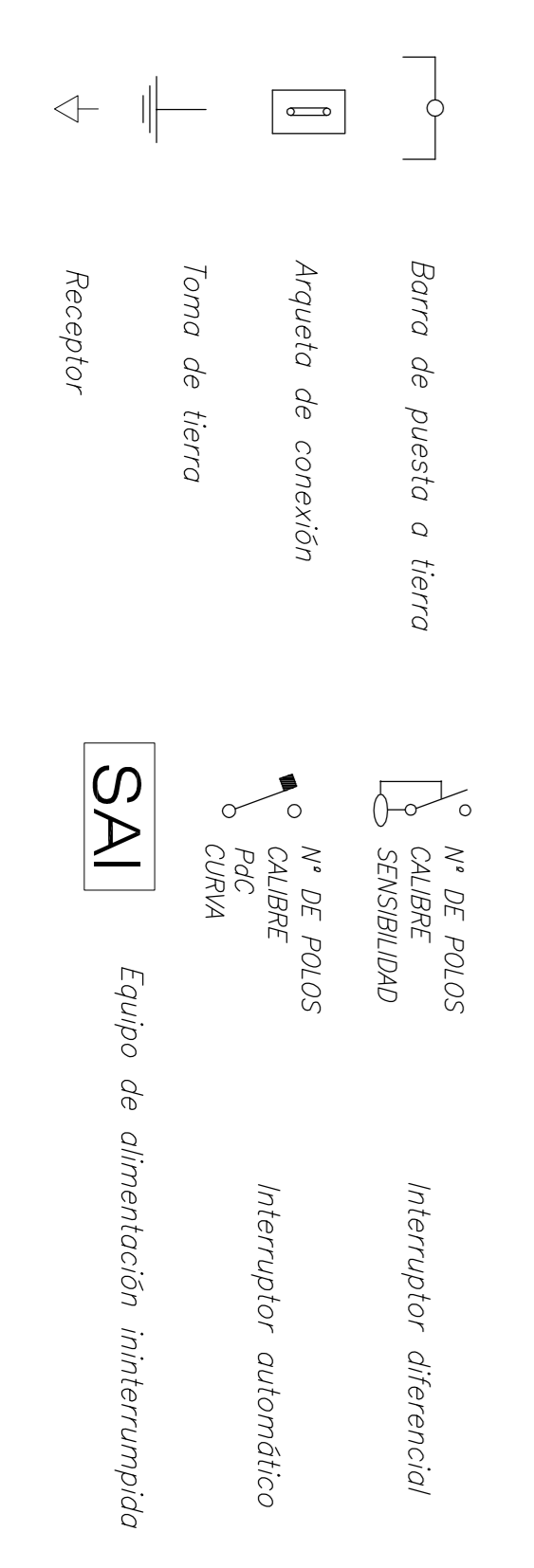
Cuadro Secundario N°2



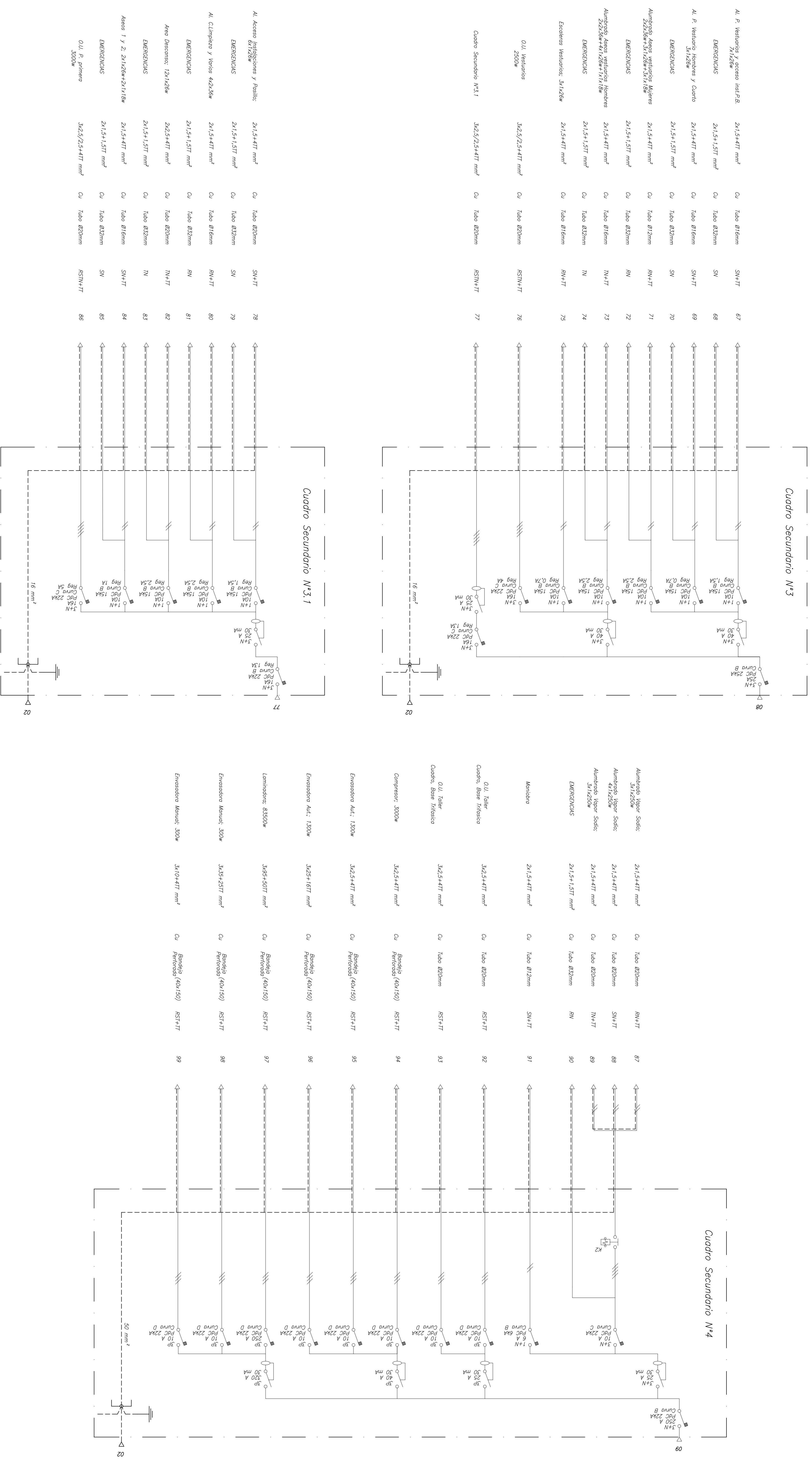
Cuadro Secundario N°2

Alumbrado Of. Generales: 5x4x36w	2x2,5+4TT mm²	Cu	Tubo Ø16mm	RN+TT	31
EMERGENCIAS	2x1,5+1,5TT mm²	Cu	Tubo Ø20mm	RN	32
Alumbrado Of. Generales: 6x4x36w	2x4+4TT mm²	Cu	Tubo Ø16mm	SN+TT	33
Alumbrado Of. Generales: 3x4x36w	2x2,5+4TT mm²	Cu	Tubo Ø16mm	RN+TT	34
EMERGENCIAS	2x1,5+1,5TT mm²	Cu	Tubo Ø20mm	RN	35
Alumbrado Of. Generales: 6x4x36w	2x4+4TT mm²	Cu	Tubo Ø16mm	TN+TT	36
Despacho 1: 2x4x36w	2x2,5+4TT mm²	Cu	Tubo Ø16mm	RN+TT	37
EMERGENCIAS	2x1,5+1,5TT mm²	Cu	Tubo Ø20mm	RN	38
Sala: 1x4x36w	2x1,5+4TT mm²	Cu	Tubo Ø16mm	RN+TT	39
EMERGENCIAS	2x1,5+1,5TT mm²	Cu	Tubo Ø20mm	RN	40
Reunión: 2x4x36w	2x1,5+4TT mm²	Cu	Tubo Ø16mm	RN+TT	41
EMERGENCIAS	2x1,5+1,5TT mm²	Cu	Tubo Ø20mm	RN	42
Dirección: 4x4x36w	2x2,5+4TT mm²	Cu	Tubo Ø16mm	SN+TT	43
EMERGENCIAS	2x1,5+1,5TT mm²	Cu	Tubo Ø20mm	SN	44
Reunión-Dirección: 4x4x36w	2x1,5+4TT mm²	Cu	Tubo Ø16mm	SN+TT	45
EMERGENCIAS	2x1,5+1,5TT mm²	Cu	Tubo Ø20mm	SN	46
Despacho 2: 2x4x36w	2x1,5+4TT mm²	Cu	Tubo Ø16mm	TN+TT	47
EMERGENCIAS	2x1,5+1,5TT mm²	Cu	Tubo Ø20mm	TN	48
Servidor: 1x4x36w	2x1,5+4TT mm²	Cu	Tubo Ø16mm	TN+TT	49
EMERGENCIAS	2x1,5+1,5TT mm²	Cu	Tubo Ø20mm	TN	50
Asesos Mujeres: 4x1x26w+2x1x18w	2x1,5+4TT mm²	Cu	Tubo Ø16mm	TN+TT	51
EMERGENCIAS	2x1,5+1,5TT mm²	Cu	Tubo Ø20mm	TN	52
Asesos Hombres: 4x1x26w+3x1x18w	2x1,5+4TT mm²	Cu	Tubo Ø16mm	TN+TT	53
EMERGENCIAS	2x1,5+1,5TT mm²	Cu	Tubo Ø20mm	TN	54
Asesos Dirección: 4x1x26w+2x1x18w	2x1,5+4TT mm²	Cu	Tubo Ø16mm	TN+TT	55
EMERGENCIAS	2x1,5+1,5TT mm²	Cu	Tubo Ø20mm	TN	56

Legenda:



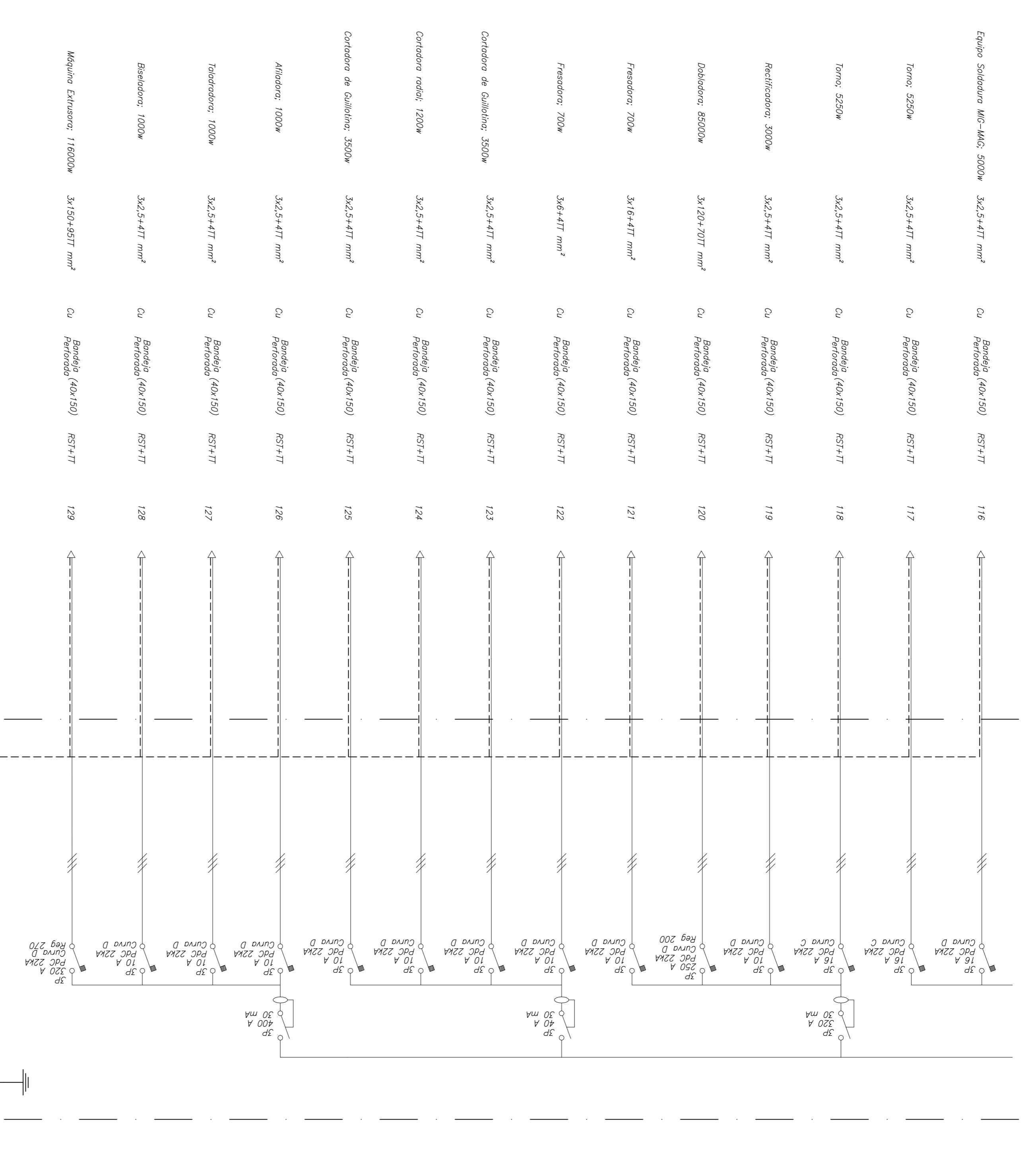
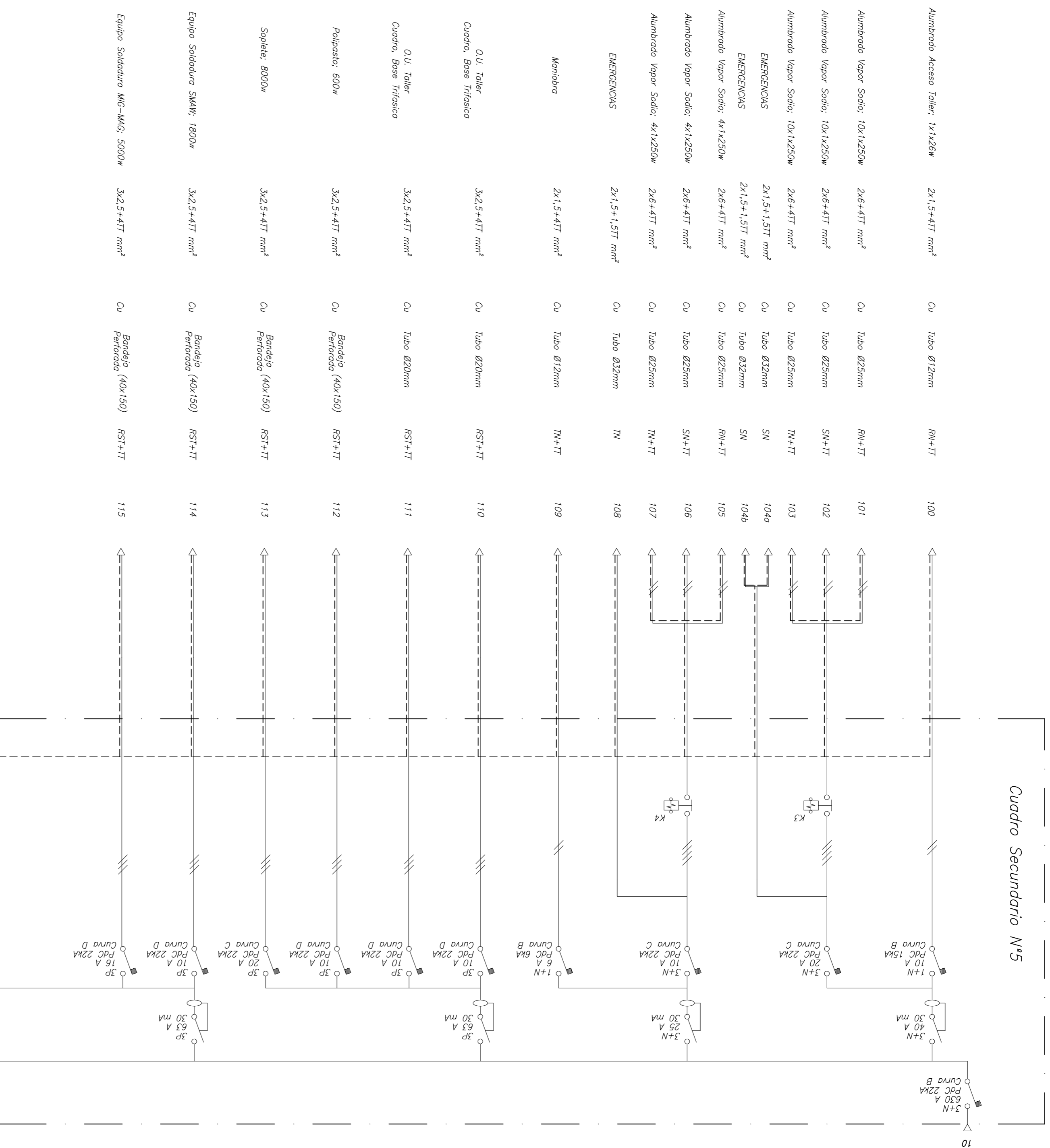
<p>Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa</p>	<p>E.T.S.I.I.T. INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL ELECTRICO</p>	<p>DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL REALIZADO: ROLLÓN RODRIGUEZ JAVIER</p>
	<p>PROYECTO: INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN B.T. DE NAVE INDUSTRIAL CON C.T.</p>	
<p>PLANO: ESQUEMA UNIFILAR CUADRO N°2</p>	<p>FECHA: 2/2011</p>	<p>ESCALA: Nº PL. 9</p>



Leyenda:

	Barra de puesta a tierra		N° DE POLOS CALIBRE SENSIBILIDAD
	Arqueta de conexión		Interruptor automático
	Tomo de tierra		Equipo de alimentación interruptor
	Receptor		SAI

Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	E.T.S.I.I.T. INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL ELECTRICO	DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL
	PROYECTO: INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN B.T. DE NAVE INDUSTRIAL CON C.T.	REALIZADO: ROLLÓN RODRÍGUEZ JAVIER
PLANO: ESQUEMA UNIFILAR CUADROS N°3, N°3.1 Y N°4	FECHA: 2/2011	ESCALA: 10

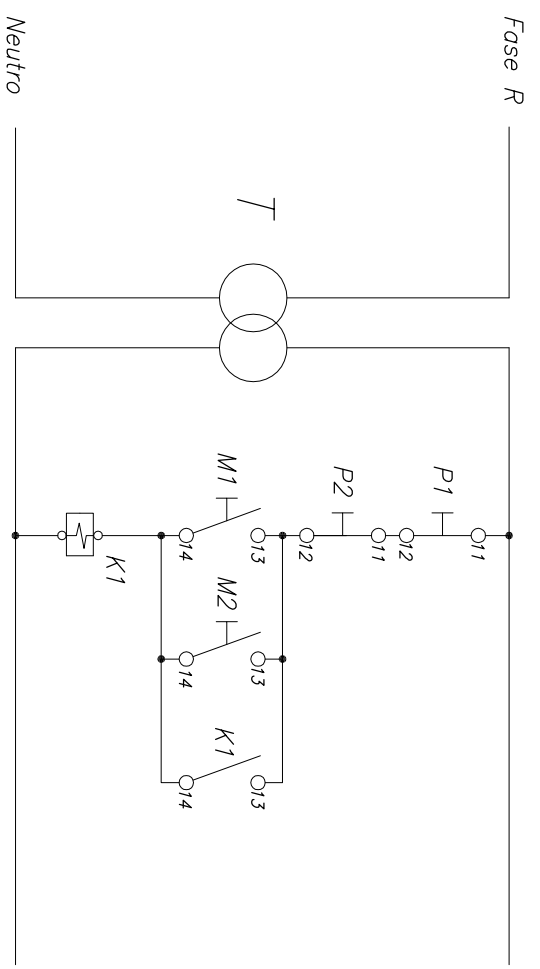


Legend:

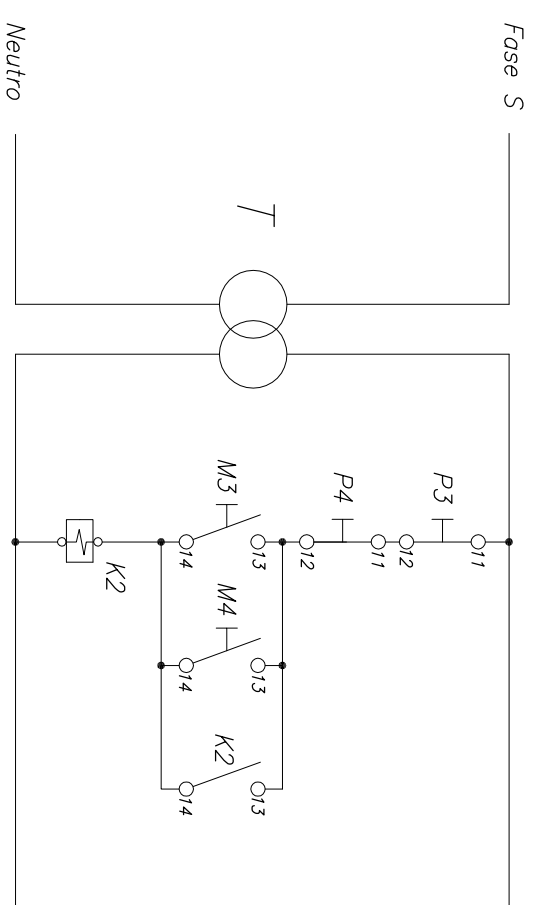
- Barra de puesta a tierra
- Arqueta de conexión
- Tomo de tierra
- Receptor
- N° DE POLOS CALIBRE SENSIBILIDAD
- N° DE POLOS CALIBRE SENSIBILIDAD
- Interruptor automático
- Interruptor diferencial
- SAI
- Equipo de alimentación ininterrumpida

Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	E.T.S.I.I.T. INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL ELÉCTRICO	DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL
	PROYECTO: INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN B.T. DE NAVE INDUSTRIAL CON C.T.	REALIZADO: ROLLÓN RODRÍGUEZ JAVIER
PLANO: ESQUEMA UNIFILAR CUADRO N°5	FECHA: 2/2011	ESCALA: Nº PL. 115

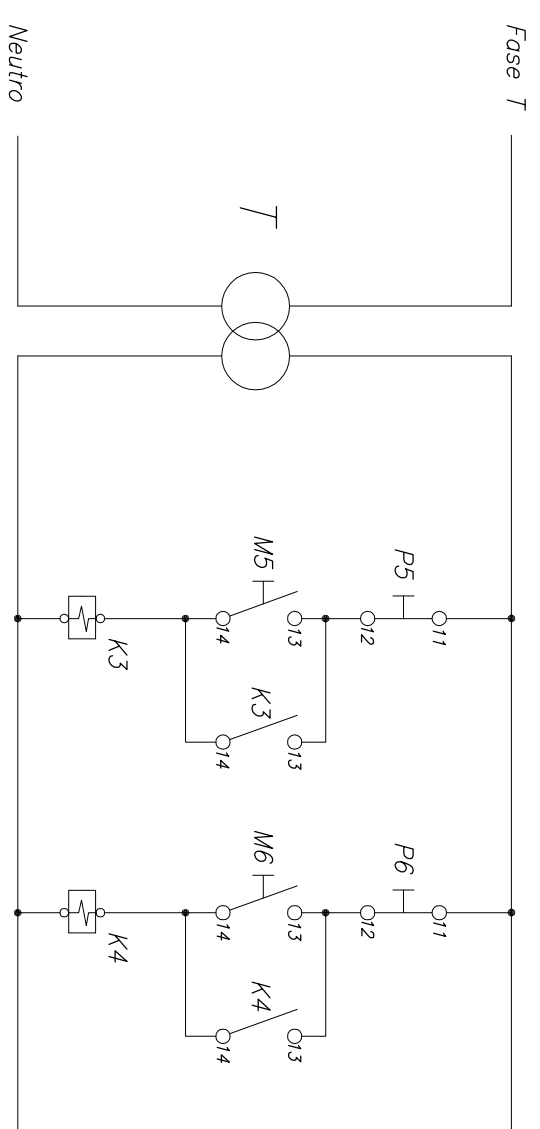
Circuito 12



Circuito 91




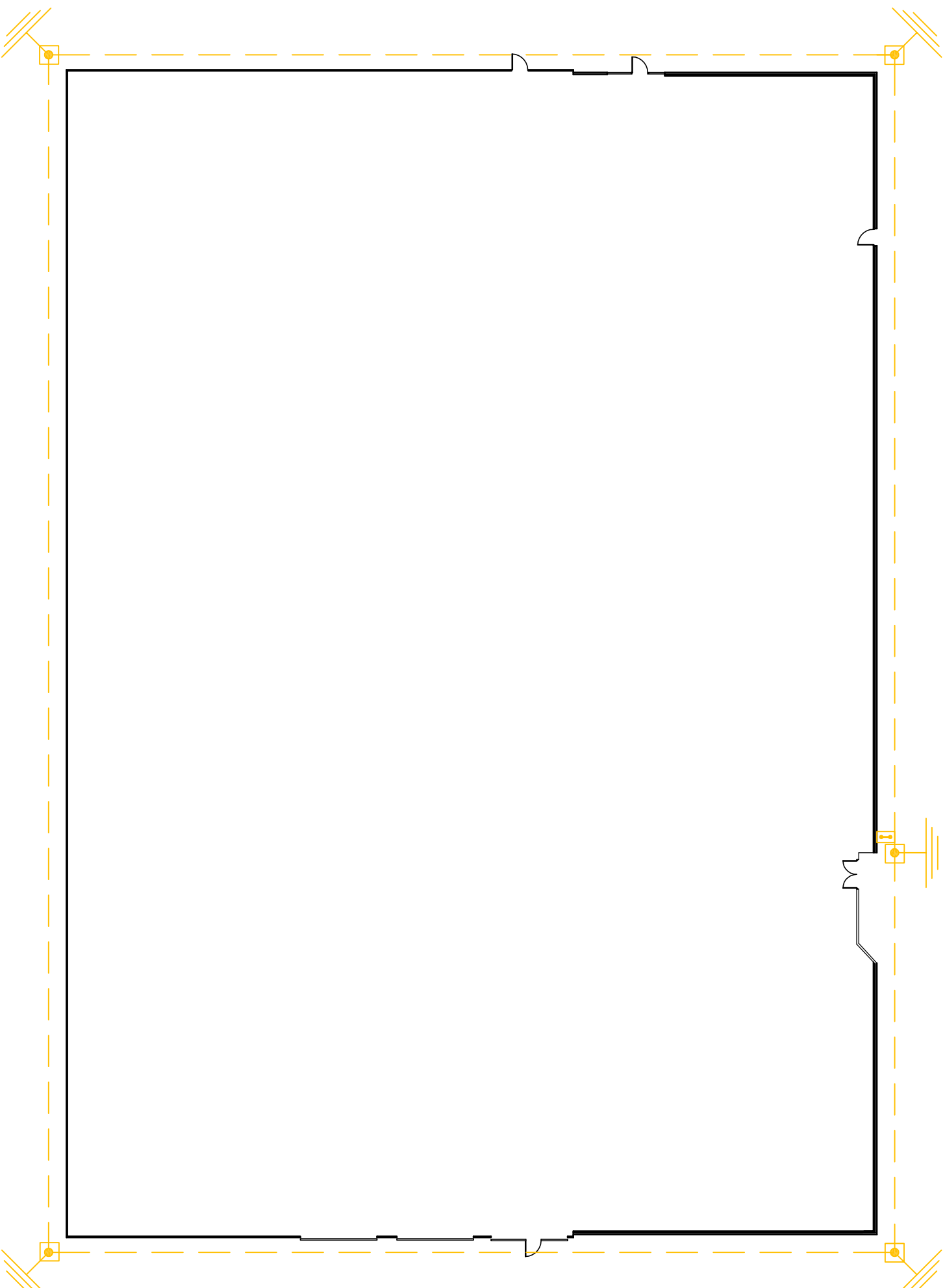
Circuito 109



Leyenda:

- Transformador 230V/24V
- Pulsador de paro
- Pulsador de marcha
- Bobina del contactor
- Contacto MA

 Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa		E.T.S.I.I.T. INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL ELECTRICO	
PROYECTO: INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN B.T. DE NAVE INDUSTRIALCON C.T.		DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL	
PLANO: ESQUEMA DE MANDO PARA ALUMBRADO TALLER		REALIZADO: ROLLÓN RODRÍGUEZ, JAVIER	
FECHA:	ESCALA:	Nº PLANOS:	
2/2011		12	



Legenda:



Pica de 2m de longitud y 14mm de diámetro



Arqueta de registro



Caja de medición y seccionamiento depuesta a tierra que une el anillo de tierra con el C.G.D.



Cable de cobre desnudo de 50mm² de sección, enterrado a una profundidad de 0,8m



Universidad Pública
de Navarra
Nafarroako
Unibertsitate Publikoa

E.T.S.I.I.T.
INGENIERO TECNICO
INDUSTRIAL ELECTRICO

PROYECTO:

**INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN B.T. DE NAVE
INDUSTRIAL CON C.T.**

DEPARTAMENTO:
**DEPARTAMENTO DE
PROYECTOS E ING. RURAL**

REALIZADO:
ROLLÓN RODRÍGUEZ, JAVIER

FIRMA:

PLANO:

PUESTA A TIERRA DE LA NAVE

FECHA:
2/2011

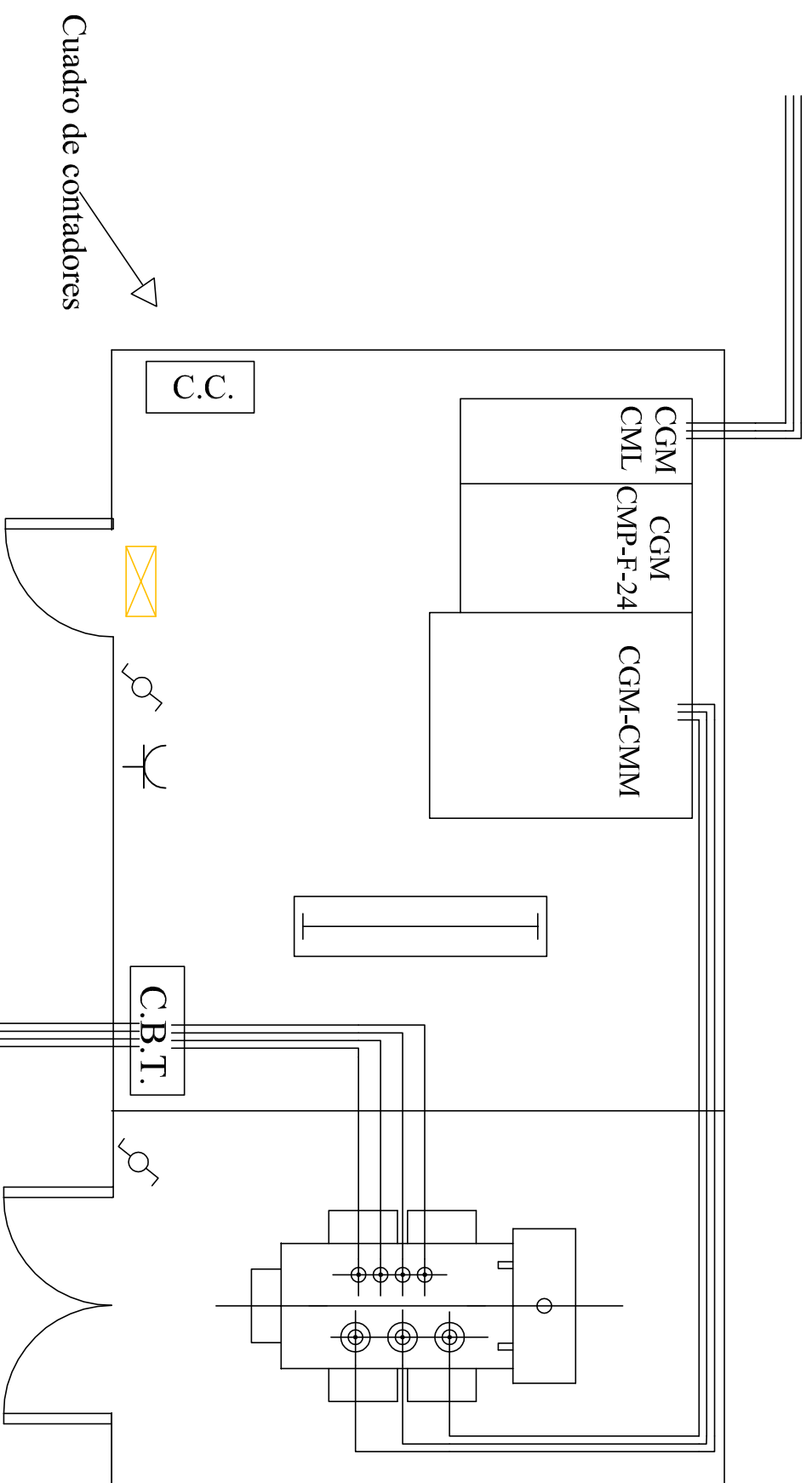
ESCALA:
1/200

Nº PLANO:
13

Centro de Transformación de Superficie

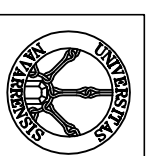
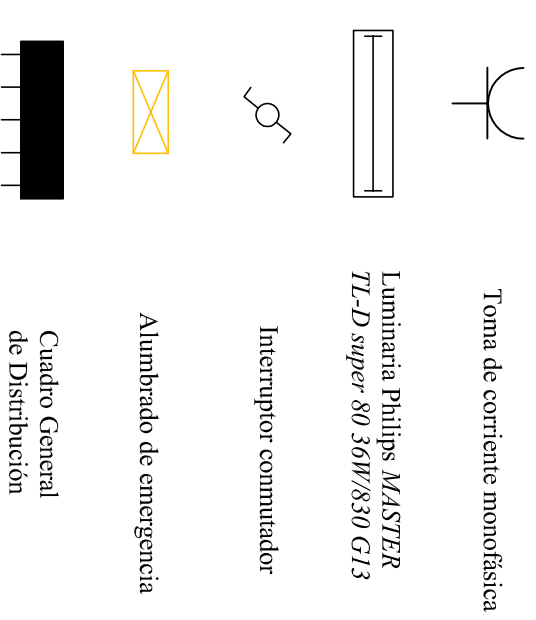
Dimensiones Planta: 4,46 x 2,38 m.

Línea de Media tensión 13,2KV;
IBERDROLA
Subterránea



CGM-CML: Celda de línea
CGM-CMP-F-24: Celda de protección con fusible
CGM-CMM: Celda de medida

Leyenda:



Universidad Pública
de Navarra
Nafarroako
Unibertsitate Publikoa

E.T.S.I.I.T.
INGENIERO TECNICO
INDUSTRIAL ELECTRICO

DEPARTAMENTO:
**DEPARTAMENTO DE
PROYECTOS E ING. RURAL**

PROYECTO:

**INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN B.T. DE NAVE
INDUSTRIAL CON C.T.**

REALIZADO:

ROLLÓN RODRÍGUEZ, JAVIER

FIRMA:

PLANO:

CENTRO DE TRANSFORMACIÓN

FECHA:
2/2011

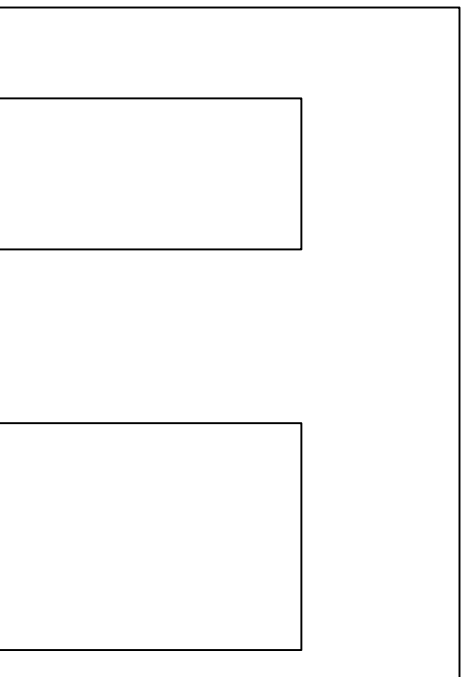
ESCALA:
1/25

Nº PLANO:
14

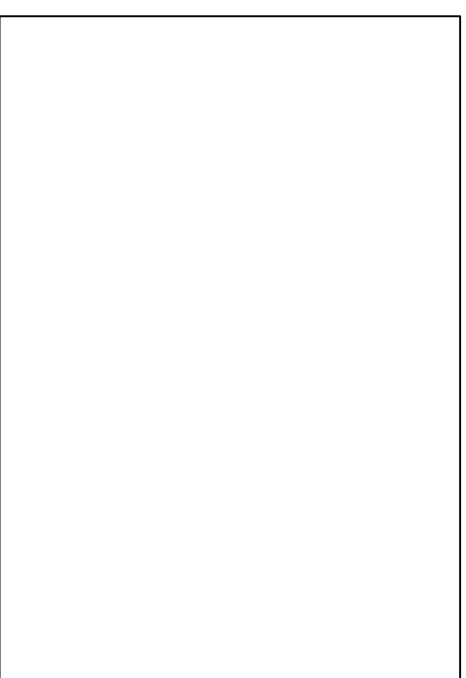
CENTRO DE TRANSFORMACIÓN DE SUPERFICIE

Dimensiones Planta: 4,46 x 2,38 x 3,045 m

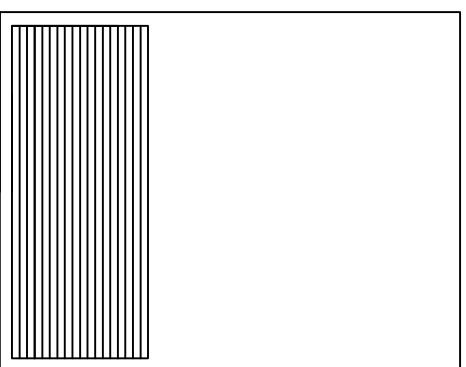
Fachada delantera



Fachada trasera

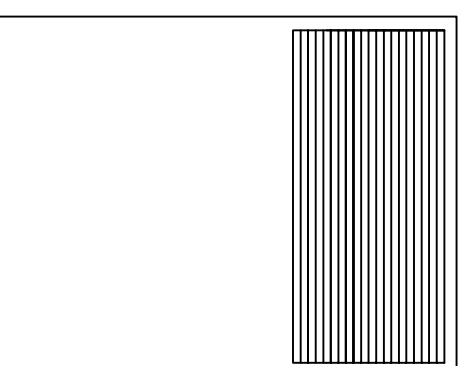


Fachada lateral izquierda



Rejilla de entrada
(2,2 x 0,9 m)

Rejilla de salida
(2,2 x 1 m)



Fachada lateral derecha

NOTA:

La ventilación será de tipo natural con las rejillas de entrada y de salida enfrentadas.

La diferencia de altura entre la de entrada y la de salida es de 2m (respecto al centro de cada rejilla).



Universidad Pública
de Navarra
Nafarroako
Unibertsitate Publikoa

E.T.S.I.I.T.
INGENIERO TECNICO
INDUSTRIAL ELECTRICO

DEPARTAMENTO:
**DEPARTAMENTO DE
PROYECTOS E ING. RURAL**

PROYECTO:

**INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN B.T. DE NAVE
INDUSTRIAL CON C.T.**

REALIZADO:

ROLLÓN RODRÍGUEZ, JAVIER

FIRMA:

PLANO:

DISTRIBUCIÓN REJILLADO DEL C.T.

FECHA:

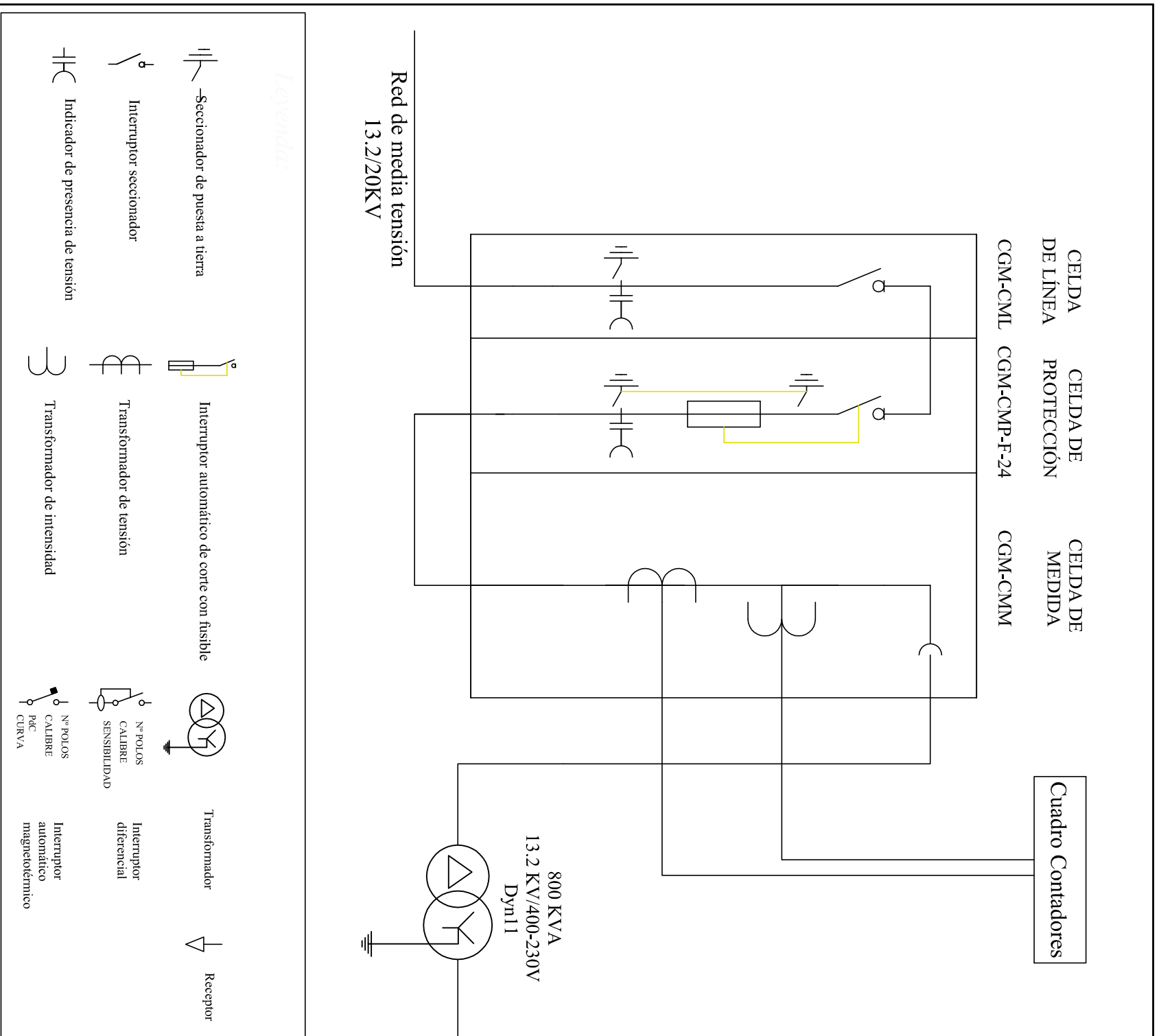
2/2011

ESCALA:

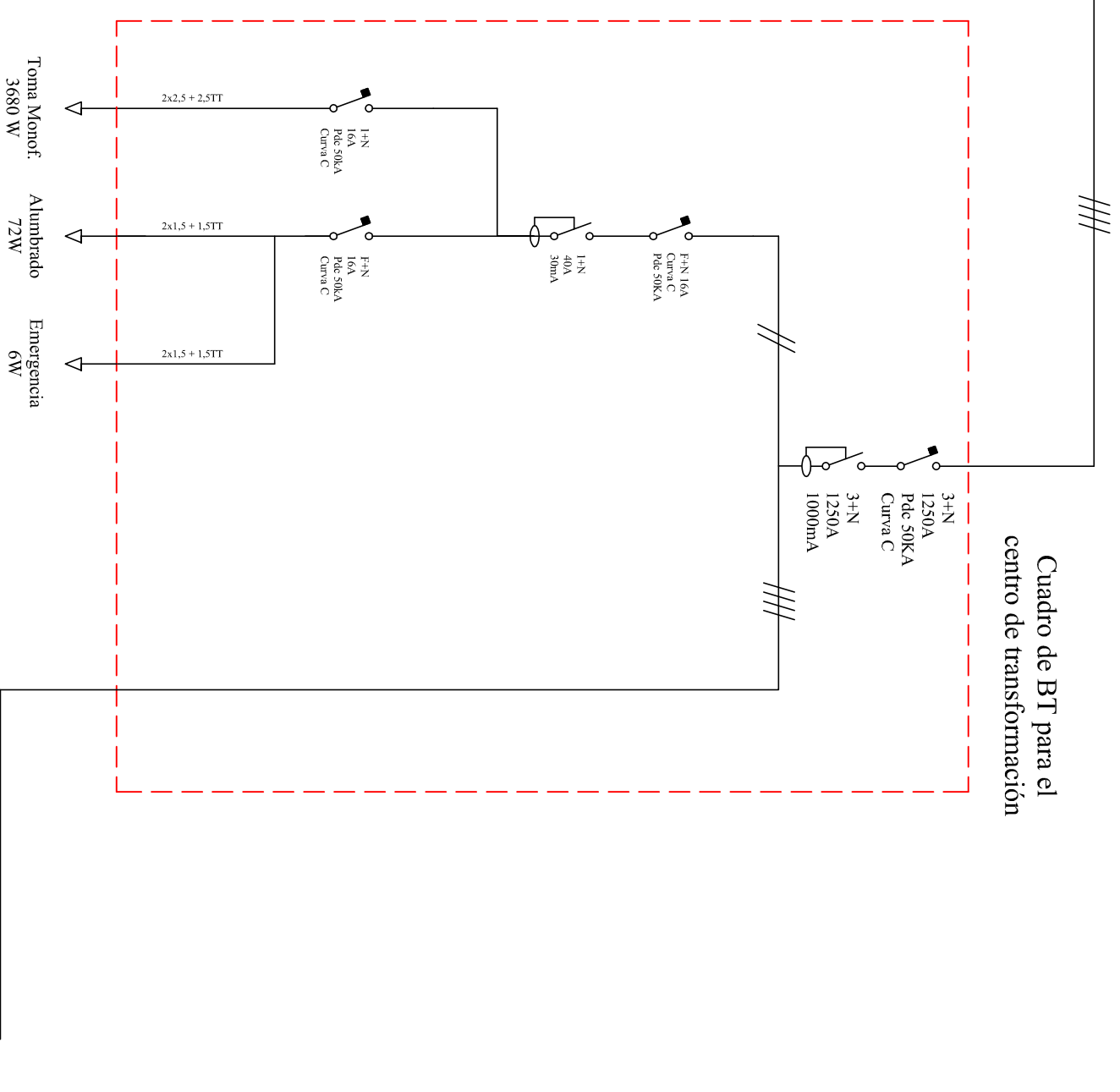
1/50

Nº PLANO:


15



CGM-CML: Celda de línea	U _n =24kV, I _n =400A Interrupción-seccionador Intensidad de cortocircuito: 16kA-20kA Capacidad de cierre: 40kA
CGM-CMP-F-24: Celda de protección con fusible	U _n =24kV, I _n =400A Interrupción-seccionador Intensidad de cortocircuito: 16kA-20kA Capacidad de cierre: 40kA Fusibles: 3x63A
CGM-CMM: Celda de medida	U _n =24kV, I _n =400A 3 transformadores de intensidad, relación: 30-60/5A Clase 05 Aislamiento 24 kV 3 transformadores de intensidad, relación: 13200-22000/110 Clase 05 Aislamiento 24 kV



A cuadro general de distribución
400/230V


 Universidad Pública
 de Navarra
 Nafarroako
 Unibertsitate Publikoa

E.T.S.I.I.T.
INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL ELECTRICO

DEPARTAMENTO:
DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL

PROYECTO:

REALIZADO:

INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN B.T. DE NAVE INDUSTRIAL CON C.T.

ROLLÓN RODRÍGUEZ, JAVIER

PLANO:

FECHA:

ESCALA:

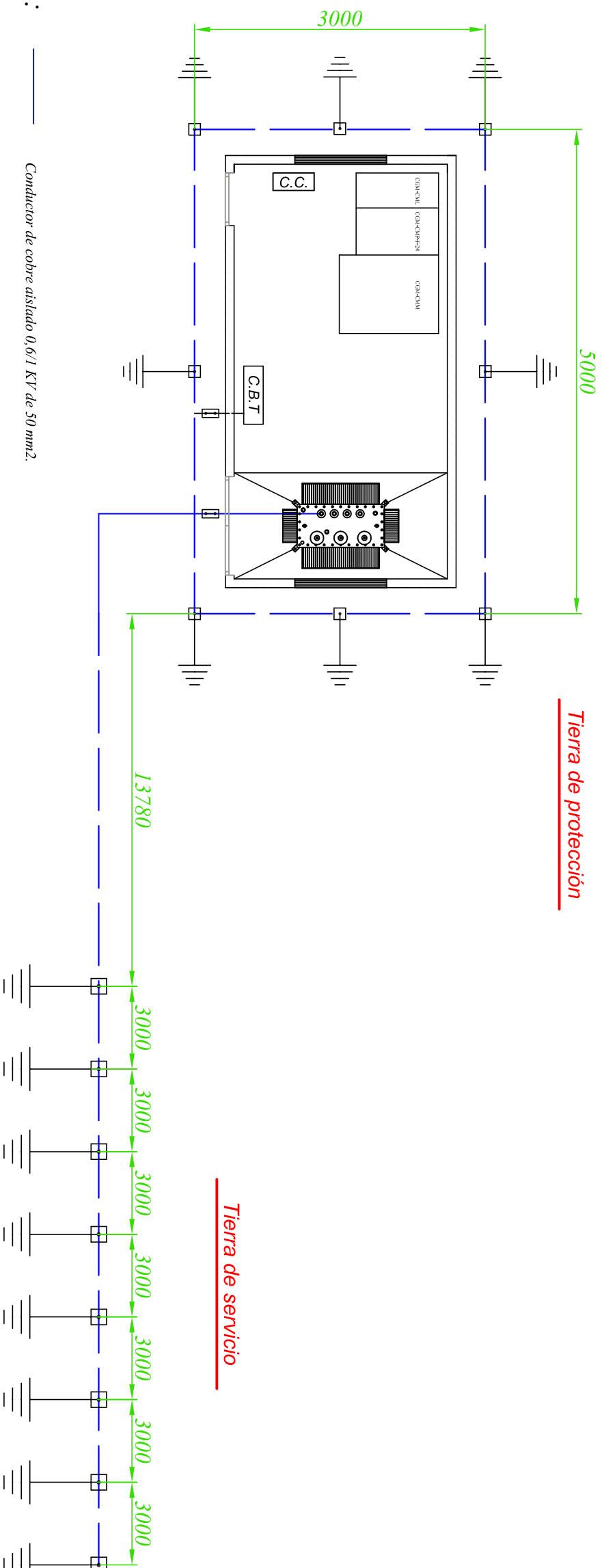
Nº PLANOS:

ESQUEMA UNIFILAR CENTRO DE TRANSFORMACIÓN

2/2011

16

Planta




Leyenda:

- Conductor de cobre aislado 0,6/1 KV de 50 mm².
- Conductor de cobre desnudo de 50 mm².
- Pica de cobre de 14 mm de diámetro.
- Arqueta de registro.
- Caja de medición y seccionamiento de puesta a tierra.

Nota:

-Tierra de protección: Código UNESA 50-30/8/84. Las picas tendrán un diámetro de 14 mm y una longitud de 4 m. Se enterrarán verticalmente a una profundidad de 0,8 m. Formarán un rectángulo de dimensiones 5 x 3 m, y estarán unidas mediante conductor desnudo CU de 50 mm².

-Tierra de servicio: Código UNESA 8/82. Las picas tendrán un diámetro de 14 mm y una longitud de 2 m. Se enterrarán verticalmente a una profundidad de 0,8 m. Se situarán en hilera distanciadas entre sí 3 m, y estarán unidas mediante conductor desnudo CU de 50 mm².

 Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	E.T.S.I.I.T. INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL ELECTRICO	DEPARTAMENTO: DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL
	PROYECTO: INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN B.T. DE NAVE INDUSTRIAL CON C.T.	REALIZADO: ROLLÓN RODRÍGUEZ, JAVIER
PLANO: TIERRAS DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN	FIRMA:	FECHA: 2/2011 ESCALA: 1/50 Nº PLANO: 17



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación:

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL ELÉCTRICO

Título del proyecto:

“INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA NAVE INDUSTRIAL
EN BAJA TENSIÓN CON CENTRO DE
TRANSFORMACIÓN”

DOCUMENTO 4: PLIEGO DE CONDICIONES

Alumno: Javier Rollón Rodríguez

Tutor: José Javier Crespo Ganuza

Pamplona, 24 de Febrero de 2011



PLIEGO DE CONDICIONES

ÍNDICE:

4.1 OBJETO.....	3
4.2 CONDICIONES GENERALES.....	3
4.2.1 NORMAS GENERALES.....	3
4.2.2 ÁMBITO DE APLICACIÓN.....	3
4.2.3 CONFORMIDAD O VARIACIÓN DE LAS CONDICIONES.....	3
4.2.4 RESCISIÓN.....	3
4.2.5 CONDICIONES GENERALES.....	4
4.3 CONDICIONES GENERALES DE EJECUCIÓN.....	4
4.3.1 DATOS DE OBRA.....	4
4.3.2 OBRAS QUE COMPRENDE.....	4
4.3.3 MEJORAS Y VARIACIONES DEL PROYECTO.....	5
4.3.4 PERSONAL.....	5
4.3.5 CONDICIONES DE PAGO.....	5
4.4 CONDICIONES PARTICULARES.....	6
4.4.1 DISPOSICIONES APLICABLES.....	6
4.4.2 CONTRADICCIONES Y OMISIONES DEL PROYECTO.....	6
4.4.3 PROTOTIPOS.....	7
4.5 NORMATIVA GENERAL.....	7
4.6 CONDUCTORES.....	8
4.6.1 MATERIALES.....	8
4.6.2 REDES AÉREAS PARA DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA. CÁLCULO MECÁNICO Y EJECUCIÓN DE LAS INSTALACIONES.....	8
4.6.2.1 INSTALACIONES DE CONDUCTORES AISLADOS.....	8
4.6.2.2 SECCIÓN MÍNIMA DEL CONDUCTOR NEUTRO.....	9
4.6.2.3 CONTINUIDAD DEL CONDUCTOR NEUTRO.....	9
4.6.3 SECCIÓN DE LOS CONDUCTORES. CAÍDAS DE TENSIÓN.....	10
4.7 RECEPTORES.....	10
4.7.1 CONDICIONES GENERALES DE LA INSTALACIÓN.....	10
4.7.2 CONEXIONES DE RECEPTORES.....	10
4.7.3 RECEPTORES DE ALUMBRADO. INSTALACIÓN.....	11
4.7.4 RECEPTORES A MOTOR. INSTALACIÓN.....	11
4.7.5 APARATOS DE CALDEO. INSTALACIÓN.....	12



4.8 PROTECCIÓN CONTRA SOBREINTENSIDADES Y SOBRETENSIONES....	12
4.8.1 PROTECCIÓN DE LAS INSTALACIONES.....	12
4.8.1.1 PROTECCIÓN CONTRA SOBREINTENSIDADES.....	12
4.8.1.2 PROTECCIÓN CONTRA SOBRECARGAS.....	13
4.8.2 SITUACIÓN DE LOS DISPOSITIVOS DE PROTECCIÓN.....	13
4.8.3 CARACTERÍSTICAS DE LOS DISPOSITIVOS DE PROTECCIÓN.....	13
4.9 PROTECCIÓN CONTRA CONTACTOS DIRECTOS E INDIRECTOS.....	14
4.9.1 PROTECCIÓN CONTRA CONTACTOS DIRECTOS.....	14
4.9.2 PROTECCIÓN CONTRA CONTACTOS INDIRECTOS.....	14
4.9.3 PUESTA A TIERRA DE LAS MASAS Y DISPOSITIVOS DE CORTE POR INTENSIDAD DE DEFECTO.....	15
4.10 ALUMBRADOS ESPECIALES.....	16
4.10.1 ALUMBRADO DE EMERGENCIA.....	16
4.10.2 ALUMBRADO DE SEÑALIZACIÓN.....	16
4.10.3 LOCALES QUE DEBERÁN SER PROVISTOS DE ALUMBRADOS ESPECIALES.....	17
4.10.4 FUENTES PROPIAS DE ENERGÍA.....	17
4.10.5 INSTRUCCIONES COMPLEMENTARIAS.....	17
4.11 LOCAL.....	18
4.11.1 PRESCRIPCIONES DE CARÁCTER GENERAL.....	18
4.12 MEJORAMIENTO DEL FACTOR DE POTENCIA.....	19
4.13 PUESTAS A TIERRA.....	19
4.13.1 OBJETIVO DE LA PUESTA A TIERRA.....	19
4.13.2 DEFINICIÓN.....	19
4.13.3 PARTES QUE COMPRENDE LA PUESTA A TIERRA.....	20
4.13.4 ELECTRODOS, NATURALEZA, CONSTITUCIÓN, DIMENSIONES Y CONDICIONES DE INSTALACIÓN.....	21
4.13.5 RESISTENCIA DE TIERRA.....	22
4.13.6 CARACTERÍSTICAS Y CONDICIONES DE INSTALACIÓN DE LAS LÍNEAS DE ENLACE CON TIERRA, DE LAS LÍNEAS PRINCIPALES DE TIERRA Y DE SUS DERIVACIONES.....	22
4.13.7 SEPARACIÓN ENTRE LAS TOMAS DE TIERRA DE LAS MASAS, DE LAS INSTALACIONES DE UTILIZACIÓN Y LAS MASAS DE UN CENTRO DE TRANSFORMACIÓN.....	23
4.13.8 REVISIÓN DE LAS TOMAS DE TIERRA.....	24



4.1. 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 calderería.

La nave está situada en la parcela 186 del Polígono Industrial La Nava, perteneciente al municipio de Tafalla.

4.2. Condiciones generales

4.2.1. 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.

4.2.2. 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.

4.2.3. 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.

4.2.4. 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.



4.2.5. Condiciones generales

El contratista está obligado al cumplimiento de la Reglamentación del trabajo correspondiente, la contratación del seguro obligatorio, subsidio familiar y vejez, seguro de enfermedad y todas aquellas reglamentaciones de carácter social vigentes o que en sucesivo se dicten. En particular deberá cumplir lo dispuesto en la Norma UNE 2402 “Contratación de Obras. Condiciones Generales”, siempre que no lo modifique el presente Pliego de Condiciones.

4.3. Condiciones generales de ejecución

4.3.1. Datos de la 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.

El contratista se hace responsable de la buena conservación de los originales de donde obtenga las copias, los cuales serán devueltos al Director de la Obra después de su utilización.

4.3.2. 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:



- d) Colocación de luminarias.
- e) Colocación de cableado.
- f) Instalación de las protecciones eléctricas.
- g) Colocación de bandejas y tubos protectores para cableado.
- h) Ejecución del centro de transformación.

4.3.3. 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.

4.3.4. 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.

4.3.5. 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 de 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.

4.4. Condiciones particulares

4.4.1. 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.

4.4.2. 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.



4.4.3. 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.

4.5. 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.

4.6. Conductores

4.6.1. 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.

4.6.2. Redes aéreas para distribución de energía eléctrica. Cálculo mecánico y ejecución de las instalaciones

4.6.2.1 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 mm^2 .

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.

4.6.2.2 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 mm^2 de cobre, igual a la del conductor de fase o polar; para secciones entre 16 y 35 mm^2 será de 16 mm^2 ; para secciones superiores a 35 mm^2 la mitad de la sección de los conductores de fase.
- b) En distribuciones trifásicas:
 - A cuatro hilos (tres fases y neutro): hasta 16 mm^2 de cobre, igual a la del conductor de fase o polar; para secciones entre 16 y 35 mm^2 será de 16 mm^2 ; para secciones superiores a 35 mm^2 la mitad de la sección de los conductores de fase.

4.6.2.3 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.



4.6.3. Sección de los conductores. 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.

4.7. Receptores

4.7.1. 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 sobrecargas 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.

4.7.2. 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 móvil. 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 móvil, 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 móviles a la instalación alimentadora se realizará utilizando:

- Tomas de corriente.
- Cajas de conexión.
- Trole para el caso de vehículos a tracción eléctrica o aparatos móviles.

4.7.3. 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.

4.7.4. 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 restablecimiento de la tensión, pueda provocar accidente o perjudicar a este.

4.7.5. 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.

4.8. Protección contra sobreintensidades y sobretensiones

4.8.1. Protección de las instalaciones

4.8.1.1 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.



4.8.1.2 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.

4.8.2. 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 a tal interruptores automáticos, diferenciales y fusibles.

4.8.3. 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.

4.9. Protección contra contactos directos e indirectos

4.9.1. 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.

4.9.2. 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.

4.9.3. 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.



4.10. Alumbrados especiales

4.10.1. 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.

4.10.2. 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 normal, complementario o procedente 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.



4.10.3. 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.

4.10.4. 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 4.2.1. de esta instrucción.

4.10.5. 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.



4.11. Local

4.11.1. 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.

4.12. 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.

4.13. Puestas a tierra

4.13.1. 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.

4.13.2. 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.

4.13.3. Partes que comprende la puesta a tierra

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.

4.13.4. Electrodo, 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.

4.13.5. 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.

4.13.6. 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 considerarán 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.

4.13.7. 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 ($100 \text{ Ohm} \cdot \text{m}$). 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.

4.13.8. 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.

Pamplona, Febrero 2011

Javier Rollón Rodríguez



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación:

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL ELÉCTRICO

Título del proyecto:

“INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA NAVE INDUSTRIAL
EN BAJA TENSIÓN CON CENTRO DE
TRANSFORMACIÓN”

DOCUMENTO 5: PRESUPUESTO

Alumno: Javier Rollón Rodríguez

Tutor: José Javier Crespo Ganuza

Pamplona, 24 de Febrero de 2011



PRESUPUESTO

ÍNDICE:

5.1 CAPÍTULO I: ACOMETIDA.....	3
5.1.1 ACOMETIDA.....	3
5.2 CAPÍTULO II: PROTECCIONES.....	4
5.2.1 CUADRO GENERAL DE DISTRIBUCIÓN.....	4
5.2.2 CUADRO SECUNDARIO Nº0.....	6
5.2.3 CUADRO SECUNDARIO Nº1.....	7
5.2.4 CUADRO SECUNDARIO Nº2.....	8
5.2.5 CUADRO SECUNDARIO Nº3.....	9
5.2.6 CUADRO SECUNDARIO Nº3.1.....	10
5.2.7 CUADRO SECUNDARIO Nº4.....	11
5.2.8 CUADRO SECUNDARIO Nº5.....	12
5.2.9 RESUMEN: PROTECCIONES.....	14
5.3 CAPÍTULO III: CONDUCTORES, TUBOS Y CANALIZACIONES.....	15
5.3.1 CONDUCTORES.....	15
5.3.2 TUBOS.....	17
5.3.3 CANALIZACIONES.....	18
5.3.4 RESUMEN: CONDUCTORES, TUBOS Y CANALIZACIONES.....	18
5.4 CAPÍTULO IV: PUESTA A TIERRA.....	19
5.4.1 PUESTA A TIERRA.....	19
5.5 CAPÍTULO V: ALUMBRADO.....	20
5.5.1 ALUMBRADO DE LA NAVE.....	20
5.5.2 ALUMBRADO DE EMERGENCIA.....	21
5.5.3 RESUMEN: ALUMBRADO DE LA NAVE Y DE EMERGENCIA.....	21
5.6 CAPÍTULO VI: TOMAS Y ELEMENTOS VARIOS.....	22
5.6.1 TOMAS DE CORRIENTE, INTERRUPTORES.....	22
5.7 CAPÍTULO VII: CENTRO DE TRANSFORMACIÓN.....	23
5.7.1 OBRA CIVIL.....	23
5.7.2 CASETA DEL CENTRO.....	23
5.7.3 TRANSFORMADOR.....	24
5.7.4 APARAMENTA DE MEDIA TENSIÓN.....	25
5.7.5 EQUIPO DE BAJA TENSIÓN.....	27
5.7.6 PUESTA A TIERRA DEL CENTRO.....	29
5.7.7 RESUMEN: CENTRO DE TRANSFORMACIÓN.....	30



5.8 CAPÍTULO VIII: COMPENSACIÓN DE ENERGÍA REACTIVA.....	31
5.8.1 COMPENSACIÓN DE ENERGÍA REACTIVA.....	31
5.9 CAPÍTULO IX: EQUIPO DE SEGURIDAD Y SALUD.....	31
5.9.1 SEGURIDAD Y SALUD.....	31
5.10 RESUMEN PRESUPUESTO TOTAL DE LA INSTALACIÓN.....	33



5.1. Capítulo I: ACOMETIDA

5.1.1. Acometida

UNIDAD	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNIDAD (Euros)	TOTAL (Euros)
Metros	Cable RZ1-K 0.6/1 KV Flexible Marca: PRYSMIAN (3x240 mm ²) Cobre	144	89,37	12869,28
Metros	Cable RZ1-K 0.6/1 KV Flexible Marca: PRYSMIAN (3x120 mm ²) Cobre	48	44,78	2149,44
Metros	Tubo de PVC corrugado de doble pared, de 225 mm de diámetro, de 2,2 mm de espesor, liso por el interior y corrugado por el exterior, color rojo FU 15 R de resistencia al aplastamiento 450 N.	16	5,25	84,00
Metros	Zanja sobre tierra de 40x70 cm. Con arena lavada debajo del tubo y relleno de tierra excavada.	16	3,15	50,40
Unidades	Mano de obra. Incluso elementos necesarios para su montaje. Totalmente instalado.	1	180,32	180,32
TOTAL				15333,44



5.2. Capítulo II: PROTECCIONES

5.2.1. Cuadro General de Distribución

UNIDAD	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNIDAD (Euros)	TOTAL (Euros)
Unidades	Armario metálico de distribución Marca: Merlin Gerin Modelo: Prisma, Sistema G, con IP55, de 15 módulos, de medida: 850x600x250 mm Con su placa de montaje y puesta a tierra Ref: 08304	1	214,16	214,16
Unidades	Interruptor automático Marca: Merlin Gerin Poder de Corte: 25 KA, Curva B, III+N Calibre: 1250 A	1	3645,30	3645,30
Unidades	Interruptor diferencial 4P Calibre: 320 A Sensibilidad: 100 mA	2	578,25	1156,50
Unidades	Interruptor diferencial 4P Calibre: 80 A Sensibilidad: 300 mA	1	221,56	221,56
Unidades	Interruptor diferencial 4P Calibre: 1000 A Sensibilidad: 500 mA	1	842,26	842,26
Unidades	Interruptor automático Marca: Merlin Gerin Poder de Corte: 25 KA, Curva C, III+N Calibre: 250 A	2	1376,68	2753,36
Unidades	Interruptor automático Marca: Merlin Gerin Poder de Corte: 25 KA, Curva C, III+N Calibre: 32 A	1	57,54	57,54
Unidades	Interruptor automático Marca: Merlin Gerin Poder de Corte: 25 KA, Curva C, III+N Calibre: 63 A	1	124,14	124,14



Unidades	Interruptor automático Marca: Merlin Gerin Poder de Corte: 25 KA, Curva C, III+N Calibre: 16 A	1	48,56	48,56
Unidades	Interruptor automático Marca: Merlin Gerin Poder de Corte: 25 KA, Curva C, III+N Calibre: 630 A	1	1641,15	1641,15
Unidades	Interruptor automático Marca: Merlin Gerin Poder de Corte: 25 KA, Curva C, III+N Calibre: 320 A	1	1280,68	1280,68
Unidades	Mano de obra. Incluso elementos necesarios para su montaje.	1	150,00	150,00
TOTAL				12135,21



5.2.2. Cuadro Secundario N°0

UNIDAD	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNIDAD (Euros)	TOTAL (Euros)
Unidades	Armario metálico de distribución. Marca: Merlin Gerin. Modelo: Prisma, Sistema G, con IP55, de 11 módulos, de medida: 650x600x250 mm Con su placa de montaje y puesta a tierra Ref: 08303	1	188,72	188,72
Unidades	Interruptor automático Marca: Merlin Gerin Poder de Corte: 22 KA, Curva B, III+N Calibre: 250 A	1	461,68	461,68
Unidades	Interruptor diferencial 4P Calibre: 320 A Sensibilidad: 30 mA	1	630,09	630,09
Unidades	Interruptor automático Marca: Merlin Gerin Poder de Corte: 6 KA, Curva B, I+N Calibre: 6 A	1	29,17	29,17
Unidades	Interruptor automático Marca: Merlin Gerin Poder de Corte: 22 KA, Curva C, III+N Calibre: 10 A	1	110,21	110,21
Unidades	Interruptor automático Marca: Merlin Gerin Poder de Corte: 15 KA, Curva C, I+N Calibre: 10 A	2	23,67	47,34
Unidades	Interruptor automático Marca: Merlin Gerin Poder de Corte: 22 KA, Curva C, III+N Calibre: 250 A	1	487,32	487,32
Unidades	Mano de obra. Incluso elementos necesarios para su montaje.	1	120,00	120,00



TOTAL				2074,53
--------------	--	--	--	----------------

5.2.3. Cuadro Secundario N°1

UNIDAD	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNIDAD (Euros)	TOTAL (Euros)
Unidades	Armario metálico de distribución. Marca: Merlin Gerin. Modelo: Prisma, Sistema G, con IP55, de 11 módulos, de medida: 650x600x250 mm Con su placa de montaje y puesta a tierra Ref: 08303	1	188,72	188,72
Unidades	Interruptor automático Marca: Merlin Gerin Poder de Corte: 22 KA, Curva B, III+N Calibre: 32 A	1	138,41	138,41
Unidades	Interruptor diferencial 4P Calibre: 40 A Sensibilidad: 30 mA	2	210,68	421,36
Unidades	Interruptor automático Marca: Merlin Gerin Poder de Corte: 15 KA, Curva B, I+N Calibre: 10 A	4	21,65	86,60
Unidades	Interruptor automático Marca: Merlin Gerin Poder de Corte: 22 KA, Curva C, III+N Calibre: 16 A	5	126,39	631,95
Unidades	Mano de obra. Incluso elementos necesarios para su montaje.	1	150,00	150,00
TOTAL				1617,04



5.2.4. Cuadro Secundario N°2

UNIDAD	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNIDAD (Euros)	TOTAL (Euros)
Unidades	Armario metálico de distribución Marca: Merlin Gerin Modelo: Prisma, Sistema G, con IP55, de 15 módulos, de medida: 850x600x250 mm Con su placa de montaje y puesta a tierra Ref: 08304	1	214,16	214,16
Unidades	Interruptor automático Marca: Merlin Gerin Poder de Corte: 22 KA, Curva B, III+N Calibre: 63 A	1	116,43	116,43
Unidades	Interruptor diferencial 4P Calibre: 40 A Sensibilidad: 30 mA	2	210,68	421,36
Unidades	Interruptor diferencial 2P Calibre: 63 A Sensibilidad: 30 mA	3	277,31	831,93
Unidades	Interruptor automático Marca: Merlin Gerin Poder de Corte: 15 KA, Curva B, I+N Calibre: 10 A	16	21,65	346,40
Unidades	Interruptor automático Marca: Merlin Gerin Poder de Corte: 22 KA, Curva C, I+N Calibre: 16 A	7	126,39	884,73
Unidades	Mano de obra. Incluso elementos necesarios para su montaje.	1	165,00	165,00
TOTAL				2980,01



5.2.5. Cuadro Secundario N°3

UNIDAD	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNIDAD (Euros)	TOTAL (Euros)
Unidades	Armario metálico de distribución. Marca: Merlin Gerin. Modelo: Prisma, Sistema G, con IP55, de 11 módulos, de medida: 650x600x250 mm Con su placa de montaje y puesta a tierra Ref: 08303	1	188,72	188,72
Unidades	Interruptor automático Marca: Merlin Gerin Poder de Corte: 25 KA, Curva B, III+N Calibre: 25 A	1	132,19	132,19
Unidades	Interruptor diferencial 4P Calibre: 25 A Sensibilidad: 30 mA	1	130,22	130,22
Unidades	Interruptor diferencial 4P Calibre: 40 A Sensibilidad: 30 mA	2	210,68	421,36
Unidades	Interruptor automático Marca: Merlin Gerin Poder de Corte: 15 KA, Curva B, I+N Calibre: 10 A	5	21,65	108,25
Unidades	Interruptor automático Marca: Merlin Gerin Poder de Corte: 22 KA, Curva C, III+N Calibre: 16 A	2	126,39	252,78
Unidades	Mano de obra. Incluso elementos necesarios para su montaje.	1	120,00	120,00
TOTAL				1353,52



5.2.6. Cuadro Secundario N°3.1

UNIDAD	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNIDAD (Euros)	TOTAL (Euros)
Unidades	Armario metálico de distribución. Marca: Merlin Gerin. Modelo: Prisma, Sistema G, con IP55, de 11 módulos, de medida: 650x600x250 mm Con su placa de montaje y puesta a tierra Ref: 08303	1	188,72	188,72
Unidades	Interruptor automático Marca: Merlin Gerin Poder de Corte: 22 KA, Curva B, III+N Calibre: 16 A	1	108,34	108,34
Unidades	Interruptor diferencial 4P Calibre: 25 A Sensibilidad: 30 mA	1	130,22	130,22
Unidades	Interruptor automático Marca: Merlin Gerin Poder de Corte: 15 KA, Curva B, I+N Calibre: 10 A	4	21,65	86,60
Unidades	Interruptor automático Marca: Merlin Gerin Poder de Corte: 22 KA, Curva C, III+N Calibre: 16 A	1	126,39	126,39
Unidades	Mano de obra. Incluso elementos necesarios para su montaje.	1	120,00	120,00
TOTAL				760,27



5.2.7. Cuadro Secundario N°4

UNIDAD	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNIDAD (Euros)	TOTAL (Euros)
Unidades	Armario metálico de distribución Marca: Merlin Gerin Modelo: Prisma, Sistema G, con IP55, de 15 módulos, de medida: 850x600x250 mm Con su placa de montaje y puesta a tierra Ref: 08304	1	214,16	214,16
Unidades	Interruptor automático Marca: Merlin Gerin Poder de Corte: 22 KA, Curva B, III+N Calibre: 250 A	1	461,68	461,68
Unidades	Interruptor diferencial 4P Calibre: 25 A Sensibilidad: 30 mA	2	130,22	160,44
Unidades	Interruptor diferencial 4P Calibre: 40 A Sensibilidad: 30 mA	1	210,68	210,68
Unidades	Interruptor diferencial 4P Calibre: 320 A Sensibilidad: 30 mA	1	630,09	630,09
Unidades	Interruptor automático Marca: Merlin Gerin Poder de Corte: 22 KA, Curva C, I+N Calibre: 10 A	1	110,21	110,21
Unidades	Interruptor automático Marca: Merlin Gerin Poder de Corte: 22 KA, Curva D, III Calibre: 10 A	7	39,54	276,78
Unidades	Interruptor automático Marca: Merlin Gerin Poder de Corte: 6 KA, Curva B, I+N Calibre: 6 A	1	29,17	29,17



Unidades	Interruptor automático Marca: Merlin Gerin Poder de Corte: 22 KA, Curva D, III Calibre: 250 A	1	512,04	512,04
Unidades	Mano de obra. Incluso elementos necesarios para su montaje.	1	150,00	150,00
TOTAL				2755,25

5.2.8. Cuadro Secundario N°5

UNIDAD	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNIDAD (Euros)	TOTAL (Euros)
Unidades	Armario metálico de distribución Marca: Merlin Gerin Modelo: Prisma, Sistema G, con IP55, de 15 módulos, de medida: 850x600x250 mm Con su placa de montaje y puesta a tierra Ref: 08304	1	214,16	214,16
Unidades	Interruptor automático Marca: Merlin Gerin Poder de Corte: 22 KA, Curva B, III+N Calibre: 630 A	1	1534,15	1534,15
Unidades	Interruptor diferencial 4P Calibre: 40 A Sensibilidad: 30 mA	2	210,68	421,36
Unidades	Interruptor diferencial 4P Calibre: 63 A Sensibilidad: 30 mA	2	277,31	554,62
Unidades	Interruptor diferencial 4P Calibre: 25 A Sensibilidad: 30 mA	1	130,22	130,22
Unidades	Interruptor diferencial 4P Calibre: 320 A Sensibilidad: 30 mA	1	630,09	630,09
Unidades	Interruptor diferencial 4P Calibre: 400 A Sensibilidad: 30 mA	1	714,69	714,69



Unidades	Interruptor automático Marca: Merlin Gerin Poder de Corte: 15 KA, Curva B, I+N Calibre: 10 A	1	21,65	21,65
Unidades	Interruptor automático Marca: Merlin Gerin Poder de Corte: 22KA, Curva C, III+N Calibre: 10 A	1	110,21	110,21
Unidades	Interruptor automático Marca: Merlin Gerin Poder de Corte: 22KA, Curva C, III+N Calibre: 20 A	1	118,42	118,42
Unidades	Interruptor automático Marca: Merlin Gerin Poder de Corte: 6 KA, Curva B, I+N Calibre: 6 A	1	29,17	29,17
Unidades	Interruptor automático Marca: Merlin Gerin Poder de Corte: 22 KA, Curva D, III Calibre: 10 A	13	39,54	514,02
Unidades	Interruptor automático Marca: Merlin Gerin Poder de Corte: 22 KA, Curva C, III Calibre: 20 A	1	116,35	116,35
Unidades	Interruptor automático Marca: Merlin Gerin Poder de Corte: 22 KA, Curva D, III Calibre: 16 A	2	78,60	157,20
Unidades	Interruptor automático Marca: Merlin Gerin Poder de Corte: 22 KA, Curva C, III Calibre: 16 A	2	72,42	144,84



Unidades	Interruptor automático Marca: Merlin Gerin Poder de Corte: 22 KA, Curva D, III Calibre: 250 A	1	495,46	495,46
Unidades	Interruptor automático Marca: Merlin Gerin Poder de Corte: 22 KA, Curva D, III Calibre: 320 A	1	614,87	614,87
Unidades	Mano de obra. Incluso elementos necesarios para su montaje.	1	160,00	160,00
TOTAL				6681,48

5.2.9. Resumen: PROTECCIONES

PRESUPUESTO TOTAL CAPÍTULO II	IMPORTE (Euros)
Cuadro General de Distribución	12135,21
Cuadro Secundario N°0	2074,53
Cuadro Secundario N°1	1617,04
Cuadro Secundario N°2	2980,01
Cuadro Secundario N°3	1353,52
Cuadro Secundario N°3.1	760,27
Cuadro Secundario N°4	2755,25
Cuadro Secundario N°5	6681,48
TOTAL	30357,31



5.3. Capítulo III: CONDUCTORES, TUBOS Y CANALIZACIONES

5.3.1. Conductores

UNIDAD	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNIDAD (Euros)	TOTAL (Euros)
Metros	Cable RV-K 0.6/ 1 kV Flexible Marca: Prysmian (150 mm ²) Cobre	188	46,30	8704,40
Metros	Cable RV-K 0.6/ 1 kV Flexible Marca: Prysmian (95 mm ²) Cobre	32	20,27	648,64
Metros	Cable RV-K 0.6/ 1 kV Flexible Marca: Prysmian (300 mm ²) Cobre	150	74,35	11152,50
Metros	Cable RV-K 0.6/ 1 kV Flexible Marca: Prysmian (1x50 mm ²) Cobre	440	11,46	5042,40
Metros	Cable RV-K 0.6/ 1 kV Flexible Marca: Prysmian (120 mm ²) Cobre	80	43,57	3485,60
Metros	Cable RV-K 0.6/ 1 kV Flexible Marca: Prysmian (25 mm ²) Cobre	18	7,35	132,30
Metros	Cable RV-K 0.6/ 1 kV Flexible Marca: Prysmian (16 mm ²) Cobre	24	5,05	121,20
Metros	Cable RV-K 0.6/ 1 kV Flexible Marca: Prysmian (10 mm ²) Cobre	25	3,64	91,00
Metros	Cable RV-K 0.6/ 1 kV Flexible Marca: Prysmian (6 mm ²) Cobre	23	2,50	57,50



Metros	Cable RV-K 0.6/ 1 kV Flexible Marca: Prysmian (4 mm ²) Cobre	417	2,16	900,72
Metros	Cable RV-K 0.6/ 1 kV Flexible Marca: Prysmian (2,5 mm ²) Cobre	1947	1,86	3621,42
Metros	Cable H07V-K 0.6/ 1 kV Flexible Marca: Prysmian (150 mm ²) Cobre	51	43,42	2214,42
Metros	Cable H07V-K 0.6/ 1 kV Flexible Marca: Prysmian (70 mm ²) Cobre	17	14,46	245,82
Metros	Cable H07V-K 0.6/ 1 kV Flexible Marca: Prysmian (10 mm ²) Cobre	120	2,64	316,80
Metros	Cable H07V-K 0.6/ 1 kV Flexible Marca: Prysmian (6 mm ²) Cobre	912	2,31	2106,72
Metros	Cable H07V-K 0.6/ 1 kV Flexible Marca: Prysmian (4 mm ²) Cobre	212	2,19	464,28
Metros	Cable H07V-K 0.6/ 1 kV Flexible Marca: Prysmian (2,5 mm ²) Cobre	294	1,10	323,40
Metros	Cable H07V-K 0.6/ 1 kV Flexible Marca: Prysmian (1,5 mm ²) Cobre	2723	0,44	1198,12
Unidades	Mano de obra. Incluso elementos necesarios para su montaje. Totalmente instalado.	1	2240,12	2240,12
TOTAL				43067,36



5.3.2. Tubos

UNIDAD	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNIDAD (Euros)	TOTAL (Euros)
Metros	Tubo de termoplástico de PVC corrugado, de Φ 16 mm de color negro, temperatura máxima de instalación 20° C.	456	0,25	114,00
Metros	Tubo de termoplástico de PVC corrugado, de Φ 25 mm de color negro, temperatura máxima de instalación 20° C.	256	0,45	115,20
Metros	Tubo de termoplástico de PVC corrugado, de Φ 63 mm de color negro, temperatura máxima de instalación 20° C.	12	1,08	12,96
Metros	Tubo de termoplástico de PVC corrugado, de Φ 20 mm de color negro, temperatura máxima de instalación 20° C.	108	0,33	35,64
Metros	Tubo de termoplástico de PVC corrugado, de Φ 32 mm de color negro, temperatura máxima de instalación 20° C.	30	0,55	16,50
Metros	Tubo de termoplástico de PVC corrugado, de Φ 75 mm de color negro, temperatura máxima de instalación 20° C.	5	1,17	5,85
Metros	Tubo de termoplástico de PVC corrugado, de Φ 12 mm de color negro, temperatura máxima de instalación 20° C.	78	0,20	15,60
Metros	Tubo rígido de PVC, de Φ 32 mm, incluido fijaciones y material complementario.	1325	5,10	6757,50
Metros	Tubo de acero flexible galvanizado, incluido fijaciones y material complementario. Φ 63 mm.	84	14,10	1184,40
Unidades	Mano de obra. Incluso elementos necesarios para su montaje. Totalmente instalado.	1	772,31	772,31



TOTAL				9029,96
--------------	--	--	--	----------------

5.3.3. Canalizaciones

UNIDAD	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNIDAD (Euros)	TOTAL (Euros)
Metros	Bandeja perforada de acero Marca: Schneider, de 40 x 100 mm Con material para fijación	49	7,49	367,01
Metros	Bandeja perforada de acero Marca: Schneider, de 40x150 mm Con material para fijación	539	9,90	5336,10
Metros	Bandeja no perforada (canal) de aluminio de bajo perfil para suelo Marca: Cymem Con material para fijación	217	4,70	1019,90
Unidades	Mano de obra. Incluso elementos necesarios para su montaje. Totalmente instalado.	1	221,18	221,18
TOTAL				6944,19

5.3.4. Resumen: CONDUCTORES, TUBOS Y CANALIZACIONES

PRESUPUESTO TOTAL CAPÍTULO III	IMPORTE (Euros)
CONDUCTORES	43067,36
TUBOS	9029,96
CANALIZACIONES	6944,19
TOTAL	59041,51



5.4. Capítulo IV: PUESTA A TIERRA

5.4.1. Puesta a Tierra

UNIDAD	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNIDAD (Euros)	TOTAL (Euros)
Unidades	Pica de tierra de 2 metros de longitud de acero-cobre. Incluido soldadura aluminotérmica CADWEL a la red de tierra, otros accesorios y mano de obra.	5	12,32	61,60
Unidades	Arqueta de registro de instalación de tierra con tapa de registro URIARTE TR-230, recibida en hormigón HM-20-E-40-2B de espesor 25 cm y 80 cm de profundidad. Incluido mano de obra.	5	26,27	131,35
Metros	Red de tierra constituida con cable de cobre desnudo de 50 mm ² de sección. Incluida parte proporcional de soldadura aluminotérmica CADWEL a la estructura metálica, empalmes y mano de obra.	216	6,15	1328,40
Unidades	Caja de seccionamiento de tierra URIARTE CCST-50 con pletina de seccionamiento y bornes de conexión. Incluido accesorios y mano de obra.	1	25,87	25,87
TOTAL				1547,22



5.5. Capítulo V: ALUMBRADO

5.5.1. Alumbrado de la nave

UNIDAD	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNIDAD (Euros)	TOTAL (Euros)
Unidades	Luminaria empotrada Philips, modelo TBS330 TL-D 4x36W/840 HPF M6. Lámparas TL-D 36W. Incluido mano de obra.	48	214,00	10272,00
Unidades	Luminaria empotrada Philips, modelo TBS330 TL-D 2x36W/840 HPF M6. Lámparas TL-D 36W. Incluido mano de obra.	8	167,60	1340,80
Unidades	Luminaria empotrada (Downlight) Philips, modelo FBS291 1xPL-C/2P26W/840 IC C WH. Lámpara PL-C/2P26W/840 IC C WH. Incluido mano de obra.	84	62,43	5244,12
Unidades	Luminaria (Odyssey) Philips, modelo FBR600 1xPL-C/2P26W I 230V C L310 ANT. Lámpara 1xPL-C/2P26W I. Incluido mano de obra.	6	74,75	448,50
Unidades	Luminaria (Downlight) Philips, FBS120 1xPL-C/2P18W/840 I 230V O W2. Lámpara PL-C/2P18W/840 I. Incluido mano de obra.	13	53,20	691,60
Unidades	Luminaria estanca (Downlight) Philips, modelo FWG250 1xPL-C/2P18W I WH. Lámpara PL-C/2P18W I WH. Incluido mano de obra.	3	55,95	167,85
Unidades	Lámpara Philips, modelo SON 250W/220 E40 1SL. Lámpara E40 1SL. Incluido mano de obra.	64	279,00	17856,00
TOTAL				36020,87



5.5.2. Alumbrado de emergencia

UNIDAD	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNIDAD (Euros)	TOTAL (Euros)
Unidades	LEGRAND Ref. B65 61561 6W	14	59,84	837,76
Unidades	LEGRAND Ref. C3 61510 6W	60	56,46	3387,60
Unidades	LEGRAND Ref. B65 61563 6W	37	64,32	2379,84
Unidades	Mano de obra. Incluso elementos necesarios para su montaje. Totalmente instalado.	1	51,49	51,49
TOTAL				6656,69

5.5.3. Resumen: ALUMBRADO DE LA NAVE Y DE EMERGENCIA

PRESUPUESTO TOTAL CAPÍTULO V	IMPORTE (Euros)
ALUMBRADO DE LA NAVE	36020,87
ALUMBRADO DE EMERGENCIA	6656,69
TOTAL	42677,56



5.6. Capítulo VI: TOMAS Y ELEMENTOS VARIOS

5.6.1. Tomas de corriente, interruptores...

UNIDAD	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNIDAD (Euros)	TOTAL (Euros)
Unidades	Toma de corriente monofásica de 16 A con caja de empotrar, 230 V. Marca: NIESSEN.	47	9,48	445,56
Unidades	Toma de corriente Trifásica de 16 A con caja de empotrar, 400 V. Marca: NIESSEN.	4	12,13	48,52
Unidades	Caja de Empotrar en mesa TM-16 Marca: Cymem	32	14,26	456,32
Unidades	Mecanismo interruptor unipolar 10A/250V. Marca: NIESSEN, Ref. NIE1501BL.	33	4,14	136,62
Unidades	Mecanismo interruptor conmutador 10A/250V. Marca: NIESSEN, Ref. NIE1502BL.	46	4,36	200,56
Unidades	Mecanismo interruptor de cruzamiento 10A/250V. Marca: NIESSEN, Ref. NIE1510BL.	9	7,98	71,82
Unidades	Pulsador, 24V. Marca: NIESSEN, Ref. NIE84042BL	12	4,06	48,72
Unidades	Caja de empalme y derivación de poliéster superficial rectangular de dimensiones 100x100x55 mm, de Legrand Ref. 92136.	125	2,18	272,50
Unidades	Caja de empalme y derivación de poliéster superficial rectangular de dimensiones 180x140x86 mm, de Legrand Ref. 92176.	14	5,12	71,68
Unidades	Transformador 230/24V, 100VA Ref. 0400826	3	65,29	195,87
Unidades	Mano de obra. Incluso elementos necesarios para su montaje. Totalmente instalado.	1	54,50	54,50



TOTAL				2002,67
--------------	--	--	--	----------------

5.7. Capítulo VII: CENTRO DE TRANSFORMACIÓN

5.7.1. Obra civil

UNIDAD	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNIDAD (Euros)	TOTAL (Euros)
Metros cúbicos	Excavación de foso para alojar el edificio prefabricado, apertura por medios mecánicos, en cualquier tipo de terreno, de 5,26m de largura, 3,18 m de anchura y 0,56 m de profundidad, retirada productos de la excavación y transporte a vertedero. Incluido accesorios y mano de obra.	9,36	855,00	8002,80
TOTAL				8002,80

5.7.2. Caseta del centro

UNIDAD	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNIDAD (Euros)	TOTAL (Euros)
Unidades	Edificio de hormigón prefabricado Marca: ORMAZABAL Modelo: PFU-4. Incluyendo transporte y montaje	1	8360,07	8360,07
TOTAL				8360,07

**5.7.3. Transformador**

UNIDAD	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNIDAD (Euros)	TOTAL (Euros)
Unidades	Transformador trifásico de 800KVA 24 KV / 420 V Conexionado Dyn 11 Marca: Cotradis (Ormazabal) Peso: 2260 Kg, longitud: 1780 mm, anchura 1080 mm, altura 1395 mm. Incluyendo transporte y montaje	1	15600,00	15600,00
TOTAL				15600,00



5.7.4. Apararmenta de media tensión

UNIDAD	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNIDAD (Euros)	TOTAL (Euros)
Unidades	<p>CELDA DE LÍNEA DE ENTRADA:</p> <p>Celda CGM-CML-24 Marca: ORMAZABAL. Celda dotada con un interruptor seccionador de tres posiciones, permite comunicar el embarrado de conjunto del celdas con los cables, cortar la corriente asignada, seccionar esta unión o poner a tierra simultáneamente las tres bornas de los cables de Media Tensión. Características eléctricas: $V_n = 24 \text{ kV}$, $I_n = 400 \text{ A}$ Características físicas: Ancho = 370 mm, Alto = 1800 mm, Fondo = 850 mm, Peso = 135 Kg. Se incluye en el precio: transporte, montaje y conexión.</p>	1	1245,00	1245,00
Unidades	<p>CELDA DE MEDIDA:</p> <p>Celda CGM-CMM-24 Marca: ORMAZABAL. Tensión. Características eléctricas: $V_n = 24 \text{ KV}$. Características físicas: Ancho = 800 mm, Alto = 1800 mm, Fondo = 1025 mm, Peso = 180 Kg. Se incluye en el precio: transporte, montaje y conexión.</p>	1	4960,00	4960,00



Unidades	<p>CELDA DE PROTECCIÓN CON FUSIBLES:</p> <p>Celda CGM-CMP-F-24 Marca: ORMAZABAL. Características eléctricas: Vn = 24 kV, In = 400 A Características físicas: Ancho = 420 mm, Alto = 1800 mm, Fondo = 850 mm, Peso = 125 Kg. Incluye tres fusibles limitadores de 24 KV y 63 A. Se incluye en el precio: transporte, montaje y conexión.</p>	1	4050,00	4050,00
TOTAL				10255,00



5.7.5. Equipo de baja tensión

UNIDAD	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNIDAD (Euros)	TOTAL (Euros)
Unidades	Armario metálico de distribución Marca: ABB Modelo: UK510SE con puerta metálica (14 módulos). Dimensiones: 335 x 350 x 95 30 % de reserva.	1	29,20	29,20
Unidades	Interruptor magnetotérmico Marca: ABB Modelo: S502C16, poder de corte 50 KA, calibre 16 A, Bipolar. Curva: C.	3	100,02	300,06
Unidades	Interruptor diferencial Marca: ABB Modelo: F360 – tipo AC, sensibilidad 30 mA, 40 A, Bipolar.	1	37,73	37,73
Unidades	Interruptor magnetotérmico Marca: ABB Poder de corte 50 KA, calibre 1250 A, III+N. Curva: C.	1	4105,26	4105,26
Unidades	Interruptor diferencial Marca: ABB Sensibilidad 1000 mA, 1250 A, III+N.	1	2343,21	2343,21
Unidades	Toma de corriente monofásica de 16A con caja de empotrar, 230V Marca: Legrand	1	9,24	9,24
Unidades	Luminaria Philips, modelo MASTER TL-Dsuper 80 36W/830 G13. Lámpara TL-Dsuper 80 36W7830.	2	147,00	294,00
Metros	Cable RV-K 0.6/ 1 kV Flexible Marca: Prysmian (1x2.5 mm ²) Cobre	11	2,04	22,44
Metros	Cable RV-K 0.6/ 1 kV Flexible Marca: Prysmian (1x1.5 mm ²) Cobre	22	1,44	31,68



Metros	Tubo de termoplástico de PVC corrugado, de 16 mm de color negro, temperatura máxima de instalación 20° C.	15	0,25	3,75
Unidades	Luminaria de emergencia LEGRAND 6W	1	56,46	56,46
Unidades	Mano de obra. Incluso elementos necesarios para su montaje. Totalmente instalado.	1	42,63	42,63
TOTAL				7275,66



5.7.6. Puesta a Tierra del Centro

UNIDAD	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNIDAD (Euros)	TOTAL (Euros)
Unidades	Tierra de protección del centro de transformación realizada en anillo de 5 x 3 m a 0.8 m de profundidad con conductor desnudo de cobre de 50 mm ² y 8 picas de acero recubierto de cobre de 14 mm de diámetro y 4 metros de largo. Incluso línea de tierra interior formada por conductor de cobre desnudo de 50 mm ² . Incluso arquetas de registro y caja de seccionamiento. Incluso soldadura aluminotérmica y otros elementos para conexión. Totalmente instalada y conexionada.	1	980	980
Unidades	Tierra de servicio realizada en hilera con 21 m de conductor de cobre desnudo de 50 mm ² uniendo 8 picas de 14 mm de diámetro y 2m de longitud separada 3 m entre sí a 0.8 m de profundidad, unido al centro de transformación por conductor de cobre de 50 mm ² RV-K 0.6/1 KV. Incluso arqueta de registro y caja de seccionamiento. Incluso elementos de conexión. Totalmente instalado y conexionado.	1	590	590
TOTAL				1570,00

**5.7.7. Resumen: CENTRO DE TRANSFORMACIÓN**

PRESUPUESTO TOTAL CAPÍTULO VII	IMPORTE (Euros)
OBRA CIVIL	8002,80
CASETA DEL CENTRO	8360,07
TRANSFORMADOR	15600,00
APARAMENTA DE MEDIA TENSIÓN	10255,00
EQUIPO DE BAJA TENSIÓN	7275,66
PUESTA A TIERRA DEL CENTRO	1570,00
TOTAL	51063,53



5.8. Capítulo VIII: COMPENSACIÓN DE ENERGÍA REACTIVA

5.8.1. Compensación de energía reactiva

UNIDAD	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNIDAD (Euros)	TOTAL (Euros)
Unidades	Batería de compensación automática, 175 KVAR. Marca: MERLÍN GERIN Modelo: RECTIMAT 2 estándar, 400V.	1	4324,00	4324,00
TOTAL				4324,00

5.9. Capítulo IX: EQUIPO DE SEGURIDAD Y SALUD

5.9.1. Seguridad y Salud

UNIDAD	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNIDAD (Euros)	TOTAL (Euros)
Unidades	Casco de seguridad dieléctrico con pantalla para protección de descargas eléctricas, amortizable en 5 usos.	2	3,73	7,46
Unidades	Arnés de seguridad con amarre dorsal + amarre torsal + amarre lateral, acolchado y cinturón giro 180° para trabajos de electricidad, fabricado con fibra de nylon de 45 mm y elementos metálicos de acero inoxidable, amortizable en 5 obras. Certificado CE.	2	54,45	108,90
Unidades	Placa señalización- información en PVC serigrafiado de 50x30 cm, fijada mecánicamente, amortizable en 3 usos, incluso colocación y desmontaje.	1	3,43	3,43



Unidades	Señal triangular y soporte Señal de seguridad triangular de L= 70 cm, normalizada, con trípode tubular, amortizable en 5 usos, colocación y desmontaje según RD. 485/97.	1	15,96	15,96
Unidades	Gafas contra impactos Gafas protectoras contra impactos, incoloras, amortizables en 3 usos.	2	3,14	6,28
Unidades	Gafas antipolvo Gafas antipolvo antiempañables, panorámicas, amortizables en 3 usos.	2	0,81	1,62
Unidades	Cascos protectores auditivos Protectores auditivos con arnés a la nuca, amortizables en tres usos. Certificado CE.	2	3,12	6,24
Unidades	Juego de tapones antirruído de silicona ajustables. Certificado CE.	4	1,41	5,64
Unidades	Faja protección lumbar, amortizable en 4 usos. Certificado CE.	2	2,80	5,60
Unidades	Chaleco de trabajo de poliéster- algodón, amortizable en un uso. Certificado CE.	2	13,50	27,00
Unidades	Par de rodilleras ajustables de protección ergonómica, amortizable en tres usos. Certificado CE.	2	2,63	5,26
Unidades	Cinturón portaherramientas amortizable en 4 usos.	1	5,89	5,89
Unidades	Mono de trabajo, de una pieza de poliéster- algodón, amortizable en un uso. Certificado CE.	2	15,29	30,58
Unidades	Par guantes de uso general de lona y serraje. Certificado CE.	4	1,40	5,60
Unidades	Par de botas de seguridad con puntera metálica para refuerzo y plantillas de acero flexibles, para riesgos de perforación, amortizable en tres usos. Certificado CE.	2	9,32	18,64
Unidades	Cinta balizamiento bicolor rojo- blanco de material plástico, incluso colocación y desmontaje.	24	0,62	14,88



Unidades	Lámpara portátil de mano, con cesto protector y mango aislante, amortizable en tres usos.	1	3,45	3,45
Unidades	Extintor de polvo ABC 6 Kg. PR. INC Extintor de polvo químico ABC polivalente antibrasa de eficacia 34A/233B, de 6 Kg. de agente extintor, con soporte, manómetro comprobable y boquilla con difusor, según norma UNE 23110. medida la unidad instalada.	1	22,84	22,84
TOTAL				295,27

5.10. Resumen Presupuesto Total de la Instalación

ORDEN	DESCRIPCIÓN	TOTAL (Euros)
CAPÍTULO 1	ACOMETIDA	15333,44
CAPÍTULO 2	PROTECCIONES	30357,31
CAPÍTULO 3	CONDUCTORES, TUBOS PROTECTORES Y CANALIZACIONES	59041,51
CAPÍTULO 4	PUESTA A TIERRA	1547,22
CAPÍTULO 5	ALUMBRADO	42677,56
CAPÍTULO 6	TOMAS Y ELEMENTOS VARIOS	2002,67
CAPÍTULO 7	CENTRO DE TRANSFORMACIÓN	51063,53
CAPÍTULO 8	CONDENSADORES	4324,00
CAPÍTULO 9	SEGURIDAD Y SALUD	295,27



TOTAL	PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL	206.642,51
	GASTOS GENERALES (5%)	10.332,13
	BENEFICIO INDUSTRIAL (10%)	20.664,25
TOTAL	PRESUPUESTO DE EJ. POR CONTRATA SIN IVA	237.638,89
	IVA (18%)	42.775,00
TOTAL	PRESUPUESTO DE EJ. POR CONTRATA CON IVA	280.413,89
	REDACCIÓN DEL PROYECTO (4%)	11.216,56
	DIRECCIÓN DE LA OBRA (4%)	11.216,56
TOTAL	PRESUPUESTO TOTAL	302.847,01

El total del presente proyecto asciende a la cantidad de: “TRESCIENTOS DOS MIL OCHOCIENTOS CUARENTA Y SIETE EUROS CON UN CÉNTIMO DE EURO”.

Pamplona, Febrero 2011

Javier Rollón Rodríguez



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación:

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL ELÉCTRICO

Título del proyecto:

“INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA NAVE INDUSTRIAL
EN BAJA TENSIÓN CON CENTRO DE
TRANSFORMACIÓN”

DOCUMENTO 6: ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y
SALUD

Alumno: Javier Rollón Rodríguez

Tutor: José Javier Crespo Ganuza

Pamplona, 24 de Febrero de 2011



ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD

ÍNDICE:

6.1. OBJETO.....	2
6.2. AUTOR DEL ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD.....	2
6.3. DATOS DE LA OBRA.....	3
6.4. DESCRIPCIÓN DEL EMPLAZAMIENTO DE LA OBRA.....	3
6.5. PROTECCIONES COLECTIVAS.....	4
6.5.1. GENERALES.....	4
6.5.2. PROTECCIONES COLECTIVAS PARTICULARES A CADA FASE DE OBRA.....	8
6.6. IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS.....	13
6.6.1. RIESGOS LABORALES EVITABLES COMPLETAMENTE.....	13
6.6.2. RIESGOS LABORALES NO EVITABLES COMPLETAMENTE.....	13
6.6.3. EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL PARA TRABAJOS EN BAJA TENSIÓN.....	18
6.7. RIESGOS LABORALES ESPECÍFICOS DE ESTA OBRA.....	21
6.7.1. FASE DE LA OBRA DE INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE BAJA TENSIÓN, ALUMBRADO DE EMERGENCIA.....	21
6.7.2. FASE DE PRUEBAS Y PUESTA EN SERVICIO DE LA INSTALACIÓN.....	22
6.7.3. PROTECCIÓN CONTRA CONTACTOS.....	23
6.8. PRIMEROS AUXILIOS.....	23
6.9. NORMATIVA APLICABLE.....	24



6.1. Objeto

El objeto de este estudio es dar cumplimiento al Real Decreto 1627/1197 por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción, identificando, analizando y estudiando los diferentes riesgos laborales que puedan ser evitados, proponiendo las posibles medidas técnicas para ello; definiendo la relación de los riesgos que no pueden eliminarse especificando las medidas preventivas y protecciones técnicas tendentes a disminuir dichos riesgos.

Este estudio de seguridad establece, durante la ejecución de los trabajos de la unidad de obra citada, las previsiones respecto a la prevención de riesgos y accidentes profesionales.

Así mismo, este estudio de Seguridad y Salud pretende:

- Dar cumplimiento a la Ley 31/1995 de prevención de riesgos laborales en lo referente a la obligación de un empresario titular de un Centro de Trabajo de informar y dar instrucciones adecuadas, en relación con los riesgos existentes en el centro de trabajo y las medidas de protección y prevención correspondientes.
- Recordar a las diferentes partes, promotor, contratista, etc., de sus obligaciones en materia de seguridad, comunicar a los diferentes organismos la existencia de esta obra, obtener las licencias necesarias, etc.

Basándose en este Estudio Básico de Seguridad, se elaborará un Plan de Seguridad y Salud, en el que tendrán en cuenta las circunstancias particulares de los trabajos objeto del contrato.

6.2. Autor del estudio básico de seguridad y salud

El autor del presente estudio básico de seguridad y salud es:

Javier Rollón Rodríguez
C/ Miranda Nº10
31300 Tafalla (Navarra)



6.3. Datos de la Obra

- PROYECTO DE REFERENCIA:

Proyecto de instalación eléctrica en B.T. para Nave industrial y centro de transformación.

- EMPLAZAMIENTO:

Tafalla (Navarra)
Polígono Industrial La Nava.
Parcela número 186.

- Nº DE TRABAJADORES PREVISTOS:

El número total de trabajadores en obra se calcula en veinticinco por lo que no se prevé que haya nunca más de veinte simultáneamente, a los efectos de lo dispuesto en el artículo 4.1.b del Real Decreto 1627/1997, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y de salud en las obras de construcción. De ellos, no todos han de usar los mismos equipos de protección individual, sino que el uso de los mismos dependerá de las tareas y funciones que tengan encomendadas. En este número quedan englobadas todas las personas intervinientes en el proceso con independencia de su afiliación empresarial o sistema de contratación.

- PLAZO DE EJECUCIÓN TOTAL APROXIMADO:

4 meses.

- INFRAESTRUCTURAS:

Se dispone de acceso rodado, abastecimiento de agua, saneamiento...

6.4. Descripción del emplazamiento de la obra

DATOS DEL EMPLAZAMIENTO	
Acceso a la obra	Los propios del local
Edificaciones colindantes	Naves industriales
Suministro de energía eléctrica	Acometida individual
Suministro de agua	Acometida individual
Sistema de saneamiento	El de la vivienda
Servidumbres y condicionantes	Saneamientos
OBSERVACIONES:	



DESCRIPCIÓN DE LA OBRA Y SUS FASES	
Replanteo	Marcado del terreno de las obras indicadas en el proyecto
Reforma de la instalación eléctrica	Instalación de luminarias, cuadros eléctricos y canalizaciones
Remates	Pruebas de la instalación

El contratista acreditará ante la Dirección de obra la adecuada formación y adiestramiento de todo el personal de la obra en materia de prevención y primeros auxilios.

Así mismo la Dirección comprobará que existe un plan de emergencia para atención de personal en caso de accidente y que han sido contratados los servicios asistenciales precisos. La Dirección y teléfono deberán estar visibles en lugar estratégico.

Antes de comenzar la jornada, los mandos procederán a planificar los trabajos de acuerdo con el plan, informando a los operarios claramente de las maniobras a realizar, los posibles riesgos y las medidas preventivas y de protección a tener en cuenta, deben cerciorarse de que todos lo han entendido.

6.5. Protecciones colectivas

6.5.1. Generales

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.



Tipos de señales:

a) En forma de panel:

Señales de advertencia:	
Forma:	Triangular
Color de fondo:	Amarillo
Color de contraste:	Negro
Color de símbolo:	Negro

Señales de prohibición:	
Forma:	Redonda
Color de fondo:	Blanco
Color de contraste:	Rojo
Color de símbolo:	Negro

Señales de obligación:	
Forma:	Redonda
Color de fondo:	Azul
Color de símbolo:	Blanco

Señales relativas a los equipos de lucha contra incendios:	
Forma:	Rectangular o cuadrada
Color de fondo:	Rojo
Color de símbolo:	Blanco

Señales de salvamento de socorro:	
Forma:	Rectangular o cuadrada
Color de fondo:	Verde
Color de símbolo:	Blanco

b) Cinta de señalización:

En caso de señalar obstáculos, zonas de caída de objetos, caída de personas a distinto nivel, choques, golpes, etc., se señalará con los antes dichos paneles o bien se delimitará la zona de exposición al riesgo con cintas de tela o materiales plásticos con franjas alternadas oblicuas en color amarillo y negro, inclinadas 45°.

c) Cinta de delimitación de zona de trabajo:

Las zonas de trabajo se delimitarán con cintas de franjas alternas verticales de colores blanco y rojo.



PROTECCIÓN DE PERSONAS EN INSTALACIÓN ELÉCTRICA.

Instalación eléctrica ajustada al Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión y hojas de interpretación, certificada por 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.

Los cables serán adecuados a la carga que han de soportar, conectados a las bases mediante clavijas normalizadas, blindados e interconexionados con uniones antihumedad y antichoque. Los fusibles blindados y calibrados según la carga máxima a soportar por los interruptores.

Continuidad de la toma de tierra en las líneas de suministro interno de obra con un valor máximo de la resistencia de 80Ω . Las máquinas fijas dispondrán de toma de tierra independiente.

Todos los circuitos de suministro a las máquinas e instalaciones de alumbrado estarán protegidos por fusibles blindados o interruptores magnetotérmicos y disyuntores diferenciales de alta sensibilidad en perfecto estado de funcionamiento.

Distancia de seguridad a líneas de Alta Tensión: $3,3 + \text{Tensión (en KV)} / 100$ (ante el desconocimiento del voltaje de la línea, se mantendrá una distancia de seguridad de 5 m).

SEÑALES ÓPTICO – ACÚSTICAS DE VEHÍCULOS DE OBRA.

Las máquinas autoportantes que puedan intervenir en las operaciones de manutención deberán disponer de:

- Una bocina o claxon de señalización acústica cuyo nivel sonoro sea superior al ruido ambiental, de manera que sea claramente audible; si se trata de señales intermitentes, la duración, intervalo y agrupación de los impulsos deberá permitir su correcta identificación, Anexo IV del R.D. 485/97 de 14/4/97.
- Señales sonoras o luminosas (previsiblemente ambas a la vez) para indicación de la maniobra de marcha atrás, Anexo I del R.D. 1215/97 de 18/7/97.



- Los dispositivos de emisión de señales luminosas para uso en caso de peligro grave deberán ser objeto de revisiones especiales o ir provistos de una bombilla auxiliar.
- En la parte más alta de la cabina dispondrán de un señalizado rotativo luminoso destellante de color ámbar para alertar de su presencia en circulación viaria.
- Dos focos de posición y cruce en la parte delantera y dos pilotos luminosos de color rojo detrás.
- Dispositivo de balizamiento de posición y preseñalización (lamas, conos, cintas, mallas, lámparas, destellantes, etc.).

APARATOS ELEVADORES.

Deberán ajustarse a su normativa específica, pero en cualquier caso, deberán satisfacer igualmente las condiciones siguientes (art. 6C del Anexo IV del R.D. 1627/97):

- Todos sus accesorios serán de buen diseño y construcción, teniendo resistencia adecuada para el uso al que estén destinados.
- Instalarse y usarse correctamente.
- Mantenerse en buen estado de funcionamiento.
- Ser manejados por trabajadores cualificados que hayan recibido formación adecuada.
- Presentarán, de forma visible, indicación sobre la carga máxima que puedan soportar.
- No podrán utilizarse para fines diferentes de aquellos a los que estén destinados.

Durante la utilización de los mencionados aparatos elevadores, en aras a garantizar la seguridad y salud de los trabajadores, deberán comprobarse los siguientes sistemas preventivos:

- Seguridad de carga máxima:

Es el sistema de protección que impide trabajar con cargas superiores a las máximas admitidas por el cablestante de elevación, es decir, por la carga nominal del pie de flecha.

Normalmente van montadas en pie de flecha o contraflecha y están formadas por arandelas tipo “Schnrr”, accionadas por el tiro del cable de elevación. Al deformarse las arandelas, accionan un microrruptor que impide la elevación de la carga y en algunos modelos, también que el carro se traslade hacia delante.

Se regulan de forma que con la carga nominal no corten y lo hagan netamente, al sobrepasar esta carga nominal como máximo en un 10 %.

- Seguridad de final de recorrido de gancho de elevación:

Consiste en dos microrruptores, que impiden la elevación del gancho cuando éste se encuentra en las cercanías del carro y el descenso del mismo por debajo de la cota elegida como inferior (cota cero). De ésta forma, se impiden las falsas maniobras de choque del gancho contra el carro y el aflojamiento del cable de elevación por posar el gancho en el suelo.



Normas de carácter general, en el uso de aparatos elevadores:

- Acoplar adecuados pestillos de seguridad a los ganchos de suspensión de los aparatos elevadores.
- Las eslingas llevarán estampilladas en los casquillos prensados la identificación donde constará la carga máxima para la cual están recomendadas, según los criterios establecidos anteriormente en este mismo procedimiento.
- De utilizar cadenas estas serán de hierro forjado con un factor de seguridad no inferior a 5 de la carga nominal máxima, según los criterios establecidos anteriormente en este mismo procedimiento.
- En las fases de transporte y colocación de los encofrados, en ningún momento los operarios estarán debajo de la cadena suspendida. La carga deberá estar bien repartida y las eslingas o cadenas que la sujetan deberán tener argollas o ganchos con pestillo de seguridad. Deberá tenerse en cuenta lo indicado en el apartado 3 del Anexo II del R.D. 1215/97 de 18/7/97.
- El gruista antes de iniciar los trabajos comprobará el buen funcionamiento de los finales de carrera, frenos y velocidades, así como de los licitadores de giro, si los tuviera.
- Si durante el funcionamiento de la grúa se observara que los comandos de la grúa no se corresponden con los movimientos de la misma, se dejará de trabajar y se dará cuenta inmediata a la Dirección técnica de la obra o al Coordinador de Seguridad y Salud en fase de ejecución.
- Evitar en todo momento pasar las cargas por encima de las personas.
- No se dejará caer el gancho de la grúa al suelo.

6.5.2. Protecciones colectivas particulares a cada fase de obra

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 “in situ”, 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 utilizar, 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.

ACCESOS Y ZONAS DE PASO DEL PERSONAL, ORDEN Y LIMPIEZA

Las aperturas de huecos horizontales sobre los forjados, deben condenarse con un tablero resistente, red, mallazo electrosoldado o elemento equivalente cuando no se esté trabajando en sus inmediaciones con independencia de su profundidad o tamaño.

Las armaduras y/o conectores metálicos sobresalientes de las esperas de las mismas estarán cubiertas por resguardos tipo “seta” o cualquier otro sistema eficaz, en previsión de punciones o erosiones del personal que pueda colisionar sobre ellos.

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.

ESLINGAS DE CADENA.

El fabricante deberá certificar que disponen de un factor de seguridad 5 sobre su carga nominal máxima y que los ganchos son de alta seguridad (pestillo de cierre automático al entrar en carga). El alargamiento de un 5 % de un eslabón significa la caducidad inmediata de la eslinga.

ESLINGA DE CABLE.

A la carga nominal máxima se aplica un factor de seguridad 6, siendo su tamaño y diámetro apropiado al tipo de maniobras a realizar, las gazas estarán protegidas por guardacabos metálicos fijados mediante casquillos prensados y los ganchos serán también de alta seguridad. La rotura del 10 % de los hilos en un segmento superior a 8 veces del diámetro del cable o la rotura de un cordón significa la caducidad inmediata de la eslinga.



CABINA DE LA MAQUINARIA DE MOVIMIENTOS DE TIERRAS.

Todas estas máquinas deberán ajustarse a lo dispuesto en su normativa específica, pero en cualquier caso deberán satisfacer las condiciones siguientes (apartado 7C del Anexo IV del R.D. 1627/97 de 24/10/97):

- Estar bien diseñados y contruidos, teniendo en cuenta los principios ergonómicos.
- Mantenerse en buen estado de funcionamiento.
- Utilizarse correctamente.
- Los conductores han de recibir formación especial.
- Adoptarse las medidas oportunas para evitar su caída en excavaciones o en el agua.

Cuando sea necesario, las máquinas dispondrán de cabina o pórtico de seguridad resguardando el habitáculo del operador, dotada de perfecta visión frontal y lateral, estando provista permanentemente de cristales o rejillas irrompibles, para protegerse de la caída de materiales. Además dispondrán de una puerta a cada lado.

CONDICIONES GENERALES EN TRABAJOS DE EXCAVACIÓN Y ATALUZADO.

Los trabajos con riesgos de sepultamiento o hundimiento son considerados especiales por el R.D. 1627/97 (Anexo II) y por ello debe constar en este Estudio de Seguridad y Salud el catálogo de medidas preventivas específicas:

TOPES PARA VEHÍCULOS EN EL PERÍMETRO DE LA EXCAVACIÓN.

Se dispondrá de los mismos a fin de evitar la caída de los vehículos al interior de las zanjas o por las laderas.

ATALUZADO DE LAS PAREDES DE EXCAVACIÓN.

Como criterio general se podrán seguir las siguientes directrices en la realización de taludes con bermas horizontales por cada 1,50 metros de profundidad y con la siguiente inclinación.

- Roca dura 80°.
- Arena fina o arcillosa 20°.

La inclinación del talud se ajustará a los cálculos de la Dirección Facultativa de la obra, salvo cambio de criterio avalado por Documentación Técnica complementaria.

El aumento de la inclinación y el drenado de las aguas que puedan afectar a la estabilidad del talud y a las capas de superficie del mismo, garantizan su comportamiento.



Se evitará, a toda costa, amontonar productos procedentes de la excavación, en los bordes de los taludes ya que, además de la sobrecarga que puedan representar, pueden llegar a embalsar aguas originando filtraciones que pueden arruinar el talud.

En taludes de alturas de más de 1,50 metros se deberán colocar bermas horizontales de 50 o 80 centímetros de ancho, para la vigilancia y alojar las conducciones provisionales o definitivas de la obra.

La colocación del talud debe tratarse como una berma, dejando expedito el paso o incluso disponiendo tableros de madera para facilitarlos.

En taludes de grandes dimensiones, se habrá previsto en proyecto la realización en su base, de cuentones relleno de grava suelta o canto de río de diámetro homogéneo, para retención de rebotes de materiales desprendidos, o alternativamente si, por cuestión del espacio disponible, no pudieran realizarse aquellos, se apantallará la parábola teórica de los rebotes o se dispondrá un túnel isotático de defensa.

BARANDILLAS DE PROTECCIÓN.

En huecos verticales de coronación de taludes, con riesgo de caída de personas u objetos desde alturas superiores a 2 metros, se dispondrán barandillas de seguridad completas empotradas sobre el terreno, constituidas por balaustre vertical homologado o certificado por el fabricante respecto a su idoneidad en las condiciones de utilización por él descritas, pasamanos superior situado a 90 centímetros sobre el nivel del suelo, barra horizontal o listón intermedio (subsidiariamente barrotes verticales o mallazo con una separación máxima de 15 centímetros) y rodapié o plinto de 20 centímetros sobre el nivel del suelo, sólidamente anclados todos sus elementos entre sí, y de resistencia suficiente.

Los taludes de más de 1,50 metros de profundidad, estarán provistos de escaleras preferentemente excavados en el terreno o prefabricadas portátiles, que comuniquen cada nivel inferior con la berma superior, disponiendo una escalera por cada 30 metros de talud abierto o fracción de este valor.

Las bocas de los pozos y arquetas, deben condenarse con un tablero resistente, red o elemento equivalente cuando no se esté trabajando en su interior y con independencia de su profundidad.

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, preferiblemente prefabricadas de metal, o en su defecto realizadas "in situ", de una anchura mínima de 1 metro, dotada en sus laterales de barandilla de seguridad reglamentaria y capaz de resistir 300 Kg de peso, dotada de guirnalda de iluminación nocturna.



El material de excavación estará apilado a una distancia del borde de la coronación del talud igual o superior a la mitad de su profundidad (multiplicar por dos en terrenos arenosos). La distancia mínima al borde es de 50 centímetros.

El acopio y estabilidad de los elementos prefabricados deberá estar previsto durante su fase de ensamblaje y reposo en superficie, así como las cunas, carteles o utillaje específico para la puesta en obra de dichos elementos.

La madera a utilizar estará clasificada según usos y limpias de clavos, flejadas o formando hileras entrecruzadas sobre una base amplia y nivelada. Altura máxima de la pila (sin tablones estacados y arriostrados lateralmente): 1 metro.

CUERDA DE RETENIDA.

Utilizada para posicionar y dirigir manualmente el canal de derrame del hormigón, en su aproximación a la zona de vertido, constituida por poliamida de alta tenacidad, calabroteada de 12 milímetros de diámetro, como mínimo.

SIRGAS.

Sirgas de desplazamiento y anclaje del cinturón de seguridad.

Variables según los fabricantes y dispositivos de anclaje utilizados.

PREVENCIÓN DE INCENDIOS, ORDEN Y LIMPIEZA.

Si las zanjas o pozos entran en contacto con zonas que albergan o transportan sustancias de origen orgánico o industrial, deberán adoptarse precauciones adicionales respecto a la presencia de residuos tóxicos, combustibles, deflagrantes, explosivos o biológicos.

La evacuación rápida del personal interior de la excavación debe quedar garantizada por la retirada de objetos en el fondo de zanja, que puedan interrumpir el paso.

Las zanjas de más de 1,30 metros de profundidad, estarán provistas de escaleras preferentemente de aluminio, que rebasen 1 metro sobre el nivel superior del corte, disponiendo una escalera por cada 15 metros de zanja abierta o fracción de este valor, que deberá estar correctamente arriostrada transversalmente.

Las bocas de los pozos deben condenarse con un tablero resistente, red o elemento equivalente cuando no se esté trabajando en su interior y con independencia de su profundidad.

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, preferiblemente prefabricadas de metal o en su defecto realizadas “in situ”, de una anchura mínima 1 metro, dotada en sus laterales de barandilla de seguridad reglamentaria y capaz de resistir 300 Kg de peso, dotada de guirnaldas de iluminación nocturna.

El material de excavación estará apilado a una distancia del borde de la excavación igual o superior de su profundidad (multiplicar por dos en terrenos arenosos). La distancia mínima al borde es de 50 centímetros.

El acopio y estabilidad de los escudos metálicos de entibación deberá estar previsto durante su fase de ensamblaje y reposo en superficie, así como las cunas, carteles o utillaje específico para este tipo de entibados.

La madera de entibar, estará clasificada según usos y limpias de clavos, flejadas o formando hileras entrecruzadas sobre una base amplia y nivelada.

Altura máxima de la pila (tablones estacados y arriostrados lateralmente): 1 metro.

6.6. Identificación de riesgos

6.6.1. Riesgos laborales evitables completamente

La tabla siguiente contiene la relación de los riesgos laborales que pudiendo presentarse en la obra, van a ser totalmente evitados mediante la adopción de las medidas técnicas que también se incluyen:

RIESGOS EVITABLES	MEDIDAS TÉCNICAS ADOPTADAS
Derivados de la rotura de instalaciones existentes	Neutralización de las instalaciones existentes
Presencia de líneas eléctricas de alta tensión aéreas o subterráneas	Corte del fluido, puesta a tierra y cortocircuito de los cables

6.6.2. Riesgos laborales no evitables completamente

Este apartado contiene la identificación de los riesgos laborales que no puedan ser completamente evitables, y las medidas preventivas y protecciones técnicas que deberán adoptarse para el control y la reducción de este tipo de riesgos. La primera tabla se refiere a aspectos generales que afecten a toda la obra, y las restantes a los aspectos específicos de cada una de las fases en las que puede subdividirse.



TODA LA OBRA	
RIESGOS	
Caídas de los operarios al mismo nivel	
Caídas de los operarios a distinto nivel	
Caídas de objetos sobre operarios	
Caídas de objetos sobre terceros	
Choques o golpes contra objetos	
Atrapamientos	
Fuertes vientos	
Trabajos en condiciones de humedad	
Contactos directos e indirectos	
Cuerpos extraños en los ojos	
Cortes y golpes con maquinaria	
sobreesfuerzos	
MEDIDAS PREVENTIVAS Y PROTECCIONES COLECTIVAS	GRADO DE PROTECCIÓN
Orden y limpieza de las vías de circulación de la obra	Permanente
Orden y limpieza de los lugares de trabajo	Permanente
Recubrimiento o distancia de seguridad (1m) a líneas eléctricas de baja tensión	Permanente
Iluminación adecuada y suficiente (alumbrado de obra)	Permanente
No permanecer en el radio de acción de las máquinas	Permanente
Puestas a tierra en cuadros, masas y máquinas sin doble aislamiento	Permanente
Señalización de la obra (señales y carteles)	Permanente
Cintas de señalización y balizamiento a 10 metros de distancia	Alternativa al vallado
Vallado del perímetro completo de la obra, resistente y de altura ≥ 2 metros	Nulo
Marquesinas rígidas sobre accesos a la obra	Nulo
Pantalla inclinada rígida sobre aceras, vías de circulación o colindantes	Nulo
Extintor de polvo seco, de eficiencia 21 A-113 B	Permanente
Evacuación de escombros	Frecuente
Escaleras auxiliares	Ocasional
Información específica	Para riesgos concretos
Cursos y charlas de formación	Frecuente
Grúa parada y en posición veleta	Con viento fuerte
Grúa parada y en posición veleta	Final de cada jornada
EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL (EPIs)	EMPLEO
Cascos de seguridad	Permanente



Calzado protector	Permanente
Ropa y calzado de trabajo	Permanente
Ropa y calzado impermeable o de potencia	Con mal tiempo
Gafas de seguridad	Frecuente
Cinturones de protección del tronco	ocasional
FASE: ALBAÑILERÍA Y CERRAMIENTOS	
RIESGOS	
Caídas de operarios al vacío	
Caídas de materiales transportados, a nivel y a niveles inferiores	
Atrapamientos y aplastamientos en manos durante el montaje de andamios	
Atrapamientos por los medios de elevación y transporte	
Lesiones y cortes en manos	
Lesiones, pinchazos y cortes en pies	
Dermatitis por contacto con hormigones, morteros y otros materiales	
Incendios por almacenamientos de productos combustibles	
Golpes o cortes con herramientas	
Electrocuciones	
Proyecciones de particular al cortar materiales	
MEDIDAS PREVENTIVAS Y PROTECCIONES COLECTIVAS	
GRADO ADOPCIÓN	
Apuntalamientos	Permanente
Pasos o pasarelas	Permanente
Redes verticales	Permanente
Redes horizontales	Permanente
Plataforma de carga y descarga de material	Permanente
Barandilla rígida 0,9 metros de altura (con listón intermedio y rodapié)	Permanente
Tableros o planchas rígidas en huecos horizontales	Permanente
Escaleras peldañeadas y protegidas	Permanente
Evitar trabajos superpuestos	Permanente
Bajantes de escombros adecuadamente sujetas	Permanente
Protección de huecos de entrada de material en planchas	Permanente
EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL (EPIs)	
EMPLEO	
Gafas de seguridad	Frecuente
Guantes de cuero o goma	Frecuente
Botas de seguridad	Frecuente
Cinturones y arneses de seguridad	Frecuente
Mástiles y cables fiadores	Frecuente
FASE: ACABADOS	



RIESGOS	
Caídas de operarios al vacío	
Caídas de materiales transportados	
Ambiente pulvígeno	
Lesiones, pinchazos y cortes en pies	
Dermatitis por contacto con materiales	
Incendios por almacenamiento de productos combustibles	
Inhalación por almacenamiento de productos combustibles	
Inhalación de sustancias tóxicas	
Quemaduras	
Electrocución	
Atrapamientos con o entre herramientas	
MEDIDAS PREVENTIVAS Y PROTECCIONES COLECTIVAS	GRADO ADOPCIÓN
Ventilación adecuada y suficiente (natural o forzada)	Permanente
Andamios	Permanente
Plataformas de carga y descarga de material	Permanente
Barandillas	Permanente
Escaleras peldañeadas y protegidas	Permanente
Evitar focos de inflamación	Permanente
Equipos autónomos de ventilación	Permanente
Almacenamiento correcto de los productos	Permanente
EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL (EPIs)	EMPLEO
Gafas de seguridad	Ocasional
Guantes de cuero o goma	Frecuente
Botas de seguridad	Frecuente
Cinturones y arneses de seguridad	Ocasional
Mástiles y cables fiadores	Ocasional
Mascarilla filtrante	Ocasional
Equipos autónomos de respiración	Ocasional
FASE: INSTALACIONES	
RIESGOS	
Lesiones y cortes en manos y brazos	
Dermatitis por contacto con materiales	
Inhalación de sustancias tóxicas	
Quemaduras	
Golpes y aplastamiento de pies	
Incendios por almacenamiento de productos combustibles	
Electrocuciones	
Contactos eléctricos directos e indirectos	



Ambiente pulvígeno	
MEDIDAS PREVENTIVAS Y PROTECCIONES COLECTIVAS	
	GRADO ADOPCIÓN
Ventilación adecuada y suficiente (natural o forzada)	Permanente
Escalera portátil de tijera con calzos de goma y tirantes	Permanente
Protección del hueco del ascensor	Permanente
Plataforma provisional para ascensoristas	Permanente
Realizar conexiones eléctricas sin tensión	Permanente
EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL (EPIs)	
	EMPLEO
Gafas de seguridad	Permanente
Guantes de cuero o goma	Ocasional
Botas de seguridad	Ocasional
Cinturones y arneses de seguridad	Ocasional
Mástiles y cables fiadores	Ocasional
Mascarilla filtrante	Ocasional

Se concederá especial importancia a lo anteriormente indicado así como a las especificaciones que se indican a continuación:

- Se establecerán zonas de paso y acceso a la obra.
- Se señalizará y vallará el perímetro de la obra, así como los puntos singulares en el interior de la misma.
- Se señalizará la obligación de utilizar casco en el interior del recinto de la obra.
- Se señalizará convenientemente la necesidad de utilización de medidas de seguridad adicionales en toda la obra.
- Se controlará adecuadamente el proceso de la carga y descarga de camiones.
- Se utilizarán plataformas de trabajo homologadas y adecuadas.
- Se utilizarán andamios homologados y adecuados.
- Se evitará el paso de trabajadores bajo otros operarios.
- La utilización de los EPIs es de carácter obligatorio para todos los trabajadores.



6.6.3. Equipos de protección individual para trabajos en Baja Tensión

EPI: casco aislante	
Riesgo contra los que protege	Protege el cráneo contra: <ul style="list-style-type: none"> - Choques, golpes, caídas. - Proyección de objetos. - Contactos eléctricos.
Modo de empleo	<ul style="list-style-type: none"> - Ajustar la banda de entorno, al perímetro de la cabeza. - En trabajos a cierta altura usar el barboquejo.
Trabajos donde es obligatorio su empleo	Para trabajos que impliquen riesgo para la cabeza como: <ul style="list-style-type: none"> - Trabajos en instalaciones eléctricas de B.T., A.T. y maniobra. - Trabajos de almacenaje, carga y descarga. - Trabajos a diferentes alturas (líneas aéreas).
Verificación, conservación y mantenimiento.	<ul style="list-style-type: none"> - Comprobación visual del buen estado del casco y atalaje. - Comprobación del perfecto ajuste de banda barbuquejo. - Limpieza con agua jabonosa periódicamente. - Reposición de sus partes cuando sea necesario. - Sustitución siempre que haya habido un impacto violento.
Comentarios	<ul style="list-style-type: none"> - En ningún caso se desprenderá el casco en cualquier movimiento normal de la cabeza, tronco, etc. - Su vida útil máxima será de 10 años. - Es de uso personal. - Almacenamiento en lugar seco, ventilado y protegido de focos caloríficos, químicos, etc.

EPI: pantalla facial	
Riesgo contra los que protege	Protege el rostro contra: <ul style="list-style-type: none"> - Proyección de partículas de metal fundido. - Elevada temperatura.
Modo de empleo	<ul style="list-style-type: none"> - Ajustar el adaptador al casco. - Abatir el visor. - Utilizar gafas inactivas (para evitar el deslumbramiento).
Trabajos donde es obligatorio su empleo	<ul style="list-style-type: none"> - En aquellos trabajos que presenten riesgos de proyectar partículas de metal fundido. - En altas temperaturas.
Verificación, conservación y mantenimiento.	<ul style="list-style-type: none"> - Comprobación visual del buen estado de la pantalla, adaptador y buen ajuste al casco. - Limpieza con agua jabonosa periódicamente y



	secado con paño seco.
Comentarios	- Usar a la vez gafas inactivas para evitar deslumbramientos.

EPI: gafas inactivas	
Riesgo contra los que protege	Protegen los ojos contra: <ul style="list-style-type: none"> - Deslumbramiento por cortocircuito.
Modo de empleo	- Ajustar a la cara protegiendo los ojos.
Trabajos donde es obligatorio su empleo	- En aquellos trabajos en los que se realicen instalaciones que presenten riesgos de deslumbramiento por cortocircuito.
Verificación, conservación y mantenimiento.	- Comprobación visual del buen estado. - Limpieza con agua jabonosa periódicamente y secado con paño seco. - Guardarlas en su funda.
Comentarios	- Es recomendable su utilización conjunta con la pantalla facial.

EPI: guantes aislantes	
Riesgo contra los que protege	Protegen las manos contra: <ul style="list-style-type: none"> - Contactos a tensión.
Modo de empleo	- Usar la talla adecuada. - Comprobar su estanqueidad. - Nunca se utilizarán como único elemento de protección.
Trabajos donde es obligatorio su empleo	- Trabajos en proximidad de instalaciones de B.T. en tensión. - Trabajos en instalaciones de B.T. en tensión. - Retirada o reposición de fusibles.
Verificación, conservación y mantenimiento.	- Verificación de estanqueidad antes de cada trabajo. - Ensayo eléctrico en laboratorio cada 6 meses.
Comentarios	No se admitirán reparaciones. Habrá de ser legibles: <ul style="list-style-type: none"> - Tensión de utilización. - Fecha de fabricación. - Nombre del fabricante. - Homologación.

EPI: guantes ignífugos	
Riesgo contra los que protege	Protegen las manos contra: <ul style="list-style-type: none"> - La posible fusión del guante aislante de caucho al producirse un arco eléctrico.
Modo de empleo	- Emplear debajo de los guantes aislantes.
Trabajos donde es obligatorio su	- Trabajos en los que puede darse un arco eléctrico.



empleo	
Verificación, conservación y mantenimiento.	<ul style="list-style-type: none"> - Comprobación visual del buen estado. - Una vez utilizados guardar en bolsa.
Comentarios	<ul style="list-style-type: none"> - Estos guantes se usan siempre debajo del guante aislante de caucho. - Son de fibra retardante a la llama y resistente al calor. - Conductividad eléctrica muy baja.

EPI: guantes de protección mecánica	
Riesgo contra los que protege	- Protegen el guante aislante del caucho.
Modo de empleo	- Utilizar sobre los guantes aislantes de caucho.
Trabajos donde es obligatorio su empleo	- Trabajos en instalaciones de B.T. cuando se realicen tareas donde puedan dañarse los guantes aislantes de caucho.
Verificación, conservación y mantenimiento.	<ul style="list-style-type: none"> - Comprobación visual del buen estado. - Se conservarán limpios y secos.
Comentarios	<ul style="list-style-type: none"> - Son guantes de poco grosor (piel de cabritilla). - En este caso no es necesario emplear los guantes ignífugos.

EPI: calzado de seguridad	
Riesgo contra los que protege	<p>Protegen los pies contra:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Los riesgos mecánicos.
Modo de empleo	- Se colocarán debidamente sujeto al pie de forma que no haya posibilidad de holgura que facilite la penetración de cuerpos extraños.
Trabajos donde es obligatorio su empleo	<ul style="list-style-type: none"> - Los de clase I (puntera de seguridad) en trabajos con riesgo de accidentes en los pies: carga, descarga, etc. - Los de clase II (plantilla de seguridad): cuando sólo haya objetos punzantes en el suelo. - Los de clase III (puntera y plantilla de seguridad): cuando coexistan los dos tipos de riesgos anteriores.
Verificación, conservación y mantenimiento.	- Verificación visual de que no presenta roturas, cortes, desgaste, etc.
Comentarios	- No se considera un elemento aislante en trabajos en tensión en B.T.



6.7. Riesgos laborales específicos de esta obra

6.7.1. Fase de la obra de instalación eléctrica de Baja Tensión, alumbrado de emergencia

ACTIVIDAD	RIESGO	ACTUACIÓN PREVISTA Y PROTECCIONES
Acopio de carga y descarga	Golpes, heridas. Caídas de objetos y atrapamientos	Mantenimiento de equipos Utilización de EPIs Adecuación de cargas Control de maniobras
Instalación de canalizaciones y detectores, luminarias y emergencias	Caídas de objetos desde altura Caídas de trabajadores desde altura Daños oculares Golpes, cortes, etc. Electrocución Sobre esfuerzos	Utilización de EPIs Orden y limpieza Utilización de plataformas y andamios homologados.(Obligatoria su utilización: trabajos a realizar por encima del nivel del suelo y que requieran esfuerzos, trabajos a realizar por encima de 5 metros de altura).(En todos estos casos no se pueden utilizar escaleras de mano) Utilización de EPIs Orden y limpieza Utilización de EPIs Adecuado mantenimiento de la maquinaria Maquinaria con todos los elementos de protección Adecuada puesta a tierra de las instalaciones Instalaciones eléctricas auxiliares ejecutadas por especialistas Adecuado mantenimiento de las instalaciones Utilización de EPIs Fajas lumbares



6.7.2. Fase de pruebas y puesta en servicio de la instalación

ACTIVIDAD	RIESGO	ACTUACIÓN PREVISTA Y PROTECCIONES
Pruebas y puestas en servicio	Golpes, heridas, etc.	Mantenimiento de los equipos Utilización de EPIs
	Caídas de objetos	Cargas adecuadas Utilización de EPIs
	Atrapamientos	Control de maniobras Vigilancia continua Utilización de EPIs
	Caídas desde altura	Utilización de sistemas colectivos de protección y equipos adecuados Utilización de EPIs
	Electrocución	Utilización de EPIs Coordinación con empresa suministradora para enganches Reunión diaria y comunicación expresa a los operarios de los puntos con corriente Prohibición de trabajar en tensión
	Quemaduras o explosión por acumulación de gas	Coordinación con empresa suministradora para enganches Reunión diaria y comunicación expresa a los operarios de los puntos con gas Prohibición de realizar trabajos en tuberías con gas combustible Realización de las pruebas de presión, estanqueidad, etc., con aire comprimido o gas inerte



6.7.3. Protección contra contactos

ACTIVIDAD	RIESGO	ACTUACIÓN PREVISTA Y PROTECCIONES
Instalación en servicio	Contactos eléctricos indirectos	Puesta a tierra de las masas de la maquinaria eléctrica asociada a un dispositivo diferencial El valor de la resistencia a tierra será tan bajo como sea posible, y como máximo igual o inferior al cociente de dividir la tensión de seguridad (Vs) que en locales secos será de 50 V y en los locales húmedos de 24 V, por la sensibilidad en amperios del diferencial (A).
	Contactos eléctricos directos	Los cables eléctricos que presenten defectos del recubrimiento aislante se habrán de reparar para evitar la posibilidad de contactos eléctricos con el conductor. Los cables eléctricos deberán estar dotados de clavijas en perfecto estado a fin de que la conexión a los enchufes se efectúe correctamente. En general cumplirán lo especificado en el presente Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión.

6.8. 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 que se indica en la tabla siguiente, en la que se incluye además la identificación y las distancias a los centros de asistencia sanitaria más cercanos:

PRIMEROS AUXILIOS Y ASISTENCIA SANITARIA		
NIVEL DE ASISTENCIA	NOMBRE Y UBICACIÓN	DISTANCIA APROXIMADA (KM)
Primeros auxilios	Botiquín portátil	En la obra
Asistencia Primaria-Urgencias	Centro de Salud Solchaga	5
Asistencia Especializada-Hospital	Hospital de Navarra	7



6.9. Normativa aplicable

Ley de prevención de riesgos laborales	Ley 31/95	08-11-95	J. estado	10-11-95
Reglamento de los servicios de prevención	RD 39/97	17-01-97	M. Trab.	31-01-97
Disposiciones mínimas de seguridad y salud en obras de construcción (Transposición Directiva 92/57/CEE)	RD 1627/97	24-10-97	Varios	23-04-97
Disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud.	RD 485/97	14-04-97	M. Trab.	23-04-97
Modelo de libro de incidencias. Corrección de errores.	Orden	20-09-86	M. Trab.	13-10-86 31-10-86
Modelo de notificación de accidentes de trabajo.	Orden	16-12-87		29-12-87
Reglamento de seguridad e higiene en el trabajo de la construcción	Orden	20-05-52	M. Trab.	15-06-52
Modificación	Orden	19-12-53	M. Trab.	22-12-53
Complementario	Orden	02-09-66	M. Trab.	01-10-66
Cuadro de enfermedades profesionales	RRD 1995/78			25-08-78
Ordenanza general de seguridad e higiene en el trabajo Corrección de errores	Orden	09-03-71	M. Trab.	16-03-71 06-04-71
Ordenanza trabajo industrias construcción, vidrio y cerámica.	Orden	28-08-79	M. Trab.	
Anterior no derogada Corrección de errores	Orden	28-08-70	M. Trab.	05-09-70 17-10-70
Modificación (no derogada), Orden 28-08-70	Orden	27-07-73	M. Trab.	
Interpretación de varios artículos	Orden	21-11-70	M. Trab.	28-11-70
Interpretación de varios artículos	Resolución	24-11-70	M. Trab.	05-12-70
Señalización y otras medidas en obras fijas en vías fuera de poblaciones	Orden	31-08-87	M. Trab.	
Protección de riesgos derivados de exposición a ruidos. Disposiciones mín. seg. Y salud sobre manipulación manual de cargas (Directiva 90/269/CEE)	RD 1316/89	27-10-89	M. Trab.	02-11-87
Reglamentos sobre trabajos con riesgo de amianto. Corrección de errores.	RD 487/97	23-04-97	M. Trab.	23-04-97
Normas complementarias	Orden	31-10-84	M. Trab.	07-11-84
Modelo de libro de registro				22-11-84
	Orden	07-01-87	M. Trab.	15-01-87
	Orden	22-12-87	M. Trab.	29-12-87



Estatuto de los trabajadores	Ley 8/80	01-03-80	M. Trab.	
Regulación de la jornada laboral	RD 2001/83	28-07-83		03-08-83
Formación de comités de seguridad	D. 423/71	11-03-71	M. Trab.	16-03-71

EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL (EPI)				
Condiciones comerc. Y libre circulación de EPI (directiva 89/686/CEE)	RD 1407/92	20-11-92	MRCor.	28-12-92
Modificación: "CE" de conformidad y año de colocación.	RD 159/95	03-02-95		08-03-95
Modificación RD 159/95	Orden	20-03-97		06-03-97
Disp. Mínimas de seg. Y salud de equipos de protección individual (Transposición Directiva 89/656/CEE)	RD 773/97	30-05-97	M. Presid	12-06-97
EPI contra caída de altura. Disp. de descenso	UNEEN341	22-05-97	AENOR	23-06-97
Requisitos y método de ensayo: calzado seguridad / protección / trabajo.	UNEEN 344/A1	20-10-97	AENOR	07-11-97
Especificaciones calzado seguridad uso profesional	UNEEN 345/A1	20-10-97	AENOR	07-11-97
Especificaciones calzado trabajo uso profesional	UNEEN 346/A1	20-10-97	AENOR	07-11-97
Especificaciones calzado trabajo uso profesional	UNEEN 347/A1	20-10-97	AENOR	07-11-97

INSTALACIONES Y EQUIPOS DE OBRA				
Disp. Mín. de seg. Y salud para utilización de los equipos de trabajo (Transposición Directiva 89/656/CEE)	RD 1215/97	18-07-97	M. Trab	18-07-87
ITC-BT-28 del reglamento para baja tensión	Orden	31-10-73	MI	27-12-73
ITC MIE-AEM 3 Carretillas automotoras de mantenimiento	Orden	26-05-89	MIE	09-06-69
Reglamento de aparatos elevadores para obras	Orden	23-05-77	MI	14-06-77
Corrección de errores				18-07-77
Modificación	Orden	07-03-81	MIE	14-03-81
Modificación	Orden	16-11-81	P. Gob.	21-07-86
Reglamento Seguridad en las Máquinas	RD 1495/89	23-05-86	P. Gob.	21-07-86
Corrección de errores				04-10-86
Modificación	RD 590/89	19-05-89	M.R. Cor	19-05-89
Modificación en la ITC MSG-SM	Orden	08-04-91	M.R. Cor	11-04-91
Modificación (Adaptación a directivas de la CEE)	RD 830/91	24-05-91	M.R. Cor	31-05-91
Regulación potencia acústica de maquinarias (Directiva 84/852/CEE)	RD 245/89	27-02-89	MIE	11-03-89



Ampliación y nuevas especificaciones	RD 71/92	31-01-92	MIE	06-02-92
Requisitos de seguridad y salud en máquinas (Directiva 89/392/CEE)	RD 1435/92	27-11-92	M.R. Cor	07-07-88
ITC-MIE-AEM2. Grúas Torre desmontable para obra	Orden	28-06-88	MIE	07-07-88
Corrección de errores	Orden	28-06-88		05-10-88
ITC-MIE-AEM4. Grúas móviles autopropulsadas usadas	RD 2370/96	18-11-96	MIE	24-12-96
Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en centrales eléctricas, subestaciones y centros de transformación y las instrucciones técnicas complementarias.	RD 3275/82		MIE	
Texto refundido de la ley general de la seguridad social	RD 1/1994	20-06-94		
Disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo	RD 486/97	14-04-97		
Reglamento electrotécnico para baja tensión	RD2413/73	20-09-73	MIE	
Normas técnicas reglamentarias sobre homologación de los medios de protección personal	O.M.	17-05-74	MIE	

Pamplona, Febrero 2011

Javier Rollón Rodríguez



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación:

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL ELÉCTRICO

Título del proyecto:

“INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA NAVE INDUSTRIAL
EN BAJA TENSIÓN CON CENTRO DE
TRANSFORMACIÓN”

DOCUMENTO 7: BIBLIOGRAFÍA

Alumno: Javier Rollón Rodríguez

Tutor: José Javier Crespo Ganuza

Pamplona, 24 de Febrero de 2011



BIBLIOGRAFÍA

ÍNDICE:

7.1 BIBLIOGRAFÍA.....	2
7.1.1 REGLAMENTOS, NORMATIVAS Y LIBROS.....	2
7.1.2 CATÁLOGOS CONSULTADOS.....	3
7.1.3 PÁGINAS WEB CONSULTADAS.....	3



7.1. Bibliografía

7.1.1. Reglamentos, Normativas y Libros

Para la realización del presente proyecto, la bibliografía consultada ha sido:

- Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión e Instrucciones Técnicas Complementarias (Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto de 2002).
- Reglamento de Líneas Eléctricas Aéreas de Alta Tensión. Colección Leyes, Normas y Reglamentos. Ministerio de Ciencia y Tecnología.
- 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).
- Reglamento sobre acometidas eléctricas. Colección Leyes, Normas y Reglamentos. Ministerio de Industria y Energía.
- Reglamento sobre las condiciones técnicas y garantías de seguridad en centrales eléctricas, subestaciones y centros de transformación e instrucciones técnicas complementarias. Ministerio de Industria y Energía.
- Instalación de NTE-IE electricidad. Normas tecnológicas de la edificación. Ed. paraninfo 1996. Jose Carlos Toledano.
- Puesta a tierra en edificios en instalaciones eléctricas. Ed. Paraninfo 1997. Juan José Martínez Requera y José Carlos Toledano Gasca.
- Lámparas eléctricas, sistemas de iluminación, proyectos de alumbrado. Ed. CEAC 1987. José Remírez Vázquez.
- Reglamento de verificaciones eléctricas y regularidad en el suministro de energía eléctrica.
- Normas UNE y recomendaciones UNESA que sean de aplicación.
- Normas particulares de “IBERDROLA distribución eléctrica S.A.U.”
- Canalizaciones, materiales de alta y baja tensión y centrales. Paul Hering.
- Protecciones en las instalaciones eléctricas. Paulino Montané.
- Método de cálculo y proyecto de instalaciones de puesta a tierra para centros de transformación conectados a redes de tercera categoría. UNESA. Febrero 1989.



7.1.2. Catálogos consultados

Se han consultado los siguientes catálogos:

- Toda serie de catálogos ABB Y MERLÍN GERÍN.
- Compensación de energía reactiva y filtrado de armónicos MERLÍN GERÍN.
- Luminarias y lámparas Philips.
- Lámparas de emergencia LEGRAND.
- Catálogo de NIESSEN.
- Catálogo de PRYSMIAN.
- Catálogo de Quintela.
- Equipos de seguridad NAISA: Cascos, gafas, guantes, etc.

7.1.3. Páginas web consultadas

En este apartado se adjuntan las direcciones web de las empresas cuyos elementos han sido utilizados en el presente proyecto.

Las páginas web son las siguientes:

- PRYSMIAN. (<http://www.prysmian.es>).
Conductores.
- ORMAZABAL. (<http://www.ormazabal.com>).
Edificio prefabricado para el centro de transformación, celdas modulares con aislamiento integral de (SF6) y transformador de potencia.
- PHILIPS. (<http://www.philips.com>).
Lámparas y luminarias.
- KLK ELECTRO MATERIALES. (<http://www.klk.es>).
Picas de puesta a tierra.
- IDUSTRIAS ARRUTI. (<http://www.arruti.com>).
Grapas y accesorios para la puesta a tierra.
- TUBIFOR. (<http://www.directindustry.com>).
Tubos de PVC para canalizaciones.
- FIBEX. (<http://www.directindustry.com>).
Tubos de XLPE para canalizaciones.



Pamplona, Febrero 2011

Javier Rollón Rodríguez