



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación :

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL ELÉCTRICO

Título del proyecto:

INSTALACIÓN EN BAJA TENSIÓN DE UNA NAVE
INDUSTRIAL CON CENTRO DE TRANSFORMACIÓN

Andoni Arregui Borja

Jose Javier Crespo Ganuza

Pamplona, 29 de abril de 2.010



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación :

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL ELÉCTRICO

Título del proyecto:

INSTALACIÓN EN BAJA TENSIÓN DE UNA NAVE
INDSUTRIAL CON CENTRO DE TRANSFORMACIÓN

DOCUMENTO N°1: MEMORIA

Andoni Arregui Borja

Jose Javier Crespo Ganuza

Pamplona, 29 de abril de 2.010

ÍNDICE

1.1.	INTRODUCCIÓN	4
1.1.1.	ANTECEDENTES	4
1.1.2.	OBJETO DEL PROYECTO	4
1.1.3.	SITUACIÓN	4
1.1.4.	DESCRIPCIÓN DE LA NAVE	4
1.1.5.	SUPERFICIE	5
1.1.6.	DESCRIPCIÓN E LA ACTIVIDAD	6
1.1.7.	TIPO DE INSTALACIÓN	6
1.1.8.	RELACIÓN DE LA MAQUINARIA INSTALADA	6
1.1.9.	NORMATIVA	7
1.2.	ESQUEMA DE DISTRIBUCIÓN	7
1.2.1.	INTRODUCCIÓN	7
1.2.2.	TIPOS DE ESQUEMAS DE DISTRIBUCIÓN	8
1.2.3.	SOLUCIÓN ADOPTADA	9
1.3.	ALUMBRADO	9
1.3.1.	INTRODUCCIÓN	9
1.3.2.	ALUMBRADO INTERIOR	10
1.3.3.	ALUMBRADO EXTERIOR	11
1.3.4.	ALUMBRADO DE EMERGENCIA	11
1.4.	CONDUCTORES Y DISTRIBUCIÓN EN BAJA TENSIÓN	15
1.4.1.	INTRODUCCIÓN	15
1.4.2.	FACTORES PARA EL CÁLCULO DE CABLES	15
1.4.3.	PRESCRIPCIONES GENERALES	17
1.4.3.1.	CONDUCTORES ACTIVOS	17
1.4.3.2.	CONDUCTOR NEUTRO	18
1.4.3.3.	CONDUCTORES DE PROTECCIÓN	18
1.4.4.	SISTEMAS DE CANALIZACIÓN	20
1.4.4.1.	CANALIZACIONES	20
1.4.4.2.	PRESCRIPCIONES GENERALES	20
1.4.4.3.	TUBOS PROTECTORES	21
1.4.5.	RECEPTORES	22
1.4.5.1.	RECEPTORES PARA ALUMBRADO	22
1.4.5.2.	RECEPTORES A MOTOR	22
1.4.6.	CÁLCULO DE SECCIONES	23
1.4.7.	NORMAS PARA LA ELECCIÓN DEL CABLE	24
1.4.8.	NORMAS PARA LA ELECCIÓN DEL TUBO	24
1.4.9.	SOLUCIONES ADOPTADAS	25
1.5.	PROTECCIONES EN BAJA TENSIÓN	27
1.5.1.	INTRODUCCIÓN	27
1.5.2.	PROTECCIÓN DE LA INSTALACIÓN	28
1.5.2.1.	PROTECCIÓN CONTRA SOBRECARGAS	29
1.5.2.2.	PROTECCIÓN CONTRA CORTOCIRCUITOS	30

1.5.3.	PROCESO PARA EL CÁLCULO DE LAS INTENSIDADES DE CORTOCIRCUITO	31
1.5.3.1.	LEY GENERAL	31
1.5.3.2.	DETERMINACIÓN DE LA IMPEDANCIA “AGUAS ARRIBA DE LA RED”	32
1.5.3.3.	IMPEDANCIA DE LOS TRANSFORMADORES	32
1.5.3.4.	IMPEDANCIA DE LOS CONDUCTORES	33
1.5.3.5.	INTENSIDADES DE CORTOCIRCUITO DE LA NAVE INDUSTRIAL	33
1.5.4.	PROTECCIÓN DE PERSONAS	33
1.5.4.1.	PROTECCIÓN CONTRA CONTACTOS DIRECTOS	34
1.5.4.2.	PROTECCIÓN CONTRA CONTACTOS INDIRECTOS	35
1.5.5.	SOLUCIÓN ADOPTADA	36
1.6.	PUESTA A TIERRA	40
1.6.1.	INTRODUCCIÓN	40
1.6.2.	OBJETIVO DE LA PUESTA A TIERRA	41
1.6.3.	PARTES DE LA PUESTA A TIERRA	42
1.6.4.	ELEMENTOS A CONECTAR A LA TOMA DE TIERRA	44
1.6.5.	SOLUCIÓN ADOPTADA	45
1.7.	CORRECCIÓN DEL FACTOR DE POTENCIA	45
1.7.1.	GENERALIDADES	45
1.7.2.	VENTAJAS DE UN ELEVADO FACTOR DE POTENCIA	45
1.7.3.	MÉTODOS PARA MEJORAR EL FACTOR DE POTENCIA	46
1.7.3.1.	PROCEDIMIENTOS DIRECTOS	46
1.7.3.2.	PROCEDIMIENTOS INDIRECTOS	46
1.7.3.3.	ELECCIÓN DEL MÉTODO DE COMPENSACIÓN	47
1.7.4.	CLASIFICACIÓN Y ELECCIÓN DE LA COMPENSACIÓN	47
1.7.4.1.	CLASIFICACIÓN POR LA SITUACIÓN DE LA COMPENSACIÓN	47
1.7.4.2.	ELECCIÓN DE LA SITUACIÓN PARA LA COMPENSACIÓN	48
1.7.4.3.	CLASIFICACIÓN POR TIPO DE COMPENSACIÓN	48
1.7.4.4.	ELECCIÓN DEL TIPO DE COMPENSACIÓN	48
1.7.5.	CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LOS EQUIPOS DE COMPENSACIÓN AUTOMÁTICOS ELEGIDOS	49
1.8.	CENTRO DE TRANSFORMACIÓN	50
1.8.1.	INTRODUCCIÓN	50
1.8.2.	EMPLAZAMIENTO	50
1.8.3.	INSTALACIÓN ELÉCTRICA	51
1.8.3.1.	CARACTERÍSTICAS DE LA RED DE ALIMENTACIÓN	51
1.8.3.2.	NECESIDADES DE LA INSTALACIÓN Y POTENCIA INSTALADA	51
1.8.4.	DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN	51
1.8.4.1.	ENGANCHE A LA RED ELÉCTRICA	51
1.8.4.2.	LÍNEA AÉREA-SUBTERRÁNEA	51

1.8.4.3.	CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN	52
1.8.4.4.	CARACTERÍSTICAS DE LA APARAMENTA DE MEDIA TENSIÓN	55
1.8.4.5.	TRANSFORMADORES	57
1.8.4.6.	PROTECCIÓN CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS	58
1.8.4.7.	MEDIDA DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA	58
1.8.5.	INSTALACIÓN DE PUESTA A TIERRA	58
1.8.5.1.	TIERRA DE PROTECCIÓN	59
1.8.5.2.	TIERRA DE SERVICIO	59
1.8.5.3.	SUPERFICIE EQUIPOTENCIAL	60
1.8.6.	INSTALACIONES SECUNDARIAS DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN	60
1.8.6.1.	ALUMBRADO Y TOMAS DE CORRIENTE	60
1.8.6.2.	VENTILACIÓN	60
1.8.6.3.	MEDIDAS DE SEGURIDAD	61
1.8.7.	PROTECCIONES DEL CUADRO DE BAJA TENSIÓN	61
1.8.7.1.	PROTECCIÓN MAGNETOTÉRMICA	61
1.8.7.2.	PROTECCIÓN DIFERENCIAL	62
1.9.	RESUMEN DEL PRESUPUESTO	62
1.10.	BIBLIOGRAFÍA	63

1.1. INTRODUCCIÓN

1.1.1. ANTECEDENTES

Se redacta el presente proyecto con objeto de ser presentado como Proyecto Fin de Carrera de la titulación de ITI (Electricidad) de la Universidad Pública de Navarra.

1.1.2. OBJETO DEL PROYECTO

El proyecto tiene por objeto el estudio de la instalación en baja tensión necesaria para suministro de fuerza electromotriz a los diferentes receptores de fuerza y alumbrado que se proyectan instalar en una nave industrial destinada a la imprenta.

La instalación eléctrica constará de:

- Instalación de fuerzas y tomas de corriente.
- Protección eléctrica de las instalaciones.
- Instalación de alumbrado interior, exterior, y de emergencia y señalización.
- Centro de transformación de media a baja tensión.
- Puestas a tierra de la instalación eléctrica de la nave y del centro de transformación.

1.1.3. SITUACIÓN

La nave industrial del proyecto realizado es imaginaria, aunque la ubicaremos en el término municipal de Ansoáin, en la Comunidad Foral de Navarra, por lo que tendremos en cuenta las Normas Particulares de Iberdrola. Más concretamente, la nave industrial del presente proyecto se sitúa en la parcela 886 del polígono 22 del Polígono Industrial de Ansoáin. En el plano nº1, del documento nº3: "Planos", podremos observar con más detalle la situación.

1.1.4. DESCRIPCIÓN DE LA NAVE

La nave industrial tiene una superficie útil de 827,31m², en donde diferenciamos 3 zonas:

- Zona de producción.
- Zona de almacenaje, recepción y expedición.
- Zona de oficinas.

La zona de producción tiene una superficie total de 234,18m² en donde se desempeña la principal actividad de la empresa, la producción de pan. Toda ella se encuentra en la planta baja de la nave industrial y esta zona está compuesta por una zona principal, donde se encuentra toda la maquinaria de producción, una sala de fermentación y enfriado, una sala de caldera y compresor, y un laboratorio de control de calidad.

La zona de almacenaje está formada por una superficie de 135,12m² la cual es la encargada de recibir y almacenar las materias primas, y de almacenar y preparar para el

reparto el producto acabado. Se encuentra también íntegramente en la planta baja y está formada por 2 almacenes, uno de materias primas y otro de producto acabado, y un muelle de recepción y otro de expedición.

Finalmente, la zona de oficinas es la que abarca mayor superficie dentro de la nave, con un total de 458,01m² distribuidos entre la planta baja y la primera planta. Está formada por aseos, vestuarios, una recepción y sala de espera, la administración, un comedor, un aula de formación, una sala de descanso, una sala de reuniones y despachos.

La altura en cumbre de la nave es de 9,14m, y la superficie útil de la planta baja y la primera planta son 691,71m² y 135,6m² respectivamente.

1.1.5. SUPERFICIE

La nave de la que se va a realizar el estudio tiene una parcela con una superficie de 2117,26m² en la que parte de esa superficie está destinada a la nave industrial con una superficie de 729,91m² y el resto está formado por aparcamientos para coches y furgonetas, aceras y el recinto del centro de transformación.

Como ya se ha dicho antes la superficie de la nave está separada en tres zonas, de este modo se expondrá el reparto detallado de superficies de toda la nave:

- Zona de producción:

Sala de fermentación y enfriado	24,38 m ²
Sala de caldera y compresor	21,72 m ²
Laboratorio de control de calidad	20,24 m ²
Zona de producción	146,82 m ²
Pasillo interno	21,02 m ²
SUPERFICIE TOTAL	234,18 m²

- Zona de almacenaje, recepción y expedición:

Muelle recepción materias primas	35,96 m ²
Almacén materias primas	36,04 m ²
Muelle expedición producto acabado	34,52 m ²
Almacén producto acabado	28,60 m ²
SUPERFICIE TOTAL	135,12 m²

- Zona de oficinas:

Planta baja:

Aseos y vestuarios hombres	35,15 m ²
Aseos y vestuarios mujeres	31,41 m ²
Recepción y sala de espera	17,25 m ²
Administración	42,73 m ²
Comedor	40,06 m ²
Sala de descanso	35,11 m ²
Pasillo interno	63,04 m ²
Zona escaleras	17,60 m ²

Primera planta:	
Sala de reuniones	35,45 m ²
Despacho 1	25,78 m ²
Despacho 2	25,77 m ²
Aseos 1	8,43 m ²
Aseos 2	8,43 m ²
Pasillo interior	25,14 m ²
Zona escaleras	6,60 m ²
<i>SUPERFICIE TOTAL</i>	<i>458,01 m²</i>

1.1.6. DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD

La actividad fundamental que se realiza en la nave industrial es la producción de pan para su posterior distribución a diferentes puntos de venta.

Las materias primas llegan al muelle de recepción y son recopilados en el almacén correspondiente. Estas materias primas son harina, materia grasa, margarina, leche en polvo, azúcar, sal, levadura, huevos y agua.

La harina y el agua son mezclados en primer momento en una mezcladora y después se deja que fermente para permitir el hinchamiento de la masa. Después se mezclan los demás ingredientes en la mezcladora de nuevo para, más tarde, mediante un divisor de masa, definir lo que será la forma de las barras de pan. Se realizan un par de pruebas de temperatura y humedad en los hornos de prueba y, más tarde, se hornea en el horno. Para transportar el producto de un horno a otro, se utiliza varias transportadoras de trabajo. Finalmente, mediante una empaquetadora, se preparan las barras para ser almacenadas y transportadas a su lugar de venta.

1.1.7. TIPO DE INSTALACIÓN

Según la ITC-BT 30, nuestra nave industrial pertenecería al tipo de instalación de local a temperatura elevada, en donde la temperatura del aire ambiente es susceptible de sobrepasar frecuentemente los 40°C, o bien se mantiene permanentemente por encima de los 35°C.

Para evitar temperaturas mayores, la nave industrial está dotada de varios extractores eólicos, que no necesitan suministro de energía, ya que utilizan el viento para realizar su función.

1.1.8. RELACIÓN DE LA MAQUINARIA INSTALADA

A continuación se relacionan los distintos equipos e instalaciones consumidoras de energía en Fuerza que necesita la nave para poder desarrollar la actividad, tal y como puede verse en los planos adjuntos.

Máquina	Nº	W por máquina	W
Mezcladora	2	14.900 W	29.800 W
Divisor de masa	1	745 W	745 W
Horno prueba princ.	1	20.000 W	20.000 W
Horno prueba final	1	20.000 W	20.000 W
Transportador trabajo	3	1.490 W	4.470 W
Empaquetadora	1	2.000 W	2.000 W
Compresor	1	14.000 W	14.000 W
Horno	1	34.000 W	34.000 W
TOTAL FUERZA : 125.015 W			

1.1.9. NORMATIVA

Para la realización y confección de este proyecto, se ha tenido en cuenta las siguientes normas y reglamentos:

- REGLAMENTO ELECTROTÉCNICO PARA BAJA TENSIÓN. Real Decreto 842/2002 de 2 de agosto de 2002
- REGLAMENTO DE LÍNEAS ELÉCTRICAS DE ALTA TENSIÓN. Real Decreto 223/2008 de 15 de febrero de 2008
- REGLAMENTO SOBRE CONDICIONES TÉCNICAS Y GARANTÍAS DE SEGURIDAD EN CENTRALES ELÉCTRICAS, SUBESTACIONES Y CENTROS DE TRANSFORMACIÓN. Ed. Paraninfo, 1997.
- NORMAS UNE Y RECOMENDACIONES UNESA QUE SEAN DE APLICACIÓN.
- NORMAS PARTICULARES DE IBERDROLA.
- REGLAMENTO DE VERIFICACIONES ELECTRICAS Y REGULARIDAD EN EL SUMINISTRO DE ENERGIA ELECTRICA.
- LEY 31/1995, de 8 de noviembre, DE PREVENCION DE RIESGOS LABORALES.

1.2. ESQUEMA DE DISTRIBUCIÓN

1.2.1. INTRODUCCIÓN

Teniendo en cuenta el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión debemos elegir el esquema de distribución que debe tener la nave para proteger de los contactos eléctricos indeseados. Para ello tendremos en cuenta la norma ITC-BT-18 del reglamento anteriormente nombrado.

Para la determinación de las características de las medidas de protección contra choques eléctricos en caso de defecto (contactos indirectos) y contra sobrentensidadas, 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

Para la elección del tipo de esquema de distribución debemos fijarnos en las características técnicas y económicas de nuestra instalación. Siguiendo lo que ordena el reglamento de Baja tensión (ITC-BT-08), en nuestro caso podríamos elegir cualquiera de los tres tipos de esquema, debido a que el centro de transformación es del abonado, pero nos decantamos por un esquema TT ya que es la solución más aconsejable y efectiva para proteger nuestra instalación de los defectos que se produzcan en este tipo de instalaciones.

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.

Una buena iluminación hace que la realización de las tareas visuales se hagan con una máxima de velocidad, exactitud, facilidad y comodidad y con un mínimo de esfuerzo y de fatiga.

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. Por ello se busca siempre el mayor número de lúmenes por vatio y el máximo rendimiento de color podremos encontrar fuentes de luz apropiadas para cualquier situación que se nos plantee.

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

- La intensidad de iluminación: suministrar una cantidad de luz suficiente para crear unas buenas condiciones de visibilidad.
- 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.
- Utilización de fuentes luminosas que aseguren, para cada caso una satisfactoria distribución de los colores.
- Prever aparatos de alumbrado apropiados para cada caso particular: una buena elección de la fuente de luz y de su armadura

1.3.2. ALUMBRADO INTERIOR

El proceso de cálculo de una instalación de interior lleva consigo unos pasos, que son los siguientes:

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.

Para el cálculo del alumbrado interior utilizaremos el programa Dialux 4.6. Introduciendo en el programa las dimensiones de cada dependencia, el nivel de iluminancia (en luxes) y el tipo de luminarias y lámparas adecuada para cada una, éste nos dará el número de luminarias y lámparas que se deben poner, así como su distribución y su consumo.

La tabla resumen del alumbrado interior de la nave industrial del proyecto es la siguiente:

- Planta baja:

Nº ref.	Local	Iluminancia (lux)	Luminaria	Número
1	Muelle recep. materias primas	200	EFix TCS260 2xTL5-54W/840 HF M6	3
2	Almacén materias primas	200	EFix TCS260 2xTL5-54W/840 HF M6	3
3	Sala fermentación	100	EFix TCS260 2xTL5-54W/840 HF M6	3
4	Aseos/vestuarios hombres	200	Europa 2 FBS120 2xPL-C/2P26W/840 CON PG	9
5	Aseos/vestuarios mujeres	200	Europa 2 FBS120 2xPL-C/2P26W/840 CON PG	6
6	Almacén prod. acabado	200	EFix TCS260 2xTL5-54W/840 HF M6	3
7	Muelle exp. producto acabado	200	EFix TCS260 2xTL5-54W/840 HF M6	3
8	Recepción y sala de espera	200	Europa 2 FBS120 2xPL-C/2P26W/840 CON PG	3
9	Administración	500	EFix TBS260 3xTL5-24W/840 HF C6	9
10	Comedor	200	EFix TBS260 3xTL5-24W/840 HF C6	6
11	Aula de formación	500	EFix TBS260 3xTL5-24W/840 HF C6	9
12	Sala de descanso	200	EFix TBS260 3xTL5-24W/840 HF C6	3

13	Sala de caldera y compresor	200	EFix TCS260 2xTL5-54W/840 HF M6	3
14	Laboratorio	500	EFix TCS260 2xTL5-54W/840 HF M6	6
15	Pasillo general	200	Europa 2 FBS120 1xPL-C/2P26W/840 CON PG	18
16	Pasillo auxiliar	200	Europa 2 FBS120 1xPL-C/2P26W/840 CON PG	6
17	Zona producción	500	EFix TCS260 2xTL5-54W/840 HF M6	21
18	Pasillo producción	200	EFix TCS260 2xTL5-54W/840 HF M6	3

- Primera planta:

Nº ref.	Local	Iluminancia (lux)	Luminaria	Número
1	Sala de reuniones	500	EFix TBS260 3xTL5-24W/840 HF C6	9
2	Despacho nº2	500	EFix TBS260 3xTL5-24W/840 HF C6	6
3	Despacho nº1	500	EFix TBS260 3xTL5-24W/840 HF C6	6
4	Aseos nº1	200	Europa 2 FBS120 2xPL-C/2P26W/840 CON PG	3
5	Aseos nº2	200	Europa 2 FBS120 2xPL-C/2P26W/840 CON PG	3
6	Pasillo	200	Europa 2 FBS120 1xPL-C/2P26W/840 CON PG	12
7	Zona escaleras	200	Europa 2 FBS120 1xPL-C/2P26W/840 CON PG	6

1.3.3. ALUMBRADO EXTERIOR

Para el cálculo del alumbrado exterior hemos vuelto a utilizar el programa Dialux 4.6, obteniendo los siguientes resultados:

Iluminación exterior	Selenium SGP340 FG 1xSON-TPP70W CON TPP1	15
----------------------	------------------------------------------	----

1.3.4. ALUMBRADO DE EMERGENCIA

Las instalaciones de alumbrado de emergencia como nos indica el reglamento electrotécnico de baja tensión en su instrucción ITC-BT-28, 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. Se distinguen tres tipos de alumbrado especial: de seguridad, de señalización o evacuación 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 alumbrado especiales, estos deben ser repartidos al menos entre dos líneas diferentes, aunque su número sea inferior a 12.

Alumbrado de seguridad

Es el alumbrado de emergencia previsto para garantizar la seguridad de las personas que evacuen una zona o que tiene que terminar un trabajo potencialmente peligroso antes de abandonar la zona.

El alumbrado de seguridad estará previsto para entrar en funcionamiento automáticamente cuando se produzca un fallo del alumbrado general o cuando la tensión de éste baje a menos del 70% de su valor nominal.

La instalación de este alumbrado será fija y estará provista de fuentes propias de energía. Sólo se podrá utilizar el suministro exterior para proceder a su carga, cuando la fuente propia esté constituida por baterías de acumuladores o aparatos autónomos automáticos.

Alumbrado de evacuación

Es la parte del alumbrado de seguridad previsto para garantizar el reconocimiento y la utilización de los medios o rutas de evacuación cuando los locales estén o puedan estar ocupados.

En rutas de evacuación debe proporcionar, a nivel del suelo y en el eje de los pasos principales, una iluminancia mínima de 1 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, la iluminancia mínima será de 5 lux.

La relación entre la iluminancia máxima y la mínima en el eje de los pasos principales será menor de 40.

El alumbrado de evacuación deberá poder funcionar, cuando se produzca el fallo de la alimentación normal, como mínimo durante una hora, proporcionando la iluminancia prevista.

Alumbrado ambiente o anti-pánico

Es la parte del alumbrado de seguridad previsto para evitar todo riesgo de pánico y proporcionar una iluminación ambiente adecuada que permita a los ocupantes identificar y acceder a las rutas de evacuación e identificar obstáculos.

El alumbrado ambiente o anti-pánico debe proporcionar una iluminancia horizontal mínima de 0,5 lux en todo el espacio considerado, desde el suelo hasta una altura de 2 m.

La relación entre la iluminancia máxima y la mínima en todo el espacio será menor de 40.

El alumbrado ambiente deberá poder funcionar, cuando se produzca al fallo de la alimentación normal, como mínimo durante una hora, proporcionando la iluminancia prevista. Debe señalar de modo permanente la situación de puertas, pasillos, escaleras y salidas de los locales, durante todo el tiempo que permanezca con público.

El alumbrado de seguridad deberá ir situado en las siguientes zonas, según indica el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión:

- 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, las escaleras de incendios y cerca de cada puesto de primeros auxilios.
- 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.
- h) En los aseos generales de planta en edificios de acceso público.
- i) En las salidas de emergencia y en las señales de seguridad reglamentarias.
- j) En todo cambio de dirección de la ruta de evacuación y sus intersecciones.

En las zonas donde se sitúen los equipos de las instalaciones de protección contra incendios que exijan utilización manual y en los cuadros de distribución del alumbrado se proporcionará una iluminancia mínima de 5 lux al nivel de operación.

Alumbrado de reemplazamiento

Parte del alumbrado de emergencia que permite la continuidad de las actividades normales. Cuando el alumbrado de reemplazamiento proporcione una iluminancia inferior al alumbrado normal, se usará únicamente para terminar el trabajo con seguridad.

Para calcular el alumbrado de emergencia hemos tenido en cuenta las dimensiones del local a iluminar y hemos escogido la luminaria autónoma de emergencia adecuada para conseguir una iluminancia de, al menos, 5 luxes, o lo que es lo mismo, 5 lúmenes/m².

Hemos utilizado luminarias de la marca NORMALUX.

A continuación, expongo la tabla resumen el alumbrado de emergencia:

- Planta baja

Nº ref.	Local	Luminaria	Número
1	Muelle recep. materias primas	Dunna D-60 de 70 lm, 1h de autonomía y 1,9w de consumo	3
2	Almacén materias primas	Dunna D-150 de 140 lm, 1h de autonomía y 2,1w de consumo	2
3	Sala fermentación	Dunna D-150 de 140 lm, 1h de autonomía y 2,1w de consumo	1
4	Aseos/vestuarios hombres	Dunna D-150 de 140 lm, 1h de autonomía y 2,1w de consumo	2
5	Aseos/vestuarios mujeres	Dunna D-150 de 140 lm, 1h de autonomía y 2,1w de consumo	2
6	Almacén prod. acabado	Dunna D-150 de 140 lm, 1h de autonomía y 2,1w de consumo	2
7	Muelle exp. producto acabado	Dunna D-150 de 140 lm, 1h de autonomía y 2,1w de consumo	2
8	Recepción y sala de espera	Dunna D-150 de 140 lm, 1h de autonomía y 2,1w de consumo	1
9	Administración	Dunna D-300 de 300 lm, 1h de autonomía y 2,3w de consumo	1
10	Comedor	Dunna D-300 de 300 lm, 1h de autonomía y 2,3w de consumo	1
11	Aula de formación	Dunna D-300 de 300 lm, 1h de autonomía y 2,3w de consumo	1
12	Sala de descanso	Dunna D-200 de 190 lm, 1h de autonomía y 2,1w de consumo	1
13	Sala de caldera y compresor	Dunna D-150 de 140 lm, 1h de autonomía y 2,1w de consumo	1
14	Laboratorio	Dunna D-150 de 140 lm, 1h de autonomía y 2,1w de consumo	1
15	Pasillo general	Dunna D-60 de 70 lm, 1h de autonomía y 1,9w de consumo	4
16	Pasillo auxiliar	Dunna D-60 de 70 lm, 1h de autonomía y 1,9w de consumo	1
17	Zona producción	Foco orientable FO-400 de 395 lm, 1h de autonomía y 2x10w de consumo	1
		Dunna D-60 de 70 lm, 1h de autonomía y 1,9w de consumo	5
18	Pasillo producción	Dunna D-60 de 70 lm, 1h de autonomía y 1,9w de consumo	2

- Primera planta

Nº ref.	Local	Luminaria	Número
1	Sala de reuniones	Dunna D-300 de 300 lm, 1h de autonomía y 2,3w de consumo	1

2	Despacho nº2	Dunna D-150 de 140 lm, 1h de autonomía y 2,1w de consumo	1
3	Despacho nº1	Dunna D-150 de 140 lm, 1h de autonomía y 2,1w de consumo	1
4	Aseos nº1	Dunna D-60 de 70 lm, 1h de autonomía y 1,9w de consumo	1
5	Aseos nº2	Dunna D-60 de 70 lm, 1h de autonomía y 1,9w de consumo	1
6	Pasillo interior	Dunna D-60 de 70 lm, 1h de autonomía y 1,9w de consumo	2
7	Zona escaleras	Dunna D-150 de 140 lm, 1h de autonomía y 2,1w de consumo	1

1.4. CONDUCTORES Y DISTRIBUCIÓN EN BAJA TENSIÓN

1.4.1. INTRODUCCIÓN

El cálculo de las secciones de los conductores tiene por objeto determinar las dimensiones de los cables que transportan la corriente, teniendo en cuenta factores como los esfuerzos térmicos y las caídas de tensión.

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

Vamos a realizar la conducción eléctrica del centro de transformación a los distintos receptores de la instalación, que como es de baja tensión, han de emplearse tensiones normalizadas como indica el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión. Emplearemos por lo tanto 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 CABLES

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

- Calentamiento de los conductores. (Intensidad máxima admisible).
- Caída de tensión y pérdidas de potencia en los conductores.

Calentamiento de los conductores

Si por un conductor cuya resistencia es “R” ohmios, circula una intensidad de “I” 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:

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

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 nos 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.

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, siendo esta menor que la intensidad máxima admisible de dicho conductor para dicha sección, deberemos comprobar que cumple las condiciones relativas a la caída de tensión.

De esta manera procederemos a calcular la caída de tensión que se produce en cada tramo de la instalación eléctrica. Esta caída de tensión es dependiente de la sección elegida.

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 como se apunta en la ITC-BT 19.

1.4.3. PRESCRIPCIONES GENERALES

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.

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 la tabla 19.2 de la instrucción ITC BT 19 del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión.

1.4.3.2. CONDUCTOR NEUTRO

En la instrucción ITC-BT 07, se establecen las secciones mínimas del conductor neutro en función de la sección de los conductores de fase, para Redes Subterráneas en Baja Tensión.

Los cables podrán ser de uno o más conductores y de tensión no inferior a 0,6/1 kV. La sección de estos conductores será la adecuada a las intensidades y caídas de tensión previstas y, en todo caso, esta sección no será inferior a 6 mm² para conductores de cobre y a 16 mm² para los de aluminio.

En lo que afecta al presente proyecto, en las líneas a dos (fase y neutro) o tres conductores, el conductor neutro tendrá una sección igual a la del conductor de fase. En las distribuciones a 4 hilos (tres fases y neutro), se establece con la tabla 7.1 de la ITC-BT 07 del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión:

Conductores Fase (mm²)	Sección Neutro (mm²)
6 (Cu)	6
10 (Cu)	10
16 (Cu)	10
16 (Al)	16
25	16
35	16
50	25
70	35
95	50
120	70
150	70
185	95
240	120
300	150
400	185

En lo referente a la ITC-BT-19 indica que en instalaciones interiores, para tener en cuenta las corrientes armónicas debidas a cargas no lineales y posibles desequilibrios, salvo justificación por cálculo, la sección del conductor neutro será como mínimo igual a la de las fases.

1.4.3.3. CONDUCTORES DE PROTECCIÓN

A partir de la sección de los conductores de fase se coloca los cables 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 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 mm², se puede admitir para los conductores de protección, unas secciones menores que las que resulten de la aplicación de las tablas pero por lo menos iguales a 16 mm².

Los conductores de protección irán bajo los mismos tubos que los conductores de fase y las conexiones se realizarán por medio de empalmes, por piezas de conexión de apriete por rosca o por medio de uniones soldadas sin el empleo de ácido.

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 x U ohmios, siendo U la tensión máxima de servicio expresada en voltios, con un mínimo de 250000 ohmios.

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

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

Las conexiones en ningún caso se realizarán por medio de simple retorcimiento o arrollamiento entre sí de los conductores, sino que deberá de realizarse siempre utilizando bornes de conexión o regletas de conexión. Si se trata de conductores de varios alambres cableados, las conexiones se realizarán de forma que la corriente se reparta por todos los alambres.

1.4.4. SISTEMAS DE CANALIZACIÓN

1.4.4.1. CANALIZACIONES

Para poder llevar la corriente eléctrica por los cables es necesario el uso de canalizaciones a lo largo de la nave, por ello se debe encontrar la solución más idónea para garantizar el suministro y la seguridad de la instalación

En el mercado 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, conductores aislados sobre bandejas (de escalera, perforadas, soportes), etc.

La solución más empleada hoy en día es la de conductores aislados sobre bandejas o a través de tubos.

Se dan casos en que 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. Todo esto teniendo en cuenta la ITC-BT 20.

1.4.4.2. PRESCRIPCIONES GENERALES

Los diferentes circuitos que deseemos colocar en la instalación eléctrica dentro de las canalizaciones deberán tener los siguientes requisitos:

- Varios circuitos pueden encontrarse en el mismo compartimiento de canal si todos los conductores están aislados para la tensión asignada más elevada.

- No deben instalarse circuitos de potencia y circuitos de muy baja tensión de seguridad en las mismas canalizaciones, a menos que cada cable esté aislado para la tensión más alta presente o se aplique una de las disposiciones siguientes:

- a) Que cada conductor de un cable de varios conductores esté aislado para la tensión más alta presente en el cable.
- b) Que los conductores estén aislados para su tensión e instalados en un compartimiento separado de un conducto o de un canal, si la separación garantiza el nivel de aislamiento requerido para la tensión más elevada.

- 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. Si están próximos de un conducto de la calefacción, de aire caliente, etc. las canalizaciones se establecerán de forma de que no puedan alcanzar una temperatura peligrosa, colocando en caso extremo una pantalla calorífica.

- Las canalizaciones no se colocarán por debajo de otras canalizaciones que puedan dar lugar a condensaciones, en ese caso se tomaría disposiciones para proteger las instalaciones.

- Las canalizaciones estarán convenientemente protegidas contra elevación de temperatura, condensación, inundación, corrosión, explosión o por la intervención por mantenimiento o avería en una de las canalizaciones puedan realizarse sin dañar al resto.

- Las canalizaciones deberán estar dispuestas de forma que faciliten su maniobra, inspección y acceso a sus conexiones. No deben ser limitadas por el montaje de equipos en las envolventes.

- Se deben señalar convenientemente los circuitos y elementos para su reparación o sustitución.

- Si la instalación puede causar un problema al ser identificada, deberá de establecerse un plano de la instalación que identifique mediante etiquetas o aviso indeleble.

1.4.4.3. 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.

Los tubos usados en la instalación son de los siguientes:

- *De acero roscado galvanizado*, resistente a golpes, rozaduras, humedad y todos los agentes atmosféricos no corrosivos, provistos de rosca Pg según DIN 40430. Serán adecuados para su doblado en frío por medio de una herramienta dobladora de tubos. Ambos extremos de tubo serán roscados, y cada tramo de conducto irá provisto de su manguito. El interior de los conductos será liso, uniforme y exento de rebarbas. Se utilizarán, como mínimo, en las instalaciones con riesgo de incendio o explosión, como aparcamientos, salas de máquinas, etc. y en instalaciones en montaje superficial con riesgo de graves daños mecánicos por impacto con objetos o utensilios.

- *De policloruro de vinilo rígido* que soporte, como mínimo, una temperatura de 60° C sin deformarse, del tipo no propagador de la llama, con grado de protección 3 0 5 contra daños mecánicos. Este tipo de tubo se utilizará en instalaciones vistas u ocultas, sin riesgo de graves daños mecánicos debidos a impactos.

- *De policloruro de vinilo flexible*, estanco, estable hasta 1a temperatura de 60 °C, no propagador de las llamas y con grado de protección 3 0 5 contra daños mecánicos. A utilizar en conducciones empotradas o en falsos techos.

Para la colocación de las canalizaciones bajo tubos protectores tendremos que tener en cuenta las consideraciones que se apuntan en el Pliego de condiciones 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 ALUMBRADO

Según la ITC-BT 44, 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.

1.4.5.2. RECEPTORES A MOTOR

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

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:

- 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.

- 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.

- Carga combinada

Los conductores de conexión que alimenten a motores y a otros receptores deberán estar provistos para la intensidad total requerida por los otros receptores más la requerida por los motores calculada como en los apartados anteriores.

Arranque de motores

Se debe tener en cuenta las intensidades absorbidas de arranque, ya que deben ser limitadas, para que no produzcan ningún efecto perjudicial para la instalación u ocasionen perturbaciones que dificulten el funcionamiento de otros receptores de la instalación.

Los motores de más de 0,75 Kw deben estar provistos de reostatos o dispositivos de arranque similares para que no permitan que la relación de corriente entre el periodo de arranque y el de marcha normal corresponda a su plena carga.

Dichos reostatos o dispositivos de arranque deben estar colocados separados de los muros al menos cinco centímetros. Se deberán montar de manera que puedan quemar las partes combustibles del edificio ni otros objetos combustibles. Si esto no fuese posible se colocaría un revestimiento ignífugo.

1.4.6. CÁLCULO DE SECCIONES

Para calcular las secciones de los cables de nuestra instalación, utilizaremos el siguiente proceso:

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.

- 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, nos es permitida una caída de tensión tal que para la fuerza y el alumbrado nos permiten un 6,5 % y un 4,5 % de la tensión nominal respectivamente (ITC-BT 19). Los cálculos se basan en las siguientes fórmulas:

Monofásica:

$$e = \frac{2 \times L \times I \times \cos\varphi}{S \times \gamma}$$

De donde:

I = intensidad nominal en amperios

L = longitud de la línea en metros

cosφ = factor de potencia

S = sección del cable en mm²

γ = conductividad del material del conductor (cobre:56, aluminio:35)

Trifásica:

$$e = \frac{\sqrt{3} \times L \times I \times \cos\varphi}{S \times \gamma}$$

1.4.7. 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:

- 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.
- 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.
- 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.

1.4.8. NORMAS PARA LA ELECCIÓN DEL TUBO

Para la elección del tubo protector de los conductores de distribución nos hemos 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 mínima, 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 mínima, 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 mínima, 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 mínima, 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 se 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.

1.4.9. SOLUCIONES ADOPTADAS

1. Distribución de líneas de fuerza y alumbrado

En el documento nº3: "Planos", se reflejan las distribuciones de las líneas de fuerza y alumbrado.

2. Conductores

Los cables utilizados en el proyecto, todos ellos de la marca General Cable, son los siguientes:

Para la parte interior de la nave industrial, es decir, a partir del Cuadro General de Distribución, emplearemos el cable **ENERGY RV-K FOC 0'6/1 kV**, que es un cable de cobre con aislamiento de polietileno reticulado (XLPE) y con una cubierta de PVC flexible.

Para la distribución subterránea en baja tensión que va desde el centro de transformación hasta los cuadros generales de distribución, utilizaremos el cable **ENERGY RV CI2 0'6/1 kV** con un aislamiento de polietileno reticulado (XLPE) y una cubierta de policloruro de vinilo (PVC).

Para la distribución en media tensión, utilizaremos el cable **VULPREN HEPRZ1 AI H-16 12/20 kV** con un aislamiento de etileno-propileno de alto módulo 105°C (HEPR) con una cubierta de poliolefina termoplástica libre de halógenos.

Todos ellos 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 es circuito de la instalación.

Las secciones adoptadas, se justifican en el documento nº2: "Cálculos" del presente proyecto, tanto por lo que se refiere a intensidades máximas admisibles como a caídas de tensión.

3. Canalizaciones

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

- Exterior de la nave:

En la línea subterránea de media tensión pondremos 2 tubos de 160mm de diámetro exterior de la marca *Aiscan*. Por uno de ellos transcurrirán las 3 fases de la línea de media tensión, y el otro lo dejaremos de reserva para alguna posible futura ampliación.

Para la línea de enlace del centro de transformación con los cuadros generales de distribución, hemos elegido poner 3 tubos, uno para cada línea, de los cuales uno será de 140mm de diámetro exterior (para la línea C.G.D.1), y los otros dos serán de 180mm (para las líneas C.G.D.2 y 3), siendo todos ellos de la marca *Aiscan*.

- Interior de la nave:

a) *Canalización de CGD a cuadros auxiliares:*

Las canalizaciones de las líneas a los cuadros auxiliares 1, 2 y 3 las realizaremos mediante bandeja perforada que irá colocada a 3'5 metros de altura y transcurrirá por donde nos indican los planos del presente proyecto en el documento nº3.

Para las líneas a los cuadros auxiliares 4 y 5, se ha pensado en que transcurra bajo tubo por el falso techo, y se ha elegido un tubo de 50mm de diámetro exterior para la línea que va hasta el cuadro auxiliar 4, y un tubo de 32mm para el cuadro auxiliar 5, que ascenderá a la primera planta en el lugar que viene indicado en los planos.

b) *Derivaciones:*

Desde los cuadros auxiliares 1, 2 y 3, las derivaciones, tanto de fuerza como de alumbrado, serán en tubo rígido de PVC grapado a la pared o al techo según sea necesario, y serán de tubo rígido de acero para el tramo desde el techo a cada máquina para aumentar su resistencia mecánica con respecto al tubo de PVC. Para las líneas de las tomas de corriente, tanto trifásicas como monofásicas, realizaremos un montaje empotrado que irán los tubos de diámetros indicados en el documento nº2: "Cálculos". Las conexiones de las derivaciones se realizarán en el interior de cajas estancas.

Para los cuadros auxiliares 4 y 5, utilizaremos el falso techo como soporte para los tubos que lleven los conductores. En la línea C.A.4.1 que transcurre ciertos metros sin falso techo, el tubo irá grapado al techo, al igual que las demás canalizaciones de los cuadros auxiliares del párrafo anterior. Para las tomas de corriente, primero las canalizaciones irán por el falso techo y cuando se vayan a introducir al local donde vayan instaladas las tomas, el montaje será empotrado como bien se indica en los planos del proyecto. Para todo esto utilizaremos también tubos rígidos de PVC. Las conexiones de las derivaciones se realizarán en el interior de cajas estancas.

Toda la canalización del interior de la nave industrial, tanto las bandejas perforadas como los tubos, serán de la marca *Pemsa*.

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 e ITC-BT 24, debemos 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. 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.

La instrucción complementaria MIE-BT 20 del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión señala que 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.

Las sobreintensidades que puedan aparecer en las líneas, pueden diferenciarse en dos tipos:

- Sobrecargas debidas a los aparatos de utilización o defectos de aislamiento de gran impedancia. Normalmente, suponen un moderado aumento de la corriente que circula por la línea, respecto del valor previsto.
- Cortocircuitos y su aparición provoca un rápido crecimiento de la corriente hasta valores muy superiores de los que toma en condiciones normales.

Los dispositivos que se instalen para proteger un circuito se colocarán en el origen de los mismos, así como en los puntos en que la intensidad admisible disminuya por cambios debidos a sección, condiciones de instalación, sistemas de ejecución o tipo de conductores utilizados.

Las características de disparo de los diversos elementos de protección no deben entrecruzarse. Se entiende por tiempo de escalonamiento, el intervalo necesario para que dispare con seguridad sólo el elemento de protección anterior al punto de defecto.

Los dispositivos utilizados para la protección de los circuitos, cumplirán en general una serie de condiciones:

- Deberán ser capaces de soportar la influencia de los agentes exteriores a que están sometidos, presentando el grado de protección adecuado.
- 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 para las que han sido construidos.

- Los interruptores automáticos serán los apropiados a los circuitos a proteger respondiendo 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 nominal, 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.

1.5.2.1. 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 termómetros adecuados introducidos en los devanados de las máquinas o en el aceite de los transformadores.

La medida indirecta de la temperatura se realiza por medio de una imagen térmica o relé térmico que, de forma más o menos aproximada 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.

1.5.2.2. PROTECCIÓN CONTRA CORTOCIRCUITOS

Es necesario tener en cuenta las siguientes consideraciones sobre los cortocircuitos:

- *Corriente de cortocircuito:*

Es la corriente que fluye por el punto en que se ha producido es cortocircuito mientras este dure.

La corriente de cortocircuito 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.

- *Corriente alterna de cortocircuito:*

Es la componente de la corriente de cortocircuito que fluye al punto defectuoso a través de las distintas derivaciones.

- *Impulso de la corriente de cortocircuito:*

Es el máximo valor instantáneo de la corriente después de producirse el cortocircuito. Se indica como valor de cresta. Varía según el momento en que se produzca el cortocircuito.

- *Corriente alterna inicial de cortocircuito:*

Es el valor eficaz de la intensidad de la corriente alterna de cortocircuito en el momento de producirse este.

- *Corriente permanente de cortocircuito:*

Es el valor eficaz de la corriente alterna que permanece después de finalizado el proceso de amortiguamiento. Depende de la excitación de los generadores. Si no se indica otra cosa, en los generadores se entiende por corriente permanente de cortocircuito la que se establece en caso de cortocircuito en todos los polos de los bornes y a la excitación nominal.

- *Potencia inicial de cortocircuito:*

Es igual al producto entre la intensidad de la corriente alterna inicial de cortocircuito, la tensión de servicio y el factor de concatenación.

- *Retardo mínimo de desconexión:*

Es el tiempo que transcurren entre el momento de producirse el cortocircuito y la separación de los contactos al abrir el cortocircuito en todos los polos del interruptor.

El retardo mínimo de desconexión viene dado por la suma del tiempo propio de reacción del relé y el tiempo de ruptura del interruptor. Los retardos ajustables de los dispositivos de disparo no deben considerarse, puesto que el retardo mínimo de desconexión no incluye los tiempos de retardo intencionado.

- *Tipos de cortocircuito según las clases de defecto:*

Cortocircuitos tripolares, cortocircuitos bipolares, cortocircuitos bipolares con contacto a tierra y contactos a tierra simples y dobles.

- *Impedancia de cortocircuito:*

Es la impedancia de la trayectoria total de la corriente de cortocircuito. Lo que caracteriza a los cortocircuitos en las instalaciones eléctricas, es que el valor de la intensidad que circula es muy grande. La intensidad permanente de cortocircuito suele ser superior a 10 veces la intensidad nominal de la instalación.

En los casos en que se produzcan cortocircuitos lo que interesa, es una interrupción rápida de la corriente por el punto más cercano al cortocircuito.

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 conexión.

El Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión 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.

Para la correcta aplicación de las medidas de protección expuestas en la norma UNE-20.460 se deberá aplicar lo indicado en la Tabla 22.1, ITC-BT 22, del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión.

1.5.3. PROCESO PARA EL CÁLCULO DE LAS INTENSIDADES DE CORTOCIRCUITO

1.5.3.1. LEY GENERAL

El valor de la corriente de cortocircuito se obtiene por la relación:

$$I_{cc} = \frac{U_s}{\sqrt{3} \times Z_T}$$

Donde:

- I_{cc} = corriente de cortocircuito eficaz en KA
- U_s = tensión entre fases en vacío del secundario del transformador
- Z_T = impedancia total por fase de la red aguas arriba del defecto en mΩ

Cálculo de Z_T :

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

- Un elemento resistente **R**.
- Un elemento inductivo **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 X , después se suman aritméticamente por separado. A continuación se compone un triángulo rectángulo de forma que la suma de las R es un cateto y la suma de las X es el otro cateto, la hipotenusa es el valor de Z_T que estamos buscando y se halla mediante la siguiente fórmula:

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

1.5.3.2. DETERMINACIÓN DE IMPEDANCIA “AGUAS ARRIBA DE LA RED”

La potencia de cortocircuito de la red es un dato que suministra la compañía eléctrica (500 MVA).

Despreciando la resistencia frente a la reactancia se puede calcular la impedancia de la red aguas arriba llevada el secundario del transformador:

$$Z = X = \frac{U_s^2}{S_{CC}}$$

Donde:

- U_s^2 = tensión en vacío del secundario en voltios.
- S_{CC} = potencia de cortocircuito en KVA.
- Z, X = impedancia o reactancia aguas arriba en $m\Omega$.

1.5.3.3. IMPEDANCIA DEL TRANSFORMADOR

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

$$Z = X = U_s^2 \times \frac{U_{CC}}{S \times 100}$$

Donde:

- U_s = tensión en vacío entre fases en voltios.
- U_{CC} = tensión de cortocircuito en %
- S = potencia aparente del transformador en KVA
- Z, X = impedancia o reactancia al secundario en $m\Omega$.

La resistencia del transformador es despreciable.

La resistencia y reactancia de todo el aparellaje de alta tensión lo consideramos despreciable.

1.5.3.4. IMPEDANCIA DE LOS CONDUCTORES

La resistencia de los conductores se calculará mediante la siguiente fórmula:

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

Donde:

- R = resistencia del conductor (Ω).
- ρ = resistividad del conductor.
- L = longitud del conductor.
- S = sección por fase del conductor.

El cálculo de la reactancia (para secciones menores de 120mm^2 , $X \approx 0$)

$$X = 0.15 \times L$$

Donde:

- X = reactancia del conductor.
- L = longitud del conductor.

1.5.3.5. INTENSIDADES DE CORTOCIRCUITO DE LA NAVE INDUSTRIAL

El cálculo desarrollado de estas intensidades de cortocircuito se encuentra en el documento nº2: "Cálculos" del presente proyecto:

- Primario del transformador :.....21'87 kA
- Secundario del transformador:.....14'15 kA
- C.G.D.1:.....12'73 kA
- C.G.D. 2 y 3:.....13'39 kA
- C.Aux.1:.....10'52 kA
- C.Aux.2:.....11'50 kA
- C.Aux.3:.....10'30 kA
- C.Aux.4:.....10'23 kA
- C.Aux.5:.....8'07 kA

1.5.4. PROTECCIÓN DE 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.

Diversos estudios se han realizado 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.

La tensión límite convencional según la instrucción ITC-BT 24 es igual a 50 V, valor eficaz en corriente alterna, en condiciones normales. En ciertas condiciones pueden especificarse valores menos elevados, como por ejemplo 24 V para las instalaciones de alumbrado público.

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

- En locales o emplazamientos húmedos 24 V.
- En locales secos la tensión será inferior a 50 V.

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. Estos efectos van desde la contracción muscular (tetanización), quemaduras, parálisis respiratoria, fibrilación cardiaca, hasta la muerte.

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:

- Protección por aislamiento de las partes activas recubriendo 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, situando las partes activas 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. Las barreras o envolventes deben fijarse de

manera segura y robusta para mantener los grados de protección exigidos, siendo estos IP 4X o IP XXD. Estas barreras deberán ser suprimidas con el uso de una llave o herramienta, o bien después de quitar tensión de las partes activas protegidas por las barreras, no pudiendo ser restablecida la tensión hasta después de volver a colocar las barreras.

- 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. Estos obstáculos están encaminados a impedir contactos fortuitos con las partes activas, pero no los contactos voluntarios. Las barreras pueden ser desmontables sin la ayuda de una llave o herramienta.

- 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.

Una de las medidas de protección se consigue por medio de la aplicación de medidas como la de cortar el suministro al aparecer un fallo para impedir que una tensión de contacto sea suficiente y se mantenga durante un tiempo tal que pueda dar como resultado un riesgo.

La tensión límite convencional es igual a 50 V, valor eficaz en corriente alterna. En ciertas condiciones pueden especificarse valores menos elevados, como de 24 V para instalaciones de alumbrado público.

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 toma de tierra y de los conductores de protección de las masas.
- I_A = corriente que asegura el funcionamiento automático del dispositivo de protección.
- U = tensión de contacto límite convencional.

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

- Dispositivos de protección de corriente diferencial-residual.
- Dispositivos de protección de máxima corriente, tales como interruptores automáticos magnetotérmicos.

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

1.5.5. SOLUCIÓN ADOPTADA

Para la elección de las protecciones se deben obtener tres datos con los cuales la protección queda perfectamente definida. Estos son el calibre, el poder de corte, y la curva de disparo.

Para la elección del calibre bastará con conocer la intensidad que va a circular por el conductor, y la intensidad máxima admisible del conductor en régimen permanente.

De este modo el calibre será tal que se cumpla:

$$I_{cal} \leq I_N \leq I_{max.adm}$$

Siendo respectivamente:

- I_{cal} es la intensidad que circulará por el conductor
- I_N es el calibre de la protección
- $I_{max.adm}$ es la intensidad máxima admisible del conductor

Para la elección del poder de corte y de la curva de disparo será necesario calcular la intensidad de cortocircuito máxima que podrá presentarse en el punto de la instalación.

La solución adoptada consiste en colocar un interruptor general automático a la entrada del cuarto general de distribución; a la salida de cada línea se colocarán un

interruptor magnetotérmico y pondremos un interruptor diferencial agrupando a varias líneas o una por cada línea, dependiendo de la corriente que vaya a pasar.

En los cuadros auxiliares se colocará un interruptor automático a la entrada del cuadro; a la salida de cada línea se colocarán un interruptor magnetotérmico y pondremos un interruptor diferencial agrupando a varias líneas o una por cada línea, dependiendo de la corriente que vaya a pasar.

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

En los cuadros generales de distribución $I_s = 500\text{mA}$.

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

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

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

Los elementos de protección utilizados son de la marca *Merlin Guerin*. A su elección tendremos 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. De este modo a los elementos de protección situados “aguas arriba” de otros se les ajustará con cierto retraso permitiendo de este modo que salte el elemento “aguas abajo” donde se haya podido producir el fallo.

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

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

Hemos elegido los siguientes interruptores magnetotérmicos:

• CUADRO GENERAL DE DISTRIBUCIÓN 1:

Ubicación	Modelo	Calibre (A)	Poder de corte (kA)	Curva	Protección
Entrada	Compact NSX 400	320	50	B	Tetrapolar
C.Aux.1	Compact NSX 250	200	36	C	Tetrapolar
Bat.Cond. 1	C120H	125	15	C	Tetrapolar

• CUADRO GENERAL DE DISTRIBUCIÓN 2:

Ubicación	Modelo	Calibre (A)	Poder de corte (kA)	Curva	Protección
Entrada	Compact NSX 400	400	50	B	Tetrapolar
C.Aux.2	Compact NSX 250	225	36	C	Tetrapolar
Bat.Cond. 2	Compact NSX 160	150	36	C	Tetrapolar

• CUADRO GENERAL DE DISTRIBUCIÓN 3:

Ubicación	Modelo	Calibre (A)	Poder de corte (kA)	Curva	Protección
Entrada	Compact NSX 400	400	50	B	Tetrapolar
C.Aux.3	C120H	125	15	C	Tetrapolar
C.Aux.4	C120H	125	15	C	Tetrapolar
C.Aux.5	C120H	80	15	C	Tetrapolar
Bat.Cond. 3	C60H	63	15	C	Tetrapolar

• CUADRO AUXILIAR 1:

Ubicación	Modelo	Calibre (A)	Poder de corte (kA)	Curva	Protección
Entrada	Compact NSX 250	200	36	B	Tetrapolar
C.A.1.1	C60H	40	15	C	Tripolar
C.A.1.2	C60H	40	15	C	Tripolar
C.A.1.3	C60H	2	15	C	Tripolar
C.A.1.4	C60H	4	15	C	Tripolar
C.A.1.5	C60H	40	15	C	Tripolar
C.A.1.6	C60H	20	15	C	Tripolar
C.A.1.7	C60H	40	15	C	Tripolar

• CUADRO AUXILIAR 2:

Ubicación	Modelo	Calibre (A)	Poder de corte (kA)	Curva	Protección
Entrada	Compact NSX 250	225	36	B	Tetrapolar
C.A.2.1	C60H	40	15	C	Tripolar
C.A.2.2	C60H	4	15	C	Tripolar
C.A.2.3	C60H	63	15	C	Tetrapolar
C.A.2.4	C60H	4	15	C	Tripolar
C.A.2.5	C60H	4	15	C	Tripolar
C.A.2.6	C60H	40	15	C	Tripolar
C.A.2.7	C60H	20	15	C	Tripolar
C.A.2.8	C60H	40	15	C	Tripolar

• CUADRO AUXILIAR 3:

Ubicación	Modelo	Calibre (A)	Poder de corte (kA)	Curva	Protección
Entrada	C120H	125	15	B	Tetrapolar
C.A.3.1	C60H	25	15	C	Tripolar
C.A.3.2	C60H	4	15	C	Unipolar
C.A.3.3	C60H	4	15	C	Unipolar
C.A.3.4	C60H	4	15	C	Unipolar
C.A.3.5	C60H	4	15	C	Unipolar
C.A.3.6	C60H	4	15	C	Unipolar
C.A.3.7	C60H	4	15	C	Unipolar
C.A.3.8	C60H	4	15	C	Unipolar
C.A.3.9	C60H	4	15	C	Unipolar
C.A.3.10	C60H	4	15	C	Unipolar
C.A.3.11	C60H	20	15	C	Tripolar
C.A.3.12	C60H	20	15	C	Tripolar
C.A.3.13	C60H	20	15	C	Tripolar
C.A.3.14	C60H	0'5	15	C	Unipolar
C.A.3.15	C60H	0'5	15	C	Unipolar
C.A.3.16	C60H	0'5	15	C	Unipolar
C.A.3.17	C60H	0'5	15	C	Unipolar
C.A.3.18	C60H	0'5	15	C	Unipolar
C.A.3.19	C60H	0'5	15	C	Unipolar

C.A.3.20	C60H	0'5	15	C	Unipolar
C.A.3.21	C60H	0'5	15	C	Unipolar

• CUADRO AUXILIAR 4:

Ubicación	Modelo	Calibre (A)	Poder de corte (kA)	Curva	Protección
Entrada	C120H	125	15	B	Tetrapolar
C.A.4.1	C60H	6	15	C	Unipolar
C.A.4.2	C60H	3	15	C	Unipolar
C.A.4.3	C60H	2	15	C	Unipolar
C.A.4.4	C60H	6	15	C	Tripolar
C.A.4.5	C60H	4	15	C	Tripolar
C.A.4.6	C60H	6	15	C	Tripolar
C.A.4.7	C60H	2	15	C	Tripolar
C.A.4.8	C60H	6	15	C	Tripolar
C.A.4.9	C60H	2	15	C	Tripolar
C.A.4.10	C60H	20	15	C	Tripolar
C.A.4.11	C60H	20	15	C	Tripolar
C.A.4.12	C60H	20	15	C	Tripolar
C.A.4.13	C60H	0'5	15	C	Unipolar
C.A.4.14	C60H	0'5	15	C	Unipolar
C.A.4.15	C60H	10	15	C	Tripolar

• CUADRO AUXILIAR 5:

Ubicación	Modelo	Calibre (A)	Poder de corte (kA)	Curva	Protección
Entrada	C120N	80	10	B	Tetrapolar
C.A.5.1	C60N	6	10	C	Tripolar
C.A.5.2	C60N	4	10	C	Tripolar
C.A.5.3	C60N	4	10	C	Tripolar
C.A.5.4	C60N	2	10	C	Unipolar
C.A.5.5	C60N	2	10	C	Unipolar
C.A.5.6	C60N	3	10	C	Tripolar
C.A.5.7	C60N	2	10	C	Unipolar
C.A.5.8	C60N	20	10	C	Tripolar
C.A.5.9	C60N	20	10	C	Tripolar
C.A.5.10	C60N	20	10	C	Tripolar
C.A.5.11	C60N	0'5	10	C	Unipolar

Ahora detallamos las protecciones diferenciales escogidas para el presente proyecto:

• CUADRO GENERAL DE DISTRIBUCIÓN 1:

Ubicación	Modelo	Calibre (A)	Sensibilidad (mA)	Protección
C.Aux.1	Bloque VIGI C120	125	500	Tetrapolar
Bat. Cond. 1	Bloque VIGI C120	125	300	Tetrapolar

• CUADRO GENERAL DE DISTRIBUCIÓN 2:

Ubicación	Modelo	Calibre (A)	Sensibilidad (mA)	Protección
C.Aux.2	Bloque VIGI NS250 MH	250	500	Tetrapolar
Bat. Cond. 2	Bloque VIGI NSX160	160	300	Tetrapolar

• CUADRO GENERAL DE DISTRIBUCIÓN 3:

Ubicación	Modelo	Calibre (A)	Sensibilidad (mA)	Protección
C.Aux.3	Bloque VIGI C120	125	500	Tetrapolar
C.Aux.4	Bloque VIGI C120	125	500	Tetrapolar
C.Aux.5	Bloque VIGI C120	125	500	Tetrapolar
Bat. Cond. 3	Interruptor diferencial ID	63	300	Tetrapolar

• CUADRO AUXILIAR 1:

Ubicación	Modelo	Calibre (A)	Sensibilidad (mA)	Protección
C.A.1.1	Interruptor diferencial ID	40	300	Tetrapolar
C.A.1.2	Interruptor diferencial ID	40	300	Tetrapolar
C.A.1.3 – 1.4	Interruptor diferencial ID	25	300	Tetrapolar
C.A.1.5	Interruptor diferencial ID	40	300	Tetrapolar
C.A.1.6	Interruptor diferencial ID	25	30	Tetrapolar
C.A.1.7	Interruptor diferencial ID	40	30	Tetrapolar

• CUADRO AUXILIAR 2:

Ubicación	Modelo	Calibre (A)	Sensibilidad (mA)	Protección
C.A.2.1	Interruptor diferencial ID	40	300	Tetrapolar
C.A.2.2–2.4–2.5	Interruptor diferencial ID	25	300	Tetrapolar
C.A.2.3	Interruptor diferencial ID	63	300	Tetrapolar
C.A.2.6	Interruptor diferencial ID	40	300	Tetrapolar
C.A.2.7	Interruptor diferencial ID	25	30	Tetrapolar
C.A.2.8	Interruptor diferencial ID	40	30	Tetrapolar

• CUADRO AUXILIAR 3:

Ubicación	Modelo	Calibre (A)	Sensibilidad (mA)	Protección
C.A.3.1	Interruptor diferencial ID	25	30	Tetrapolar
C.A.3.2 > 3.7	Interruptor diferencial ID	25	30	Tetrapolar
C.A.3.8 – 3.9	Interruptor diferencial ID	25	30	Tetrapolar
C.A.3.10	Interruptor diferencial ID	25	30	Tetrapolar
C.A.3.11	Interruptor diferencial ID	25	30	Tetrapolar
C.A.3.12	Interruptor diferencial ID	25	30	Tetrapolar
C.A.3.13 > 3.20	Interruptor diferencial ID	25	30	Tetrapolar

• CUADRO AUXILIAR 4:

Ubicación	Modelo	Calibre (A)	Sensibilidad (mA)	Protección
C.A.4.1 > 4.9	Interruptor diferencial ID	40	30	Tetrapolar
C.A.4.10 > 4.12	Interruptor diferencial ID	63	30	Tetrapolar
C.A.4.13 – 4.14	Interruptor diferencial ID	25	30	Tetrapolar
C.A.4.15	Interruptor diferencial ID	25	30	Tetrapolar

• CUADRO AUXILIAR 5:

Ubicación	Modelo	Calibre (A)	Sensibilidad (mA)	Protección
C.A.5.1 > 5.7	Interruptor diferencial ID	25	30	Tetrapolar
C.A.5.8	Interruptor diferencial ID	25	30	Tetrapolar
C.A.5.9	Interruptor diferencial ID	25	30	Tetrapolar
C.A.5.10	Interruptor diferencial ID	25	30	Tetrapolar
C.A.5.11	Interruptor diferencial ID	25	30	Bipolar

1.6. PUESTA A TIERRA

1.6.1. INTRODUCCIÓN

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

La función principal de la puestas a tierra es la de conseguir que el conjunto de instalaciones, edificios y superficies próximas del terreno no aparezcan diferencias de potencial peligrosas que puedan provocar algún riesgo, en primer lugar, frente a las personas y en segundo lugar frente a la instalación y permitir al mismo tiempo que las corrientes de defecto pasen directamente a tierra.

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 ITC-BT 18 del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión:

- 50 voltios para locales secos.
- 24 voltios para locales húmedos.

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.

Con una puesta a tierra bien dimensionada se trata de conseguir que la instalación no aparezcan diferencias de potencial peligrosas y que permita el paso a de las corrientes de defecto 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 podemos dividir en cinco 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:

a) 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 ser 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, fundición de hierro, etc.

b) 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.

c) 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 en 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 (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 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.	

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, deberemos 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:

- Las instalaciones de fontanería, gas y calefacción, depósitos, calderas, etc.
- Guías metálicas de los aparatos elevadores.
- Caja General de Protección (no obligatorio según R.E.B.T.).
- 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

La puesta a tierra estará formada por un conductor de cobre desnudo que transcurrirá bajo tierra a 80cm de profundidad por donde se indica en el documento nº3: "Planos". Dicho conductor tendrá una longitud de 30 metros.

El cuadro general de distribución se unirá al conductor principal de tierra a través de un conductor de cobre de 50 mm². Del C.G.D. partirán las derivaciones a los cuadros auxiliares de distribución y de estos partirán los conductores de protección a los distintos receptores (alumbrado de la nave, tomas de corriente y maquinaria). Los conductores de tierra se distinguirán fácilmente de los conductores activos por el color amarillo-verde.

1.7. CORRECCIÓN DEL FACTOR DE POTENCIA

1.7.1. GENERALIDADES

Los aparatos y máquinas utilizados, además de un consumo de energía activa, tienen un consumo de energía reactiva inductiva; los receptores inductivos absorben energía de la red durante la creación de los campos magnéticos y la entregan durante la destrucción de estos. Esto provoca un consumo de energía que no es aprovechado directamente por los receptores. La energía reactiva está representada por el $\cos\phi$ o factor de potencia.

El factor de potencia depende únicamente de las características de los receptores y de su régimen de funcionamiento (tipo de motor, velocidad, carga), y es independiente del rendimiento propio de estos receptores.

1.7.2. VENTAJAS DE UN ELEVADO FACTOR DE POTENCIA

Las ventajas de un buen factor de potencia se pueden resumir en las siguientes:

- Reducción en el recibo de la electricidad.
- Optimización de las instalaciones eléctricas. Entre estas podemos describir:
 - a) *Disminución de la caída de tensión en las líneas.*
 - b) *Reducción del dimensionamiento de las líneas.*
 - c) *Disminución de las pérdidas por calentamiento en línea.* La resistencia de los conductores siempre provoca pérdidas de potencia. Estas pérdidas son proporcionales al cuadrado de la corriente transportada, la cual, para una misma potencia activa, disminuye a medida que el factor de potencia aumenta.

d) Aumento de la potencia disponible en el transformador de alimentación. Mientras el factor de potencia crece, la potencia aparente S para una misma potencia activa P disminuye; es decir, se utiliza tanto mejor un transformador conforme el factor de potencia de la carga más se aproxima a la unidad.

e) Facilita el suministro de la tensión nominal a los receptores.

f) Reporta una disminución de costes de la factura de energía eléctrica al realizar una bonificación la compañía suministradora para valores:

$$0,9 < \cos\varphi < 1$$

Debido a que según que $\cos\varphi$ tengamos en la instalación se nos implantará un coeficiente que nos recargará o nos descontará la tarifa a pagar a la empresa suministradora. Dicho coeficiente se aplica a la suma del término de potencia y término de energía. El coeficiente se saca de la siguiente fórmula:

$$K_r = \left(\frac{17}{\cos 2\varphi} \right) - 21$$

1.7.3. MÉTODOS PARA MEJORAR EL FACTOR DE POTENCIA

1.7.3.1. PROCEDIMIENTOS DIRECTOS

Actúan directamente sobre la causa misma del bajo factor de potencia, es decir, procura en lo posible disminuir el consumo innecesario de energía reactiva actuando sobre las cargas normales de la instalación.

Los más importantes son:

- Correcta elección del equipo eléctrico.
- Evitar marchas en vacío o cargas reducidas de los motores eléctricos.
- Sustituir los motores defectuosos fuera de las horas de trabajo.
- Reducir las marchas en vacío o con poca carga de los transformadores.

1.7.3.2. PROCEDIMIENTOS INDIRECTOS

Consisten en compensar el consumo de energía reactiva mediante elementos productores de energía capacitiva, compensando parcial o totalmente la energía inductiva consumida por los elementos receptores. Para este tipo de procedimientos se utilizan compensadores que se dividen en:

- Compensadores giratorios, también llamados compensadores síncronos. Son motores síncronos trabajando sobreexcitados, los cuales proporcionan energía capacitiva.
- Compensadores estáticos o condensadores, pueden ser individualmente o en baterías de condensadores conectados adecuadamente.

1.7.3.3. ELECCIÓN DEL MÉTODO DE COMPENSACIÓN

Aunque a la hora de realizar la instalación se tendrán en cuenta todos los casos expuestos en la compensación directa, considerando que aún así el factor de potencia no es el adecuado se optará por realizar una compensación indirecta con una batería de condensadores por cada transformador.

Estos grupos de mejora del factor de potencia dispondrán de un regulador automático con varios puntos con actuación sobre puntos de condensadores tripolares a través de sendos contactores, existiendo un grupo independiente sobre el que no actúa el regulador.

Dicho regulador realiza una medición de la energía reactiva a partir de los transformadores de intensidad a la salida de cada cuadro general de distribución y actuará conectando y desconectando los grupos de condensadores en función de las necesidades.

Las tres baterías de condensadores se instalarán en el muelle de expedición del producto acabado, junto a los cuadros generales de distribución.

1.7.4. CLASIFICACIÓN Y ELECCIÓN DE LA COMPENSACIÓN

1.7.4.1. CLASIFICACIÓN POR LA SITUACIÓN DE LA COMPENSACIÓN

a) Situación en cabecera

Si los condensadores están situados en cabecera de la instalación, conseguiremos la reducción del consumo de energía reactiva y por tanto evitaremos las penalizaciones económicas por un consumo excesivo de dicha energía.

También conseguiremos ajustar la potencia aparente “S”, a lo que necesitemos en la instalación.

Pero, la corriente reactiva estará presente en toda la instalación, ya que la compensación está en la cabecera, con lo cual no conseguiremos disminuir las pérdidas por efecto Joule.

b) Situación en cada receptor inductivo

Si se sitúan los condensadores en los bornes de cada uno de los receptores de tipo inductivo, se consigue, además de evitar las penalizaciones por consumo de energía reactiva y ajustar “S” a la necesidad real, reducir las pérdidas por efecto Joule de los cables, ya que la corriente reactiva se abastece en el mismo lugar de su consumo y por tanto no circula en los cables de la instalación.

c) Situación en una zona intermedia

Situando los condensadores en una zona intermedia, conseguiremos evitar la penalización por consumo de energía reactiva y se reducirán por tanto las pérdidas por efecto Joule.

1.7.4.2. ELECCIÓN DE LA SITUACIÓN PARA LA COMPENSACIÓN

En nuestro caso la segunda opción de compensación individual no es viable ya que son numerosos, y de poca potencia, los receptores con carga inductiva, con lo cual resultaría imposible la compensación individual.

Por otro lado la longitud de los conductores es relativamente corta con lo cual la diferencia de las pérdidas por efecto Joule no va a ser importantes, aunque en las líneas del centro de transformador hasta los cuadros generales de distribución estaríamos sufriendo pérdidas por dicho efecto innecesariamente.

Finalmente, nos decantaremos por una compensación en la cabecera de la instalación, en la zona de los cuadros generales de distribución.

1.7.4.3. CLASIFICACIÓN POR TIPO DE CONDENSADOR

a) Compensación fija

Con este tipo de compensación, en todo momento los condensadores están suministrando una energía reactiva fija, que debe ser consumida en su totalidad por el receptor. De no ser así la red absorbería energía capacitiva.

b) Compensación automática (variable)

La compensación automática se realiza con un equipo de condensadores que se adecuan a las variaciones de potencia reactiva de la instalación para conseguir mantener el $\cos\phi$ objetivo.

El equipo de compensación automático, o batería de condensadores, está compuesto de un regulador, que mide el $\cos\phi$ de la instalación y conecta los distintos escalones de energía reactiva, mediante contactores, que conectan los distintos condensadores de la batería para conseguir los distintos escalones de potencia.

Se colocará un transformador de intensidad a la entrada de cada cuadro general de distribución para medir el $\cos\phi$.

1.7.4.4. ELECCIÓN DEL TIPO DE COMPENSACIÓN

Si elegimos una compensación fija para la instalación, en los momentos en los que la potencia reactiva de la instalación sea menor que la potencia que suministran los condensadores, estaremos introduciendo energía capacitiva en la red.

Según lo establecido en el reglamento de baja tensión; se podrá realizar la compensación de energía reactiva “pero sin que en ningún momento la energía absorbida por la red pueda ser capacitiva” por tanto el $\cos\phi$ de la instalación en el punto de conexión con la compañía nunca podrá ser capacitivo.

Para que esto no ocurra vamos a elegir compensación automática para la instalación ya que el consumo de energía reactiva de la instalación no va a ser siempre el mismo, variará en función de las cargas inductivas conectadas (luminarias, maquinas, etc.).

Así que colocaremos dos equipos de compensación automática en cabecera, uno por cada línea, de la instalación del edificio, para compensar la energía reactiva consumida por la totalidad de las cargas inductivas de la instalación.

1.7.5. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LOS EQUIPOS DE COMPENSACIÓN AUTOMÁTICOS ELEGIDOS

- Batería de condensadores 1:

Fabricante: CIRCUTOR

Modelo: clase EUB

Tipo: EUB-4-43'75-400

Características:

Q(kVAr): 43'75

Composición: 6'25 + (3x12'5)

Tensión: 400 V (50Hz)

Sobretensión máxima: $1'1xU_n$

Sobreintensidad máxima: $1'3xI_n$

Grado de protección: IP-21

Temperatura de trabajo: -25°C / 50°C

Normas: EN-60.439, EN-60.831

- Batería de condensadores 2:

Fabricante: CIRCUTOR

Modelo: clase EUB

Tipo: EUB-4-55-400

Características:

Q(kVAr): 55

Composición: 5 + 10 + (2x20)

Tensión: 400 V (50Hz)

Sobretensión máxima: $1'1xU_n$

Sobreintensidad máxima: $1'3xI_n$

Grado de protección: IP-21

Temperatura de trabajo: -25°C / 50°C

Normas: EN-60.439, EN-60.831

- Batería de condensadores 3:

Fabricante: CIRCUTOR

Modelo: clase EUB

Tipo: EUB-3-25-400

Características:

Q(kVAr): 25
Composición: 5 + (2x10)
Tensión: 400 V (50Hz)
Sobretensión máxima: $1'1xU_n$
Sobreintensidad máxima: $1'3xI_n$
Grado de protección: IP-21
Temperatura de trabajo: -25°C / 50°C
Normas: EN-60.439, EN-60.831

1.8. CENTRO DE TRANSFORMACIÓN

1.8.1. INTRODUCCIÓN

El objetivo de este apartado es especificar las condiciones técnicas, de ejecución y económicas de un centro de transformación de características normalizadas cuyo fin es suministrar energía eléctrica en baja tensión.

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

- Reglamento sobre las Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de transformación e Instrucciones Técnicas Complementarias.
- Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión e Instrucciones Técnicas Complementarias.
- 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.

1.8.2. EMPLAZAMIENTO

Las instalaciones correspondientes al centro de transformación estarán ubicadas en el exterior de la nave, en un local independiente destinado únicamente a esta finalidad, empleando para ello un edificio prefabricado en hormigón normalizado.

Esta instalación se puede observar en los planos del documento nº3: “Planos”. Los elementos que componen el centro de transformación quedan descritos en los puntos siguientes de la presente memoria.

1.8.3. INSTALACIÓN ELÉCTRICA

1.8.3.1. CARACTERÍSTICAS DE LA RED DE ALIMENTACIÓN

La compañía suministradora de energía, en este caso Iberdrola, nos entregará la energía para el suministro principal en el centro de transformación situado en la fachada de la parcela. Partirá la acometida desde una celda de protección de apertura al aire de 24 kV.

Tensión nominal:	13.200 – 20.000 V
Frecuencia:	50 Hz
Tensión en Baja tensión:	400 V
Frecuencia:	50 Hz
Potencia de cortocircuito en A.T:	500 MVA
Intensidad máxima de defecto a tierra:	500 A

1.8.3.2. NECESIDADES DE LA INSTALACIÓN Y POTENCIA INSTALADA

Se precisa el suministro de energía a una tensión de 13,2 KV, con una potencia máxima de 199.844'1 kW para los transformadores de distribución.

Para atender las necesidades arriba indicadas será necesario instalar dos transformadores de 400 KVA cada uno en el centro de transformación prefabricado anteriormente indicado.

La potencia máxima de nuestra instalación será repartida entre los 2 transformadores y, mediante un automatismo, siempre tendremos un suministro mínimo en caso de que fallara uno de los transformadores o simplemente que uno de ellos esté desconectado por labores de mantenimiento.

1.8.4. DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN

1.8.4.1. ENGANCHE A LA RED ELÉCTRICA

El centro de transformación enganchará con la red eléctrica en el apoyo de derivación de Iberdrola, tal y como se muestra en los planos, y en donde se situarán unos cortacircuitos fusibles seccionadores que correrán al cargo de la empresa suministradora.

1.8.4.2. LÍNEA AÉREA-SUBTERRÁNEA

En la unión del cable subterráneo con la línea aérea se tendrán en cuenta las siguientes consideraciones:

a) Debajo de la línea aérea se instalará un juego de cortacircuitos fusible-seccionador de expulsión o seccionadores unipolares de intemperie de las características necesarias, de acuerdo con la tensión de la línea y la nominal del cable. Como se ha dicho anteriormente, correrán al cargo de la empresa suministradora, en este caso, Iberdrola. Asimismo se instalarán sistemas de protección contra sobretensiones de origen atmosférico a base de pararrayos de óxido metálico.

Estos pararrayos se conectarán directamente a las pantallas metálicas de los cables y entre sí, la conexión será lo más corta posible y sin curvas pronunciadas.

b) A continuación de los seccionadores, se colocarán los terminales de exterior que corresponda a cada tipo de cable.

c) El cable subterráneo, en la subida a la red aérea, irá protegido con un tubo de acero galvanizado, que se empotrará en la cimentación del apoyo, sobresaliendo por encima del nivel del terreno un mínimo de 2,5 m. En el tubo se alojarán las tres fases y su diámetro interior será 1,5 veces el de la terna de cables, con un mínimo de 15 cm.

d) En el caso de que la línea disponga de cables de control, la subida a la red aérea, irá protegida con un tubo de acero galvanizado, que terminará en la arqueta para comunicaciones situada junto a la cimentación del apoyo.

1.8.4.3. CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN

El centro de transformación objeto del presente proyecto será de tipo abonado o cliente, prefabricado de la marca *Ormazabal* modelo PFU-5, empleando para su aparellaje celdas prefabricadas bajo envolvente metálica según la norma UNE-20.099 de la marca *Ormazabal*.

- *Obra civil del local:*

El centro de transformación objeto del presente proyecto estará ubicado en una caseta independiente destinada únicamente a esta finalidad. Será de tipo abonado o cliente, prefabricado de la marca *Ormazabal* modelo PFU-5. Se realizará una excavación con las dimensiones de 7500x4500x1000 mm.

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, que en nuestro caso será Iberdrola.

- *Características constructivas:*

Se trata de una constitución prefabricada de hormigón modelo PFU-5 de la marca *Ormazabal*, siendo las características más destacadas:

Compacidad:

Esta serie de prefabricados se construirán enteramente en fábrica. La instalación de los prefabricados tipo PF se realiza mediante el ensamblado de todos los elementos en obra. Realizar la fabricación 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 obra 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 mallado 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 taparán 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 dos transformadores de hasta 400 KVA, estando así diseñada para recoger en su interior el aceite del transformador sin que este se derrame por la base. En nuestro caso, nuestros transformadores contendrán 300 litros de líquido cada uno.

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)	6.080	5.920	7.500
Ancho (mm)	2.380	2.220	4.500
Altura (mm)	3.045	2.135	1.000 (profundidad)
Superficie (m²)	14'47	13'14	
Altura vista (mm)	2.585		

Peso = 17.460 kg

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

1.8.4.4. 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 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 2mm 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 accionado 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

Teniendo en cuenta que la tensión de servicio prevista para la instalación es de 24 kV, de acuerdo con el Reglamento técnico de Líneas Eléctricas Aéreas de Alta Tensión, las características generales de las celdas CGM son las siguientes:

- Tensión más elevada para el material 24 KV eficaces
- Tensión soportada nominal a impulsos tipo rayo 125 KV cresta
- Tensión soportada nominal a frecuencia industrial (1 min) 50 KV eficaces

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

▪ 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.

1.8.4.5. TRANSFORMADORES

Se instalarán dos máquinas trifásicas reductoras de tensión de 400 KVA de potencia cada una, 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.

Los transformadores a instalar serán de la marca *Cotradis* conectado con acoplamiento Dyn11, con refrigeración natural (ONAN).

- CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS DE CADA TRANSFORMADOR:

Potencia en KVA	400
Tensión primaria	13,2 / 20
Tensión secundaria en vacío	420
Grupo de conexión	Dyn 11
Pérdidas en vacío (W)	930
Pérdidas en carga (W)	4.600
Tensión de cortocircuito (%)	4
Caída de tensión a plena carga (%)	1,2
Rendimiento (%)	98,5

- DIMENSIONES DE CADA TRANSFORMADOR:

Potencia (KVA)	400
Largo (mm)	1.430
Ancho (mm)	890
Alto (mm)	1295
Volumen líquido aislante (l)	300

En cuanto a las medidas de seguridad a tomar, se colocarán rótulos indicadores, extintores de eficacia equivalente 89B (obligatorio para centros de transformación), equipos para primeros auxilios, etc., de conformidad con las Normas del Reglamento de centros de Transformación en vigor.

- PROTECCIÓN CONTRA DEFECTOS INTERNOS:

- a) Relé Buchholz: Las descargas eléctricas en el aceite aislante producen un desprendimiento de gases. El relé reacciona ante acumulaciones de gas o aire en el interior de la cuba o también al bajar excesivamente el nivel de aceite, poniendo en marcha una señal de alarma o, si la avería es grave, desconectando el transformador. Se coloca entre la cuba y el depósito de expansión.

- b) Termómetro: Está situado en la tapa del transformador y tiene su actuación basada en la dilatación de un líquido, que puede accionar una alarma o desconectar el transformador al actuar sobre el aparato de corte.

1.8.4.6. PROTECCIÓN CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS

Para evitar sobretensiones producidas por descargas atmosféricas en la línea de media tensión, colocaremos tres autoválvulas en el primer apoyo dentro de nuestra parcela, justo antes de que la línea de MT pase a ser subterránea. Cuando la tensión es la nominal, la autoválvula es un circuito abierto, pero cuando la tensión es más elevada se hace conductora, permitiendo el paso de corriente a través de ella a tierra e impidiendo así la llegada de la sobre tensión a nuestro centro de transformación.

Estarán sujetas al poste por soporte de hierro galvanizado y se unen entre sí mediante una varilla de cobre de diámetro 8mm y a tierra mediante un conductor de cobre de sección 50mm².

Las autoválvulas serán de la marca *ABB* del tipo POLIM-K, y sus características serán las siguientes:

- Tensión nominal en func. normal: 36 kV
- Corriente nominal de descarga: 10 kA
- Máxima corriente: 100 kA
- Corriente de cortocircuito a 50Hz: 50 kA

1.8.4.7. MEDIDA DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA

La medida de energía se realizará mediante un cuadro de contadores conectado al secundario de los transformadores de intensidad y de tensión de la celda de medida.

El cuadro de contadores estará formado por un armario de doble aislamiento conteniendo en él:

- Regleta de verificación normalizada por la compañía suministradora
- Contador de Energía Activa de simple tarifa CL 1 con emisor de impulsos
- Contador de Energía Reactiva con emisor de impulsos, de simple tarifa, CL 3.
- Módulo electrónico de tarificación.

Para la medición de la energía, emplearemos 3 transformadores de intensidad (40/5 A) y 2 transformadores de tensión (13'2/0'11 kV) según lo indica en el plano correspondiente al centro de transformación del documento nº3: "Planos" del presente proyecto.

1.8.5. INTALACIÓN DE PUESTA A TIERRA

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.

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.

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.

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 elementos de derivación a tierra de los seccionadores de puesta a tierra.

1.8.5.1. TIERRA DE PROTECCIÓN

Se conectarán a tierra los elementos metálicos de la instalación que no estén en tensión normalmente, pero que puedan estarlo a causa de averías o circunstancias externas.

Las celdas dispondrán de una pletina de tierra que las interconectará, constituyendo el colector de tierras de protección.

El sistema está formado por un conductor de cable desnudo de 50 mm² formando un cuadrado de 7m x 4m con 4 picas de 14mm de diámetro y 2m de longitud, una en cada vértice.

Se conectará a una caja de seccionamiento con un grado de protección IP545.

1.8.5.2. TIERRA DE SERVICIO

Se conectarán a tierra el neutro del transformador, los circuitos de baja tensión de los transformadores de medida y las puestas a tierra de los seccionadores de protección de los transformadores, según se indica en este apartado y el otro extremo a una caja de seccionamiento con un grado de protección IP545.

El sistema está formado por un conductor de cable desnudo de 50 mm² con 4 picas en hilera de 14mm de diámetro y 2m de longitud y separadas 3m entre ellas.

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.

1.8.5.3. SUPERFICIE EQUIPOTENCIAL

En el suelo del CT, se instalará un mallado electrosoldado, con redondos de diámetro no inferior a 4 mm formando una retícula no superior a 0,3 x 0,3 m, embebido en el suelo de hormigón del Centro de Transformación a una profundidad de 0,10 m.

Este mallado se conectará como mínimo en dos puntos, preferentemente opuestos, al electrodo de puesta a tierra de protección del Centro de Transformación.

Todas las partes metálicas interiores del CT que deben conectarse a la puesta a tierra de protección (cajas de los transformadores, cabinas, armarios, soportes, bastidores, carcasas, pantallas de los cables, etc.), se conectarán a este mallado y este a la tierra de protección.

Las puertas y rejillas metálicas que den al exterior del centro no tendrán contacto eléctrico con masas conductoras susceptibles de quedar sometidas a tensión debido a defectos o averías. Por tanto, no se conectarán a este mallado interior.

1.8.6. INSTALACIONES SECUNDARIAS DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN

1.8.6.1. ALUMBRADO Y TOMAS DE CORRIENTE

Para la iluminación del Centro de Transformación se dispondrá de tres luminarias Europa 2 FBS120 2xPL-C/2P26W/840 CON PG de la marca *Philips*, para garantizar 150 lúmenes. El conductor será de 2,5 mm² de sección.

A su vez se dispondrá de dos luminarias *Dunna* D3-60 de 60 luxes, de 3 horas de autonomía y un consumo de 2'2 vatios cada una. El conductor será de 2,5 mm² de sección para cumplir la NI 50.40.04. Estarán colocadas una encima de cada Cuadro de Baja Tensión correspondiente.

También se dispondrá de tres tomas monofásica de corriente de 16 A, alimentada por un conductor de 4 mm² de sección.

1.8.6.2. VENTILACIÓN

La ventilación del centro de transformación se realizará de modo natural mediante las rejillas de entrada y salida de aire dispuestas para tal efecto, siendo la superficie mínima de la reja de entrada de aire en función de la potencia. En este caso serán de 0'457 m² para cada transformador. Para ello se dispondrán de una rejillas de ventilación para la entrada de aire de cada transformador situada en la parte superior, justo detrás de cada transformador, de dimensiones 700 x 700 mm cada una, consiguiendo así una superficie de ventilación de entrada de 0'49 m². Para la evacuación del aire se dispondrá de una rejillas que se situarán en la parte inferior de las puertas de cada transformador, de las mismas dimensiones que las de entrada, es decir, de 700 x 700mm, tal y como puede verse en el plano correspondiente. La superficie de salida será de 0'49 m² para cada transformador. Las rejillas de entrada y salida de aire irán situadas en las paredes a diferente altura, siendo la distancia verticalmente medida de separación entre los puntos medios de dichas rejillas de 2 m, tal como se ha tenido en cuenta en el cálculo anterior.

Estas rejas se construirán de modo que impidan 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.

1.8.6.3. MEDIDAS DE SEGURIDAD

- General:

El Centro de Transformación contará con los siguientes elementos de protección y señalización:

- Dos placas de peligro de muerte.
- Placa de "Primeros auxilios".
- Tarima aislante para 20 KV.
- Guantes aislantes para 20 KV.
- Extintor de eficacia equivalente 89 B (de acuerdo con la instrucción MIERAT 14).

- Seguridad en celdas SM6:

Las celdas tipo SM6 dispondrán de una serie de enclavamientos funcionales que responden a los definidos por la Norma UNE-EN 60298, y que serán los siguientes:

- Sólo será posible cerrar el interruptor con el seccionador de tierra abierto y con el panel de acceso cerrado.
- El cierre del seccionador de puesta a tierra sólo será posible con el interruptor abierto.
- La apertura del panel de acceso al compartimento de cables sólo será posible con el seccionador de puesta a tierra cerrado.
- Con el panel delantero retirado, será posible abrir el seccionador de puesta a tierra para realizar el ensayo de cables, pero no será posible cerrar el interruptor.

1.8.7. PROTECCIONES DEL CUADRO DE BAJA TENSIÓN

1.8.7.1. PROTECCIÓN MAGNETOTÉRMICA

Utilizaremos interruptores magnetotérmicos de la marca *Merlin Guerin*:

- CUADRO BAJA TENSIÓN 1:

Ubicación	Modelo	Calibre (A)	Poder de corte (kA)	Curva	Protección
Entrada	Compact NSX 630	500	50	B	Tetrapolar
C.T.1.1-1.2	C60H	2	15	C	Bipolar
C.T.1.3	C60H	20	15	C	Tripolar

• CUADRO BAJA TENSIÓN 2:

Ubicación	Modelo	Calibre (A)	Poder de corte (kA)	Curva	Protección
Entrada	Compact NSX 630	500	50	B	Tetrapolar

1.8.7.2. PROTECCIÓN DIFERENCIAL

Del mismo modo que en el resto de la instalación, utilizaremos interruptores diferenciales de la marca *Merlin Guerin*:

• CUADRO BAJA TENSIÓN 1:

Ubicación	Modelo	Calibre (A)	Sensibilidad (mA)	Protección
C.T.1.1 – 1.3	Interruptor diferencial ID	25	30	Tetrapolar

1.9. RESUMEN DEL PRESUPUESTO

1. Iluminación:.....	25.013'80 €
2. Cables:.....	38.448'35 €
3. Canalizaciones:.....	9.471'68 €
4. Tomas de corriente e interruptores:.....	380'53 €
5. Automatismos:.....	2.976'99 €
6. Interruptores magnéticos:.....	25.174'44 €
7. Interruptores diferenciales:.....	9.210'06 €
8. Cuadros:.....	5.059'16 €
9. Compensación de energía reactiva:.....	7.386'28 €
10. Puesta a tierra:.....	315'76 €
11. Centro de transformación:.....	48.335'00 €
12. Seguridad:.....	792'00 €

TOTAL EJECUCIÓN MATERIAL:.....172.564'05 €

El total de la ejecución material asciende a CIENTO SETENTA Y DOS MIL QUINIENTOS SESENTA Y CUATRO EUROS con CINCO CÉNTIMOS.

Gastos generales 5%:.....8.628'20 €

Beneficio industrial 10%:.....17.256'41 €

Suma de G.G. y B.I. (P.E. POR CONTRATA):.....198.448'66 €
 El presupuesto de ejecución por contrata asciende a CIENTO NOVENTA Y OCHO MIL CUATROCIENTOS CUARENTA Y OCHO EUROS con SESENTA Y SEIS CÉNTIMOS.

Honorarios proyectista 3%:.....5.953'46 €

Honorarios dirección de obra 3%:.....5.953'46 €

TOTAL PRESUPUESTO.....210.335'58 €

Asciende el presupuesto general (sin IVA), a la expresa cantidad de DOSCIENTOS DIEZ MIL TRESCIENTOS TREINTA Y CINCO EUROS con CINCUENTA Y OCHO CÉNTIMOS.

1.10. BIBLIOGRAFÍA

- Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión. Real Decreto 842/2002 de 2 de agosto de 2.002 e Instrucciones Técnicas Complementarias.
- Reglamento de Líneas Eléctricas de Alta Tensión. Real Decreto 223/2008 de 15 de febrero de 2.008 e Instrucciones Técnicas Complementarias.
- Condiciones Técnicas y Garantías en Centrales Eléctricas y Centros de transformación. Real Decreto 3275/1982 de 12 de noviembre de 1.982.
- Reglamento de Verificaciones Eléctricas y Regularidad en el Suministro y Regularidad en el Suministro de Energía. Real Decreto 162/1987 de 6 de febrero de 1.987.
- Disposiciones Mínimas de Seguridad y Salud en las Obras de Construcción. Real Decreto 1627/1997 de 24 de octubre de 1.997.
- Normas UNE y Recomendaciones USESA que sean de aplicación.
- Normas particulares de Iberdrola.
- Catálogos:
 - Ormazabal (www.ormazabal.es)
 - Cotradis (www.cotradis.com)
 - Merlin Gerin (www.schneiderelectric.es)
 - Naisa (www.naisa.es)
 - Circutor (www.circutor.es)

- Industrias Arruti (www.arruti.com)
- ABB (www.abb.es)
- Pysel (www.pysel.com.ar)
- Aiscan (www.aiscan.com)
- Pensa (www.pensa-rejiband.com)
- Uriarte (www.safybox.com)
- General Cable (www.generalcable.es)
- Normalux (www.normalux.com)
- Philips (www.philips.es)
- Otras direcciones web de interés:
 - Foros Sólo Ingeniería (www.soloingenieria.net/foros)
 - Foros Sólo Arquitectura (www.soloarquitectura.com/foros)
 - Fundación para el Fomento de la Innovación Industrial (www.ffii.es)
 - Voltimum (www.voltimum.es)
 - UNESA (www.unesa.es)
 - ElectroIndustria (www.electroindustria.com)

Pamplona, abril de 2010

Andoni Arregui Borja



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación :

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL ELÉCTRICO

Título del proyecto:

INSTALACIÓN EN BAJA TENSIÓN DE UNA NAVE
INDUSTRIAL CON CENTRO DE TRANSFORMACIÓN

DOCUMENTO N°2: CÁLCULOS

Andoni Arregui Borja

Jose Javier Crespo Ganuza

Pamplona, 29 de abril de 2.010

ÍNDICE

2.1. ALUMBRADO	3
2.1.1. INTRODUCCIÓN	3
2.1.2. CÁLCULO DE ILUMINACIÓN DEL INTERIOR DE LA NAVE	3
2.1.3. CÁLCULO DE ILUMINACIÓN DEL EXTERIOR DE LA NAVE	5
2.1.4. CÁLCULO DEL ALUMBRADO DE EMERGENCIA DE LA NAVE	5
2.2. CÁLCULO DE LAS INTENSIDADES DE LÍNEA	7
2.2.1. INTRODUCCIÓN	7
2.2.2. INTENSIDAD DE LOS CUADROS ELÉCTRICOS	7
2.2.3. CÁLCULO DE LA POTENCIA DE LOS TRANSFORMADORES	10
2.3. CÁLCULO Y DIMENSIONAMIENTO DE LOS CONDUCTORES DE BAJA TENSIÓN	10
2.3.1. INTRODUCCIÓN	10
2.3.2. LÍNEA MEDIA TENSIÓN – TRANSFORMADORES	11
2.3.3. LÍNEA TRANSFORMADORES – C.G.D.	12
2.3.4. C.G.D. Y CUADROS AUXILIARES	13
2.3.4.1. C.G.D.1	13
2.3.4.2. C.G.D.2	13
2.3.4.3. C.G.D.3	13
2.3.4.4. CUADRO AUXILIAR 1	14
2.3.4.5. CUADRO AUXILIAR 2	14
2.3.4.6. CUADRO AUXILIAR 3	14
2.3.4.7. CUADRO AUXILIAR 4	15
2.3.4.8. CUADRO AUXILIAR 5	15
2.3.5. INTERPRETACIÓN DE LAS TABLAS ANTERIORES	15
2.4. CANALIZACIONES	16
2.4.1. INTRODUCCIÓN	16
2.4.2. DIÁMETROS DE LAS CANALIZACIONES	16
2.4.2.1. CUADRO AUXILIAR 1	16
2.4.2.2. CUADRO AUXILIAR 2	16
2.4.2.3. CUADRO AUXILIAR 3	17
2.4.2.4. CUADRO AUXILIAR 4	17
2.4.2.5. CUADRO AUXILIAR 5	18
2.4.2.6. LÍNEA SUBTERRÁNEA DE MEDIA TENSIÓN	18
2.4.2.7. LÍNEAS GENERALES DE ALIMENTACIÓN	19
2.4.2.8. LÍNEAS A CUADROS AUXILIARES 4 Y 5	19
2.5. CÁLCULO DE LAS INTENSIDADES DE CORTOCIRCUITO	19
2.5.1. INTRODUCCIÓN	19
2.5.2. CÁLCULO DE LAS INTENSIDADES DE CORTOCIRCUITO EN EL SECUNDARIO DEL TRANSFORMADOR	19
2.5.3. CÁLCULO DE LAS INTENSIDADES DE CORTOCIRCUITO EN LOS CUADROS GENERALES DE DISTRIBUCIÓN	21
2.5.4. CÁLCULO DE LAS INTENSIDADES DE CORTOCIRCUITO EN LOS CUADROS AUXILIARES	21

2.5.4.1.	C.G.D.1	21
2.5.4.2.	C.G.D.2	22
2.5.4.3.	C.G.D.3	22
2.6.	CÁLCULO DE LAS BATERÍAS DE CONDENSADORES PARA LA CORRECCIÓN DEL FACTOR DE POTENCIA	22
2.6.1.	BATERÍAS DE CONDENSADORES PARA LA INSTALACIÓN	22
2.6.2.	CÁLCULO DE LOS CONDUCTORES DE UNIÓN A LAS BATERÍAS DE CONDENSADORES	23
2.6.3.	CÁLCULO DE LAS INTENSIDADES DE CORTOCIRCUITO EN LAS BATERÍAS DE CONDENSADORES	24
2.7.	INSTALACIÓN DE PUESTA A TIERRA	24
2.8.	CENTRO DE TRANSFORMACIÓN	25
2.8.1.	INTENSIDAD EN MEDIA TENSIÓN	25
2.8.2.	INTENSIDAD EN BAJA TENSIÓN	25
2.8.3.	INTENSIDADES DE CORTOCIRCUITO	26
2.8.3.1.	CORRIENTES DE CORTOCIRCUITO DEL LADO DE MEDIA TENSIÓN	26
2.8.3.2.	CORRIENTES DE CORTOCIRCUITO DEL LADO DE BAJA TENSIÓN	26
2.8.4.	PROTECCIÓN DE MEDIA TENSIÓN	26
2.8.5.	VENTILACIÓN DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN	27
2.8.6.	ALUMBRADO DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN	27
2.8.6.1.	ALUMBRADO GENERAL	27
2.8.6.2.	ALUMBRADO DE EMERGENCIA	28
2.8.7.	CUADROS DE BAJA TENSIÓN	28
2.8.7.1.	CUADRO DE BAJA TENSIÓN 1	28
2.8.7.2.	CANALIZACIONES DE LAS LÍNEAS DE LOS CUADROS DE BAJA TENSIÓN	29
2.8.8.	CÁLCULO DE LA INSTALACIÓN DE PUESTA A TIERRA	29
2.8.8.1.	INVESTIGACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL SUELO	29
2.8.8.2.	TIERRA DE PROTECCIÓN	30
2.8.8.3.	TIERRA DE SERVICIO	32
2.8.8.4.	SEPARACIÓN ENTRE TIERRA DE SERVICIO, TIERRA DE PROTECCIÓN Y TIERRA DE LA AUTOVÁLVULA	33
2.8.8.5.	SEPARACIÓN ENTRE LAS TOMAS DE TIERRA DEL CT Y LA DE LA INSTALACIÓN DE BAJA TENSIÓN	33

2.1. ALUMBRADO

2.1.1. INTRODUCCIÓN

A continuación se realizará el cálculo de las luminarias de las correspondientes dependencias de la que consta la nave. La iluminación interior y exterior se realiza siguiendo el programa de cálculo de luminarias Dialux 4.6.

2.1.2. CÁLCULO DE ILUMINACIÓN INTERIOR DE LA NAVE

Para el cálculo de las luminarias primero se deberá definir la iluminación en lúmenes que queremos que tenga cada uno de los locales de los que constará la nave.

Para la iluminación de los diferentes locales de los que cuenta nuestra nave se han tomado los siguientes valores medios:

Local	Iluminancia media (lux)
Muelles y almacenes	200
Sala de fermentación / enfriado	100
Aseos, vestuarios	200
Pasillos, vestíbulos, escaleras	200
Oficinas, despachos, administración	500
Sala de descanso	200
Aula de formación, sala de reuniones	500
Comedor	200
Laboratorio	500
Zona de producción	500
Sala de caldera y compresor	200

En base a estos datos expuestos, procederemos al cálculo de la iluminación de los locales de los que consta la nave.

Para ello, impondremos los valores estándar de grado de reflexión del techo (70%), paredes (50%) y suelo (20%). El plano útil lo supondremos a 0,85m del suelo, con un factor de mantenimiento del 0,8.

En la planta baja, la zona de producción y almacenaje, tendrá un techo a 3,775m. de altura, mientras que la zona administrativa de la planta, tendrá un falso techo que hará que el techo esté a 2,885m. Las luminarias de la zona de producción, estarán suspendidas 20 cm del techo. En la primera planta, el techo tendrá una altura de 2,885m.

A continuación se exponen todos los locales de los que se compone la nave, calculando en ellos el número de luminarias a colocar y el tipo de luminaria que se ha elegido para colocar.

Primero, expondremos el cuadro con los cálculos de luminarias de los locales de la planta baja:

Nº ref.	Local	Iluminancia (lux)	Luminaria	Número
1	Muelle recep. materias primas	200	EFix TCS260 2xTL5-54W/840 HF M6	3
2	Almacén materias primas	200	EFix TCS260 2xTL5-54W/840 HF M6	3
3	Sala fermentación	100	EFix TCS260 2xTL5-54W/840 HF M6	3
4	Aseos/vestuarios hombres	200	Europa 2 FBS120 2xPL-C/2P26W/840 CON PG	9
5	Aseos/vestuarios mujeres	200	Europa 2 FBS120 2xPL-C/2P26W/840 CON PG	6
6	Almacén prod. acabado	200	EFix TCS260 2xTL5-54W/840 HF M6	3
7	Muelle exp. producto acabado	200	EFix TCS260 2xTL5-54W/840 HF M6	3
8	Recepción y sala de espera	200	Europa 2 FBS120 2xPL-C/2P26W/840 CON PG	3
9	Administración	500	EFix TBS260 3xTL5-24W/840 HF C6	9
10	Comedor	200	EFix TBS260 3xTL5-24W/840 HF C6	6
11	Aula de formación	500	EFix TBS260 3xTL5-24W/840 HF C6	9
12	Sala de descanso	200	EFix TBS260 3xTL5-24W/840 HF C6	3
13	Sala de caldera y compresor	200	EFix TCS260 2xTL5-54W/840 HF M6	3
14	Laboratorio	500	EFix TCS260 2xTL5-54W/840 HF M6	6
15	Pasillo general	200	Europa 2 FBS120 1xPL-C/2P26W/840 CON PG	18
16	Pasillo auxiliar	200	Europa 2 FBS120 1xPL-C/2P26W/840 CON PG	6
17	Zona producción	500	EFix TCS260 2xTL5-54W/840 HF M6	21
18	Pasillo producción	200	EFix TCS260 2xTL5-54W/840 HF M6	3

Ahora, detallaremos el cálculo de iluminación de los locales de la primera planta:

Nº ref.	Local	Iluminancia (lux)	Luminaria	Número
1	Sala de reuniones	500	EFix TBS260 3xTL5-24W/840 HF C6	9
2	Despacho nº2	500	EFix TBS260 3xTL5-24W/840 HF C6	6

3	Despacho nº1	500	EFix TBS260 3xTL5-24W/840 HF C6	6
4	Aseos nº1	200	Europa 2 FBS120 2xPL- C/2P26W/840 CON PG	3
5	Aseos nº2	200	Europa 2 FBS120 2xPL- C/2P26W/840 CON PG	3
6	Pasillo	200	Europa 2 FBS120 1xPL- C/2P26W/840 CON PG	12
7	Zona escaleras	200	Europa 2 FBS120 1xPL- C/2P26W/840 CON PG	6

2.1.3. CÁLCULO DE ILUMINACIÓN EXTERIOR DE LA NAVE

Para la iluminación exterior de la nave industrial, utilizaremos luminarias que estarán colocadas a 5 metros de altura y con las que alumbraremos todo el conjunto de parking y aceras que componen la parcela a iluminar:

Iluminación exterior	Selenium SGP340 FG 1xSON-TPP70W CON TPP1	15
----------------------	---------------------------------------------	----

2.1.4. CÁLCULO DEL ALUMBRADO DE EMERGENCIA DE LA NAVE

Para calcular el alumbrado de emergencia hemos tenido en cuenta las dimensiones del local a iluminar y hemos escogido la luminaria autónoma de emergencia adecuada para conseguir una iluminancia de, al menos, 5 luxes, o lo que es lo mismo, 5 lúmenes/m².

El alumbrado de emergencia estará compuesto básicamente de luminarias de marca Normalux del tipo Dunna.

Para la zona de producción, debido a sus dimensiones, necesitaremos unos focos orientables, también de marca Normalux, para complementar el alumbrado de emergencia.

A continuación, detallaremos las luminarias de los locales de la planta baja:

Nº ref.	Local	Luminaria	Número
1	Muelle recep. materias primas	Dunna D-60 de 70 lm, 1h de autonomía y 1,9w de consumo	3
2	Almacén materias primas	Dunna D-150 de 140 lm, 1h de autonomía y 2,1w de consumo	2
3	Sala fermentación	Dunna D-150 de 140 lm, 1h de autonomía y 2,1w de consumo	1
4	Aseos/vestuarios hombres	Dunna D-150 de 140 lm, 1h de autonomía y 2,1w de consumo	2
5	Aseos/vestuarios mujeres	Dunna D-150 de 140 lm, 1h de autonomía y 2,1w de consumo	2
6	Almacén prod. acabado	Dunna D-150 de 140 lm, 1h de autonomía y 2,1w de consumo	2
7	Muelle exp. producto acabado	Dunna D-150 de 140 lm, 1h de autonomía y 2,1w de consumo	2

8	Recepción y sala de espera	Dunna D-150 de 140 lm, 1h de autonomía y 2,1w de consumo	1
9	Administración	Dunna D-300 de 300 lm, 1h de autonomía y 2,3w de consumo	1
10	Comedor	Dunna D-300 de 300 lm, 1h de autonomía y 2,3w de consumo	1
11	Aula de formación	Dunna D-300 de 300 lm, 1h de autonomía y 2,3w de consumo	1
12	Sala de descanso	Dunna D-200 de 190 lm, 1h de autonomía y 2,1w de consumo	1
13	Sala de caldera y compresor	Dunna D-150 de 140 lm, 1h de autonomía y 2,1w de consumo	1
14	Laboratorio	Dunna D-150 de 140 lm, 1h de autonomía y 2,1w de consumo	1
15	Pasillo general	Dunna D-60 de 70 lm, 1h de autonomía y 1,9w de consumo	4
16	Pasillo auxiliar	Dunna D-60 de 70 lm, 1h de autonomía y 1,9w de consumo	1
17	Zona producción	Foco orientable FO-400 de 395 lm, 1h de autonomía y 2x10w de consumo	1
		Dunna D-60 de 70 lm, 1h de autonomía y 1,9w de consumo	5
18	Pasillo producción	Dunna D-60 de 70 lm, 1h de autonomía y 1,9w de consumo	2

Para terminar con el alumbrado de emergencia, determinaremos las luminarias de la primera planta:

Nº ref.	Local	Luminaria	Número
1	Sala de reuniones	Dunna D-300 de 300 lm, 1h de autonomía y 2,3w de consumo	1
2	Despacho nº2	Dunna D-150 de 140 lm, 1h de autonomía y 2,1w de consumo	1
3	Despacho nº1	Dunna D-150 de 140 lm, 1h de autonomía y 2,1w de consumo	1
4	Aseos nº1	Dunna D-60 de 70 lm, 1h de autonomía y 1,9w de consumo	1
5	Aseos nº2	Dunna D-60 de 70 lm, 1h de autonomía y 1,9w de consumo	1
6	Pasillo interior	Dunna D-60 de 70 lm, 1h de autonomía y 1,9w de consumo	2
7	Zona escaleras	Dunna D-150 de 140 lm, 1h de autonomía y 2,1w de consumo	1

2.2. CÁLCULO DE LAS INTENSIDADES DE LÍNEA

2.2.1. INTRODUCCIÓN

En este capítulo se calcularán las intensidades que circulan por los diferentes circuitos para su posterior utilización en los diferentes capítulos del presente documento.

Para dicho cálculo se partirá de la potencia consumida por los receptores.

- Receptores monofásicos

$$I_a = \frac{P}{V \times \cos \varphi}$$

- Receptores trifásicos

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

Donde:

I_a = intensidad nominal, en A.

P = potencia activa consumida por el receptor.

V = tensión nominal (230/400V).

$\cos \varphi$ = factor de potencia del receptor.

También se calculará la I_c , que corresponde a la I_a multiplicada por un factor de corrección que depende del tipo de receptor (un solo motor, varios motores, lámparas de descarga, etc.).

2.2.2. INTENSIDAD DE LOS CUADROS ELÉCTRICOS

- Cuadro auxiliar 1. Maquinaria 1:

Línea	Descripción	Potencia Aparente (VA)	Potencia Activa (W)	Tensión (V)	Cos Y	I_n (A)	F_{cor}	I_{cor} (A)	Distribución o fase
C.A.1.1	Mezcladora 1	18.625	14.900	400	0'8	26'88	1'25	33'60	Trifásica
C.A.1.2	Mezcladora 2	18.625	14.900	400	0'8	26'88	1'25	33'60	Trifásica
C.A.1.3	Divisor de masa	931'3	745	400	0'8	1'34	1	1'34	Trifásica
C.A.1.4	Transportadora trabajo 1	1.862'5	1.490	400	0'8	2'69	1'25	3'36	Trifásica
C.A.1.5	Horno prueba principal	25.000	20.000	400	0'8	36'08	1	36'08	Trifásica
C.A.1.6	Tomas monofásicas	3.680	2.944	230	0'8	16	1	16	Monofásica (4 hilos)
C.A.1.7	Tomas trifásicas	12.800	10.240	400	0'8	32	1	32	Trifásica
TOTAL		81.523'8	65.219	400	0'8	109'87		123'98	

- Cuadro auxiliar 2. Maquinaria 2:

Línea	Descripción	Potencia Aparente (VA)	Potencia Activa (W)	Tensión (V)	Cos Y	I _n (A)	F _{cor}	I _{cor} (A)	Distribución o fase
C.A.2.1	Horno prueba final	25.000	20.000	400	0'8	36'08	1	36'08	Trifásica
C.A.2.2	Transportadora trabajo 2	1.862'5	1.490	400	0'8	2'69	1'25	3'36	Trifásica
C.A.2.3	Horno	42.500	34.000	400	0'8	61'34	1	61'34	Trifásica
C.A.2.4	Transportadora trabajo 3	1.862'5	1.490	400	0'8	2'69	1'25	3'36	Trifásica
C.A.2.5	Empaquetadora	2.500	2.000	400	0'8	3'61	1	3'61	Trifásica
C.A.2.6	Compresor	17.500	14.000	400	0'8	25'26	1'25	31'57	Trifásica
C.A.2.7	Tomas monofásicas	3.680	2.944	230	0'8	16	1	16	Monofásica (4 hilos)
C.A.2.8	Tomas trifásicas	12.800	10.240	400	0'8	32	1	32	Trifásica
TOTAL		107.705	86.164	400	0'8	179'67		187'32	

- Cuadro auxiliar 3. Iluminación zona de producción y exterior:

Línea	Descripción	Potencia Aparente (VA)	Potencia Activa (W)	Tensión (V)	Cos Y	I _n (A)	F _{cor}	I _{cor} (A)	Distribución o fase
C.A.3.1	Zona producción	2.520	2.268	230	0'9	10'96	1'8	19'72	Monofásica (4 hilos)
C.A.3.2	Muelle recep. materias primas	360	324	230	0'9	1'57	1'8	2'82	R-N
C.A.3.3	Almacén materias primas	360	324	230	0'9	1'57	1'8	2'82	S-N
C.A.3.4	Sala fermentación	360	324	230	0'9	1'57	1'8	2'82	T-N
C.A.3.5	Muelle exped. producto acabado	360	324	230	0'9	1'57	1'8	2'82	R-N
C.A.3.6	Almacén prod. acabado	360	324	230	0'9	1'57	1'8	2'82	S-N
C.A.3.7	Sala de caldera y compresor	360	324	230	0'9	1'57	1'8	2'82	T-N
C.A.3.8	Laboratorio 1	360	324	230	0'9	1'57	1'8	2'82	R-N
C.A.3.9	Laboratorio 2	360	324	230	0'9	1'57	1'8	2'82	S-N
C.A.3.10	Pasillo de producción	360	324	230	0'9	1'57	1'8	2'82	T-N
C.A.3.11	Tomas monofásicas zona materias primas	3.680	2.944	230	0'8	16	1	16	Monofásica (4 hilos)
C.A.3.12	Tomas monofásicas zona producto acabado	3.680	2.944	230	0'8	16	1	16	Monofásica (4 hilos)
C.A.3.13	Tomas monofásicas laboratorio	3.680	2.944	230	0'8	16	1	16	Monofásica (4 hilos)
C.A.3.14	Emergencia zona materias primas	11	9'9	230	0'9	0'05	1'8	0'08	R-N
C.A.3.15	Emergencia zona producto acabado	9'33	8'4	230	0'9	0'04	1'8	0'07	S-N
C.A.3.16	Emergencia sala fermentación	2'33	2'1	230	0'9	0'01	1'8	0'02	S-N
C.A.3.17	Emergencia sala caldera y compresor	2'33	2'1	230	0'9	0'01	1'8	0'02	S-N
C.A.3.18	Emergencia laboratorio	2'33	2'1	230	0'9	0'01	1'8	0'02	S-N
C.A.3.19	Emergencia pasillo de producción	4'22	3'8	230	0'9	0'02	1'8	0'03	S-N
C.A.3.20	Emergencia luminarias zona producción	10'56	9'5	230	0'9	0'05	1'8	0'08	R-N
C.A.3.21	Emergencia proyectores zona producción	22'22	20	230	0'9	0'10	1'8	0'17	T-N
TOTAL		16.864'32	14.073'9	400	0'84	73'37		93'58	

- Cuadro auxiliar 4. Iluminación planta baja:

Línea	Descripción	Potencia Aparente (VA)	Potencia Activa (W)	Tensión (V)	Cos Y	I _n (A)	F _{cor}	I _{cor} (A)	Distribución o fase
C.A.4.1	Aseos y vestuarios hombres	520	468	230	0'9	2'26	1'8	4'07	R-N
C.A.4.2	Aseos y vestuarios mujeres	346'67	312	230	0'9	1'51	1'8	2'71	S-N
C.A.4.3	Recepción y sala de espera	173'33	156	230	0'9	0'75	1'8	1'36	T-N

C.A.4.4	Administración	720	648	230	0'9	3'13	1'8	5'63	Monofásica (4 hilos)
C.A.4.5	Comedor	480	432	230	0'9	2'09	1'8	3'76	Monofásica (4 hilos)
C.A.4.6	Aula de formación	720	648	230	0'9	3'13	1'8	5'63	Monofásica (4 hilos)
C.A.4.7	Sala de descanso	240	216	230	0'9	1'04	1'8	1'88	Monofásica (4 hilos)
C.A.4.8	Pasillo general	520	468	230	0'9	2'26	1'8	4'07	Monofásica (4 hilos)
C.A.4.9	Pasillo auxiliar	173'33	156	230	0'9	0'75	1'8	1'36	Monofásica (4 hilos)
C.A.4.10	Tomas monofásicas aseos y vestuarios	3.680	2.944	230	0'8	16	1	16	Monofásica (4 hilos)
C.A.4.11	Tomas monofásicas recepción, sala espera y administración	3.680	2.944	230	0'8	16	1	16	Monofásica (4 hilos)
C.A.4.12	Tomas monofásicas sala de descanso, comedor y aula formación	3.680	2.944	230	0'8	16	1	16	Monofásica (4 hilos)
C.A.4.13	Emergencia aseos, pasillo auxiliar y recepción	13'78	12'4	230	0'9	0'06	1'8	0'11	R-N
C.A.4.14	Emergencia pasillo, administración, comedor, aula formación y sala descanso	18'44	16'6	230	0'9	0'08	1'8	0'14	S-N
C.A.4.15	Exterior	1166'67	1.050	230	0'9	5'07	1'8	9'13	Monofásica (4 hilos)
TOTAL		16.132'22	13.415	400	0'83	70'13		87'85	

- Cuadro auxiliar 5. Iluminación primera planta:

Línea	Descripción	Potencia Aparente (VA)	Potencia Activa (W)	Tensión (V)	Cos Y	I _n (A)	F _{cor}	I _{cor} (A)	Distribución o fase
C.A.5.1	Sala de reuniones	720	648	230	0'9	3'13	1'8	5'63	Monofásica (4 hilos)
C.A.5.2	Despacho nº1	480	432	230	0'9	2'09	1'8	3'76	Monofásica (4 hilos)
C.A.5.3	Despacho nº2	480	432	230	0'9	2'09	1'8	3'76	Monofásica (4 hilos)
C.A.5.4	Aseos nº1	173'33	156	230	0'9	0'75	1'8	1'36	R-N
C.A.5.5	Aseos nº2	173'33	156	230	0'9	0'75	1'8	1'36	S-N
C.A.5.6	Pasillo	346'67	312	230	0'9	1'51	1'8	2'71	Monofásica (4 hilos)
C.A.5.7	Zona escaleras	173'33	156	230	0'9	0'75	1'8	1'36	T-N
C.A.5.8	Tomas monofásicas sala de reuniones	3.680	2.944	230	0'8	16	1	16	Monofásica (4 hilos)
C.A.5.9	Tomas monofásicas despachos	3.680	2.944	230	0'8	16	1	16	Monofásica (4 hilos)
C.A.5.10	Tomas monofásicas aseos	3.680	2.944	230	0'8	16	1	16	Monofásica (4 hilos)
C.A.5.11	Emergencia sala reuniones, despachos, aseos, pasillo y escaleras	18	16'2	230	0'9	0'08	1'8	0'14	T-N
TOTAL		13.604'66	11.140'20	400	0'82	59'15		68'08	

- Cuadro general de distribución 1:

Línea	Descripción	Potencia Aparente (VA)	Potencia Activa (W)	Tensión (V)	Cos Y	I _n (A)	I _{cor} (A)	Distribución o fase
C.G.D.1	Cuadro auxiliar 1	81.523'8	65.219	400	0'80	109'87	123'98	Trifásica
TOTAL		81.523'8	65.219	400	0'80	109'87	123'98	

- Cuadro general de distribución 2:

Línea	Descripción	Potencia Aparente (VA)	Potencia Activa (W)	Tensión (V)	Cos Y	I _n (A)	I _{cor} (A)	Distribución o fase
C.G.D.2	Cuadro auxiliar 2	107.705	86.164	400	0'80	179'67	187'32	Trifásica
TOTAL		107.705	86.164	400	0'80	179'67	187'32	

- Cuadro general de distribución 3:

Línea	Descripción	Potencia Aparente (VA)	Potencia Activa (W)	Tensión (V)	Cos Y	I _n (A)	I _{cor} (A)	Distribución o fase
C.G.D.3	Cuadro auxiliar 3	16.864'32	14.073'9	400	0'84	73'37	93'58	Trifásica
C.G.D.4	Cuadro auxiliar 4	16.132'22	13.415	400	0'83	70'13	87'85	Trifásica
C.G.D.5	Cuadro auxiliar 5	13.604'66	11.140'20	400	0'82	59'15	68'08	Trifásica
TOTAL		46.601'2	38.629'1	400	0'83	202'65	249'51	

2.2.3. CÁLCULO DE LA POTENCIA DEL TRANSFORMADOR

Tras realizar el cálculo total de las potencias e intensidades que la empresa necesita, se ha visto que la necesidad de consumo y de utilización nos impulsa a elegir un sistema de distribución adecuado a las características de la empresa.

Antes de calcular la potencia del transformador necesario, hemos de señalar que vamos a optar por colocar 2 transformadores para garantizar un suministro mínimo en caso de avería o tareas de mantenimiento de uno de ellos.

De esta manera, podríamos colocar dos transformadores de 400KVA, que cubriría las necesidades de la nave, ya que esto nos permitirá añadir nueva maquinaria a la nave, en caso de que fuese necesaria una actualización en el sistema de producción, o simplemente se quisiese ampliar.

Ahora determinaremos la intensidad capaz de obtener con un transformador de dicha potencia:

$$I = \frac{S}{\sqrt{3} \times U} = \frac{400 \text{ KVA}}{\sqrt{3} \times 400 \text{ V}} = 577'35 \text{ A}$$

2.3. CÁLCULO Y DIMENSIONAMIENTO DE LOS CONDUCTORES DE BAJA TENSIÓN

2.3.1. INTRODUCCIÓN

A continuación, siguiendo el proceso de cálculo descrito en la memoria, y una vez conocida la intensidad nominal del transformador se calculará:

F_c = factor de corrección, que depende de la temperatura, del tipo de canalización y del número de conductores que se alojan en la misma.

I_{cor}' = es la intensidad resultante del cociente de I_{cor} entre F_c .

Dicho F_c corresponde a los coeficientes de corrección que se hace a la corriente que circula, el cual depende de las agrupaciones, canalizaciones

Una vez hecho esto, hay que ir al Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión y en la tabla correspondiente se elige la sección que corresponda a la $I_{\max adm}$ (intensidad máxima admisible).

Además se calcula la caída de tensión, con el fin de elegir un conductor que cumpla con la normativa (la caída de tensión debe ser menor del 4.5% para el alumbrado y del 6.5% para los demás usos) según la ITC-BT 19 del Electrotécnico de Baja Tensión.

La caída de tensión se calculará del siguiente modo, dependiendo del tipo de red que tengamos:

-Monofásico:

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

-Trifásica:

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

De donde:

e = caída de tensión en voltios

L = longitud de la línea en metros

I_n = intensidad nominal de la línea en amperios

$\cos\varphi$ = factor de potencia

S = sección del cable en mm^2

γ = conductividad del material del conductor (cobre: 56, aluminio: 35)

2.3.2. LÍNEA MEDIA TENSIÓN – TRANSFORMADOR

Vamos a calcular la línea que engancha nuestro centro de transformación con la compañía suministradora de energía, en nuestro caso Iberdrola. La línea de suministro de media tensión (13,2 KV) es aérea y va sujeta mediante apoyos a lo largo del polígono industrial. Mediante una derivación, llevaremos acometida hasta nuestro centro de transformación, pasando de una línea aérea a una subterránea (entubada a 0,7m de profundidad) como viene indicado en los planos. Con una celda de remonte, llevaremos el suministro eléctrico hasta cada uno de los dos transformadores. La longitud de la acometida será de 20 m.

La acometida al tener que suministrar energía a los transformadores deberá poder soportar la siguiente corriente a 13,2/20 KV de tensión:

$$I_p = 2 \times I_{p\text{TRAFO}} = 2 \times \frac{S}{\sqrt{3} \times U} = 2 \times \frac{400 \text{ KVA}}{\sqrt{3} \times 13,2 \text{ KV}} = 34,99 \text{ A}$$

Para un suministro de estas características nos decantamos por la sección mínima establecida por Iberdrola en líneas de media tensión que es de 50 mm². La distribución desde la arqueta hasta el centro de transformación la haremos mediante tres hilos unipolares de aluminio con la sección indicada anteriormente y con aislamiento seco (HEPR). La acometida la podremos dividir en 2 partes: acometida aérea y subterránea.

La acometida aérea mide aproximadamente 16 metros y la intensidad máxima admisible es de 180 A., según la Tabla 13, ITC-LAT 06. Viendo la intensidad nominal de línea aérea debemos tener en cuenta la caída de tensión que sufre al llevar en ella los 16 metros de acometida:

$$e = \frac{\sqrt{3} \times L \times I_n \times \cos\varphi}{S \times \gamma} = \frac{\sqrt{3} \times 16 \times 180 \times 0'9}{50 \times 35} = 2'57 \text{ V}$$

La acometida subterránea tiene 5 metros de longitud y la intensidad máxima admisible para los conductores de aluminio enterrados en zanjas en el interior de tubos es de 135 A., según la Tabla 12, ITC-LAT 06. Calculamos ahora su caída de tensión durante dicho conductor:

$$e = \frac{\sqrt{3} \times L \times I_n \times \cos\varphi}{S \times \gamma} = \frac{\sqrt{3} \times 5 \times 135 \times 0'9}{50 \times 35} = 0'60 \text{ V}$$

Ahora, sumando las dos caídas de tensión, calculamos la caída de tensión total de la acometida de media tensión:

$$e(\%) = \frac{e}{U} \times 100 = \frac{2'57 + 0'60}{13.200} \times 100 = 0'024 \%$$

Vemos que es mínima e insignificante.

2.3.3. LÍNEA TRANSFORMADORES – C.G.D.

En primer lugar debemos dimensionar el conductor que parte desde cada transformador a cada cuadro general de distribución, situados dentro de la nave, para la potencia nominal del transformador.

$$S_{\text{TRAFO}} = 400 \text{ KVA}$$

$$I_s = \frac{S}{\sqrt{3} \times U} = \frac{400 \text{ KVA}}{\sqrt{3} \times 400 \text{ V}} = 577'35 \text{ A}$$

Teniendo en cuenta el rendimiento del trafo (98'1%), obtenemos la siguiente corriente nominal para el secundario:

$$I'_s = I_s \times 0'981 = 566'38 \text{ A}$$

Para la distribución las líneas, utilizaremos conductores de cobre con polietileno reticulado (XLPE) como aislamiento y con una cubierta de policloruro de vinilo (PVC)

flexible. Irán bajo tubo, enterrados a 0'7m de profundidad y separadas 25cm entre sí, por lo que tendremos que aplicar varios factores de corrección:

- Temperatura del terreno a 40°C según la MT 2.80.12 de Iberdrola (0'88)
- Canalización bajo tubo (0'8)
- Agrupación de 3 ternas unipolares separadas 25cm entre sí (0'8)

Por lo que tendremos que aplicar finalmente un factor de corrección de 0'56.

Para calcular la sección de los cables, miraremos en la Tabla 7.5, ITC-BT 07, en donde calcularemos la intensidad admisible de cada línea que une el transformador con los cuadros generales de distribución, así como la sección del neutro mirando en la Tabla 7.1, ITC-BT 07:

Línea	I _{cal} (A)	I _{adm} (A)	F _c	I _{adm'} (A)	S _{fase} (mm ²)	S _{neutro} (mm ²)
C.G.D.1	109'87	335	0'56	187'6	95	50
C.G.D.2	179'67	480	0'56	268'8	185	95
C.G.D.3	202'65	480	0'56	268'8	185	95

Ahora vamos a calcular la caída de tensión de cada una de las líneas, que miden 36 metros cada una:

Línea	I _{cal} (A)	S _{fase} (mm ²)	I _{adm'} (A)	L (m)	e (V)	e (%)
C.G.D.1	109'87	95	187'6	36	1'16	0'29
C.G.D.2	179'67	185	268'8	36	0'97	0'24
C.G.D.3	202'65	185	268'8	36	1'01	0'25

Consideramos suficiente la caída de tensión para el conductor.

2.3.4. CUADRO GENERAL DE DISTRIBUCIÓN Y CUADROS AUXILIARES

2.3.4.1. Cuadro general de distribución 1

Línea	I _n (A)	cosφ	I _{cor} (A)	F _c	I _{cor'} (A)	S (mm ²)	L (m)	e (V)	e (%)	e _{total} (%)	I _{max adm}
C.Aux.1	109'87	0'8	123'98	0'9	137'76	50	20	2'18	0'54	0'83	188

2.3.4.2. Cuadro general de distribución 2

Línea	I _n (A)	cosφ	I _{cor} (A)	F _c	I _{cor'} (A)	S (mm ²)	L (m)	e (V)	e (%)	e _{total} (%)	I _{max adm}
C.Aux.2	181'47	0'8	189'58	0'9	210'64	95	37	3'19	0'80	1'04	296

2.3.4.3. Cuadro general de distribución 3

Línea	I _n (A)	cosφ	I _{cor} (A)	F _c	I _{cor'} (A)	S (mm ²)	L (m)	e (V)	e (%)	e _{total} (%)	I _{max adm}
C.Aux.3	78'44	0'84	102'71	0'9	114'12	35	22	2'81	0'70	0'95	154
C.Aux.4	97'06	0'82	110'72	0'9	123'02	35	22'5	2'51	0'63	0'88	154
C.Aux.5	75'15	0'81	84'08	0'9	93'42	16	18	2'96	0'74	0'99	105

2.3.4.4. Cuadro auxiliar 1

Línea	I _n (A)	cosφ	I _{cor} (A)	F _c	I _{cor'} (A)	S (mm ²)	L (m)	e (V)	e (%)	e _{total} (%)	I _{max adm} (A)
C.A.1.1	26'88	0'8	33'60	0'9	37'33	4	15	4'18	1'04	1'87	45
C.A.1.2	26'88	0'8	33'60	0'9	37'33	4	12'5	3'48	0'87	1'70	45
C.A.1.3	1'34	0'8	1'34	0'9	1'49	1'5	12	4'75	1'19	2'02	24
C.A.1.4	2'69	0'8	3'36	0'9	3'73	1'5	11	4'35	1'09	1'92	24
C.A.1.5	36'08	0'8	36'08	0'9	40'10	6	8	2'23	0'56	1'39	57
C.A.1.6	16	0'8	16	0'8	20	4	9	1'50	0'38	1'21	27
C.A.1.7	32	0'8	32	0'8	40	10	9'5	1'18	0'29	1'12	60

2.3.4.5. Cuadro auxiliar 2

Línea	I _n (A)	cosφ	I _{cor} (A)	F _c	I _{cor'} (A)	S (mm ²)	L (m)	e (V)	e (%)	e _{total} (%)	I _{max adm}
C.A.2.1	36'08	0'8	36'08	0'9	40'09	6	19	5'29	1'32	2'36	57
C.A.2.2	2'69	0'8	3'36	0'9	3'73	1'5	16	6'33	1'58	2'62	24
C.A.2.3	61'34	0'8	61'34	0'9	68'16	16	9	1'69	0'42	1'46	105
C.A.2.4	2'69	0'8	3'36	0'9	3'73	1'5	13	5'15	1'29	2'33	24
C.A.2.5	3'61	0'8	3'61	0'9	4'01	1'5	14'5	5'74	1'44	2'48	24
C.A.2.6	27'06	0'8	33'83	0'9	37'59	4	12'5	3'48	0'87	1'91	45
C.A.2.7	16	0'8	16	0'8	20	4	15	2'51	0'63	1'67	27
C.A.2.8	32	0'8	32	0'8	40	10	7'5	1'16	0'29	1'33	60

2.3.4.6. Cuadro auxiliar 3

Línea	I _n (A)	cosφ	I _{cor} (A)	F _c	I _{cor'} (A)	S (mm ²)	L (m)	e (V)	e (%)	e _{total} (%)	I _{max adm}
C.A.3.1	10'96	0'9	19'72	0'8	24'65	4	22	6'01	1'50	2'45	34
C.A.3.2	1'57	0'9	2'82	0'8	3'53	4	40	9'46	2'37	3'32	34
C.A.3.3	1'57	0'9	2'82	0'8	3'53	6	52	12'26	3'06	4'01	44
C.A.3.4	1'57	0'9	2'82	0'8	3'53	1'5	26	10'03	2'51	3'45	18
C.A.3.5	1'57	0'9	2'82	0'8	3'53	1'5	23'5	9'06	2'27	3'22	18
C.A.3.6	1'57	0'9	2'82	0'8	3'53	1'5	19'5	7'52	1'88	2'83	18
C.A.3.7	1'57	0'9	2'82	0'8	3'53	1'5	30'5	11'76	2'94	3'89	18
C.A.3.8	1'57	0'9	2'82	0'8	3'53	1'5	22'5	8'68	2'17	3'12	18
C.A.3.9	1'57	0'9	2'82	0'8	3'53	1'5	22'5	8'68	2'17	3'12	18
C.A.3.10	1'57	0'9	2'82	0'8	3'53	2'5	37	11'89	2'97	3'92	25
C.A.3.11	16	0'8	16	0'8	20	4	52'5	15	3'75	4'70	34
C.A.3.12	16	0'8	16	0'8	20	4	28	8	2'00	2'95	34
C.A.3.13	16	0'8	16	0'8	20	4	26	7'43	1'86	2'81	34
C.A.3.14	0'05	0'9	0'08	0'8	0'10	6	46	12'08	3'02	3'97	49
C.A.3.15	0'04	0'9	0'07	0'8	0'09	1'5	26	11'70	2'93	3'88	21
C.A.3.16	0'01	0'9	0'02	0'8	0'03	1'5	24'5	11'03	2'76	3'71	21
C.A.3.17	0'01	0'9	0'02	0'8	0'03	2'5	30	11'19	2'80	3'75	29
C.A.3.18	0'01	0'9	0'02	0'8	0'03	1'5	26	11'70	2'93	3'88	21
C.A.3.19	0'02	0'9	0'03	0'8	0'04	6	42	11'03	2'76	3'71	49
C.A.3.20	0'05	0'9	0'08	0'8	0'10	1'5	28	12'60	3'15	4'10	21
C.A.3.21	0'10	0'9	0'17	0'8	0'21	1'5	8'5	3'83	0'96	1'91	21

2.3.4.7. Cuadro auxiliar 4

Línea	I_n (A)	$\cos\phi$	I_{cor} (A)	F_c	I_{cor}' (A)	S (mm ²)	L (m)	e (V)	e (%)	e_{total} (%)	$I_{max adm}$
C.A.4.1	2'26	0'9	4'07	0'8	5'09	1'5	31	11'96	2'99	3'87	18
C.A.4.2	1'51	0'9	2'71	0'8	3'39	1'5	19	7'33	1'83	2'71	18
C.A.4.3	0'75	0'9	1'36	0'8	1'70	1'5	14'5	5'59	1'40	2'28	18
C.A.4.4	3'13	0'9	5'63	0'8	7'04	1'5	16	6'17	1'54	2'42	18
C.A.4.5	2'09	0'9	3'76	0'8	4'70	1'5	22'5	8'68	2'17	3'05	18
C.A.4.6	3'13	0'9	5'63	0'8	7'04	1'5	28'5	10'99	2'75	3'63	18
C.A.4.7	1'04	0'9	1'88	0'8	2'35	1'5	32	12'34	3'09	3'97	18
C.A.4.8	2'26	0'9	4'07	0'8	5'09	1'5	33'5	12'92	3'23	4'11	18
C.A.4.9	0'75	0'9	1'36	0'8	1'70	1'5	16'5	6'36	1'59	2'47	18
C.A.4.10	16	0'8	16	0'8	20	4	29	8'29	2'07	2'95	34
C.A.4.11	16	0'8	16	0'8	20	4	20	5'71	1'43	2'31	34
C.A.4.12	16	0'8	16	0'8	20	4	36	10'29	2'57	3'45	34
C.A.4.13	0'06	0'9	0'11	0'8	0'14	1'5	25'5	11'48	2'87	3'75	21
C.A.4.14	0'08	0'9	0'14	0'8	0'18	1'5	25'5	11'48	2'87	3'75	21
C.A.4.15	5'07	0'9	9'13	0'8	11'41	10	66'5	12'83	3'21	4'09	60

2.3.4.8. Cuadro auxiliar 5

Línea	I_n (A)	$\cos\phi$	I_{cor} (A)	F_c	I_{cor}' (A)	S (mm ²)	L (m)	e (V)	e (%)	e_{total} (%)	$I_{max adm}$
C.A.5.1	3'13	0'9	5'63	0'8	7'04	1'5	29	11'19	2'80	3'79	18
C.A.5.2	2'09	0'9	3'76	0'8	4'70	1'5	23'5	9'06	2'27	3'26	18
C.A.5.3	2'09	0'9	3'76	0'8	4'70	1'5	18	6'94	1'74	2'73	18
C.A.5.4	0'75	0'9	1'36	0'8	1'7	1'5	12'5	4'82	1'21	2'20	18
C.A.5.5	0'75	0'9	1'36	0'8	1'7	1'5	10'5	4'05	1'01	2'00	18
C.A.5.6	1'51	0'9	2'71	0'8	3'39	1'5	19'5	7'52	1'88	2'87	18
C.A.5.7	0'75	0'9	1'36	0'8	1'7	1'5	18	6'94	1'74	2'73	18
C.A.5.8	16	0'8	16	0'8	20	4	31	8'86	2'21	3'20	34
C.A.5.9	16	0'8	16	0'8	20	4	25	7'14	1'79	2'78	34
C.A.5.10	16	0'8	16	0'8	20	4	11'5	3'29	0'82	1'81	34
C.A.5.11	0'08	0'9	0'14	0'8	0'18	1'5	20'5	9'23	2'31	3'30	21

2.3.5. INTERPRETACIÓN DE LAS TABLAS ANTERIORES

Las intensidades máximas admisibles de los cables han sido sacadas de la Tabla 19.2, ITC-BT 19, y dependiendo del montaje, hemos elegido la siguiente columna:

- Bandeja perforada: columna 10 (trifásica y monofásica a 4 hilos).
- Superficial en tubo: columna 8 (trifásica y monofásica a 4 hilos) y columna 9 (monofásica).
- Empotrado bajo tubo: columna 8 (trifásica y monofásica a 4 hilos) y columna 9 (monofásica).

A continuación se explican las abreviaturas que aparecen en las tablas anteriores:

- Línea = designación de la línea eléctrica a la que hace referencia.
- I_n = intensidad nominal de la línea en Amperios.
- $\cos\phi$ = factor de potencia.
- I_{cor} = intensidad resultante de multiplicar I_n por un factor de corrección que depende del tipo de receptor.

- F_c = factor de corrección, que depende de la temperatura, del tipo de canalización y del número de conductores que se alojan en la misma.
- I_{cor}' = es la intensidad resultante del cociente de I_{cor} entre F_c .
- S = sección del cable en mm^2 .
- L = longitud de la línea en metros.
- E = caída de tensión en voltios.
- e (%) = caída de tensión en tanto por ciento.
- e_{total} (%) = caída de tensión total, desde el origen de la instalación, en tanto por ciento.

2.4. CANALIZACIONES

2.4.1. INTRODUCCIÓN

A continuación vamos a calcular las canalizaciones correspondientes para los conductores que tenemos en cada uno de los circuitos que componen la instalación de la nave.

Dichos tubos deberán tener un diámetro tal que permita un fácil alojamiento y extracción de los cables y conductores aislados. En nuestro caso pueden ser rígidos o flexibles, según la situación a la que sean destinados, siendo en superficie o empotrados.

Los diámetros exteriores mínimos de los tubos los calcularemos en función del número y de la sección de los conductores o cables a conducir tal como nos dice la ITC-BT-21 del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión.

2.4.2. DIÁMETROS DE LAS CANALIZACIONES

2.4.2.1. Cuadro auxiliar 1

Línea	Descripción	Distribución o fase	S (mm^2)	Diámetro tubo (mm)	Montaje
C.A.1.1	Mezcladora 1	Trifásica	4	20	Superficie
C.A.1.2	Mezcladora 2	Trifásica	4	20	Superficie
C.A.1.3	Divisor de masa	Trifásica	1'5	16	Superficie
C.A.1.4	Transportadora trabajo 1	Trifásica	1'5	16	Superficie
C.A.1.5	Horno prueba principal	Trifásica	6	25	Superficie
C.A.1.6	Tomas monofásicas	Monofásica (4 hilos)	4	20	Empotrado
C.A.1.7	Tomas trifásicas	Trifásica	10	32	Empotrado

2.4.2.2. Cuadro auxiliar 2

Línea	Descripción	Distribución o fase	S (mm^2)	Diámetro tubo (mm)	Montaje
C.A.2.1	Horno prueba final	Trifásica	6	25	Superficie
C.A.2.2	Transportadora trabajo 2	Trifásica	1'5	16	Superficie
C.A.2.3	Horno	Trifásica	16	32	Superficie
C.A.2.4	Transportadora trabajo 3	Trifásica	1'5	16	Superficie
C.A.2.5	Empaquetadora	Trifásica	1'5	16	Superficie

C.A.2.6	Compresor	Trifásica	4	20	Superficie
C.A.2.7	Tomas monofásicas	Monofásica (4 hilos)	4	20	Empotrado
C.A.2.8	Tomas trifásicas	Trifásica	10	32	Empotrado

2.4.2.3. Cuadro auxiliar 3

Línea	Descripción	Distribución o fase	S (mm ²)	Diámetro tubo (mm)	Montaje
C.A.3.1	Zona producción	Monofásica (4 hilos)	4	20	Superficie
C.A.3.2	Muelle recep. materias primas	R-N	2'5	16	Superficie
C.A.3.3	Almacén materias primas	S-N	6	25	Superficie
C.A.3.4	Sala fermentación	T-N	1'5	16	Superficie
C.A.3.5	Muelle expd. producto acabado	R-N	1'5	16	Superficie
C.A.3.6	Almacén prod. acabado	S-N	1'5	16	Superficie
C.A.3.7	Sala de caldera y compresor	T-N	1'5	16	Superficie
C.A.3.8	Laboratorio 1	R-N	1'5	16	Superficie
C.A.3.9	Laboratorio 2	S-N	1'5	16	Superficie
C.A.3.10	Pasillo de producción	T-N	2'5	20	Superficie
C.A.3.11	Tomas monofásicas zona materias primas	Monofásica (4 hilos)	4	20	Empotrado
C.A.3.12	Tomas monofásicas zona producto acabado	Monofásica (4 hilos)	4	20	Empotrado
C.A.3.13	Tomas monofásicas laboratorio	Monofásica (4 hilos)	4	20	Empotrado
C.A.3.14	Emergencia zona materias primas	R-N	6	20	Superficie
C.A.3.15	Emergencia zona producto acabado	S-N	1'5	16	Superficie
C.A.3.16	Emergencia sala fermentación	S-N	1'5	16	Superficie
C.A.3.17	Emergencia sala caldera y compresor	S-N	2'5	16	Superficie
C.A.3.18	Emergencia laboratorio	S-N	1'5	16	Superficie
C.A.3.19	Emergencia pasillo de producción	S-N	4	20	Superficie
C.A.3.20	Emergencia luminarias zona producción	R-N	1'5	16	Superficie
C.A.3.21	Emergencia proyectores zona producción	T-N	1'5	16	Superficie

2.4.2.4. Cuadro auxiliar 4

Línea	Descripción	Distribución o fase	S (mm ²)	Diámetro tubo (mm)	Montaje
C.A.4.1	Aseos y vestuarios hombres	R-N	1'5	16	Superficie
C.A.4.2	Aseos y vestuarios mujeres	S-N	1'5	16	Superficie
C.A.4.3	Recepción y sala de espera	T-N	1'5	16	Superficie
C.A.4.4	Administración	Monofásica (4 hilos)	1'5	16	Superficie
C.A.4.5	Comedor	Monofásica (4 hilos)	1'5	16	Superficie

C.A.4.6	Aula de formación	Monofásica (4 hilos)	1'5	16	Superficie
C.A.4.7	Sala de descanso	Monofásica (4 hilos)	1'5	16	Superficie
C.A.4.8	Pasillo general	Monofásica (4 hilos)	1'5	16	Superficie
C.A.4.9	Pasillo auxiliar	Monofásica (4 hilos)	1'5	16	Superficie
C.A.4.10	Tomas monofásicas aseos y vestuarios	Monofásica (4 hilos)	4	20	Empotrado
C.A.4.11	Tomas monofásicas recepción, sala espera y administración	Monofásica (4 hilos)	4	20	Empotrado
C.A.4.12	Tomas monofásicas sala de descanso, comedor y aula formación	Monofásica (4 hilos)	4	20	Empotrado
C.A.4.13	Emergencia aseos, pasillo auxiliar y recepción	R-N	1'5	16	Superficie
C.A.4.14	Emergencia pasillo, administración, comedor, aula formación y sala descanso	S-N	1'5	16	Superficie
C.A.4.15	Exterior	Monofásica (4 hilos)	10	32	Empotrado

2.4.2.5. Cuadro auxiliar 5

Línea	Descripción	Distribución o fase	S (mm ²)	Diámetro tubo (mm)	Montaje
C.A.5.1	Sala de reuniones	Monofásica (4 hilos)	1'5	16	Superficie
C.A.5.2	Despacho nº1	Monofásica (4 hilos)	1'5	16	Superficie
C.A.5.3	Despacho nº2	Monofásica (4 hilos)	1'5	16	Superficie
C.A.5.4	Aseos nº1	R-N	1'5	16	Superficie
C.A.5.5	Aseos nº2	S-N	1'5	16	Superficie
C.A.5.6	Pasillo	Monofásica (4 hilos)	1'5	16	Superficie
C.A.5.7	Zona escaleras	T-N	1'5	16	Superficie
C.A.5.8	Tomas monofásicas sala de reuniones	Monofásica (4 hilos)	4	20	Empotrado
C.A.5.9	Tomas monofásicas despachos	Monofásica (4 hilos)	4	20	Empotrado
C.A.5.10	Tomas monofásicas aseos	Monofásica (4 hilos)	4	20	Empotrado
C.A.5.11	Emergencia sala reuniones, despachos, aseos, pasillo y escaleras	T-N	1'5	16	Superficie

2.4.2.6. Línea subterránea de media tensión

Para la parte subterránea de la línea de media tensión, dispondremos de 2 tubos de 160mm de diámetro, y por uno de ellos irán las 3 fases, dejando el otro libre de reserva, como se nos dice en la norma de Iberdrola MT 2.31.01.

2.4.2.7. Líneas generales de alimentación

Para calcular el diámetro exterior de los tubos protectores de las líneas generales de alimentación, miraremos en la Tabla 21.9, ITC-BT 21 y se ha elegido poner, un tubo para cada línea (3 fases y neutro).

Para la línea que va al cuadro general de distribución 1, hemos elegido un tubo de 140mm de diámetro, y para las otras dos líneas, las que van a los cuadros generales de distribución 2 y 3, se ha elegido poner un tubo de 180mm de diámetro para cada una de las líneas.

2.4.2.8. Líneas a cuadros auxiliares 4 y 5

Como bien viene indicado en los planos del presente proyecto, la canalización de las líneas que van desde el cuadro general de distribución hasta los cuadros auxiliares 4 y 5 se van a realizar por tubo transcurriendo por el falso techo. Para calcular los diámetros de dichos tubos protectores, miraremos en la Tabla 21.2, ITC-BT 21, y elegiremos un tubo para cada línea.

Para la línea que va hasta el cuadro auxiliar 4, seleccionamos un tubo con un diámetro exterior de 50mm, y para la línea del cuadro auxiliar 5, un tubo de 32mm de diámetro exterior.

2.5. CÁLCULO DE LAS INTENSIDADES DE CORTOCIRCUITO

2.5.1. INTRODUCCIÓN

Para realizar una elección mejor de los sistemas de protección para la nave nos es imprescindible el cálculo de las corrientes de cortocircuito.

Estas corrientes de cortocircuito tienen como objeto el determinar el poder de corte de la aparatada de protección en los puntos considerados. Estos puntos serán las entradas a los cuadros de distribución y en los diferentes aparatos de protección de los que consta la instalación.

En todo punto de colocación de las protecciones el poder de corte deberá ser igual o superior a la corriente de cortocircuito (I_{cc}) que a continuación se va a calcular de todas las ramas posibles de los aparatos conectados.

El procedimiento para poder calcular dichas corrientes de cortocircuito será el método de las impedancias, método explicado en la memoria del presente proyecto.

2.5.2. CÁLCULO DE LAS INTENSIDADES DE CORTOCIRCUITO EN EL SECUNDARIO DEL TRANSFORMADOR

En primer lugar se calculará la impedancia aguas arriba de los transformadores.

Con este método debemos conocer la potencia de cortocircuito de la red a la que nos vamos a conectar. En nuestro caso, la compañía que nos va a proporcionar la energía eléctrica es Iberdrola y el dato suministrado para la potencia de cortocircuito es el siguiente:

$$S_{cc} = 500 \text{ MVA}$$

Despreciamos la resistencia R frente a la reactancia X, debido a que R frente a X es muy pequeña, por lo que se puede calcular la impedancia de la red aguas arriba llevada al secundario de los transformadores.

$$Z = X = \frac{U_s^2}{S_{cc}} = \frac{400^2}{500 \times 10^6} = 0'00032 \Omega = 0'32 \text{ m}\Omega$$

Donde:

- U_s = tensión en vacío del secundario en voltios.
- S_{cc} = potencia de cortocircuito en VA.
- Z, X = impedancia o reactancia aguas arriba.

En segundo lugar procederemos a calcular la impedancia de los transformadores, para ello se considera despreciable la apartamentada de alta tensión. Además se desprecia la resistencia del transformador frente a la impedancia de este mismo.

De esta manera la impedancia de los transformadores serían las siguientes:

$$Z = X = U_s^2 \times \frac{U_{cc}}{S \times 100} = 400^2 \times \frac{4}{400.000 \times 100} = 0'016 \Omega = 16 \text{ m}\Omega$$

Donde:

- U_s = tensión en vacío entre fases en voltios.
- U_{cc} = tensión de cortocircuito en % (4%).
- S = potencia aparente en VA (400 KVA).
- Z, X = impedancia o reactancia al secundario.

De este modo a partir de los datos calculados, tanto de la impedancia de la red como del transformador, podemos calcular la intensidad de cortocircuito en el secundario del transformador:

$$Z_T = X_T = 0'32 \text{ m}\Omega + 16 \text{ m}\Omega = 16'32 \text{ m}\Omega$$

$$I_{cc} = \frac{U_s}{\sqrt{3} \times Z_T} = \frac{400}{\sqrt{3} \times 16'32 \times 10^{-3}} = 14.150'74 \text{ A} = 14'15 \text{ kA}$$

Donde:

- I_{cc} = corriente de cortocircuito eficaz.
- U_s = tensión entre fases en vacío del secundario del transformador
- Z_T = impedancia total por fase de la red aguas arriba del defecto.

2.5.3. CÁLCULO DE LA INTENSIDAD DE CORTOCIRCUITO EN LOS CUADROS GENERALES DE DISTRIBUCIÓN

Se parte de los datos obtenidos en el secundario de los transformadores en los que tenemos una impedancia $Z_T = 16'32 \text{ m}\Omega$ inductiva.

Una vez hecho esto se calculan los valores de la resistencia, la reactancia y la impedancia, desde cada transformador hasta los cuadros generales de distribución.

Primero calcularemos la impedancia de la línea que va desde el transformador hasta el cuadro general de distribución 1, de sección 95mm^2 .

$$R = \rho \times \frac{L}{A} = 0'01724 \times \frac{36}{95} = 0'00653 \Omega = 6'53 \text{ m}\Omega$$

$$Z_L = 6'53 \text{ m}\Omega$$

$$Z_{AUT} = 4 \times 0'15 \text{ m}\Omega j = 0'6 \text{ m}\Omega j$$

$$Z_T = 6'53 \text{ m}\Omega + 16'92 \text{ m}\Omega j$$

$$|Z_T| = \sqrt{(6'53 \times 10^{-3})^2 + (16'92 \times 10^{-3})^2} = 0'01814 \Omega = 18'14 \text{ m}\Omega$$

$$I_{cc} = \frac{U_s}{\sqrt{3} \times Z_T} = \frac{400}{\sqrt{3} \times 18'14 \times 10^{-3}} = 12.730'99 \text{ A} = 12'731 \text{ kA}$$

A continuación, calcularemos las intensidades de cortocircuito de las otras dos líneas, las que van a los cuadros generales de distribución 2 y 3, con una sección de 185mm^2 cada una.

$$R = \rho \times \frac{L}{A} = 0'01724 \times \frac{36}{185} = 0'00335 \Omega = 3'35 \text{ m}\Omega$$

$$Z_L = 3'35 \text{ m}\Omega$$

$$Z_{AUT} = 4 \times 0'15 \text{ m}\Omega j = 0'6 \text{ m}\Omega j$$

$$Z_T = 3'35 \text{ m}\Omega + 16'92 \text{ m}\Omega j$$

$$|Z_T| = \sqrt{(3'35 \times 10^{-3})^2 + (16'92 \times 10^{-3})^2} = 0'01725 \Omega = 17'25 \text{ m}\Omega$$

$$I_{cc} = \frac{U_s}{\sqrt{3} \times Z_T} = \frac{400}{\sqrt{3} \times 17'25 \times 10^{-3}} = 13.387'83 \text{ A} = 13'388 \text{ kA}$$

2.5.4. CÁLCULO DE LAS INTENSIDADES DE CORTOCIRCUITO EN LOS CUADROS AUXILIARES

2.5.4.1. Cuadro general de distribución 1

Línea	L (m)	S (mm ²)	R (mΩ)	X _{aut} (mΩ)	R _{total} (mΩ)	X _{total} (mΩ)	Z _{total} (mΩ)	Tensión (V)	I _{cc} (KA)
C.Aux.1	20	50	6'896	0'45	13'426	17'370	21'954	400	10'519

2.5.4.2. Cuadro general de distribución 2

Línea	L (m)	S (mm ²)	R (mΩ)	X _{aut} (mΩ)	R _{total} (mΩ)	X _{total} (mΩ)	Z _{total} (mΩ)	Tensión (V)	I _{cc} (KA)
C.Aux.2	37	95	6'715	0'45	10'065	17'370	20'075	400	11'504

2.5.4.3. Cuadro general de distribución 3

Línea	L (m)	S (mm ²)	R (mΩ)	X _{aut} (mΩ)	R _{total} (mΩ)	X _{total} (mΩ)	Z _{total} (mΩ)	Tensión (V)	I _{cc} (KA)
C.Aux.3	22	35	10'837	0'45	14'187	17'370	22'427	400	10'297
C.Aux.4	22'5	35	11'083	0'45	14'433	17'370	22'584	400	10'226
C.Aux.5	18	16	19'395	0'45	22'745	17'370	28'619	400	8'069

2.6. CÁLCULO DE LAS BATERÍAS DE CONDENSADORES PARA LA CORRECCIÓN DEL FACTOR DE POTENCIA

2.6.1. BATERÍAS DE CONDENSADORES PARA LA INSTALACIÓN

A continuación se calculará las baterías de condensadores necesaria para poder tener en la instalación un $\cos\varphi$ cercano a 1. Colocaremos una batería de condensadores por cada cuadro general de distribución, por lo que “separaremos” nuestra instalación de la nave en tres partes. Para ello se parte de los siguientes datos conocidos de la instalación:

- Cuadro general de distribución 1:

$$P = 65.219 \text{ W}$$

$$\varphi = 0'80$$

Se desea obtener un $\cos\varphi = 0,99$, para ello será necesaria una batería de condensadores con la siguiente potencia reactiva:

$$Q = P (\tan \varphi_{\text{inicial}} - \tan \varphi_{\text{deseada}})$$

$$Q = 65.219 \times (0'75 - 0'142) = 39.653'15 \text{ VAR}$$

Esta potencia será la que tenga que suministrar la batería de condensadores en la parte correspondiente al cuadro general de distribución 1. Elegiremos una batería de condensadores que pueda llegar a suministrar una energía reactiva mayor de 39.653'15 VAR

El equipo seleccionado para la corrección automática del factor de potencia es una batería de condensadores de 43'75 KVAR de clase EUB-4-43'75-400 de la marca Circutor.

- Cuadro general de distribución 2:

$$P = 86.164 \text{ W}$$

$$\varphi = 0'80$$

$$Q = 86.164 \times (0'75 - 0'142) = 52.387'71 \text{ Var}$$

Para este caso, en el cuadro general de distribución 2, colocaremos una batería de condensadores de 55 KVAR de clase EUB-4-55-400 de la marca Circutor.

- Cuadro general de distribución 3:

$$P = 38.629'1 \text{ W}$$

$$\varphi = 0'83$$

$$Q = 38.629'1 \times (0'672 - 0'142) = 20.473'42 \text{ Var}$$

Para este caso, en el cuadro general de distribución 3, colocaremos una batería de condensadores de 25 KVAR de clase EUB-3-25-400 de la marca Circutor.

2.6.2. CÁLCULO DE LOS CONDUCTORES DE UNIÓN A LAS BATERÍAS DE CONDENSADORES

Aplicando la fórmula de la potencia se halla la intensidad que circulará por el cable que alimenta a las baterías recién calculadas:

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

Siendo:

- $\text{Sen } \varphi = 1$, el de la batería de condensadores.
- $V = 400 \text{ V}$
- $Q = \text{potencia de la batería de condensadores (VAr)}$.

Despejando I_n para cada una de las baterías de condensadores nos sale una corriente de 63'15 A. para la batería nº1, de 79'39 A. para la batería nº2 y de 36'08 A. para la batería nº3.

El valor de la intensidad consumida debe ser multiplicado por un coeficiente de seguridad especificado por el RBT en la ITC-BT 48, a fin de tener en cuenta los armónicos y las tolerancias sobre las capacidades, en este caso 1,8.

$$I_{n1}' = I_{n1} \times 1'8 = 63'15 \times 1'8 = 113'67 \text{ A.}$$

$$I_{n2}' = I_{n2} \times 1'8 = 79'39 \times 1'8 = 142'90 \text{ A.}$$

$$I_{n3}' = I_{n3} \times 1'8 = 36'08 \times 1'8 = 64'94 \text{ A.}$$

Mirando en la tabla 19.2 de la ITC-BT 19 y eligiendo un montaje de conductores aislados en tubos en montaje superficial y con aislamiento de XLPE, seleccionamos una sección (con el neutro de la misma sección) para los conductores de unión de las 3 baterías de condensadores.

Línea	I_n' (A)	S_{fase} (mm ²)	S_{neutro} (mm ²)	$S_{\text{c.prot}}$ (mm ²)
Bat. Cond. 1	113'67	35	35	16
Bat. Cond. 2	142'90	70	70	35
Bat. Cond. 3	64'94	25	25	16

2.6.3. CÁLCULO DE LAS INTENSIDADES DE CORTOCIRCUITO EN LAS BATERÍAS DE CONDENSADORES

Para elegir el poder de corte de las protecciones de las baterías de condensadores, simplemente miraremos en los cálculos de las I_{cc} calculadas anteriormente en los cuadros generales de distribución y determinaremos que en el C.G.D.1 tendremos una corriente de cortocircuito de 12'731 kA y para los C.G.D.2 y 3, de 13'388 kA.

2.7. INSTALACIÓN DE PUESTA A TIERRA

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

Entre los dos valores enunciados elegiremos el de 50 Voltios, ya que se trata de una nave con ambiente seco y será por esto por lo que se toman las siguientes medidas para dicho fin:

- Tensión máxima de contacto: 50 V.
- Corriente máxima de disparo del interruptor diferencial: 500 mA.
- Resistividad del terreno: $150 \Omega \times m$, según la Tabla18.3, ITC-BT 18, el suelo formado por margas y arcillas compactas varía de 100 a $200 \Omega \times m$, por lo que hemos elegido el valor medio.
- Valor máximo de la resistencia de tierra será:

$$R \leq \frac{V_c}{I_c} = 100 \Omega$$

Resistencia de tierra del conductor de cobre enterrado

Según la ITC-BT 18, el conductor ira enterrado a una profundidad mínima de 0'50m. En la Tabla18.5, ITC-BT 18 calculamos el valor de esta resistencia:

$$L \text{ (longitud del conductor de cobre)} = 30m$$

$$R_{\text{conductor}} = (2 \times \rho) / L = (2 \times 150) / 30 = 10 \Omega$$

Elegiremos un conductor de cobre desnudo de $50mm^2$.

Comprobamos, sabiendo que la intensidad de defecto máxima sería 500 mA, si la tensión es menor que la máxima permitida:

$$V = I \times R_{\text{total}} = 0'5 \times 10 = 5 V < 50 V$$

Por lo tanto, damos por buena la instalación de puesta a tierra calculada.

Punto de puesta a tierra

El dispositivo que mide la puesta a tierra se colocará sobre el conductor de puesta a tierra y en un lugar accesible, tal y como dice la ITC-BT 18, por lo que lo hemos colocado en el muelle de expedición del producto acabado, junto a los Cuadros Generales de Distribución.

2.8. CENTRO DE TRANSFORMACIÓN

En este apartado se realizará todo cálculo concerniente al centro de transformación que se sitúa en el exterior de la nave en un local independiente. Para ello se realizará el cálculo de las intensidades en la parte de baja tensión, alta tensión, de cortocircuito, iluminación, protección, etc.

Seleccionaremos un centro de transformación tipo caseta PFU-5 de la marca *Ormazabal* que cumple con nuestras necesidades de instalar 2 transformadores.

2.8.1. INTENSIDAD EN MEDIA TENSIÓN

En un sistema trifásico, la intensidad primaria I_p viene determinada por la expresión:

$$I_p = \frac{S}{\sqrt{3} \times U} = \frac{400.000}{\sqrt{3} \times 13.200} = 17'50 \text{ A}$$

Siendo:

- S = potencia del transformador en KVA. (400 KVA)
- U = tensión compuesta primaria en KV (13,2 KV)
- I_p = intensidad primaria en amperios.

Emplearemos 3 conductores de aluminio de 50mm² de sección del tipo VULPREN HEPRZ1 Al H-16 12/20 kV con un aislamiento de etileno-propileno de alto módulo 105°C (HEPR) con una cubierta de poliolefina termoplástica libre de halógenos y de la marca General Cable.

2.8.2. INTENSIDAD EN BAJA TENSIÓN

De igual manera que en el lado de alta tensión, la intensidad secundaria I_s para cada transformador viene determinada por la expresión:

$$I_s = \frac{S}{\sqrt{3} \times U} = \frac{400 \text{ KVA}}{\sqrt{3} \times 400 \text{ V}} = 577'35 \text{ A}$$

Para ver las secciones de las diferentes líneas, miraremos en el apartado 2.3.3 del presente documento. Los conductores serán de cobre del tipo ENERGY RV CI2 0'6/1 kV con un aislamiento de XLPE, una cubierta de PVC, y serán de la marca General Cable.

2.8.3. INTENSIDADES DE CORTOCIRCUITO

Para el cálculo de la intensidad de cortocircuito se determina una potencia de cortocircuito de 500 MVA en la red de distribución, dato proporcionado por la compañía suministradora de energía eléctrica (IBERDROLA).

2.8.3.1. CORRIENTES DE CORTOCIRCUITO DEL LADO DE MEDIA TENSIÓN

La intensidad primaria para cortocircuito en el lado de alta tensión es la siguiente:

$$I_{ccp} = \frac{S_{cc}}{\sqrt{3} \times U_p} = 21'87 \text{ kA}$$

Siendo:

- S_{cc} = potencia de cortocircuito de la red en MVA (500 MVA).
- U_p = tensión primaria en kV (13,2 kV).
- I_{ccp} = intensidad de cortocircuito primaria en kA.

2.8.3.2. CORRIENTES DE CORTOCIRCUITO DEL LADO DE BAJA TENSIÓN

La intensidad secundaria para cortocircuito en lado de baja tensión (despreciando la impedancia de la red de alta tensión) es la siguiente:

$$I_{ccs} = \frac{S}{\sqrt{3} \times \frac{U_{cc}}{100} \times U_s} = \frac{400.000}{\sqrt{3} \times \frac{4}{100} \times 400} = 14'434 \text{ kA}$$

Siendo:

- S = potencia del transformador en KVA (400 KVA).
- U_{cc} = tensión porcentual de cortocircuito del transformador (4 %).
- U_s = tensión secundaria en carga en voltios.
- I_{ccs} = intensidad secundaria máxima para un cortocircuito en el lado de baja tensión en kA.

Vemos que es un poco más alta que la calculada anteriormente en el apartado 2.5.2 de este documento debido a que ahora no hemos tenido en cuenta la impedancia de la red de media tensión.

2.8.4. PROTECCIÓN DE MEDIA TENSIÓN

Los cortacircuitos fusibles son los limitadores de corriente, produciéndose su fusión, para una intensidad determinada, antes que la corriente haya alcanzado su valor máximo. De todas formas, esta protección debe permitir el paso de la punta de corriente producida en la conexión del transformador en vacío, soportar la intensidad en servicio continuo y sobrecargas eventuales y cortar las intensidades de defecto en los bornes del secundario del transformador.

Como regla práctica, teniendo en cuenta la conexión en vacío del transformador y evita el envejecimiento del fusible, se puede verificar que la intensidad que hace fundir al

fusible en 0,1 seg. es siempre superior o igual a 14 veces la intensidad nominal del transformador. Por tanto la intensidad nominal del fusible se escogerá teniendo en cuenta la potencia del transformador a proteger.

En este caso, y según la norma MT 2.13.40 de Iberdrola, teniendo dos transformador de 400 KVA, se instalarán fusibles de 40 A. a cada uno, y de 100A. para el fusible de la celda de protección general de los transformadores.

2.8.5. VENTILACIÓN DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN

Como nos indica en el Reglamento para calcular la superficie de la reja de entrada de aire para cada transformador, utilizaremos la siguiente expresión:

$$S_r = \frac{W_{cu} + W_{fe}}{0'24 \times k \times \sqrt{h} \times \Delta t^2} = \frac{(0'93 + 4'6)}{0'24 \times 0'6 \times \sqrt{2} \times 15^2} = 0'467 \text{ m}^2$$

Siendo:

- W_{cu} = pérdidas en cortocircuito del transformador en KW.
- W_{fe} = pérdidas en vacío del transformador en KW.
- h = distancia vertical entre centros de rejillas (2m).
- Δt = diferencia de temperatura entre el aire de salida y el de entrada, considerándose en este caso un valor de 15 °C.
- k = coeficiente en función de la reja de entrada de aire, considerándose su valor como 0,6
- S_r = superficie mínima de la reja de entrada de ventilación del transformador.

Así pues, esta será la superficie mínima para la ventilación de cada transformación. Para ello se dispondrán de una rejillas de ventilación para la entrada de aire de cada transformador situada en la parte superior, justo detrás de cada transformador, de dimensiones 700 x 700 mm cada una, consiguiendo así una superficie de ventilación de entrada de 0'49 m². Para la evacuación del aire se dispondrá de una rejillas que se situarán en la parte inferior de las puertas de cada transformador, de las mismas dimensiones que las de entrada, es decir, de 700 x 700mm, tal y como puede verse en el plano correspondiente. La superficie de salida será de 0'49 m² para cada transformador. Las rejillas de entrada y salida de aire irán situadas en las paredes a diferente altura, siendo la distancia verticalmente medida de separación entre los puntos medios de dichas rejillas de 2 m, tal como 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.

2.8.6. ALUMBRADO DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN

2.8.6.1. ALUMBRADO GENERAL

El centro de transformación debe poseer una cierta iluminación para poder desempeñar sin problemas de visión el trabajo dentro de ellos. Para ello viendo sus dimensiones y sus características procedemos a calcular su iluminación.

Para calcular el número de luminarias necesarias para alcanzar el nivel mínimo de iluminación del centro de transformación (150 lux), utilizaremos el mismo método que para calcular el alumbrado general de la nave industrial, el programa Dialux 4.6. Supondremos la altura del plano útil de 1 metro.

Dimensiones CT PFU-5 de la marca *Ormazabal*:

- Longitud: 6080 mm
- Fondo: 2380 mm
- Altura: 3045 mm
- Altura vista: 2585mm

Como resultado, tendremos que colocar 3 luminarias del tipo Europa 2 FBS120 2xPL-C/2P26W/840 CON PG de la marca *Philips*. La potencia total del alumbrado general del centro de transformación es de 156 watios.

2.8.6.2. ALUMBRADO DE EMERGENCIA

Área del centro de transformación: 14'470 m²

Para el alumbrado de emergencia elegiremos 2 luminarias *Dunna* D3-60 de 60 luxes, de 3 horas de autonomía y un consumo de 2'2 watios. Ambas se situarán sobre cada uno de los cuadros de baja tensión del centro de transformación.

2.8.7. CUADROS DE BAJA TENSIÓN

Al disponer de 2 transformadores, hemos optado por poner 2 cuadros de baja tensión. De ellos saldrá la iluminación al centro de transformación, tanto el alumbrado normal como el de emergencia, y las tomas monofásicas de corriente ubicada en dicho local. Las tomas de corriente estarán situadas un par de ellas justo debajo del cuadro de baja tensión 1, y otra toma debajo del cuadro de baja tensión 2.

Se ha elegido colocar un automatismo mediante contactores de tal forma que el alumbrado general y las tomas monofásicas de corriente esté siempre en funcionamiento, salvo en el caso de que ninguno de los transformadores estén funcionando, entonces únicamente tendremos en funcionamiento el alumbrado de emergencia con una autonomía de 3 horas. Mientras estén funcionando ambos transformadores, la potencia de los servicios del centro de transformación (alumbrado general y tomas monofásicas de corriente) estará suministrada por el transformador 1.

2.8.7.1. CUADRO DE BAJA TENSIÓN 1

En la norma NI 50.40.04 de Iberdrola, nos indica que la instalación eléctrica en baja tensión del centro de transformación, se realice mediante canalización de superficie y los conductores deberán de ser de cobre, con una sección mínima de 2'5mm² y serán del tipo H07 V-K.

Por ello, hemos elegido un montaje superficial de tubo rígido grapado a la pared y seleccionaremos un cable de la marca *General Cable* y de tipo Genlis-F H07V-K con aislamiento de PVC.

Como las líneas calculadas para el centro de transformación son relativamente cortas, nos evitaremos los cálculos de caída de tensión, que supondremos que son innecesarios.

Línea	Descripción	P (W)	V (v)	Cos ϕ	I _a (A)	F _c	I _c (A)	Fase o distribución
C.T.1.1	Alumbrado general	156	230	0'9	0'75	1'8	1'35	S-N
C.T.1.2	Alumbrado de emergencia	4'4	230	0'9	0'02	1'8	0'04	R-N
C.T.1.3	Tomas corriente trifásica	2.944	230	0'8	16	1	16	Monofásica (4 hilos)
TOTAL		3.104'4	400	0'8	16'77		17'39	

Línea	I _c (A)	L (m)	Secciones cables (mm ²)			Ø tubo (mm)
			Fase(s)	Neutro	Tierra	
C.T.1.1	1'35	6	2'5	2'5	2'5	16
C.T.1.2	0'02	1'5	2'5	2'5	2'5	16
C.T.1.3	16	6	4	4	4	20

2.8.7.2. CANALIZACIONES DE LAS LÍNEAS DE LOS CUADROS DE BAJA TENSIÓN

Todas las canalizaciones las haremos mediante tubo rígido de PVC, con el diámetro exterior de tubo que viene indicado en el anterior apartado.

Para las tomas de corriente, que están situadas justo debajo de los cuadros de baja tensión, la canalización irá grapada a la pared, pasando por encima de la puerta en el caso de la canalización hasta la toma monofásica del cuadro de baja tensión 2. Del mismo método llevaremos el tubo de las canalizaciones del alumbrado de emergencia, que estarán situadas las luminarias encima de su correspondiente cuadro de baja tensión.

Para el alumbrado general subiremos los tubos por la pared y después transcurrirán grapados por el techo por el camino que indican los planos del centro de transformación.

2.8.8. CÁLCULO DE LA INSTALACIÓN DE PUESTA A TIERRA

2.8.8.1. INVESTIGACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL SUELO

De acuerdo con lo indicado en la instrucción Técnica complementaria MIE-RAT 13.4, por ser la instalación objeto del presente proyecto de tercera categoría y la intensidad permanente de cortocircuito a tierra inferior a 16 KA, no será imprescindible realizar una investigación previa de la resistividad del terreno.

Según la investigación previa del terreno donde se instalará este Centro de Transformación, se determina la resistividad media superficial de 150 Ωm teniendo en cuenta que es un suelo de margas y arcillas compactas como nos indica la instrucción MIE-RAT 13 (100-200 Ωm).

2.8.8.2. 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.

El procedimiento recomendado, es el propuesto por UNESA en su publicación: «Método de cálculo y proyecto de instalaciones de puesta a tierra para centro de transformación de tercera categoría».

Sabiendo las dimensiones de la caseta se elegirá la configuración que más se le parezca. Como la caseta es de 6'08m de largo y 2'38m de ancho el sistema elegido será el 70-40/8/42 y estará formado por un conductor de cable desnudo de 50 mm² formando un cuadrado de 7m x 4m con 4 picas de 14mm de diámetro y 2m de longitud, una en cada vértice.

Conociendo el sistema elegido y que la profundidad de enterramiento es 0'8m en el cuadro resumen de parámetros se cogerán los valores de K_r , K_c y K_p para los cálculos posteriores ($K_r=0'062$ / $K_p=0'0093$ / $K_c=0'0266$).

El primer paso es calcular la resistencia de puesta a tierra:

$$R_t = K_r \times \rho_t = 0'062 \times 150 = 9'3 \Omega$$

Conociendo la intensidad de defecto a tierra, dato de la empresa suministradora Iberdrola, calcularemos el potencial del electrodo:

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

$$V_{\text{electrodo}} = I_d \times R_t = 500 \times 9'3 = 4.650 \text{ V.}$$

- *Tensiones de contacto y de paso máximas permitidas:*

Toda instalación eléctrica deberá disponer de una protección o instalación de tierra diseñada en forma tal que, en cualquier punto normalmente accesible del interior o exterior de la misma donde las personas puedan circular o permanecer, estas queden sometidas como máximo a las tensiones de paso y contacto (durante cualquier defecto en la instalación eléctrica o en la red unida a ella) que resulten de la aplicación de las formulas que se recogen a continuación:

$$V_{c \text{ max}} = (k / t^n) \times (1+(1'5\rho_t / 1000))$$

$$V_{p \max} = (10k / t^n) \times (1 + (6\rho_t / 1000))$$

Siendo:

- $k=72$ y $n=1$ para tiempos inferiores a 0.9 segundos (según el RAT)
- t = duración de la falta en segundos. $t = 0.1\text{seg}$
- ρ_t = resistividad superficial del terreno

- *Cálculo de tensiones en el interior de la instalación:*

En el suelo del CT, se instalará un mallado electrosoldado, con redondos de diámetro no inferior a 4 mm formando una retícula no superior a 0,3 x 0,3 m, embebido en el suelo de hormigón del Centro de Transformación a una profundidad de 0,10 m.

Este mallado se conectará como mínimo en dos puntos, preferentemente opuestos, al electrodo de puesta a tierra de protección del Centro de Transformación.

Todas las partes metálicas interiores del CT que deben conectarse a la puesta a tierra de protección (cajas de los transformadores, cabinas, armarios, soportes, bastidores, carcasas, pantallas de los cables, etc.), se conectarán a este mallado y este a la tierra de protección.

Las puertas y rejillas metálicas que den al exterior del centro no tendrán contacto eléctrico con masas conductoras susceptibles de quedar sometidas a tensión debido a defectos o averías. Por tanto, no se conectarán a este mallado interior.

Con la instalación del mallado equipotencial en el suelo del CT, no pueden aparecer tensiones de paso y contacto en el interior del mismo.

No obstante, y según el método de cálculo empleado, al ser una configuración rectangular la tensión de paso de acceso será:

$$V_{\text{acceso}} = K_c \times \rho_t \times I_d = 0'0266 \times 150 \times 500 = 1.995 \text{ V}$$

Esta tensión debe ser menor que la tensión de acceso máxima dada por la fórmula:

$$V_{\text{acceso max}} = (10k / t^n) \times (1 + ((3\rho_t + 3\rho'_t) / 1000))$$

Siendo esto cuando la persona tiene un pie en el terreno ($\rho_t = 150\Omega\text{m}$) y el otro en el hormigón ($\rho'_t = 3000\Omega\text{m}$).

Se comprueba que se cumple:

$$\begin{aligned} V_{\text{acceso max}} &= (10k / t^n) \times (1 + ((3\rho_t + 3\rho'_t) / 1000)) \\ &= (10 \times 72 / 0.1) \times (1 + (9450/1000)) = 75.240 \text{ V} > 1.995 \text{ V} \end{aligned}$$

- *Cálculo de tensiones en el exterior de la instalación:*

En la mayoría de los casos no es posible conseguir que las tensiones de contacto se mantengan dentro de los valores reglamentarios, entonces deberá recurrirse al empleo de medidas adicionales de seguridad a fin de reducir los riesgos a las personas y los bienes.

Tales medidas podrán ser entre otras:

- Hacer inaccesibles las zonas peligrosas.
- Disponer suelos o pavimentos que aislen suficientemente de tierra las zonas de servicio peligrosas.
- Aislar todas las empuñaduras o mandos que hayan de ser tocados.
- Establecer conexiones equipotenciales entre la zona donde se realice el servicio y todos los elementos conductores accesibles desde la misma.
- Aislar los conductores de tierra a su entrada en el terreno.

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 al exterior del centro no tendrán contacto eléctrico alguno con masas conductoras que, a causa de defectos o averías, sean susceptibles de quedar sometidas a tensión.

Con estas medidas de seguridad, la tensión de contacto en el exterior será igual a la tensión de acceso y ya se ha calculado que es menor que la máxima tensión de acceso permitida.

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:

$$V_p = K_p \times I_d \times \rho_t = 0'0093 \times 500 \times 150 = 697'5 \text{ V}$$

Se comprueba que es menor que la máxima permitida:

$$V_{p \max} = (10k / t^n) \times (1 + (6\rho_t / 1000)) = (10 \times 72 / 0.1) \times (1+0'9) = 13.680 \text{ V}$$

$$V_{p \max} = 13.680 \text{ V} > 697'5 \text{ V}$$

2.8.8.3. TIERRAS 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.

Se elige el sistema 8/42, formado por un conductor de cable desnudo de 50 mm² con 4 picas en hilera de 14mm de diámetro y 2m de longitud y separadas 3m entre ellas.

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.

El valor de la resistencia de puesta a tierra de este electrodo deberá ser inferior a 37Ω.

Con este criterio se consigue que un defecto a tierra en una instalación interior, protegida contra contactos indirectos por un interruptor diferencial de sensibilidad 500 mA, no ocasione en el electrodo de puesta a tierra de servicio una tensión superior a:

$$0,500 \times 37 = 18,5 \text{ V}$$

Ahora comprobamos que la resistencia sale menor que 37Ω:

$$R_t = K_r \times \rho_t = 0,100 \times 150 = 15\Omega$$

2.8.8.4. SEPARACIÓN ENTRE TIERRAS DE SERVICIO, TIERRA DE PROTECCIÓN Y TIERRA DE AUTOVÁLVULAS

Tras haber calculado las puestas a tierra de protección y las de servicio y comprobando que están dentro de las normativas vigentes, debemos comprobar y garantizar que el sistema de puesta a tierra de servicio no alcance tensiones elevadas cuando se produce un defecto. Para ello debemos garantizar calculando y colocando una distancia de separación mínima entre los electrodos de los sistemas de puesta a tierra de protección y de servicio.

La distancia D mínima de separación entre ambos electrodos de protección y de servicio, para no sobrepasar los 1000 V de tensión transferida puede calcularse mediante la fórmula:

$$D_{\min} = \frac{I_d \times \rho_t}{2 \times 1000 \times \pi}$$

Siendo $I_d=500 \text{ A}$ y $\rho_t=150\Omega\text{m}$, calcularemos dicha distancia:

$$D_{\min} = \frac{I_d \times \rho_t}{2 \times 1000 \times \pi} = \frac{500 \times 150}{2 \times 1000 \times \pi} = 12,5 \text{ m}$$

La distancia mínima calculada se corresponde con la separación que debe haber entre las puestas a tierra, de protección, de las autoválvulas y cada una de servicio, utilizando medios de aislamiento para que en las distancias donde sea menor la separación no se interfieran entre ellas tensiones producidas por defectos.

Para cumplir con esta condición, las hemos separado 13 metros, tal y como se muestra en el documento nº3: “Planos”

2.8.8.5. SEPARACIÓN ENTRE LAS TOMAS DE TIERRA DEL CT Y LA DE LA INSTALACIÓN DE BAJA TENSIÓN

Además de esto, se debe tener en cuenta también la separación mínima que debe existir entre las tierras del Centro de Transformación de las que venimos hablando y la tierra del lado de Baja Tensión de nuestra nave. Para dicha distancia, la fórmula a usar la obtenemos en la ITC-BT 18:

$$D_{\min} = \frac{I_d \times p_t}{2 \times 1200 \times \pi} = \frac{500 \times 150}{2 \times 1200 \times \pi} = 9'947 \text{ m}$$

Como podemos ver en los planos correspondientes a la parcela de nuestra nave industrial, vemos que esta distancia mínima se cumple sin problemas.

Pamplona, abril de 2010

Andoni Arregui Borja



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación :

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL ELÉCTRICO

Título del proyecto:

INSTALACIÓN EN BAJA TENSIÓN DE UNA NAVE
INDSUTRIAL CON CENTRO DE TRANSFORMACIÓN

DOCUMENTO N°3: PLANOS

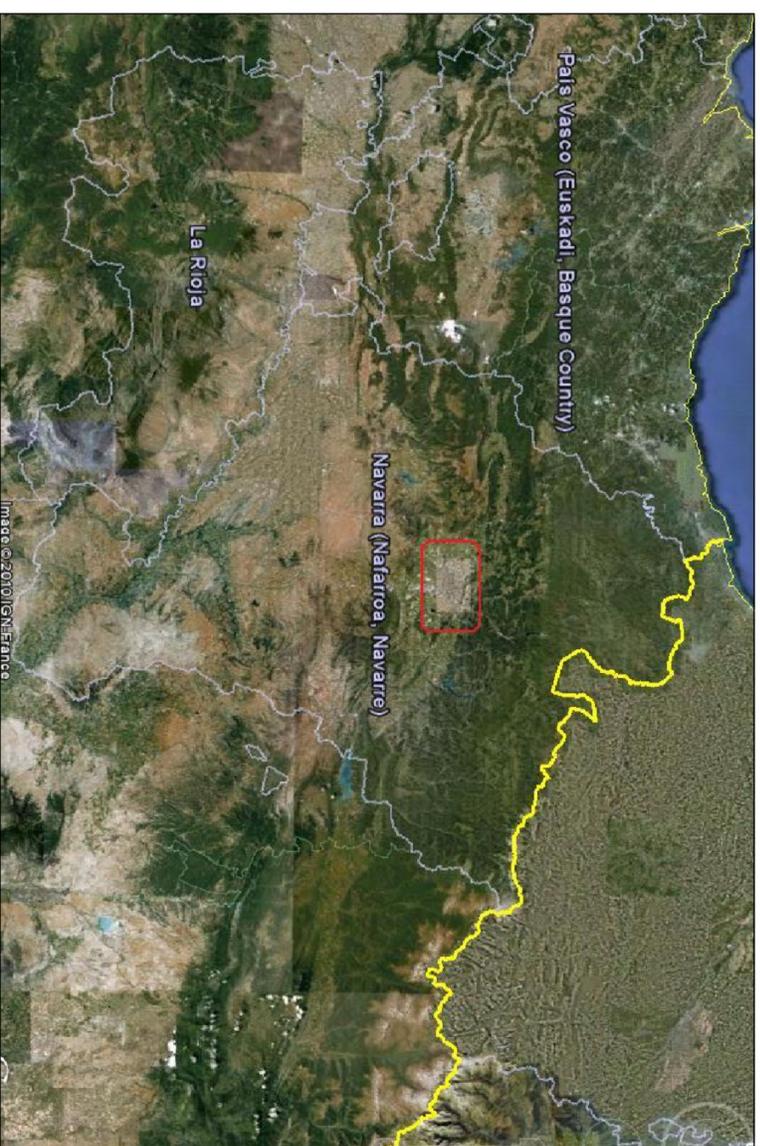
Andoni Arregui Borja

Jose Javier Crespo Ganuza

Pamplona, 29 de abril de 2.010

<u>ÍNDICE</u>	NºPLANO
- SITUACIÓN – A2	1
- EMPLAZAMIENTO – A2	2
- PLANTA NAVE INDUSTRIAL – A2	3
- ACOMETIDA, LGA, CUADROS AUXILIARES – A1	4
- CUADROS AUXILIARES 1 Y 2 – A1	5
- CUADRO AUXILIAR 3 (ALUMBRADO) – A1	6
- CIRCUITO MANDO Y FUERZA (C.AUX. 3) – A4	7
- CUADRO AUXILIAR 3 (A.EMERGENCIA Y T.CORRIENTE) – A1	8
- CUADRO AUXILIAR 4 (ALUMBRADO) – A1	9
- CIRCUITOS MANDO Y FUERZA (C.AUX. 4) – A3	10
- CUADRO AUXILIAR 4 (A.EMERGENCIA Y T.CORRIENTE) – A1	11
- CUADRO AUXILIAR 5 (ALUMBRADO, A.EMERGENCIA Y T.CORRIENTE) – A1	12
- CIRCUITOS MANDO Y FUERZA (C.AUX. 5) – A3	13
- CUADROS BAJA TENSIÓN – A3	14
- CUADROS GENERALES DE DISTRIBUCIÓN – A3	15
- CUADROS AUXILIARES – A1	16
- PUESTAS A TIERRA – A1	17
- CENTRO DE TRANSFORMACIÓN – A2	18

Comunidad Foral de Navarra



Comarca de Pamplona



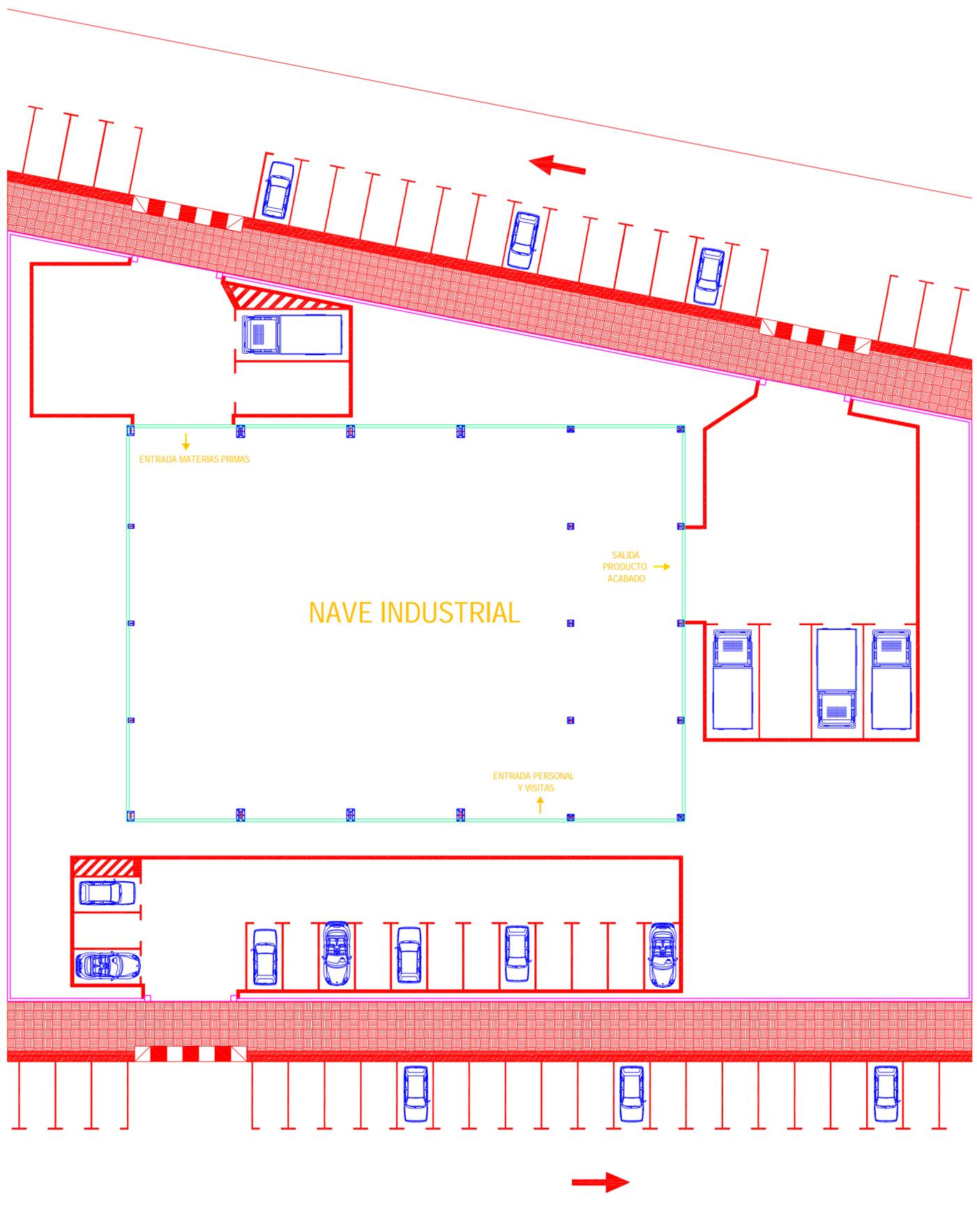
Ansoain



Parcela nave industrial



 <p>Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa</p>	E.T.S.I.I.T.	DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL
	INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.	REALIZADO: ARREGUI BORJA, ANDONI
<p>PROYECTO:</p> <p>INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN B.T. DE UNA NAVE INDUSTRIAL CON CENTRO DE TRANSFORMACIÓN</p>	FIRMA:	
<p>PLANO:</p> <p>SITUACIÓN DE LA NAVE INDUSTRIAL</p>	FECHA: 29 - 4 - 2010	ESCALA: N/D

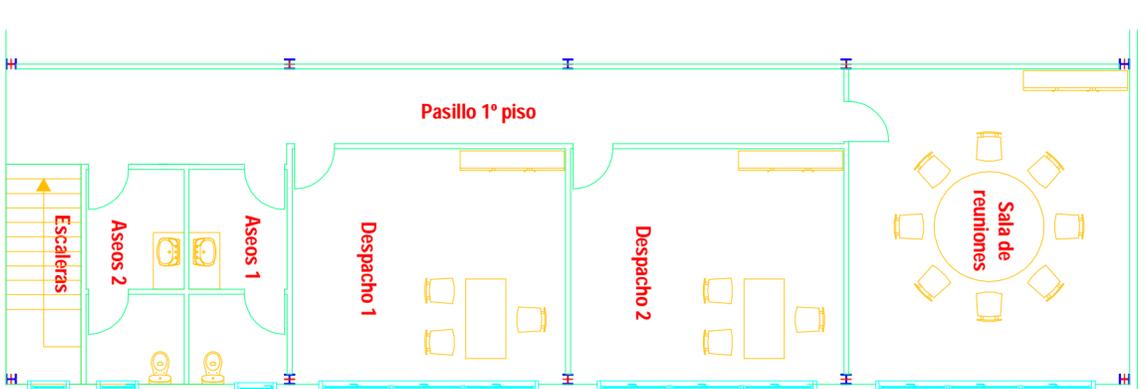


 Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	E.T.S.I.I.T.	DEPARTAMENTO:
	INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.	DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL
PROYECTO: INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN B.T. DE UNA NAVE INDUSTRIAL CON CENTRO DE TRANSFORMACIÓN		REALIZADO: ARREGUI BORJA, ANDONI
PLANO: EMPLAZAMIENTO		FIRMA: FECHA: 29 - 4 - 2010 ESCALA: 1 : 200 Nº PLANO: 2

Planta baja



Primera planta




 Universidad Pública
 de Navarra
 Nafarroako
 Unibertsitate Publikoa

E.T.S.I.I.T.
 INGENIERO
 TECNICO INDUSTRIAL E.

DEPARTAMENTO:
**DEPARTAMENTO DE
 PROYECTOS E ING. RURAL**

PROYECTO:
**INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN B.T. DE UNA NAVE
 INDUSTRIAL CON CENTRO DE TRANSFORMACIÓN**

REALIZADO:
ARREGUI BORJA, ANDONI

PLANO:

PLANTA DE LA NAVE INDUSTRIAL

FECHA:

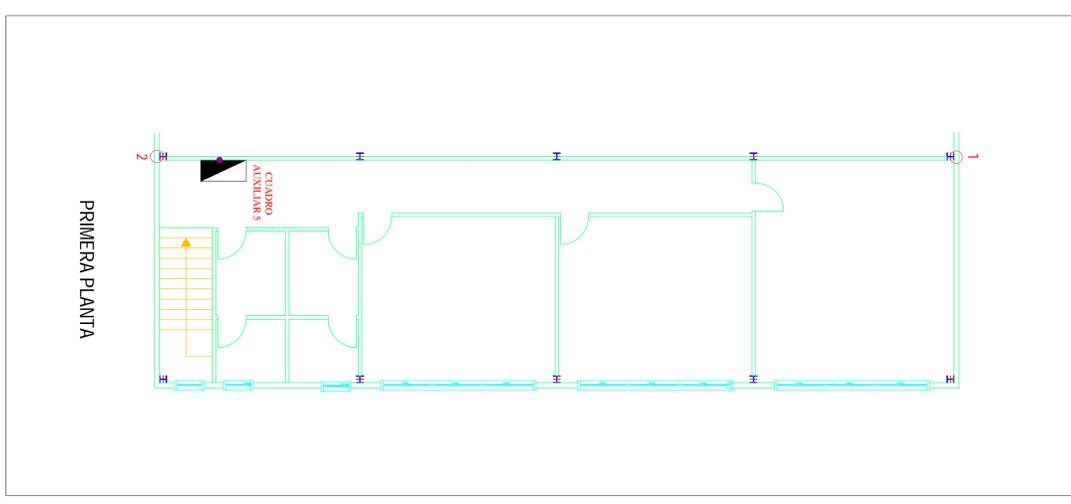
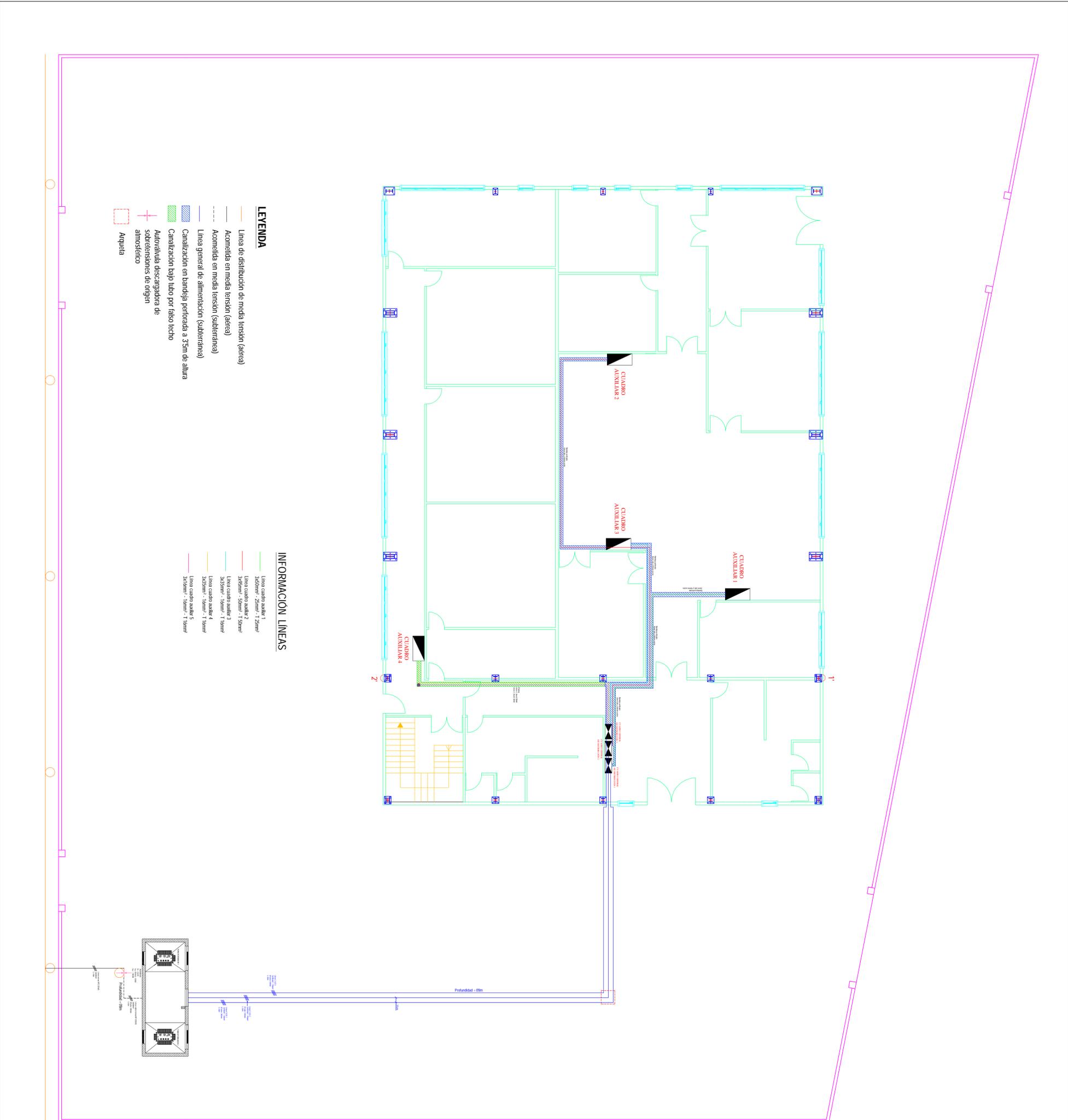
29 - 4 - 2010

ESCALA:

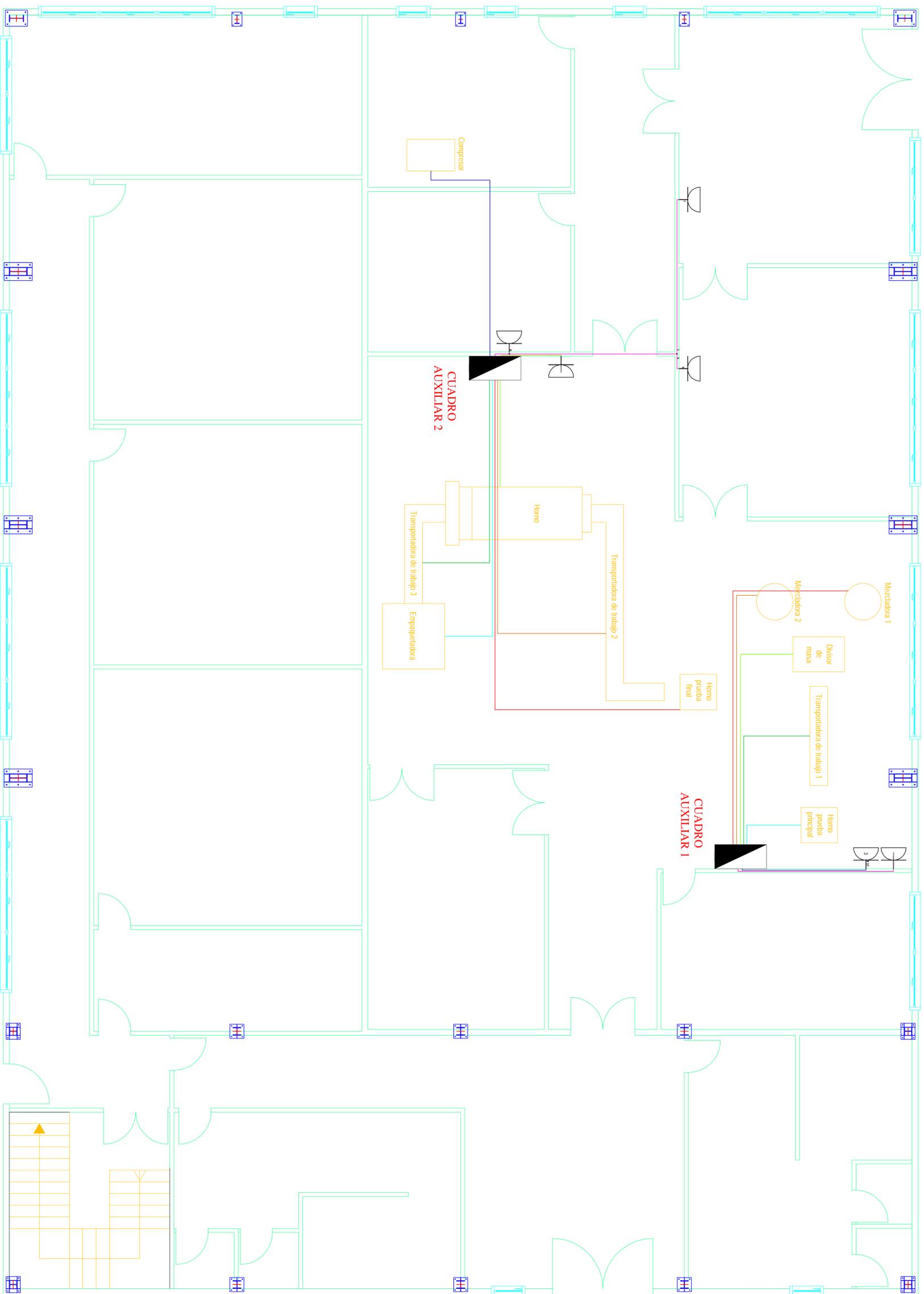
1 : 100

FIRMA:





 Universidad Pública de Navarra Departamento Universitario Público	E.T.S.I.I.T. INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.	DEPARTAMENTO: DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL
	PROYECTO: INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN B.T. DE UNA NAVE INDUSTRIAL CON CENTRO DE TRANSFORMACIÓN	REALIZADO: ARREGUI BORJA, ANDONI
PLANO: ACOMETIDA MT. LGA. CANALIZACIONES C.AUX.	FECHA: 29-4-2010	ESCALA: Nº PLANO: 1 : 100 4



CUADRO AUXILIAR 1

- Línea 1.1 | R-S-T-N
3x4mm² - 4mm² - T 4mm²
Ø tubo: 20mm
- Línea 1.2 | R-S-T-N
3x4mm² - 4mm² - T 4mm²
Ø tubo: 20mm
- Línea 1.3 | R-S-T-N
3x15mm² - 15mm² - T 15mm²
Ø tubo: 16mm
- Línea 1.4 | R-S-T-N
3x15mm² - 15mm² - T 15mm²
Ø tubo: 16mm
- Línea 1.5 | R-S-T-N
3x6mm² - 6mm² - T 6mm²
Ø tubo: 25mm
- Línea 1.6 | R-S-T-N
3x4mm² - 4mm² - T 4mm²
Ø tubo: 20mm
- Línea 1.7 | R-S-T-N
3x10mm² - 10mm² - T 10mm²
Ø tubo: 32mm

CUADRO AUXILIAR 2

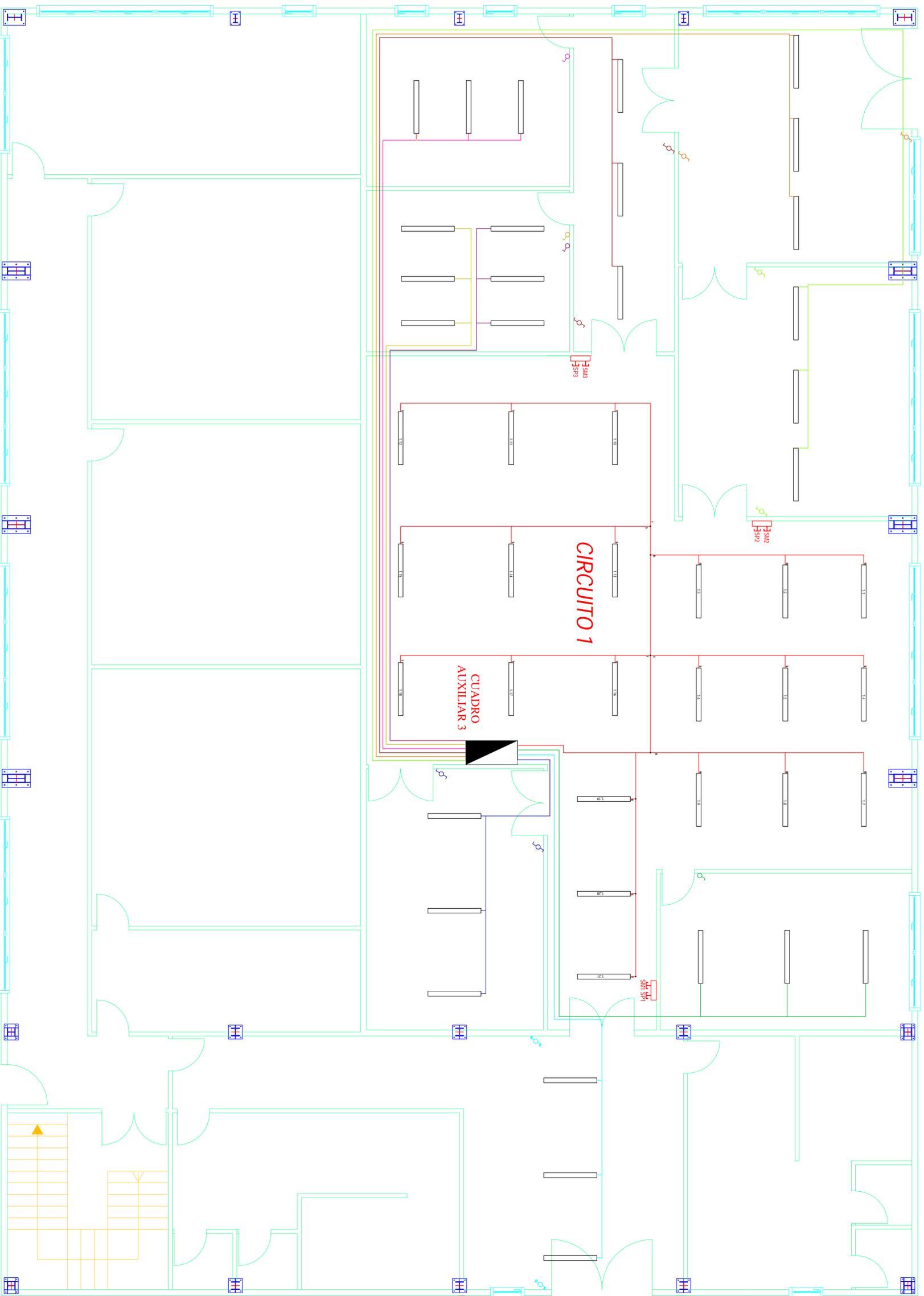
- Línea 2.1 | R-S-T-N
3x6mm² - 6mm² - T 6mm²
Ø tubo: 25mm
- Línea 2.2 | R-S-T-N
3x15mm² - 15mm² - T 15mm²
Ø tubo: 16mm
- Línea 2.3 | R-S-T-N
3x16mm² - 16mm² - T 16mm²
Ø tubo: 32mm
- Línea 2.4 | R-S-T-N
3x15mm² - 15mm² - T 15mm²
Ø tubo: 16mm
- Línea 2.5 | R-S-T-N
3x15mm² - 15mm² - T 15mm²
Ø tubo: 16mm
- Línea 2.6 | R-S-T-N
3x4mm² - 4mm² - T 4mm²
Ø tubo: 20mm
- Línea 2.7 | R-S-T-N
3x4mm² - 4mm² - T 4mm²
Ø tubo: 20mm
- Línea 2.8 | R-S-T-N
3x10mm² - 10mm² - T 10mm²
Ø tubo: 32mm

LEYENDA

- ▬ Cuadro auxiliar
- ☐ Toma monofásica 16 A con toma de tierra
- ☐ Toma trifásica 32 A con toma de tierra

NOTA: Las tomas monofásicas de corriente de la instalación están distribuidos a 4 hilos (3F+N). Representaremos con el símbolo cuando de esa línea hagamos una derivación de una de las fases con el neutro. Después del punto de derivación, mediante los indicadores (R S y T) identificaremos qué fase irá hasta cada receptor. Al final de la línea, en la conexión al receptor, volveremos a indicar qué fase es la que conectamos junto al neutro.

Universidad Pública de Navarra Departamento Universitario Pública	E.T.S.I.I.T.	DEPARTAMENTO DE
	INGENIERO PROYECTOS INDUSTRIAL E.	DEPARTAMENTO DE PROYECTOS ENG. RURAL
PROYECTO	REALIZADO:	FECHA:
INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN B.T. DE UNA NAVE INDUSTRIAL CON CENTRO DE TRANSFORMACIÓN	ARREGUI BORJA, ANDONI	29-4-2010
PLANO	ESCALA:	Nº PLANO:
CANALIZACIONES CAUX. 1 Y 2	1 : 50	5



CUADRO AUXILIAR 3 (alumbrado)

- Línea 3.1 | R-S-T-N
3x4mm² - 4mm² - T 4mm²
Ø tubo: 20mm
- Línea 3.2 | R-N
2,5mm² - 2,5mm² - T 2,5mm²
Ø tubo: 16mm
- Línea 3.3 | S-N
6mm² - 6mm² - T 6mm²
Ø tubo: 25mm
- Línea 3.4 | T-N
1,5mm² - 1,5mm² - T 1,5mm²
Ø tubo: 16mm
- Línea 3.5 | R-N
1,5mm² - 1,5mm² - T 1,5mm²
Ø tubo: 16mm
- Línea 3.6 | S-N
1,5mm² - 1,5mm² - T 1,5mm²
Ø tubo: 16mm
- Línea 3.7 | T-N
1,5mm² - 1,5mm² - T 1,5mm²
Ø tubo: 16mm
- Línea 3.8 | R-N
1,5mm² - 1,5mm² - T 1,5mm²
Ø tubo: 16mm
- Línea 3.9 | S-N
1,5mm² - 1,5mm² - T 1,5mm²
Ø tubo: 16mm
- Línea 3.10 | T-N
2,5mm² - 2,5mm² - T 2,5mm²
Ø tubo: 20mm

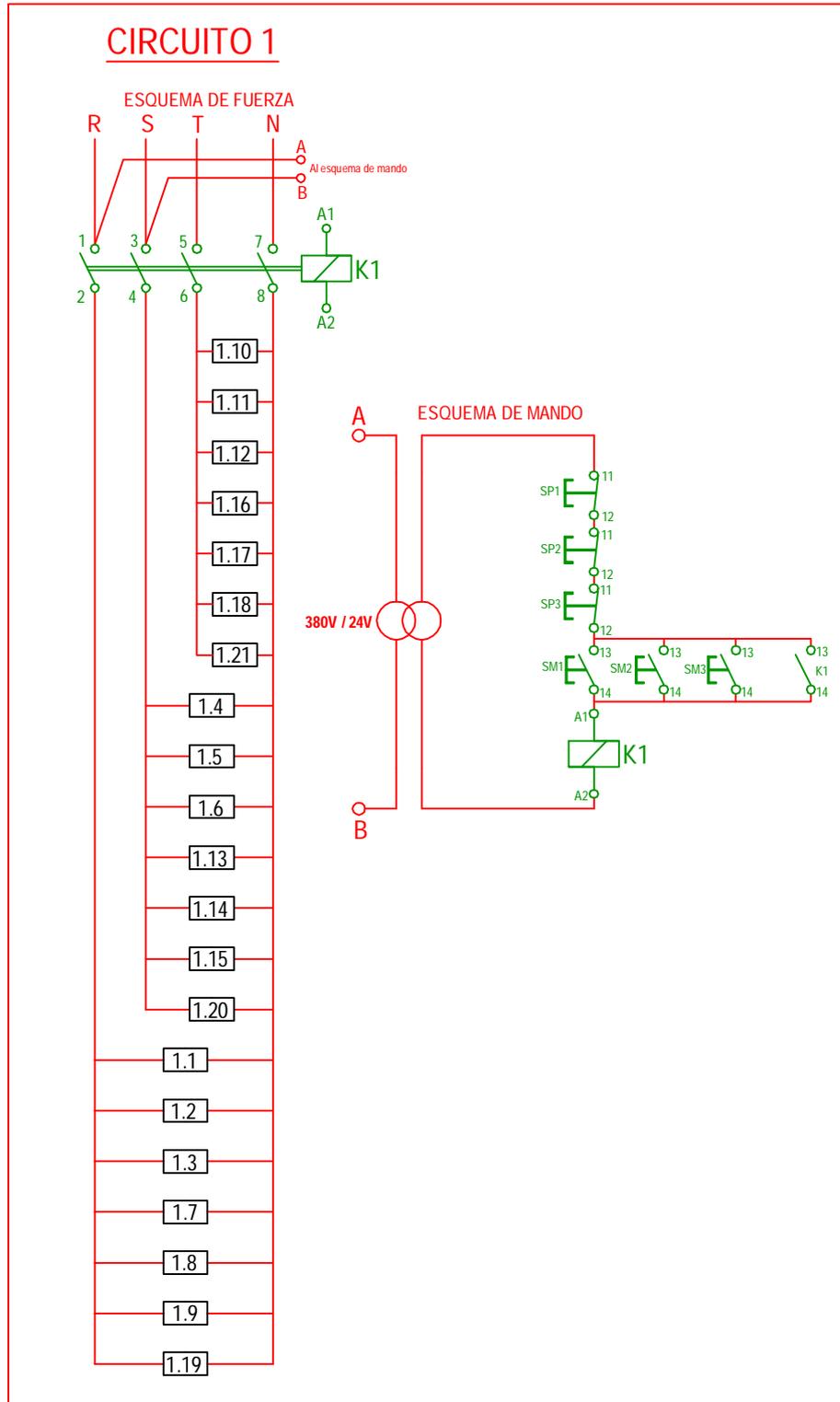
LEYENDA

- ▀ Cuadro auxiliar
- Luminaria FfX TCS260
2xT1.5-5AW/840 HF M6
- ⊗ Interruptor unipolar (será del color a la línea que pertenece)
- ⊙ Comutador unipolar (será del color a la línea que pertenece)

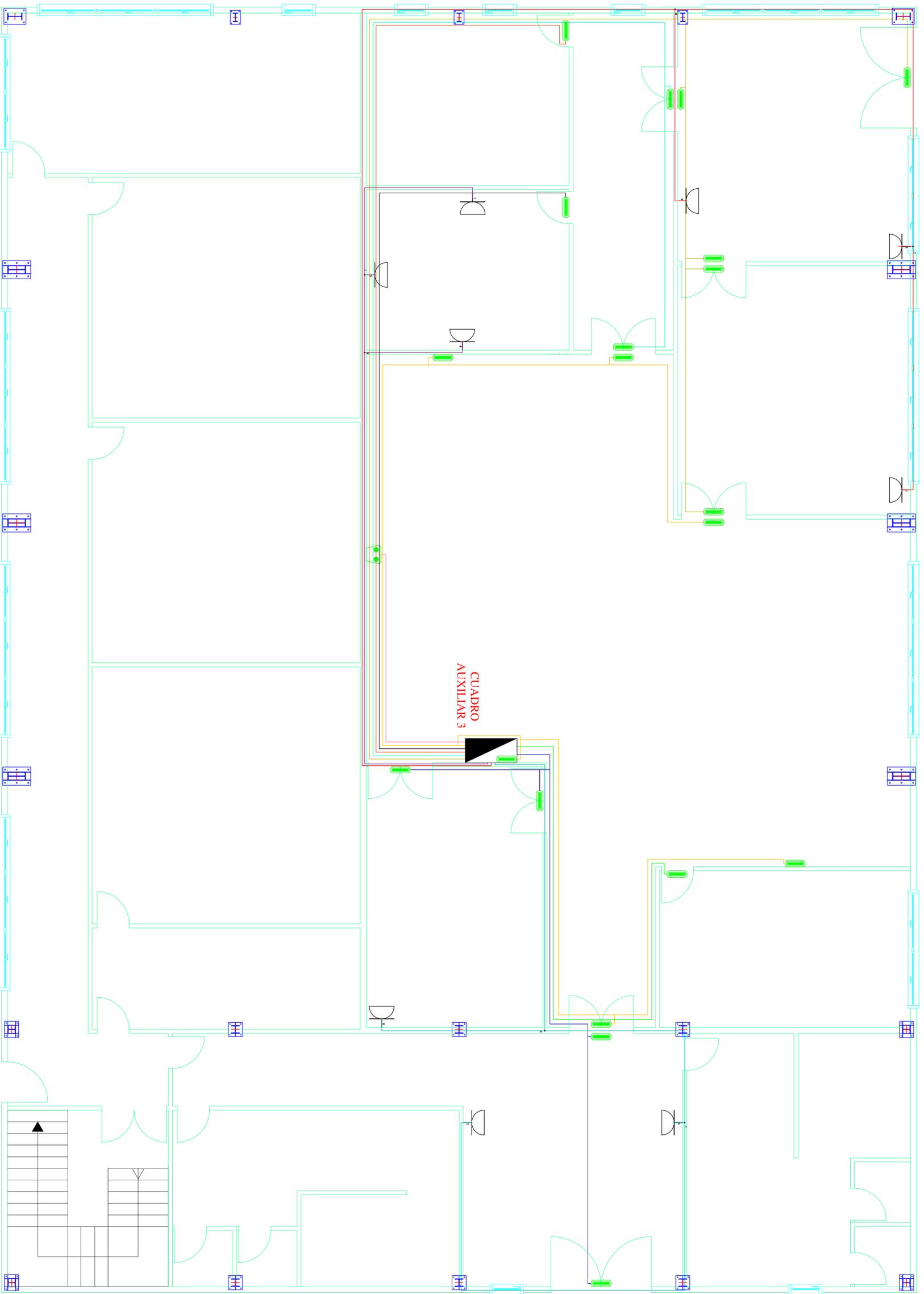
NOTA: La línea 3.1 y las tomas monofásicas de corriente de la instalación están distribuidos a 4 hilos (3-F+N). Representaremos con el símbolo ● cuando de esa línea hagamos una derivación de una de las fases con el neutro. Después del punto de derivación, mediante los indicadores (R, S y T) identificaremos qué fase irá hasta cada receptor. Al final de la línea, en la conexión al receptor, volveremos a indicar que fase es la que conectamos junto al neutro.

<p>Universidad Pública de Navarra Materiarako Unibertsitate Publikoa</p>	E.T.S.I.I.T.	DEPARTAMENTO DE
	INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.	PROYECTOS DE ING. RURAL
PROYECTO:	INSTALACION ELECTRICA EN B.T. DE UNA NAVE INDUSTRIAL CON CENTRO DE TRANSFORMACION	REALIZADO:
PLANO:	CANALIZACION CAUX 3 (ALUMBRADO)	FIRMA:
FECHA:	29-4-2010	ESCALA:
		Nº PLANO:
		6

CIRCUITO 1



 Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	E.T.S.I.I.T.	DEPARTAMENTO: DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL	
	INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.		
PROYECTO: INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN B.T. DE UNA NAVE INDUSTRIAL CON CENTRO DE TRANSFORMACIÓN		REALIZADO: ARREGUI BORJA, ANDONI	
		FIRMA:	
PLANO: ESQUEMA MANDO Y FUERZA (CIRCUITOS C.AUX. 3)	FECHA: 29 - 4 - 2010	ESCALA: S / D	Nº PLANO: 7



CUADRO AUXILIAR 3 (alumbrado de emergencia y tomas de corriente)

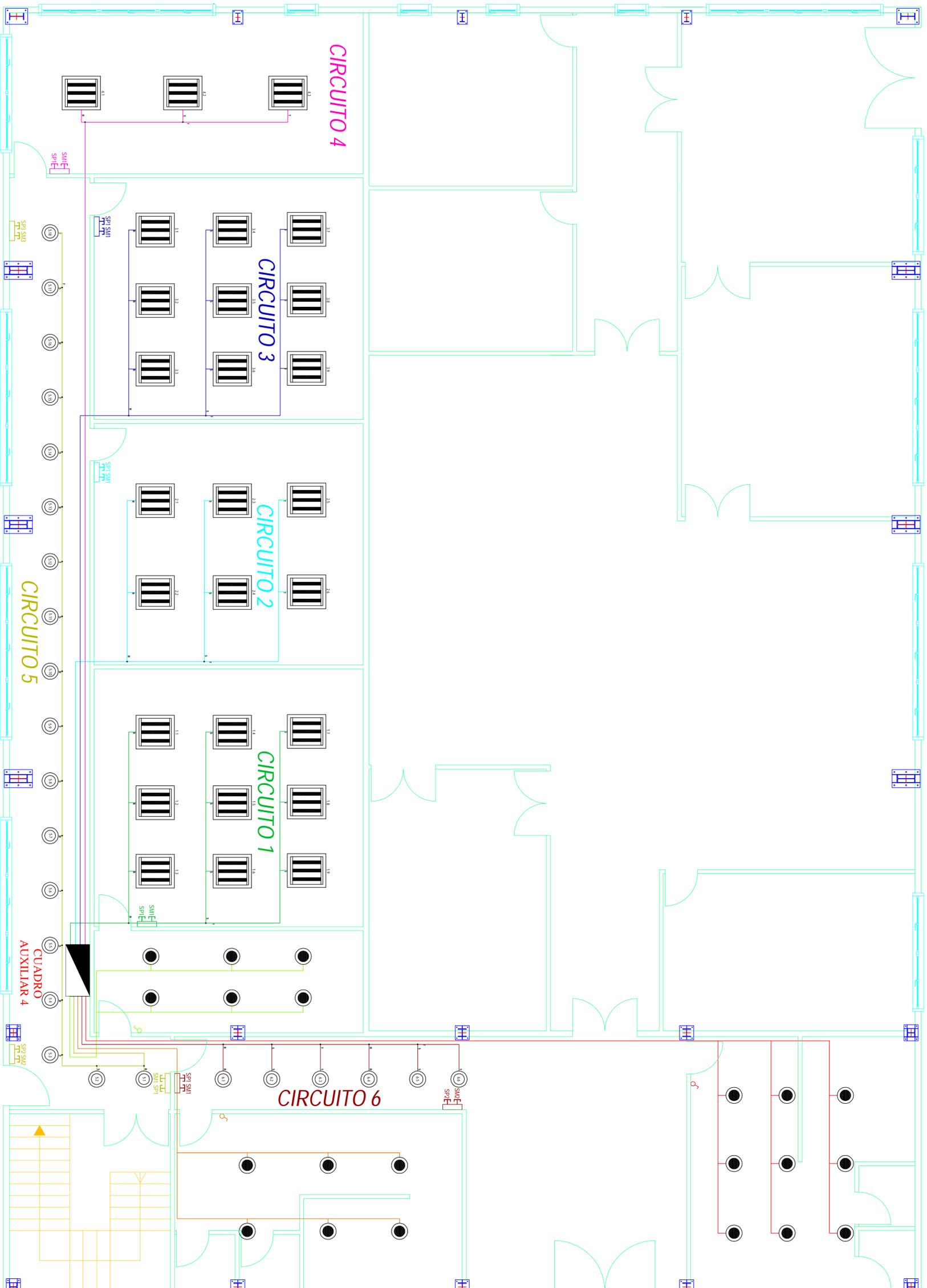
- Linea 3.11 | R-S-T-N
3x4mm² - 4mm² - T 4mm²
Ø tubo: 20mm
- Linea 3.12 | R-S-T-N
3x4mm² - 4mm² - T 4mm²
Ø tubo: 20mm
- Linea 3.13 | R-S-T-N
3x4mm² - 4mm² - T 4mm²
Ø tubo: 20mm
- Linea 3.14 | R-N
6mm² - 6mm² - T 6mm²
Ø tubo: 20mm
- Linea 3.15 | S-N
1'5mm² - 1'5mm² - T 1'5mm²
Ø tubo: 16mm
- Linea 3.16 | S-N
1'5mm² - 1'5mm² - T 1'5mm²
Ø tubo: 16mm
- Linea 3.17 | S-N
2'5mm² - 2'5mm² - T 2'5mm²
Ø tubo: 16mm
- Linea 3.18 | S-N
1'5mm² - 1'5mm² - T 1'5mm²
Ø tubo: 16mm
- Linea 3.19 | S-N
4mm² - 4mm² - T 4mm²
Ø tubo: 20mm
- Linea 3.20 | R-N
1'5mm² - 1'5mm² - T 1'5mm²
Ø tubo: 16mm
- Linea 3.21 | T-N
1'5mm² - 1'5mm² - T 1'5mm²
Ø tubo: 16mm

LEYENDA

-  Cuadro auxiliar
-  Toma monofásica 16 A con toma de tierra
-  Luminaria de emergencia Dunna
-  Foco orientable de emergencia

NOTA: Las tomas monofásicas de corriente de la instalación están distribuidos a 4 hilos (3F+N). Representaremos con el símbolo cuando de esa línea hagamos una derivación de una de las fases con el neutro. Después del punto de derivación, mediante los indicadores (R, S y T) identificaremos qué fase irá hasta cada receptor. Al final de la línea, en la conexión al receptor, volveremos a indicar qué fase es la que conectamos junto al neutro.

 Universidad Pública de Navarra Maestría en Ingeniería Pública	E.T. S.I.I.T.	DEPARTAMENTO:
	INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.	DEPARTAMENTO DE PROYECTOS ENG. RURAL
PROYECTO: INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN B.T. DE UNA NAVE INDUSTRIAL CON CENTRO DE TRANSFORMACIÓN	REALIZADO:	FRMA:
	ARREGUI BORJA, ANDONI	Nº PLANO: 8
PLANO: CANALIZACIÓN CAUX.3 (ALUMBRADO DE EMERGENCIA Y TOMAS DE CORRIENTE)	FECHA: 29-4-2010	ESCALA: 1 : 50



CUADRO AUXILIAR 4 (alumbrado)

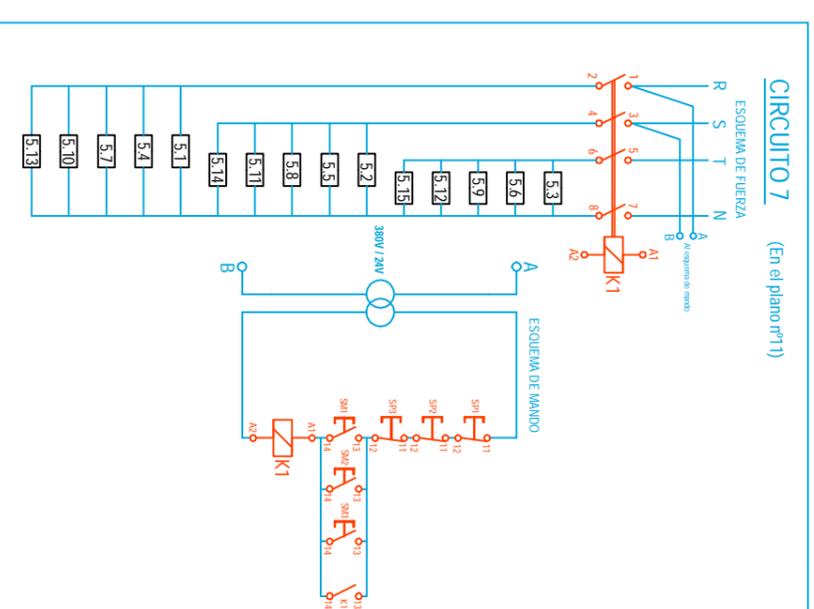
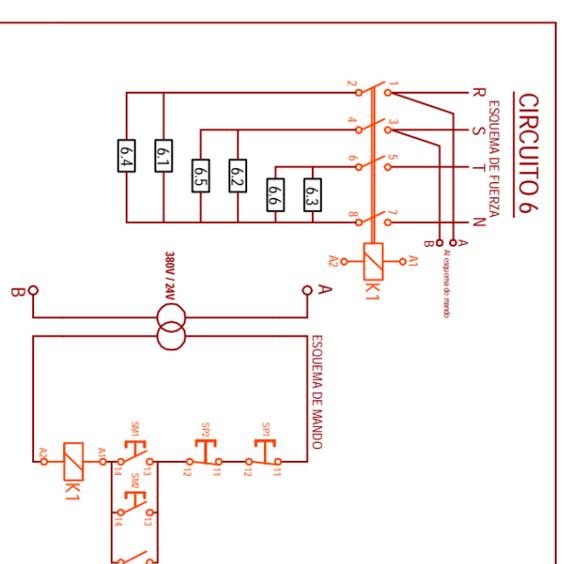
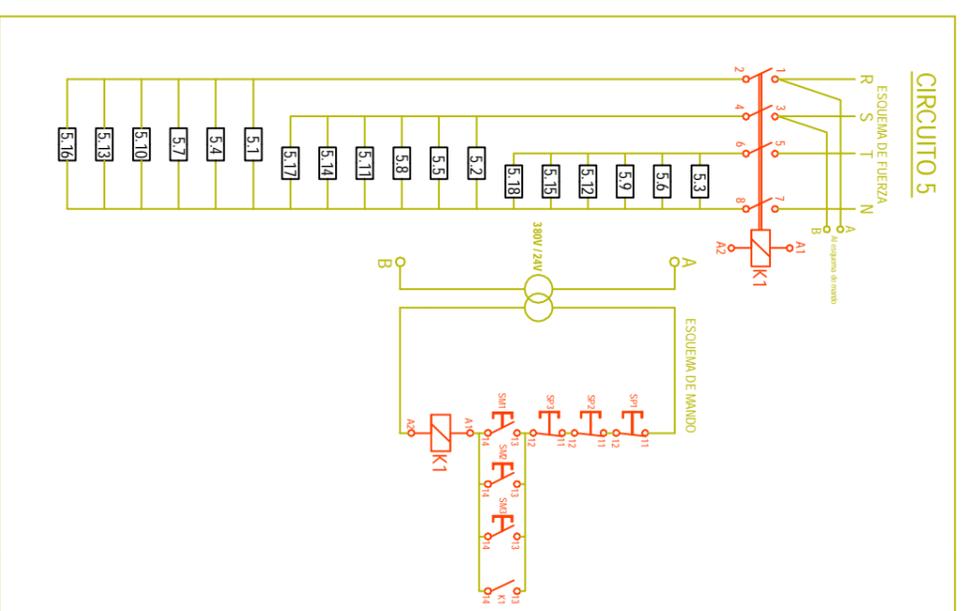
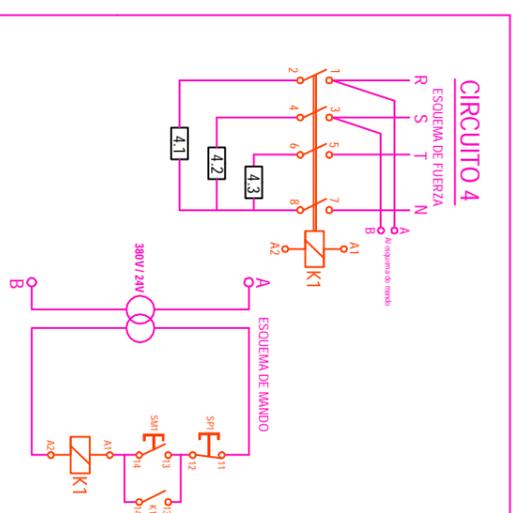
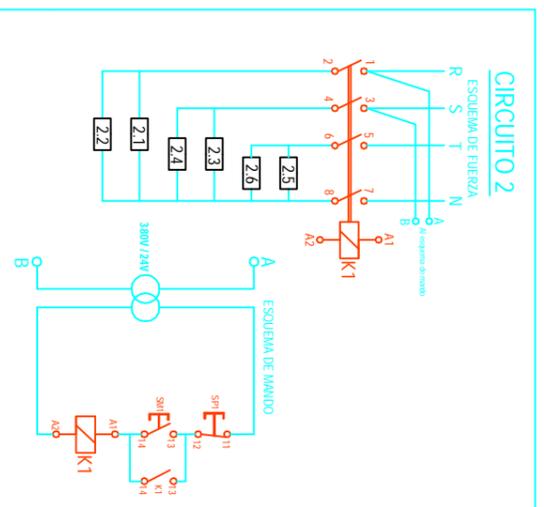
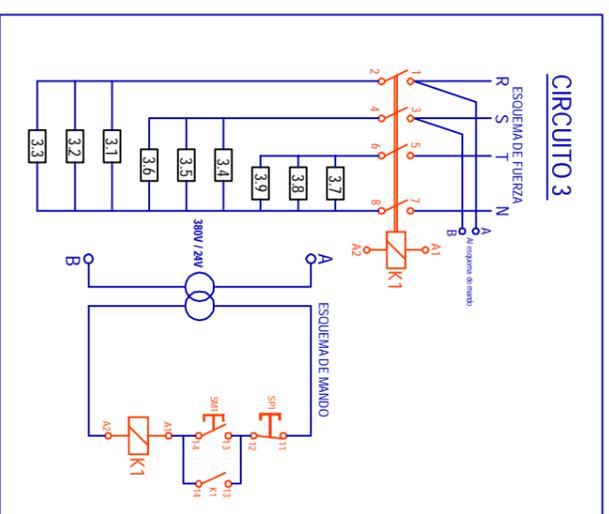
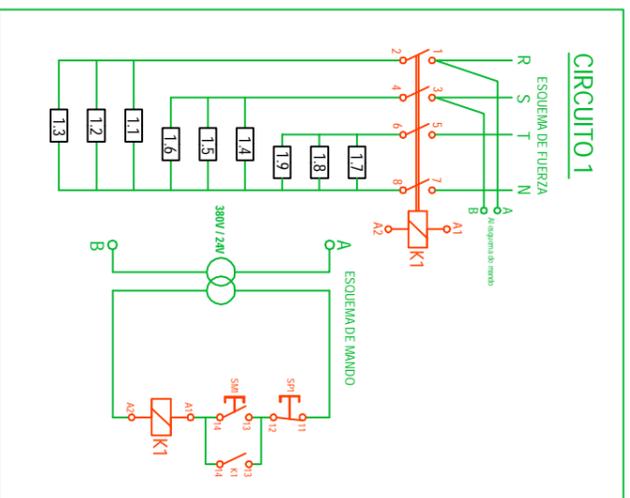
- Línea 4.1 | R-N
1'5mm² - 1'5mm² - T 1'5mm²
Ø tubo: 16mm
- Línea 4.2 | S-N
1'5mm² - 1'5mm² - T 1'5mm²
Ø tubo: 16mm
- Línea 4.3 | T-N
1'5mm² - 1'5mm² - T 1'5mm²
Ø tubo: 16mm
- Línea 4.4 | R-S-T-N
3x1'5mm² - 1'5mm² - T 1'5mm²
Ø tubo: 16mm
- Línea 4.5 | R-S-T-N
3x1'5mm² - 1'5mm² - T 1'5mm²
Ø tubo: 16mm
- Línea 4.6 | R-S-T-N
3x1'5mm² - 1'5mm² - T 1'5mm²
Ø tubo: 16mm
- Línea 4.7 | R-S-T-N
3x1'5mm² - 1'5mm² - T 1'5mm²
Ø tubo: 16mm
- Línea 4.8 | R-S-T-N
3x1'5mm² - 1'5mm² - T 1'5mm²
Ø tubo: 16mm
- Línea 4.9 | R-S-T-N
3x1'5mm² - 1'5mm² - T 1'5mm²
Ø tubo: 16mm

LEYENDA

- Luminaria Europa 2 FBS120
2xPL-C/2P26W/840 CON PG
- Luminaria Europa 2 FBS120
1xPL-C/2P26W/840 CON PG
- ▬ Luminaria EFix TBS260
3xTL5-24W/840 HF C6
- Interruptor unipolar (Será del color a la línea que pertenece)
- ▬ Cuadro auxiliar

NOTA: Las líneas de alumbrado (excepto la 4.1, 4.2 y 4.3) y las tomas monofásicas de corriente de la instalación están distribuidos a 4 hilos (3F+N). Representaremos con el símbolo ● cuando de esa línea hagamos una derivación de una de las fases con el neutro. Después del punto de derivación, mediante los indicadores (R, S y T) identificaremos qué fase irá hasta cada receptor. Al final de la línea, en la conexión al receptor, volveremos a indicar qué fase es la que conectamos junto al neutro.

 Universidad Pública de Navarra Materiarro Universitate Publikoa	E.T.S.I.I.T.	DEPARTAMENTO:
	INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.	DEPARTAMENTO DE PROYECTOS ENG. RURAL
PROYECTO: INDUSTRIAL CON CENTRO DE TRANSFORMACION	REALIZADO: ARREGUI BORJA, ANDONI	FECHA:
PLANO: CANALIZACIÓN C.AUX. 4 (ALUMBRADO)	TRABAJO:	ESCALA: Nº PLANO
		29-4-2010 1 : 50 9




 Universidad Pública
 de Navarra
 Nafarroako
 Unibertsitate Publikoa

E.T.S.I.I.T.
 INGENIERO
 TECNICO INDUSTRIAL E.

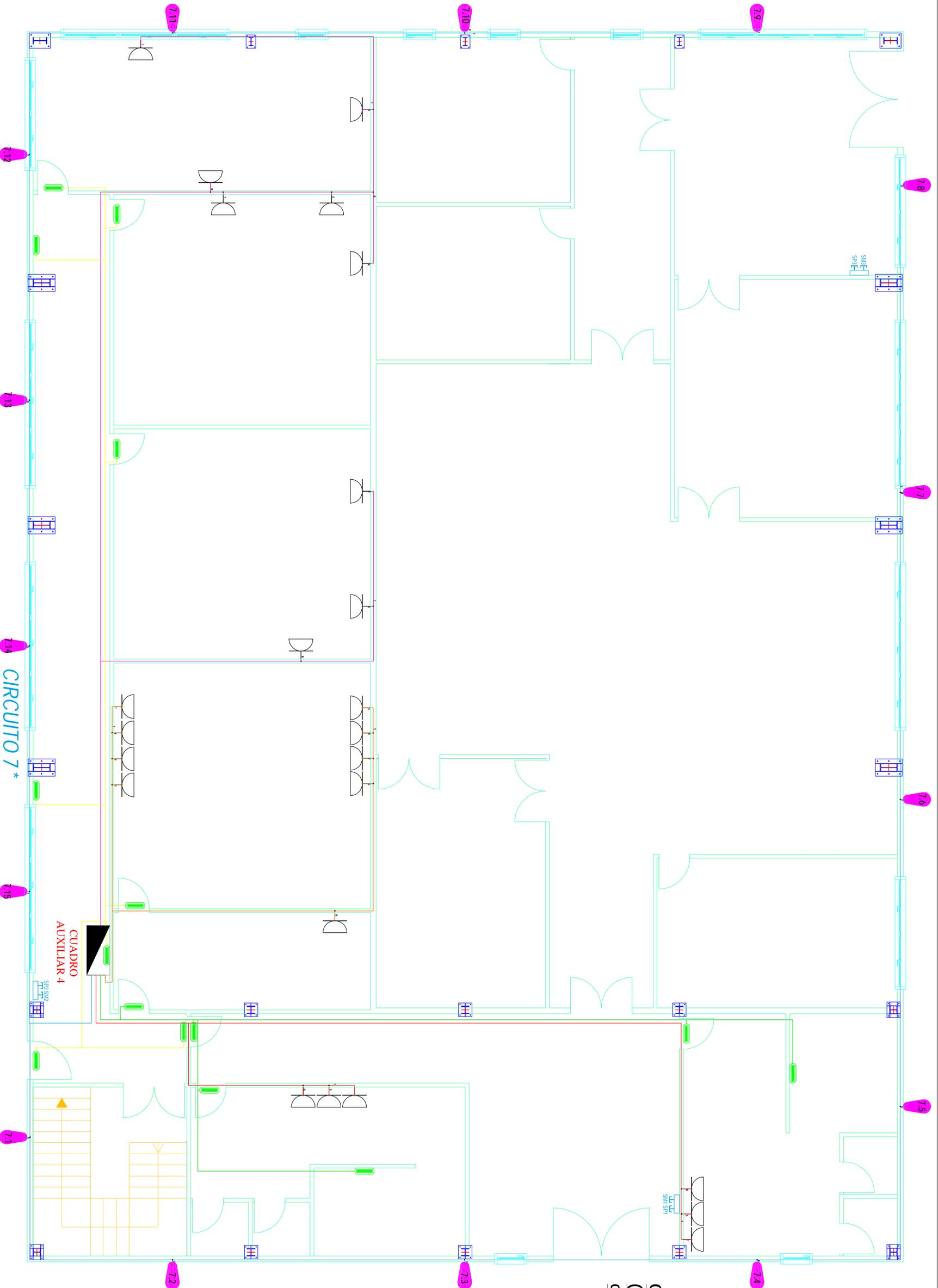
DEPARTAMENTO DE
PROYECTOS E ING. RURAL

PROYECTO:
**INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN B.T. DE UNA NAVE
 INDUSTRIAL CON CENTRO DE TRANSFORMACIÓN**

REALIZADO:
ARREGUI BORJA, ANDONI

PLANO:
ESQUEMA MANDO Y FUERZA (CIRCUITOS C.AUX. 4)

FECHA: 29 - 4 - 2010
 ESCALA: S / D
 Nº PLANO: 10



CUADRO AUXILIAR 4
(alumbrado emergencia, tomas corriente y alumbrado exterior)

- Línea 4.10 | R-S-T-N
3x4mm² - 4mm² - T 4mm²
Ø tubo: 20mm
- Línea 4.11 | R-S-T-N
3x4mm² - 4mm² - T 4mm²
Ø tubo: 20mm
- Línea 4.12 | R-S-T-N
3x4mm² - 4mm² - T 4mm²
Ø tubo: 20mm
- Línea 4.13 | R-N
1'5mm² - 1'5mm² - T 1'5mm²
Ø tubo: 16mm
- Línea 4.14 | S-N
1'5mm² - 1'5mm² - T 1'5mm²
Ø tubo: 16mm
- Línea 4.15 | R-S-T-N
3x10mm² - 10mm² - T 10mm²
Ø tubo: 32mm

LEYENDA

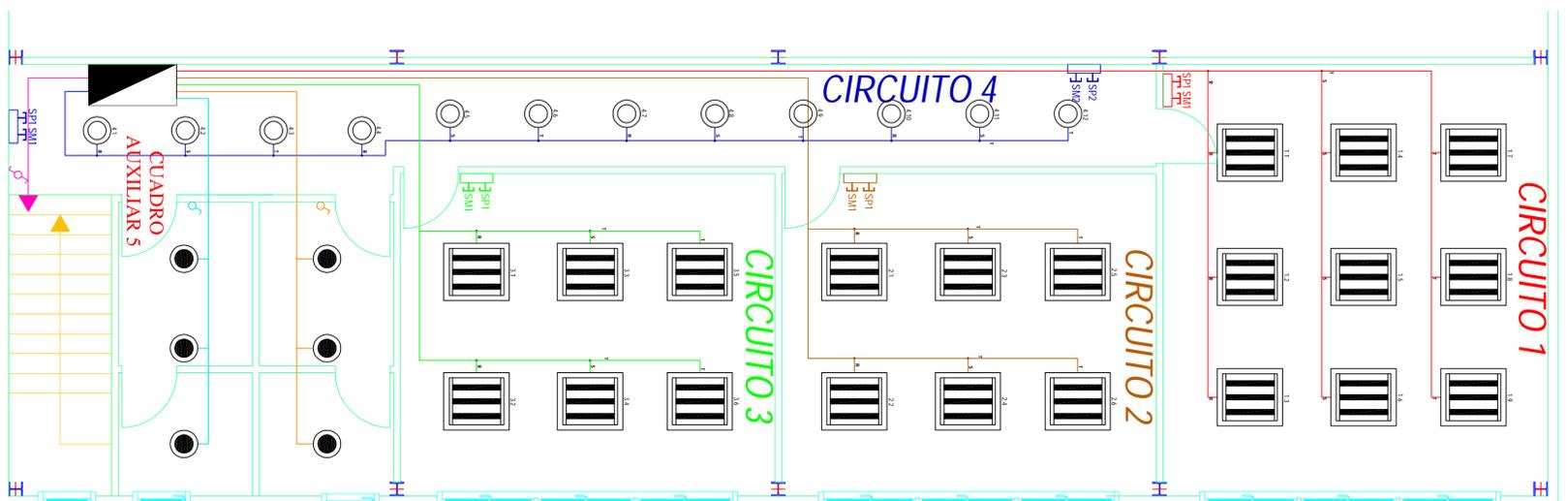
- Cuadro auxiliar
- Luminaria de emergencia Duna
- Luminaria exterior Selenium SGP340 FG
- 1xSON-TPP70W CON TPP1
- Toma monofásica 16 A con toma de tierra

CIRCUITO 7 *

* Mirar el plano nº10

NOTA: Las tomas monofásicas de corriente de la instalación están distribuidos a 4 hilos (3F+N). Representaremos con el símbolo cuando de esa línea hagamos una derivación de una de las fases con el neutro. Después del punto de derivación, mediante los indicadores (R, S y T) identificaremos qué fase irá hasta cada receptor. Al final de la línea, en la conexión al receptor, volveremos a indicar qué fase es la que conectamos junto al neutro.

Universidad Pública de Navarra Departamento Universitario Pública	E.T.S.I.I.T.	DEPARTAMENTO DE
	INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.	PROYECTOS DE ING. RURAL
PROYECTO: INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN B.T. DE UNA NAVE INDUSTRIAL CON CENTRO DE TRANSFORMACIÓN	REALIZADO: ARREGUI BORJA, ANDONI	
PLANO: CANALIZACIÓN C.AUX. 4 (ALUMBRADO DE EMERGENCIA Y TOMAS DE CORRIENTE)	FECHA: 29-4-2010	ESCALA: Nº PLANO 1 : 50 11

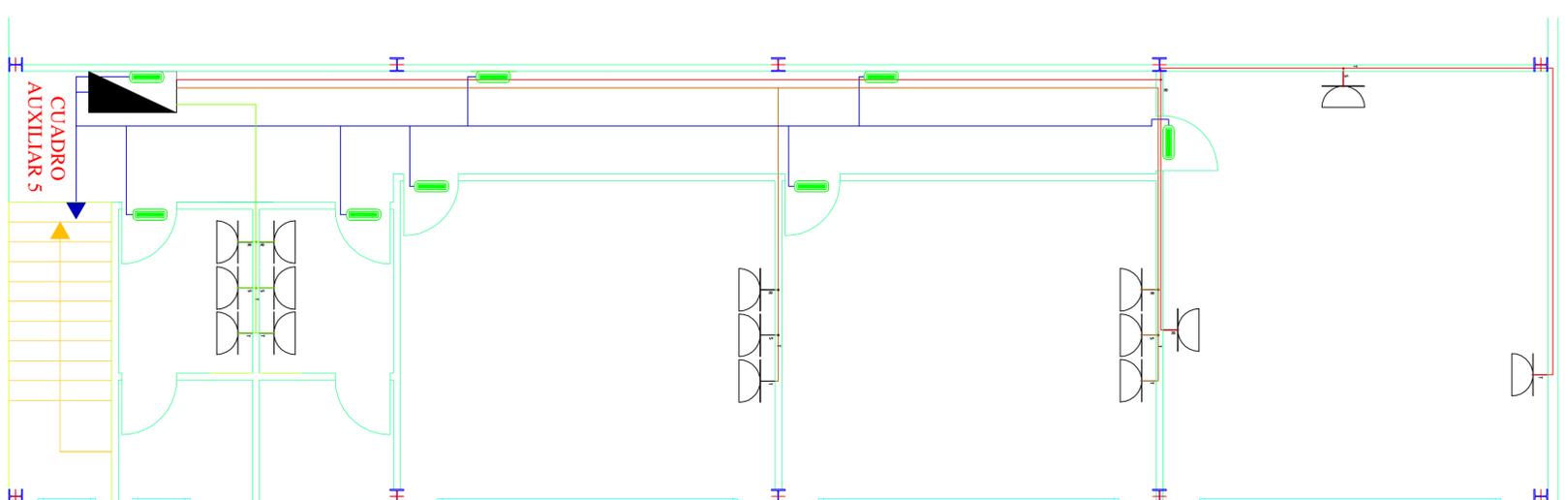
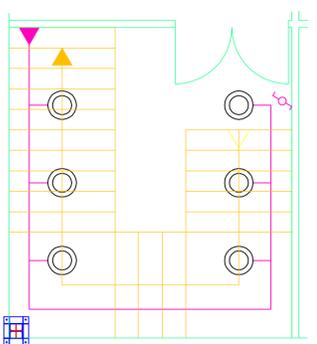


CUADRO AUXILIAR 5 (alumbrado)

- Línea 5.1 | R-S-T-N
- 3x1'5mm² - T 1'5mm²
- Ø tubo: 16mm
- Línea 5.2 | R-S-T-N
- 3x1'5mm² - T 1'5mm² - T 1'5mm²
- Ø tubo: 16mm
- Línea 5.3 | R-S-T-N
- 3x1'5mm² - T 1'5mm² - T 1'5mm²
- Ø tubo: 16mm
- Línea 5.4 | R-N
- 1'5mm² - T 1'5mm² - T 1'5mm²
- Ø tubo: 16mm
- Línea 5.5 | S-N
- 1'5mm² - T 1'5mm² - T 1'5mm²
- Ø tubo: 16mm
- Línea 5.6 | R-S-T-N
- 3x1'5mm² - T 1'5mm² - T 1'5mm²
- Ø tubo: 16mm
- Línea 5.7 | T-N
- 1'5mm² - T 1'5mm² - T 1'5mm²
- Ø tubo: 16mm

LEYENDA

- ▀ Cuadro auxiliar
- Luminaria Europa 2 FBS120
- 2xPL-C/2P26W/840 CON PG
- Luminaria Europa 2 FBS120
- 1xPL-C/2P26W/840 CON PG
- ▢ Luminaria Efix TBS260
- ▢ 3xTIL5-24W/840 HF C6
- ⏏ Interruptor tripolar (Será del color a la línea que pertenezca)
- ⏏ Commutador tripolar (Será del color a la línea que pertenezca)

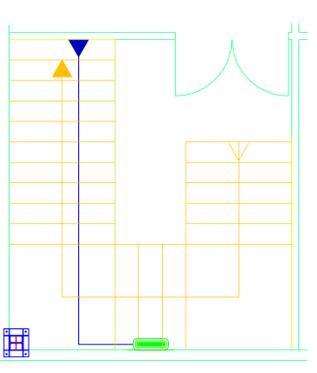


CUADRO AUXILIAR 5 (alumbrado de emergencia y tomas de corriente)

- Línea 5.8 | R-S-T-N
- 3x4mm² - 4mm² - T 4mm²
- Ø tubo: 20mm
- Línea 5.9 | R-S-T-N
- 3x4mm² - 4mm² - T 4mm²
- Ø tubo: 20mm
- Línea 5.10 | R-S-T-N
- 3x4mm² - 4mm² - T 4mm²
- Ø tubo: 20mm
- Línea 5.11 | T-N
- 1'5mm² - T 1'5mm² - T 1'5mm²
- Ø tubo: 16mm

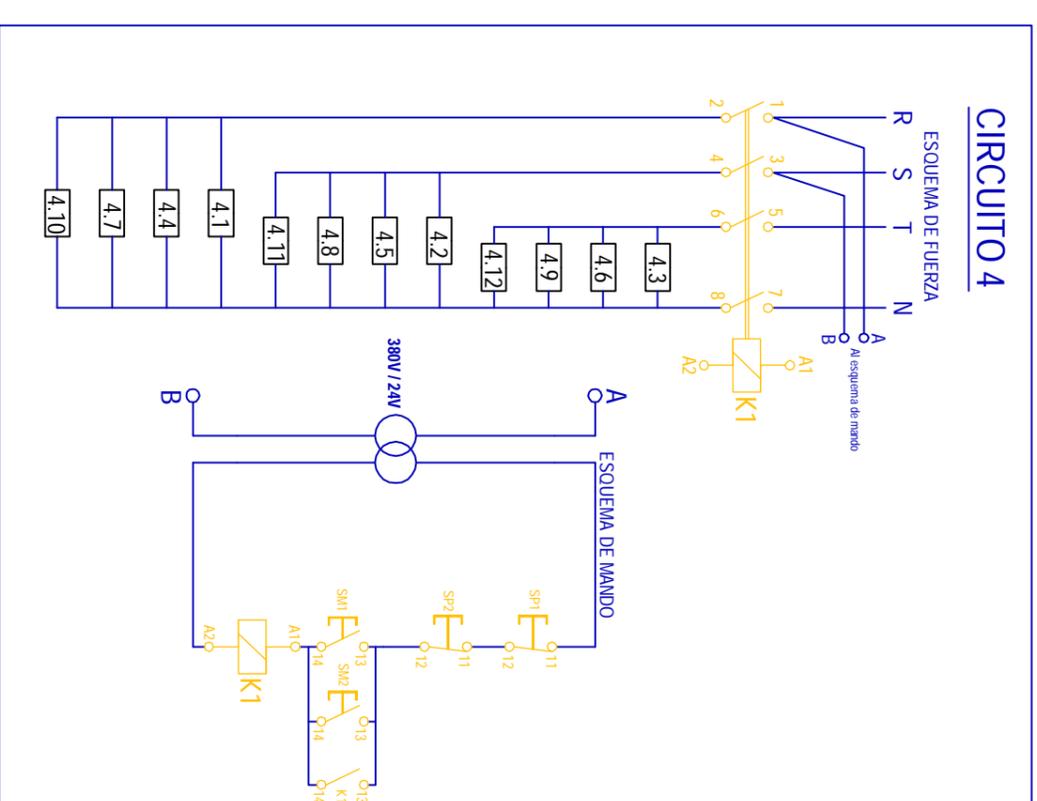
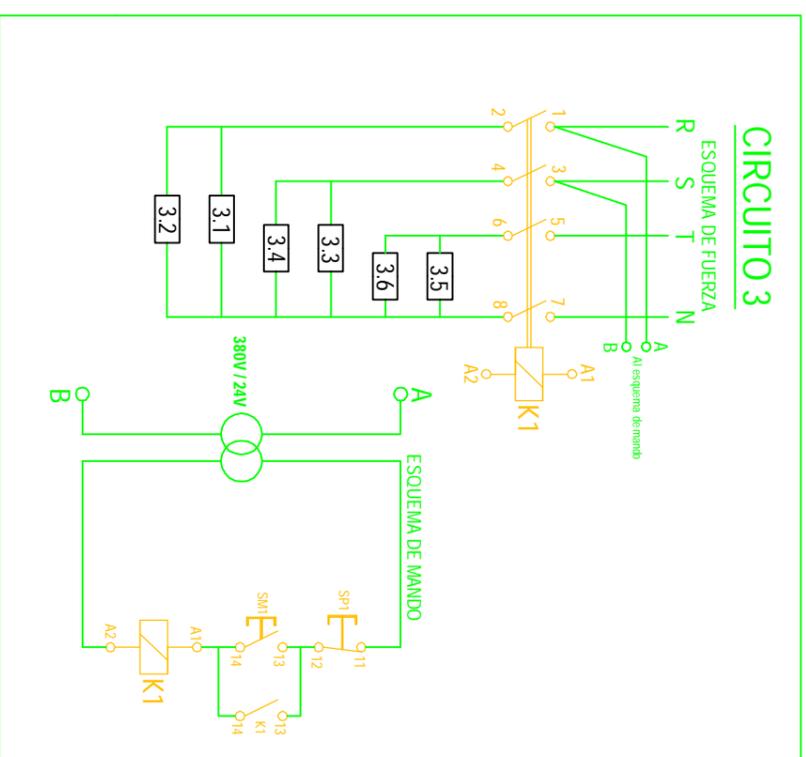
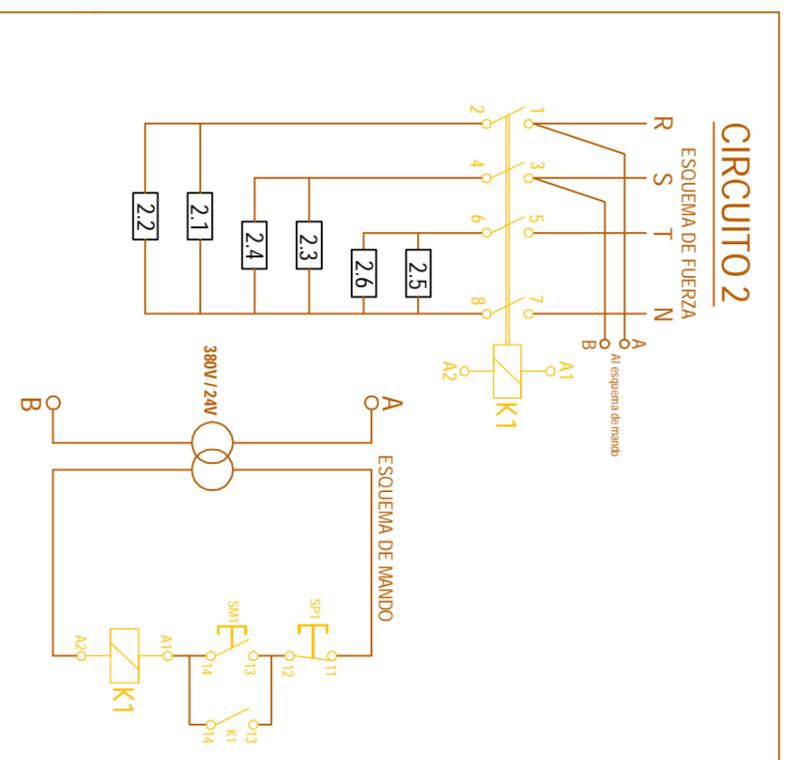
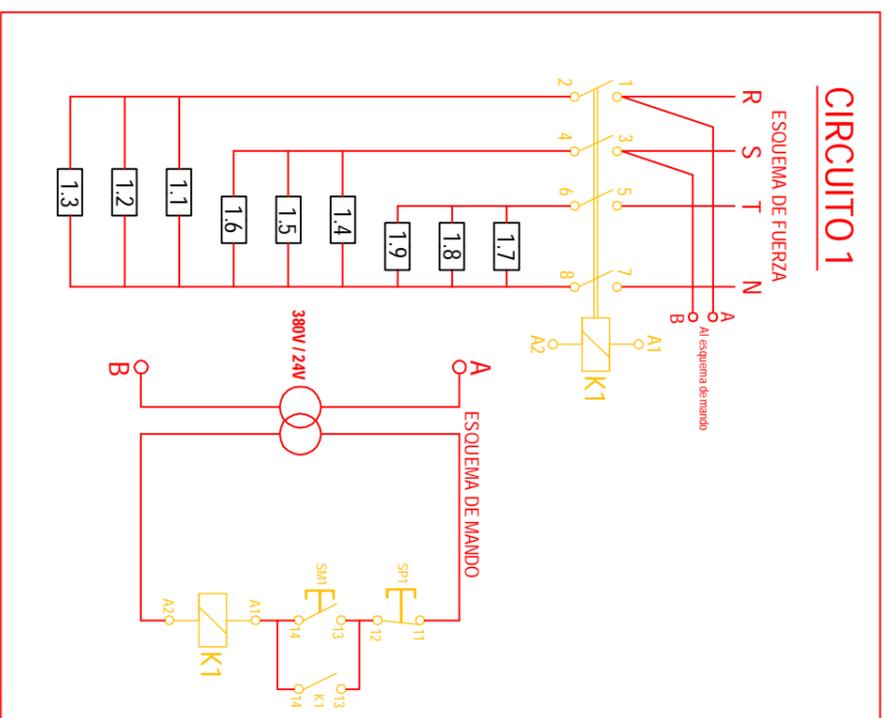
LEYENDA

- ▀ Cuadro auxiliar
- ⏏ Toma monofásica 16 A con toma de tierra
- ▢ Luminaria de emergencia Duma

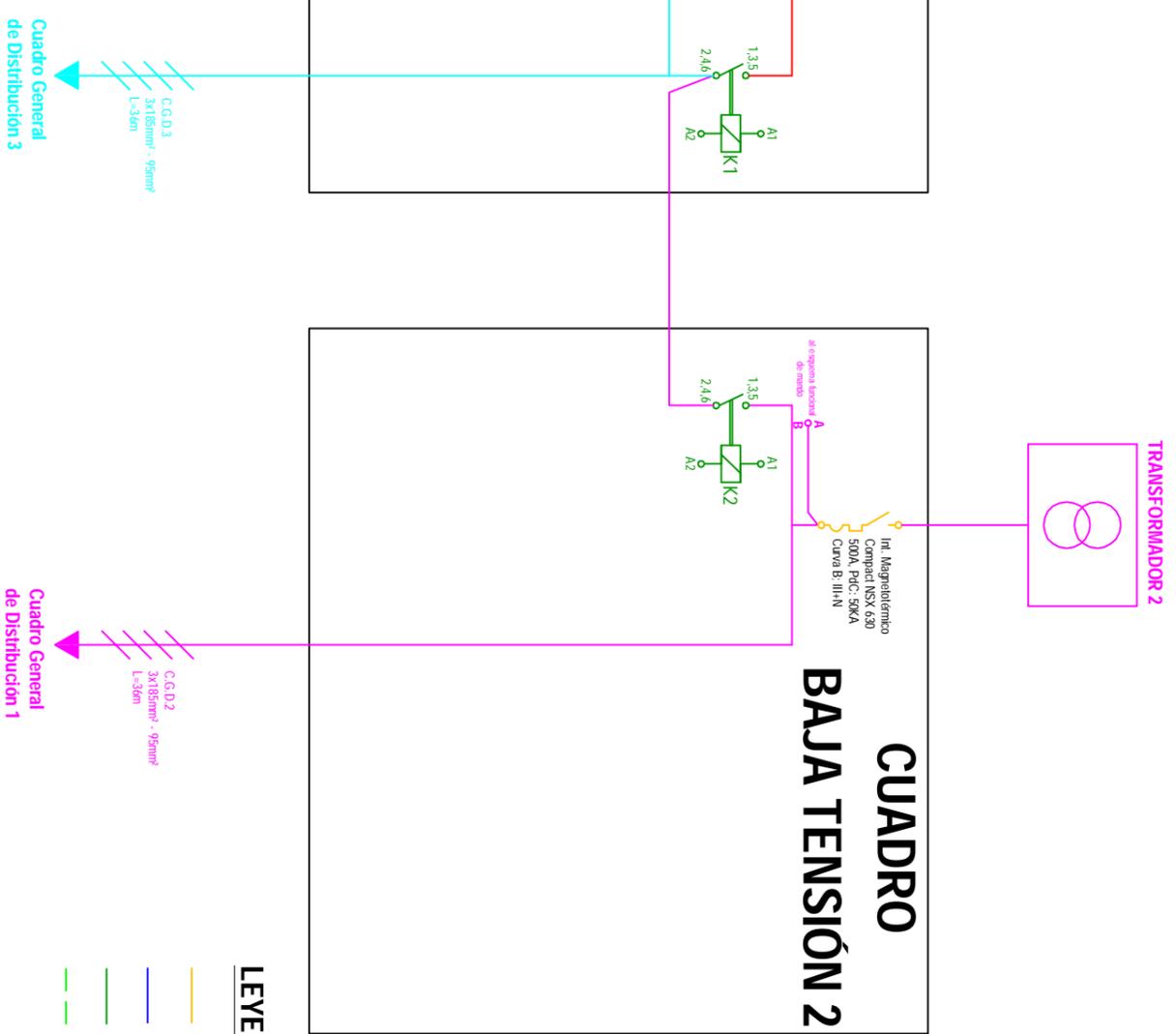
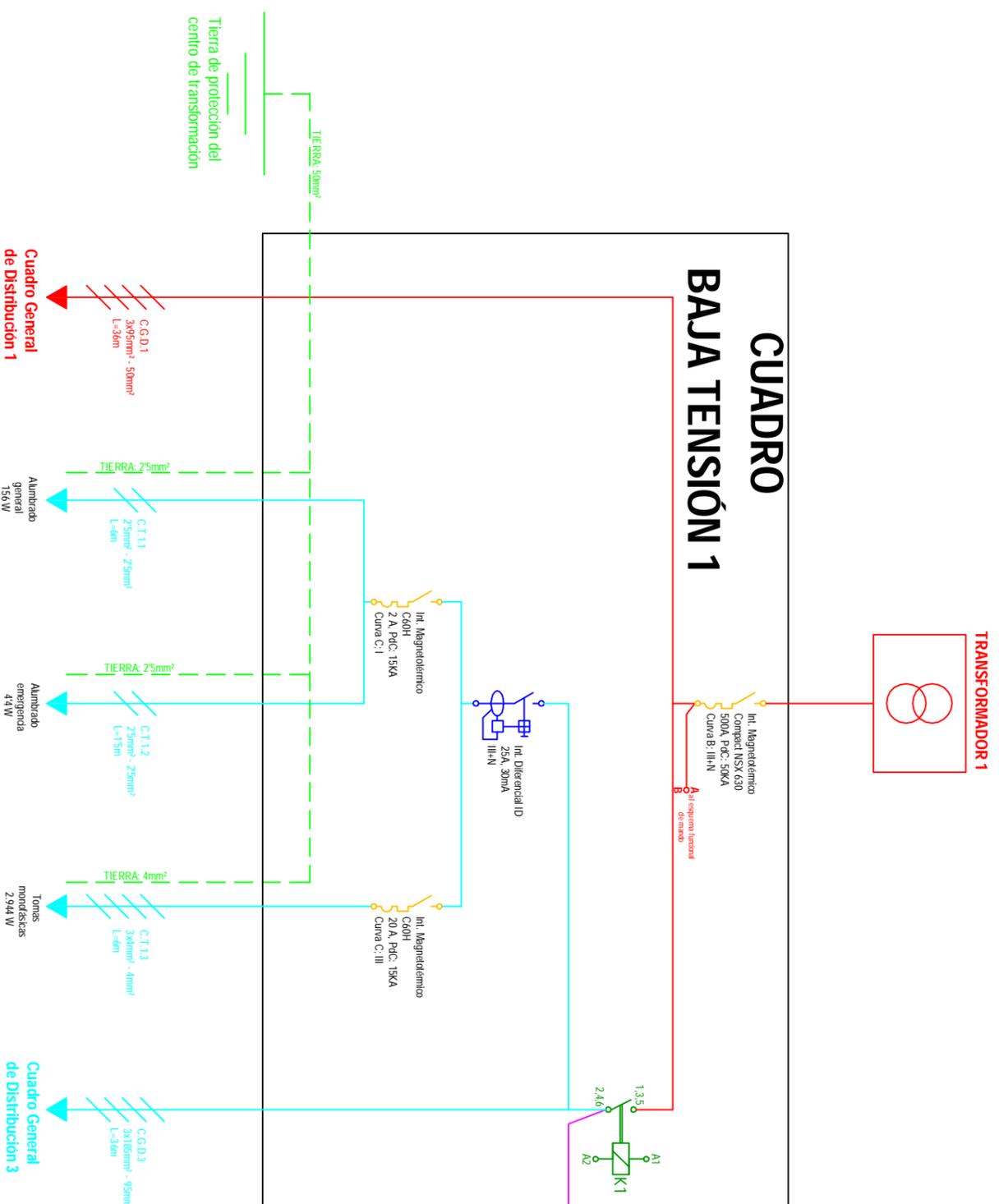


NOTA: El alumbrado y las tomas monofásicas de corriente de la instalación están distribuidos a 4 hilos (3F+N). Representaremos con el símbolo ● cuando de esa línea hagamos una derivación de una de las fases con el neutro. Después del punto de derivación, mediante los indicadores (R, S y T) identificaremos qué fase irá hasta cada receptor. Al final de la línea, en la conexión al receptor, volveremos a indicar qué fase es la que conectamos junto al neutro.

Universidad Pública de Navarra Departamento de Ingeniería Pública	E.T.S.I.I.T. INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL E.	DEPARTAMENTO DE PROYECTOS DE ING. RURAL
	PROYECTO: INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN B.T. DE UNA NAVE INDUSTRIAL CON CENTRO DE TRANSFORMACIÓN	REALIZADO: ARREGUI BORJA, ANDONI
PLANO: CANALIZACIÓN C.AUX. 5 (ALUMBRADO, A. EMERGENCIA Y TOMAS DE CORRIENTE)	FECHA: 29-4-2010	ESCALA: Nº PLANO 12

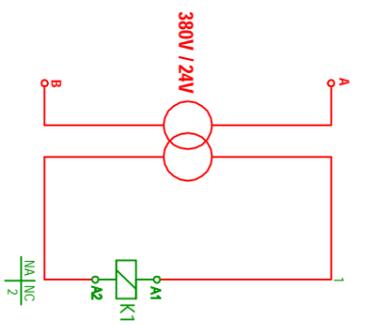


 Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	E.T.S.I.I.T.	DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL
	INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.	REALIZADO: ARREGUI BORJA, ANDONI
PROYECTO: INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN B.T. DE UNA NAVE INDUSTRIAL CON CENTRO DE TRANSFORMACIÓN		
PLANO: ESQUEMA MANDO Y FUERZA (CIRCUITOS C.AUX. 5)		
FECHA: 29 - 4 - 2010	ESCALA: S / D	Nº PLANO: 135

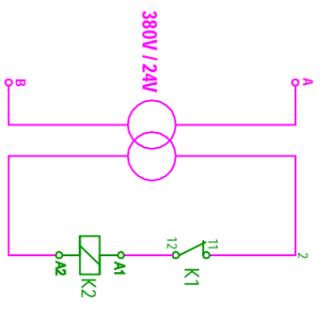


- LEYENDA**
- Magnetotérmicos
 - Diferenciales
 - Contactores
 - Tierra
- Int. Magnetotermico
 - Modelo Cable, Poder de corte, Curva disparo, protector
 - Modulo Cable, Sensibilidad Protector
- Protector:
 - I.: Unipolar (fase)
 - I+N.: Bipolar (fase y neutro)
 - III.: Tripolar (3 fases)
 - III-N.: Tetrapolar (3 fases y neutro)

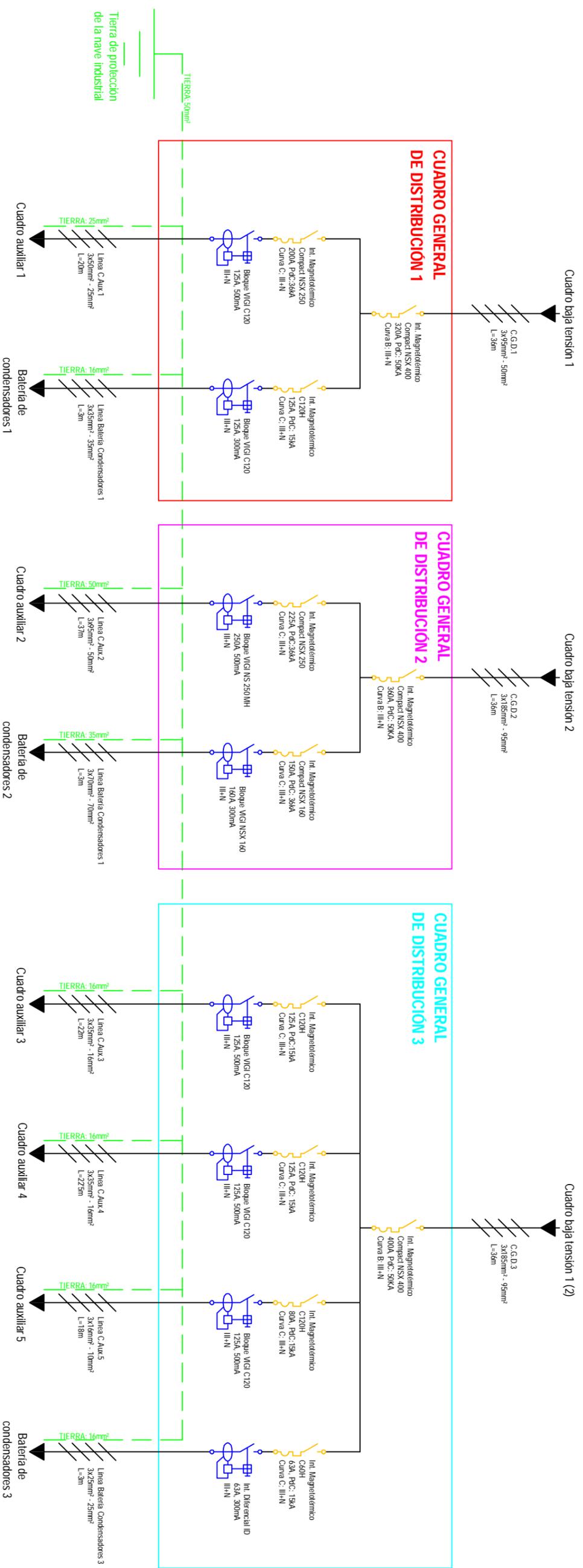
Esquema funcional de mando del circuito 1



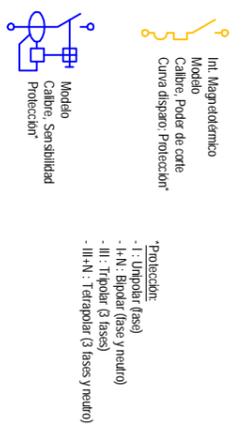
Esquema funcional de mando del circuito 2



<p>Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa</p>		E.T.S.I.I.T.	
		INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.	
PROYECTO: INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN B.T. DE UNA NAVE INDUSTRIAL CON CENTRO DE TRANSFORMACIÓN		DEPARTAMENTO DE: PROYECTOS E ING. RURAL	
PLANO: CUADROS DE BAJA TENSION		REALIZADO: ARREGUI BORJA, ANDONI	
FECHA: 29 - 4 - 2010		FIRMA:	
ESCALA: S / D		Nº PLANO: 145	

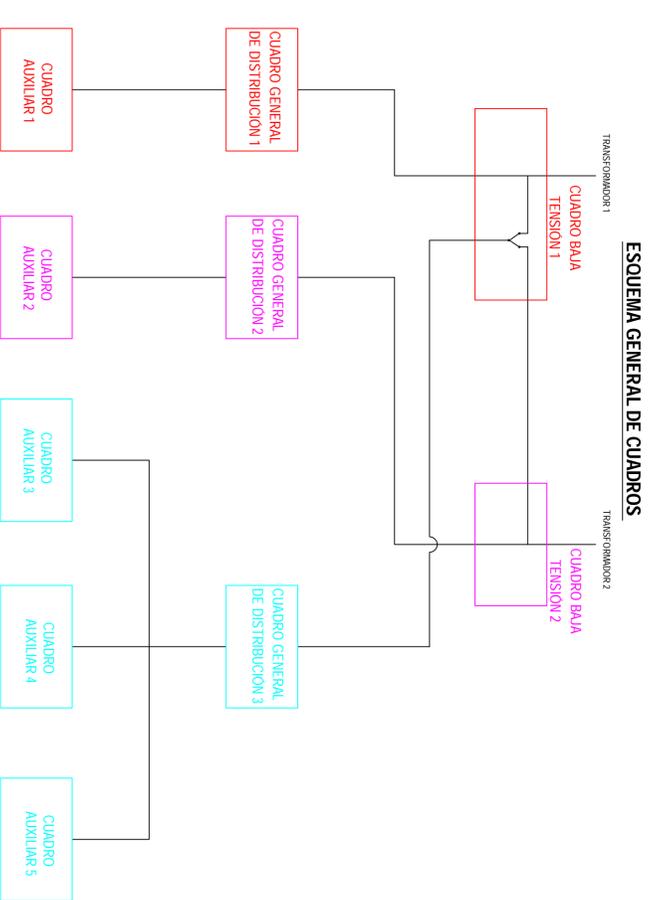
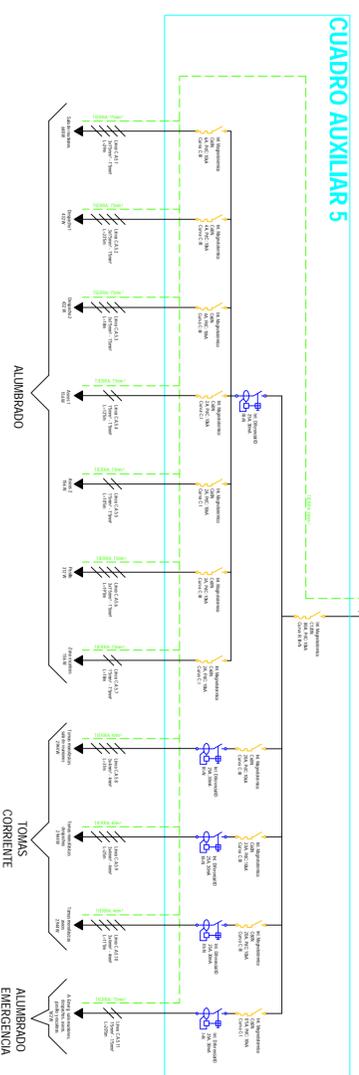
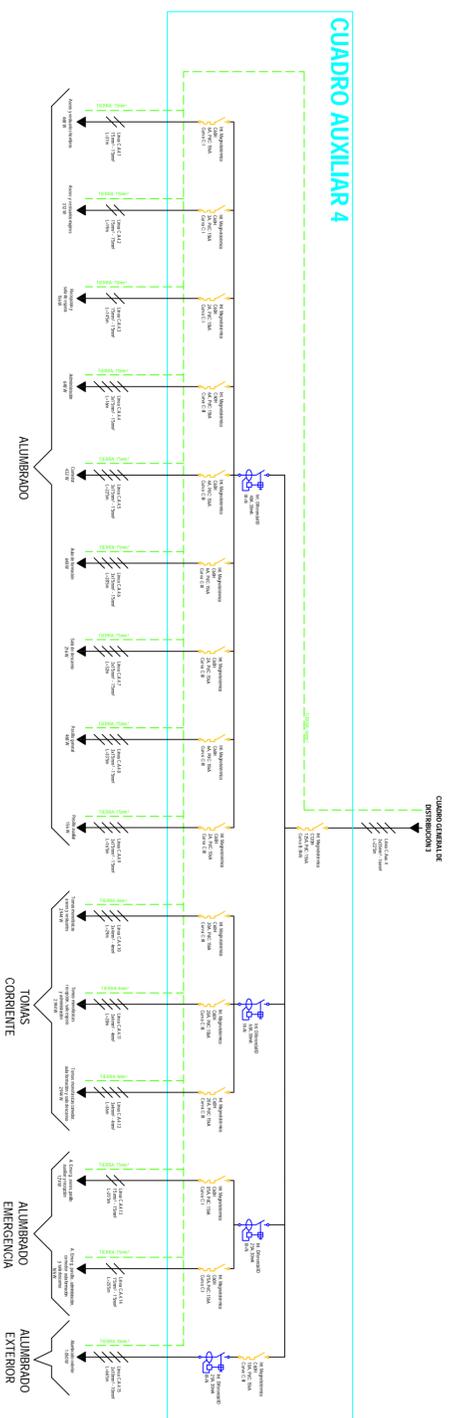
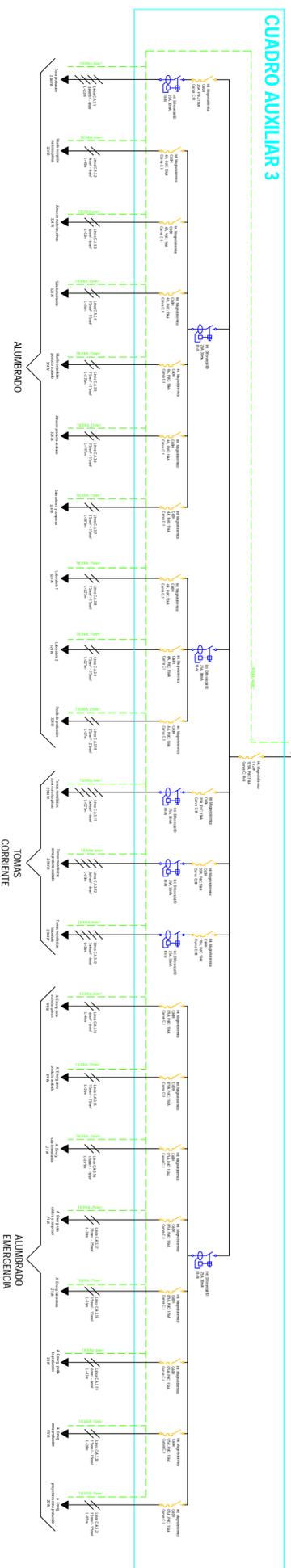
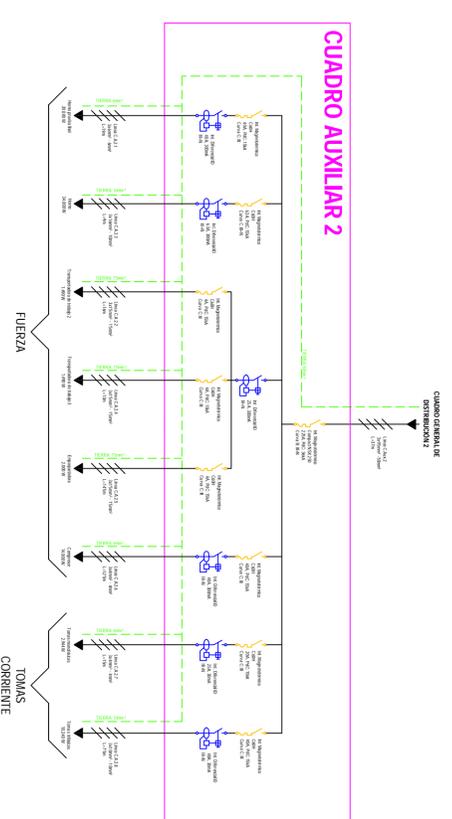
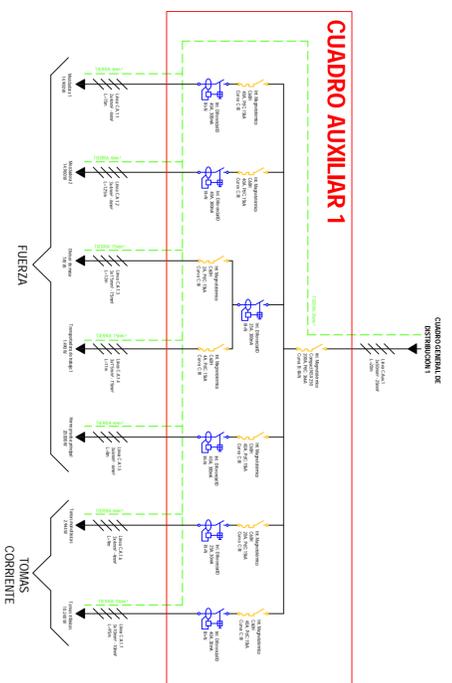


- LEYENDA**
- Magnetotérmicos
 - Diferenciales
 - Tierra

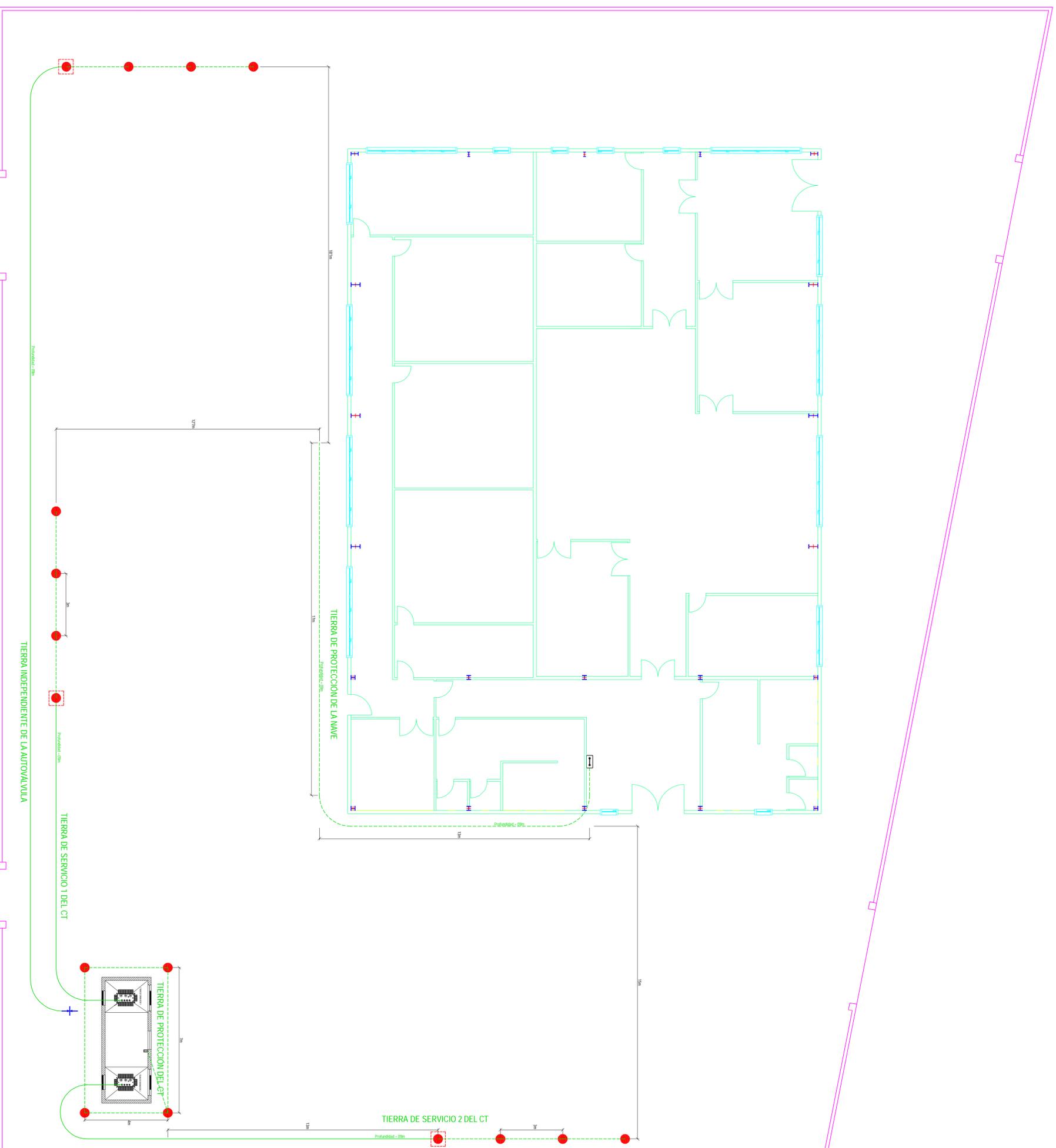


- Protector:**
- . I - 1 (Unipolar (fase))
 - . II - Bipolar (fase y neutro)
 - . III - Tripolar (3 fases)
 - . III-N - Tetrapolar (3 fases y neutro)

<p>Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa</p>	<p>E.T.S.I.I.T. INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.</p>	<p>DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL</p>
<p>PLANO:</p> <p>CUADROS GENERALES DE DISTRIBUCIÓN</p>	<p>FECHA:</p> <p>29 - 4 - 2010</p>	<p>ESCALA:</p> <p>S / D</p>
<p>FIRMA:</p> <p style="text-align: right;">155</p>		



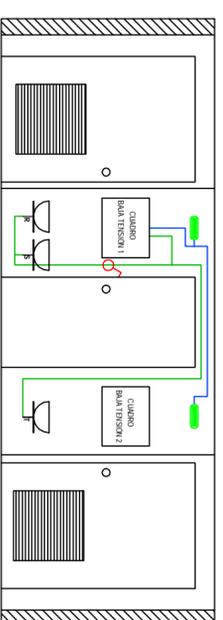
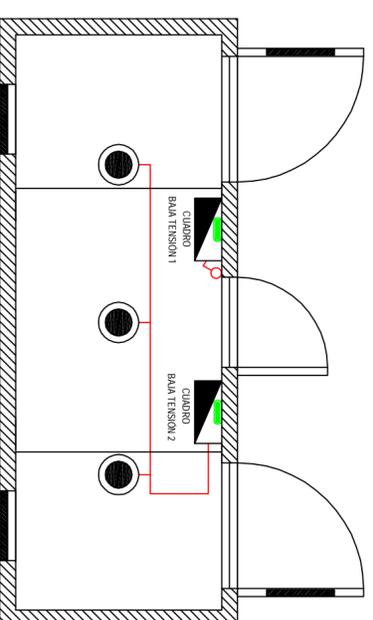
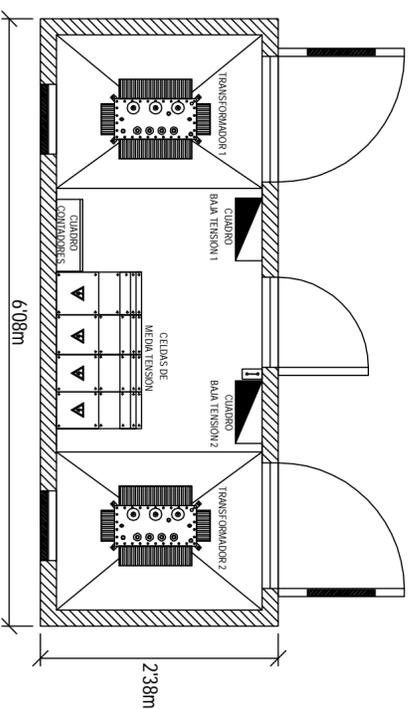
Universidad Pública de Navarra Departamento de Ingeniería Industrial E.		E.T.S.I.I.T. INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.	
DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL		REALIZADO POR: ARREGUI BORJA, ANDONI	
PROYECTO: INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN B.T. DE UNA NAVE INDUSTRIAL CON CENTRO DE TRANSFORMACIÓN		FECHA: 29-4-2010	
PLANO: CUADROS AUXILIARES		ESCALA: Nº PLANO 16	



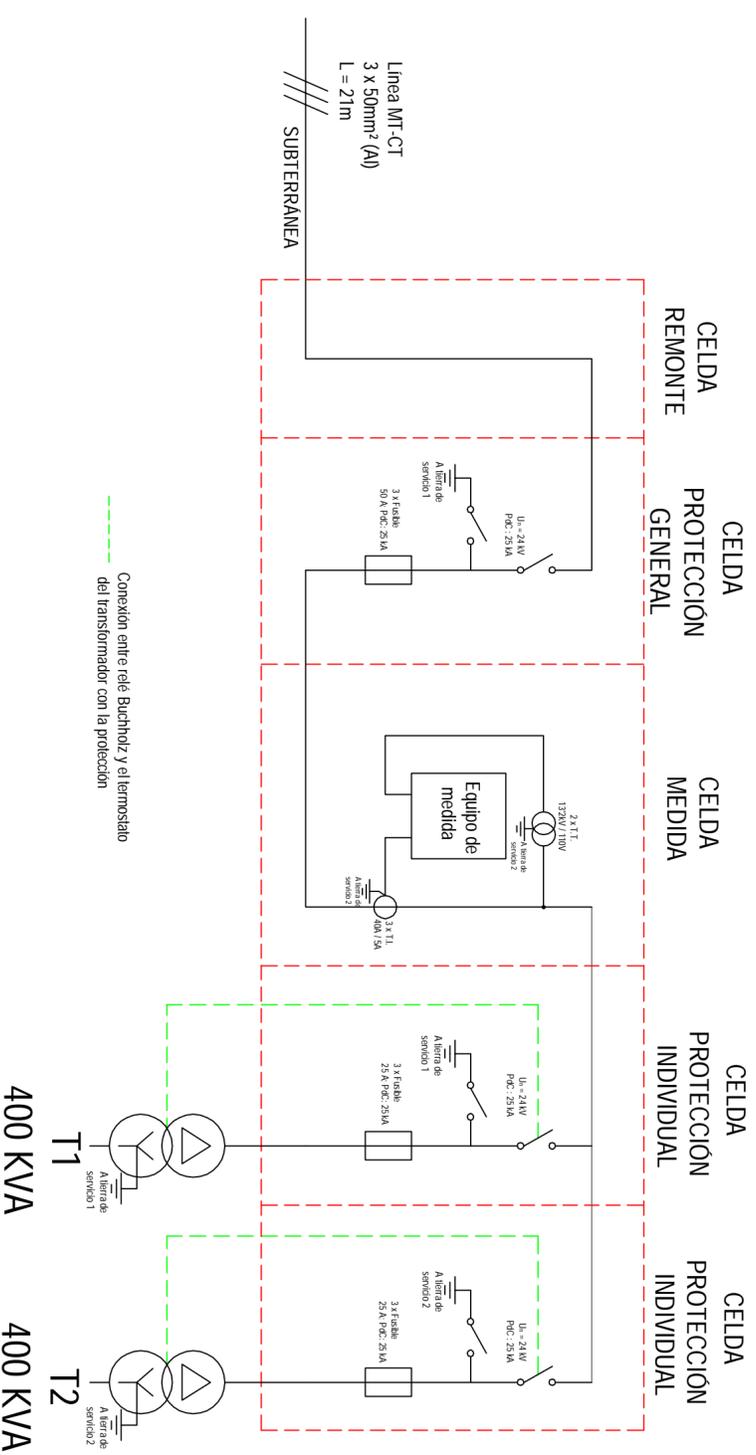
INSTALACION DE PUESTA A TIERRA

- Conductor desnudo de cobre de 50mm²
- Conductor de cobre aislado 06/1 KV de 50mm²
- ⊞ Caja de medición y secionamiento de la puesta a tierra
- Pica de Zn de longitud y Ø 14mm
- + Autoválvula descargadora de sobretensiones de origen atmosférico
- Arqueta de registro de dimensiones 700mm x 700mm y 1000mm de profundidad

Universidad Pública de Navarra Materiarrio Universitate Publikoa	E.T.S.I.I.T.	DEPARTAMENTO:
	INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.	DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL
PROYECTO:	INSTALACION ELECTRICA EN B.T. DE UNA NAVE INDUSTRIAL CON CENTRO DE TRANSFORMACION	REALIZADO:
		ARREGUI BORJA, ANDONI
PLANO:	PUESTAS A TIERRA DE LA NAVE INDUSTRIAL Y CENTRO DE TRANSFORMACION	FECHA:
		29-4-2010
		ESCALA:
		1 : 100
		Nº PLANO:
		17



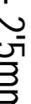
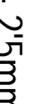
ESQUEMA ELÉCTRICO



LEYENDA

-  Interruptor unipolar
-  Luminaria Europa 2 FBS120
-  2xPL-C/2P26W/840 CON PG
-  Toma monofásica 16 A con toma de tierra
-  Luminaria de emergencia
-  Duna D3-60

CUADROS BAJA TENSION (CT)

-  Línea C.T.1.1 | S-N
-  2'5mm² - 2'5mm² - T 2'5mm²
-  Ø tubo: 16mm
-  Línea C.T.1.2 | R-N
-  2'5mm² - 2'5mm² - T 2'5mm²
-  Ø tubo: 16mm
-  Línea C.T.1.3 | R-S-T-N
-  4mm² - 4mm² - T 4mm²
-  Ø tubo: 20mm

 Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	E.T.S.I.I.T. INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.	DEPARTAMENTO: DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL
	PROYECTO: INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN B.T. DE UNA NAVE INDUSTRIAL CON CENTRO DE TRANSFORMACIÓN	REALIZADO: ARREGUI BORJA, ANDONI
PLANO: CENTRO DE TRANSFORMACIÓN	FECHA: 29 - 4 - 2010	ESCALA: 1 : 50



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación :

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL ELÉCTRICO

Título del proyecto:

INSTALACIÓN EN BAJA TENSIÓN DE UNA NAVE
INDUSTRIAL CON CENTRO DE TRANSFORMACIÓN

DOCUMENTO Nº4: PLIEGO DE CONDICIONES

Andoni Arregui Borja

Jose Javier Crespo Ganuza

Pamplona, 29 de abril de 2.010

ÍNDICE

4.1. OBJETO	3
4.1.1. INTRODUCCIÓN	3
4.1.2. PLAZO DE EJECUCIÓN	3
4.2. CONDICIONES GENERALES	3
4.2.1. NORMAS GENERALES	3
4.2.2. ÁMBITO DE APLICACIÓN	3
4.2.3. DATOS DE OBRA	4
4.2.4. OBRAS QUE COMPRENDE	4
4.2.5. MEJORAS Y VARIACIONES DEL PROYECTO	4
4.2.6. CONFORMIDAD O VARIACIÓN DE LAS CONDICIONES	5
4.2.7. CONTRADICCIONES Y OMISIONES DEL PROYECTO	5
4.2.8. RESCISIÓN	5
4.2.9. PERSONAL	5
4.2.10. CONDICIONES DE PAGO	6
4.3. CONDICIONES TÉCNICAS GENERALES PARA LA EJECUCIÓN E INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN BAJA TENSIÓN	6
4.3.1. INTRODUCCIÓN	6
4.3.2. NORMATIVA GENERAL	7
4.4. CANALIZACIONES	8
4.4.1. INSTALACIÓN EN BANDEJA	8
4.4.2. INSTALACIÓN BAJO TUBO	9
4.4.3. EJECUCIÓN DE LAS OBRAS	11
4.5. CABLES ELÉCTRICOS	12
4.5.1. GENERALIDADES	12
4.5.2. CABLES UTILIZADOS	13
4.5.3. EJECUCIÓN DE LAS OBRAS	13
4.5.4. ENSAYOS	14
4.6. RECEPTORES DE ALUMBRADO	15
4.6.1. GENERALIDADES	15
4.6.2. LUMINARIAS	15
4.6.3. EJECUCIÓN DE LAS OBRAS	17
4.6.4. ENSAYOS	18
4.7. APARAMENTA DE MANDO Y PROTECCIÓN	18
4.8. PUESTA A TIERRA	21
4.8.1. GENERALIDADES	21
4.8.2. ENSAYOS	22
4.9. CORRECCIÓN DEL FACTOR DE POTENCIA	23
4.9.1. BATERÍA DE CONDENSADORES	23
4.9.2. EJECUCIÓN DE LAS OBRAS	23

4.9.3. ENSAYOS	24
4.10. CENTRO DE TRANSFORMACIÓN	24
4.10.1. CALIDAD DE LOS MATERIALES	24
4.10.1.1. OBRA CIVIL	24
4.10.1.2. APARAMENTA DE MEDIA TENSIÓN	25
4.10.1.3. TRANSFORMADORES	27
4.10.1.4. EQUIPO DE MEDIDA	28
4.10.2. NORMAS DE EJECUCIÓN DE LAS OBRAS	29
4.10.3. PRUEBAS REGLAMENTARIAS	29
4.10.4. CONDICIONES DE USO, MANTENIMIENTO Y SEGURIDAD	29
4.10.4.1. PREVENCIONES GENERALES	29
4.10.4.2. PUESTA EN SERVICIO	30
4.10.4.3. SEPARACIÓN DE SERVICIO	30
4.10.4.4. PREVENCIONES ESPECIALES	30
4.10.5. CERTIFICADOS Y DOCUMENTACIÓN	31
4.10.6. LIBRO DE ÓRDENES	31
4.11. CONSIDERACIONES DE CARÁCTER GENERAL	31
4.11.1. RECEPCIÓN GENERAL	31
4.11.2. ACTA DE COMPROBACIÓN DE LOS RESULTADOS ELÉCTRICOS	32
4.12. CONDICIONES FACULTATIVAS	33
4.13. CONDICIONES ECONÓMICAS	35
4.14. CONDICIONES GENERALES DE ÍNDOLE LEGAL	38

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 elaboración de pan.

Esta nave industrial se encuentra en el municipio de Ansoáin, en la provincia de Navarra, en la parcela 886 del polígono 22 del Polígono Industrial de Ansoáin.

4.1.1. INTRODUCCIÓN

El presente documento contiene las condiciones que, además de las expuestas en el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión y normas UNE, deben de cumplirse a la hora de llevar a cabo la ejecución del proyecto.

Es por ello por lo que se hace un recorrido por toda la instalación, repasando sus componentes y enunciando sus características.

También se relacionan las condiciones de seguridad obligatorias impuestas por los organismos competentes, así como las pruebas a realizar para su comprobación.

Se detallan las acciones a realizar una vez aprobado el proyecto de instalación y ejecutado el mismo, con las pruebas de recepción correspondientes.

Por último se especifican las condiciones administrativas y las obligaciones que contraen el instalador, la Dirección Técnica y la propiedad.

4.1.2. PLAZO DE EJECUCIÓN

La duración para la ejecución total de la obra del presente proyecto se estima en dos meses.

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. DATOS DE OBRA

Se entregará al contratista una copia de los planos, memoria y pliegos de condiciones, así como cuantos planos o datos necesite la completa ejecución de la obra.

El contratista podrá tomar nota o sacar copia, a su costa, del presupuesto y anexos del proyecto, así como segundas copias de todos los documentos.

4.2.4. OBRAS QUE COMPRENDE

Las obras se ejecutan conforme al proyecto, a las condiciones contenidas en este pliego de condiciones y el particular, si lo hubiera, y de acuerdo con las normas de la empresa suministradora.

El contratista, salvo aprobación por escrito del director de obra, no podrá hacer ninguna modificación de cualquier naturaleza, tanto en la ejecución de las obras en relación con el proyecto, como en las condiciones técnicas específicas.

Las obras que comprende este proyecto, abarcan el suministro e instalación de los materiales precisos para efectuar la instalación eléctrica de la nave industrial, considerando nave industrial a las oficinas, almacenes, nave propiamente dicha, locales no nombrados que se encuentren dentro de la propiedad, así como el centro de transformación.

Las labores comprendidas son las siguientes:

- a) Los transportes necesarios, tanto para la traída de materiales, como para el envío de estos fuera de la zona.
- b) Suministros de todo material necesario para las instalaciones.
- c) Ejecución de los trabajos necesarios para la instalación de todo lo reseñado:
 - Colocación de luminarias interiores y de emergencia y señalización.
 - Instalación de fuerza y tomas de corriente.
 - Colocación de cableado.
 - Instalación de las protecciones eléctricas.
 - Colocación de bandejas y tubos protectores para cableado.
 - Ejecución del centro de transformación.
 - Puestas a tierra del centro de transformación, y de la instalación eléctrica de la nave.
 - Instalación de la corrección del factor de potencia.

4.2.5. 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, podrán ejecutarse con personal independiente del contratista.

4.2.6. 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.

4.2.7. 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 se estuviesen correctamente especificados en los planos y en este pliego de condiciones.

4.2.8. 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.

4.2.9. PERSONAL

El contratista no podrá utilizar en los trabajos persona que no sea de su exclusiva cuenta y cargo, salvo la excepción del apartado 4.2.5. 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.

4.2.10. CONDICIONES DE PAGO

Se abonarán las unidades realmente ejecutadas, completamente terminadas, a los precios indicados en el presupuesto, y aplicándoles el coeficiente de subasta si lo hubiere.

Si alguna obra no se halla debidamente ejecutada, con sujeción estricta a las condiciones del contrato y fuese, sin embargo, admitida, podrá ser recibida provisional y aun definitivamente, en su caso; pero el contratista quedará obligado a conformarse con la rebaja que el director de obra señale y la propiedad apruebe, salvo en el caso que prefiera demolerla y rehacer a su costa, con arreglo a las condiciones del contrato.

No tendrá derecho el contratista a abono de obras ejecutadas sin orden concreta de la propiedad o del director de obra. Las obras accesorias y auxiliares ordenadas al contratista, se abonarán a precios de la contrata, si le son aceptables, con la rebaja correspondiente o la bonificación hecha en subasta. Si contienen materiales o unidades de obra no previstas en el proyecto, y que por tanto, no tiene precio señalado en el presupuesto, se determinará previamente el correspondiente precio contradictorio entre la propiedad y el contratista. Si se ejecutan las obras sin haberse cumplido este requisito previo, deberá conformarse con la tasación que realiza el director de obra.

Cuando la propiedad o el director de obra presumiese la existencia de vicios o defectos de construcción, sea en el curso de ejecución de obra o antes de su recepción definitiva, podrán ordenar la demolición y reconstrucción en la pared o extensión necesaria. Los gastos de estas operaciones serán de cuenta del contratista, cuando se confirmen los vicios o defectos supuestos.

4.3. CONDICIONES TÉCNICAS GENERALES PARA LA EJECUCIÓN E INTALACIÓN ELÉCTRICA EN BAJA TENSIÓN

4.3.1. INTRODUCCIÓN

Todos los materiales eléctricos a utilizar deberán ser presentados a la Dirección Técnica acompañados de sus correspondientes hojas de características técnicas expandidas por sus fabricantes y organismos competentes que los hayan homologado y responderán a las exigencias definidas en el Cuadro de Precios y Pliego de condiciones Particulares.

El instalador podrá proponer otras marcas o tipos diferentes a las del proyecto, siendo discrecional por parte de la Dirección Técnica el aceptarlos o no.

Si la Dirección Técnica acepta otras marcas o tipos, no deberá suponer en ningún caso un incremento de los precios o detrimento de la calidad.

En el caso de que la Dirección Técnica no aceptara otras marcas o tipos diferentes a los del proyecto, el instalador estará obligado a montar los proyectados.

Bien sea a la recepción de los materiales en obra, o al efectuar el montaje, la Dirección Técnica se reserva el derecho de realizar las inspecciones o pruebas que estime oportunas, para comprobar que las características de los materiales responden a lo solicitado. Lo mismo ocurrirá con la instalación o con parte de la misma una vez haya sido finalizada.

Las comprobaciones se harán conjuntamente entre el instalador y la Dirección Técnica.

En cualquier caso, el instalador estará obligado a facilitar a la Dirección Técnica medios, instrumentación y personal necesario para cuantas pruebas se precisen.

En el caso de que las pruebas no fueran positivas, se realizarán las modificaciones o sustituciones que procedan, de acuerdo con las indicaciones de la Dirección Técnica, a cargo del instalador.

Todas las comprobaciones y posibles rectificaciones que se realicen con posterioridad serán por cuenta del instalador hasta conseguir la conformidad de la prueba.

El instalador entregará al finalizar la obra:

- Un juego de planos con la representación total y actualizada de la instalación.
- Un manual de instrucciones.
- Una lista de recambios recomendados.
- Un certificado en el que garantice la calidad de los materiales empleados y la ejecución de la obra y que responde a los solicitados por la propiedad.

4.3.2. NORMATIVA GENERAL

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.

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.

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.

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 destinarán exclusivamente a la finalidad prevista y no podrá utilizarse como depósito de materiales, ni de piezas o elementos de recambio.

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.

4.4. CANALIZACIONES

Los cables se colocarán dentro de tubos rígidos o sobre bandejas según se indica en los documentos de Memoria y Planos.

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

4.4.1. INSTALACIÓN EN BANDEJA

Las bandejas se dimensionarán de tal manera que la distancia entre cables sea igual o superior al diámetro del cable más grande. El material usado para la fabricación será acero laminado de primera calidad, galvanizado por inmersión. La anchura de las canaletas será de 100 mm como mínimo, con incrementos de 100 en 100 mm. La longitud de los tramos rectos será de dos metros. El fabricante indicará en su catálogo la carga máxima admisible, en N/m, en función de la anchura y de la distancia entre soportes. Todos los accesorios, como codos, cambios de plano, reducciones, uniones, soportes, etc, tendrán la misma calidad que la bandeja.

Las bandejas y sus accesorios se sujetarán a techos y paramentos mediante herrajes de suspensión, a distancias tales que no se produzcan flechas superiores a 10 mm y estarán perfectamente alineadas con los cerramientos de los locales.

No se permitirá la unión entre bandejas o la fijación de las mismas a los soportes por medio de soldadura, debiéndose utilizar piezas de unión y tornillería cadmiada. Para las uniones o derivaciones de líneas se utilizarán cajas metálicas que se fijarán a las bandejas.

Cuando sea inevitable que los conductores eléctricos crucen tuberías de cualquier clase, se dispondrán aislamientos supletorios, discurriendo la conducción eléctrica por encima de las tuberías. De igual manera se colocará aislamiento supletorio para atravesar muros, tabiques o techos en todo el espesor.

4.4.2. INSTALACIÓN BAJO TUBO

Utilizaremos para toda la instalación bajo tubo de nuestra nave, un tubo rígido de PVC de la marca *Aiscan*, excepto en donde ya mencionamos en el documento nº1: Memoria, que la canalización que une el tubo rígido de PVC del techo con cada una de las máquinas de los cuadros auxiliares 1 y 2, será de tubo rígido de acero para dar así mayor resistencia mecánica.

Para la ejecución de la instalación, bajo tubo protector, se tendrán en cuenta las prescripciones generales siguientes:

- El trazado se hará siguiendo líneas paralelas a las verticales y horizontales que limitan el local.

- Los tubos se unirán entre sí 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 inadmisibles.

- 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 y que en tramos rectos no estarán separados entre sí más de 15 m.

- Las conexiones entre conductores se realizarán en el interior de cajas apropiadas de materia aislante. Las dimensiones de estas cajas serán tales que permitan alojar holgadamente todos los conductores que deban contener. Su profundidad será igual, por lo menos, a una vez y media el diámetro del tubo mayor, con un mínimo de 40 mm; el lado o diámetro de la caja será de al menos 80 mm. Cuando se quieran hacer estancas las entradas de los tubos en las cajas de conexión, deberán emplearse prensaestopas adecuados. En ningún caso se permitirá la unión de conductores, como empalmes o derivaciones por simple retorcimiento o arrollamiento entre sí de los conductores, sino que deberá realizarse siempre utilizando bornes de conexión.

- Cuando los tubos estén constituidos por materias susceptibles de oxidación se aplicará a las partes mecanizadas pinturas antioxidantes. Igualmente, en el caso de utilizar tubos metálicos sin aislamiento interior, se tendrá en cuenta las posibilidades de que se produzcan condensaciones de agua en el interior de los mismos.

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

- La instalación de tubos normales será admisible cuando su puesta en obra se efectúe después de terminados los trabajos de construcción y de enfoscado de paredes y techos, pudiendo el enlucido de los mismos aplicarse posteriormente.

- Las dimensiones de las rozas serán suficientes para que los tubos queden recubiertos por una capa de 1 cm de espesor, como mínimo, del revestimiento de las paredes o techos.

- En los cambios de dirección, los tubos estarán convenientemente curvados o bien provistos de codos o "T" apropiados, pero en este último caso sólo se admitirán los provistos de cajas de registro.

- Las tapas de los registros y de las cajas de conexión quedarán accesibles y desmontables una vez finalizada la obra, quedando enrasadas con la superficie exterior del revestimiento de la pared o techo.

- Es conveniente disponer los recorridos horizontales a 50 cm, como máximo, de suelo o techos, y los verticales a una distancia de los ángulos de esquinas no superior a 20 cm.

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 protegidas contra la corrosión y sólidamente sujetas. La distancia entre éstas será, como máximo, de 0,80 m para tubos rígidos y de 0,60 m para tubos flexibles. Se dispondrán fijaciones de una y otra parte en los cambios de dirección y de los empalmes y en la proximidad inmediata de las entradas en cajas o aparatos.

- Los tubos se colocarán adaptándolos a la superficie sobre la que se instalan, curvándolos o usando los accesorios necesarios.

- En alineaciones rectas, las desviaciones del eje del tubo con respecto a la línea que une los puntos extremos no serán superiores a 12 por 100.

- Es conveniente disponer los tubos normales, siempre que sea posible a una altura mínima de 2,50 m sobre el suelo, con objeto de protegerlos de eventuales daños mecánicos.

El paso de las canalizaciones a través de elementos de la construcción, tales como muros, tabiques y techos, se realizará de acuerdo con las siguientes prescripciones:

- En toda la longitud de los pasos de canalizaciones no se dispondrán empalmes o derivaciones de cables.

- Las canalizaciones estarán protegidas contra deterioros mecánicos, las acciones químicas y los defectos de la humedad. Esta condición se exigirá a lo largo de toda la longitud de paso.

- Si se utilizan tubos no obturados para atravesar un elemento constructivo que separe dos locales de humedades diferentes, se colocarán de modo que se impida la entrada o acumulación de agua en el menos húmedo. Si desemboca al exterior se instalará una pipa de porcelana o vidrio de modo que el paso exterior-interior se efectúe en sentido ascendente.

- Si la longitud de paso no supera los 20 cm, se protegerá de forma mecánica colocándolos dentro de tubos normales. Si se excede se colocarán como nos marca la ITC-BT 21. De igual manera, los cables que tengan armadura metálica no necesitan protección suplementaria.

- Los pasos con conductores aislados bajo molduras no excederán de 20cm; en los demás casos se realizará por medio de tubos.

- En los pasos de techos por medio de tubo, este estará obturado mediante cierre estanco y su extremidad superior saldrá por encima del suelo una altura al menos igual a la de los rodapiés o a 10 centímetros. Cuando el paso se efectúe por otro sistema, se obturará igualmente mediante material incombustible.

4.4.3. EJECUCIÓN DE LAS OBRAS

La recepción de los materiales se hará comprobando que cumplan las condiciones funcionales y de calidad fijadas en las normas correspondientes.

Para la colocación de las canalizaciones se tendrán en cuenta la prescripción ITC-BT 21. El dimensionado de los tubos protectores se hará de acuerdo a la ITC-BT 21, Tabla 21.2, Tabla 21.5, Tabla 21.7 y Tabla 21.9. Para más de 5 conductores por tubo o para conductores de secciones diferentes a instalar por el mismo tubo, la sección interior de éste será, como mínima, igual a tres veces la sección total ocupada por los conductores.

Los tubos irán grapados sobre la pared del edificio, excepto en los casos que haya que alimentar a las máquinas, donde irán en canalizaciones bajo el suelo.

El trazado de los recorridos, se realizará siempre que sea posible siguiendo líneas paralelas a las verticales y horizontales que limitan el local donde se efectúa la instalación.

Los tubos se unirán entre sí mediante accesorios adecuados a su clase y 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 inadmisibles. Los radios mínimos de curvatura estarán de acuerdo con la reglamentación.

No se taparán los tubos hasta que no sean inspeccionados por la Dirección Técnica.

En general, las dimensiones, instalación y montaje de los tubos seguirán las recomendaciones indicadas en la instrucción MI-BT 019.

El tipo de ensayo a realizar así como el número de los mismos y las condiciones de ensayo o aceptación automática serán los fijados en la NTE-IEB/1974: "Instalaciones de electricidad: baja tensión".

4.5. CABLES ELÉCTRICOS

4.5.1. GENERALIDADES

Los conductores aislados serán del tipo y denominación que se fijan en el proyecto para cada caso particular, pudiendo sustituirse por otros de denominación distinta, siempre que sus características técnicas se ajusten al tipo exigido. Se ajustarán a las normas UNE 21031, 31022, 21023 y 21123.

No se admitirán empalmes de hilo en el interior de los tubos, debiéndose realizar en las cajas de derivación mediante el empleo de bornes o tornillos.

El conductor de media tensión, el de la acometida, tendrá la asignación VULPREN HEPRZ1 AI H-16 12/20 kV. Los cables que conectan los transformadores con el cuadro general de distribución serán del tipo ENERGY RV CI2 0'6/1 kV. Para el interior de la nave industrial, la instalación eléctrica estará formada por conductores ENERGY RV-K FOC 0'6/1 kV.

Las secciones de los cables cumplirán las instrucciones complementarias MIE BT 004 y MIE BT 017 del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión.

Las secciones son función de:

- Intensidad máxima previsible en la línea.
- Caídas de tensión máximas permitidas.

La sección del conductor neutro será igual a la del conductor de fase para distribuciones monofásicas. En las trifásicas, para secciones de los conductores de fase inferiores a 10 mm² el conductor neutro tendrá la misma sección que los de fase. Para secciones superiores de los conductores de fase, la sección del neutro será mitad de los de fase, con un mínimo de 10 mm².

Para el conductor de protección, tenemos que si los conductores de fase o polares de la instalación son de una sección igual o menor a 16 mm², la del conductor de protección será igual. Si está comprendida entre 16 y 35 mm², será de 16 mm². Si por el contrario la sección de los conductores de fase es mayor que 35 mm², la del conductor de protección será la mitad.

4.5.2. CABLES UTILIZADOS

- VULPREN HEPRZ1 Al H-16 12/20 kV
 - Designación: HEPRZ1 Al H-16
 - Tensión de aislamiento: 20.000 V.
 - Tipo de aislamiento: Etileno-propileno de alto módulo 105°C (HEPR)
 - Cubierta: Poliolefina termoplástica libre de halógenos
 - Formación del cable: Unipolar
 - Sección del conductor: *Según planos*
 - Naturaleza del conductor: Aluminio

- ENERGY RV CI2 0'6/1 kV
 - Designación: ENERGY RV CI2
 - Tensión de aislamiento: 1.000 V.
 - Tipo de aislamiento: Polietileno reticulado (XLPE)
 - Cubierta: Policloruro de vinilo (PVC)
 - Formación del cable: Unipolar
 - Sección del conductor: *Según planos*
 - Naturaleza del conductor: Cobre

- ENERGY RV-K FOC 0'6/1 kV
 - Designación: ENERGY RV-K FOC
 - Tensión de aislamiento: 1.000 V.
 - Tipo de aislamiento: Polietileno reticulado (XLPE)
 - Cubierta: Policloruro de vinilo acrílico (PVC flexible)
 - Formación del cable: Unipolar
 - Sección del conductor: *Según planos*
 - Naturaleza del conductor: Cobre

4.5.3. EJECUCIÓN DE LAS OBRAS

Todos los cables se enviarán a obra en bobinas normalizadas y debidamente protegidas con duelas.

El tendido de los cables se realizará con sumo cuidado, con medios adecuados al tipo de cable, evitando la formación de torceduras, así como los roces perjudiciales y las tracciones exageradas. No se curvarán los cables con radios inferiores a los recomendados por el fabricante y que, en ningún caso, serán inferiores a 10 veces su diámetro. Tampoco se enrollarán con diámetros más pequeños que el de la capa inferior asentada sobre la bobina de fábrica.

No se colocarán cables durante las heladas, ni estando éstos demasiado fríos, debiendo, por lo menos, permanecer doce horas en almacén a 20 °C centígrados antes de su colocación. Solo estarán a la intemperie el tiempo necesario para su instalación.

Los aislamientos de la instalación deberán ser los reglamentado en función de la tensión del sistema. Las secciones serán las indicadas en los planos. Cualquier cambio de sección deberá ser aprobada por la Dirección Técnica.

Los cables para cada uno de los distintos sistemas de alimentación, estarán convenientemente identificados y separados en el trazado, de manera que sean fácilmente localizables.

Los cables estarán canalizados en bandejas o en tubos, según los sistemas previstos en la instalación y de acuerdo con lo expresado en los planos. No se colocarán los cables hasta que se haya colocado el tubo y las uniones entre tramos de tubos estén completamente secas.

Se utilizarán los colores de cubierta normalizados. Los cables correspondientes a cada circuito se identificarán convenientemente en el inicio del circuito al que corresponda y durante su recorrido, cuando las longitudes sean largas o por los cambios de trazado sea difícil su identificación. Para ello se utilizará cinta aislante, etiquetas y otros elementos de identificación adecuados.

Los empalmes y conexiones entre conductores se realizarán en el interior de cajas de empalmes apropiadas. En ningún caso se permitirá la unión de conductores por simple retorcimiento o arrollamiento entre sí de éstos, sino que deberá realizarse siempre por medio de bornes de conexión montados individualmente o constituyendo bloques o regletas de conexión. Los conductores de sección superior a 6 mm² deberán conectarse por medio de terminales adecuados, cuidando siempre de que las conexiones, de cualquier sistema que sean, no queden sometidas a esfuerzos mecánicos.

Los cables se instalarán en los conductos utilizando guías adecuadas y no sometidos a rozaduras que puedan perjudicar el aislamiento y cubierta de los mismos.

En general, para la instalación de conductores, se seguirán las normas indicadas en la MI-BT 018.

4.5.4. ENSAYOS

La recepción de los materiales se hará comprobando que cumplen las condiciones funcionales y de calidad fijadas en la reglamentación vigente.

Cuando el material o equipo llegue a obra con Certificado de Origen Industrial, que acredite el cumplimiento de dichas condiciones, normas y disposiciones, su recepción se realizará comprobando únicamente sus características aparentes.

El tipo de ensayos a realizar, así como el número de los mismos y las condiciones de no aceptación automática, serán los fijados en la NTE-IEB/1974, “Instalaciones de electricidad: baja tensión” y en la NTE-IER/1984: “Instalaciones de electricidad: red exterior”.

4.6. RECEPTORES DE ALUMBRADO

4.6.1. GENERALIDADES

Los portalámparas destinados a lámparas de incandescencia deberán resistir la corriente prevista, y llevarán la indicación correspondiente a la tensión e intensidad nominales para las que han sido diseñados.

Se prohíbe colgar la armadura y globos de las lámparas utilizando para ello los conductores que llevan la corriente a los mismos. El elemento de suspensión, caso de ser metálico, deberá estar aislado de la armadura.

Los circuitos de alimentación a lámparas o tubos de descarga estarán previstos para transportar la carga debida a los propios receptores, a sus elementos asociados y a sus corrientes armónicas. La carga mínima prevista en voltiamperios será de 1,8 veces la potencia en vatios de los receptores. El conductor neutro tendrá la misma sección que los de fase.

Todas las partes bajo tensión, así como los conductores, aparatos auxiliares y los propios receptores, excepto las partes que producen o transmiten la luz, estarán protegidas por adecuadas pantallas o envolturas aislantes o metálicas puestas a tierra. Los aparatos de alumbrado tipo fluorescencia se suministrarán completos con cebadores, reactancias, condensadores y lámparas.

Todos los aparatos deberán tener un acabado adecuado resistente a la corrosión en todas sus partes metálicas y serán completos con portalámparas y accesorios cableados. Los portalámparas para lámparas incandescentes serán de una pieza de porcelana o material aislante. Cuando sea necesario el empleo de unidad montada el sistema mecánico del montaje será efectivo, no existirá posibilidad de que los componentes del conjunto se muevan cuando se enrosque o desenrosque una lámpara. Las reactancias para lámparas fluorescentes suministrarán un voltaje suficiente alto para producir el cebado y deberán limitar la corriente a través del tubo a un valor de seguridad predeterminado.

4.6.2. LUMINARIAS

- FLUORESCENTE EFix TSC260

- Montaje: Montaje a presión de la luminaria en soportes de techo.
- Equipo de encendido: Electrónico 220-240 V / 50-60 Hz
- Grado de protección: IP 20
- Lámpara: Fluorescente 2 MASTER TL5 54 W
- Modelo: EFix TCS260 2xTL5-54W/840 HF M6 de Philips.

- DOWNLIGHT Europa 2 FBS120

- Montaje: Empotrada y fijada mediante clips elásticos.
- Equipo de encendido: Electrónico 220-240 V / 50-60 Hz
- Grado de protección: IP 20 y IP 44

- Lámpara: Fluorescente compacta 2 MASTER PL-C 26 W
 - Modelo: Europa 2 FBS120 2xPL-C/2P26W/840 CON PG de Philips.
- FLUORESCENTE EFix TBS260
- Montaje: Montaje empotrado mediante anclajes.
 - Equipo de encendido: Electrónico 220-240 V / 50-60 Hz
 - Grado de protección: IP 20, IP 40 y IK 07
 - Lámpara: Fluorescente 3 MASTER TL5 24 W
 - Modelo: EFix TBS260 3xTL5-24W/840 HF C6 de Philips.
- DOWNLIGHT Europa 2 FBS120
- Montaje: Empotrada y fijada mediante clips elásticos.
 - Equipo de encendido: Electrónico 220-240 V / 50-60 Hz
 - Grado de protección: IP 20 y IP 44
 - Lámpara: Fluorescente compacta MASTER PL-C 26 W
 - Modelo: Europa 2 FBS120 1xPL-C/2P26W/840 CON PG de Philips.
- HID Selenium SGP340
- Montaje: Montaje empotrado en la fachada de la nave.
 - Equipo de encendido: Electrónico 220-240 V / 50-60 Hz
 - Grado de protección: IP 66
 - Lámpara: HID SON 70 W
 - Modelo: Selenium SGP340 FG 1xSON-TPP70W CON TPP1 de Philips.
- A. EMERGENCIA Dunna D-60
- Alimentación: 230 V, 50 Hz.
 - Batería: Una hora.
 - Lúmenes: 70
 - Montaje: En superficie sobre la pared.
 - Lámpara: F6T5 (6W)
 - Grado de protección: IP 42 y IK 04
 - Modelo: Dunna D-60 de Normalux.
- A. EMERGENCIA Dunna D-150
- Alimentación: 230 V, 50 Hz.
 - Batería: Una hora.
 - Lúmenes: 140
 - Montaje: En superficie sobre la pared.
 - Lámpara: F6T5 (6W)
 - Grado de protección: IP 42 y IK 04
 - Modelo: Dunna D-150 de Normalux.

- A. EMERGENCIA Dunna D-300
 - Alimentación: 230 V, 50 Hz.
 - Batería: Una hora.
 - Lúmenes: 300
 - Montaje: En superficie sobre la pared.
 - Lámpara: PL-S (11W)
 - Grado de protección: IP 42 y IK 04
 - Modelo: Dunna D-300 de Normalux.

- A. EMERGENCIA Dunna D-200
 - Alimentación: 230 V, 50 Hz.
 - Batería: Una hora.
 - Lúmenes: 190
 - Montaje: En superficie sobre la pared.
 - Lámpara: F6T5 (6W)
 - Grado de protección: IP 42 y IK 04
 - Modelo: Dunna D-200 de Normalux.

- FOCO ORIENTABLE EMERGENCIA FO-400
 - Alimentación: 230 V, 50 Hz.
 - Batería: Una hora.
 - Lúmenes: 395
 - Montaje: En superficie sobre la pared.
 - Lámpara: 2 X DT-6 10W
 - Grado de protección: IP 65
 - Modelo: FO-400 de Normalux.

4.6.3. EJECUCIÓN DE LAS OBRAS

Las luminarias serán suministradas con todos sus elementos conexiónados y montados.

Las luminarias irán sustentadas sobre el tipo de apoyo o anclaje que se indique en el proyecto o el que aconseje el fabricante. Cualquiera que sea el sistema de fijación utilizado, la luminaria quedará rígidamente sujeta de modo que no pueda girar u oscilar.

Las luminarias se conectarán a tierra mediante el conductor de protección al tornillo de puesta a tierra de las luminarias.

Todos los receptores de alumbrado deberán cumplir las normas indicadas en la instrucción MIE-BT 032. Para su instalación se seguirá en general las indicaciones de la misma instrucción.

Los aparatos autónomos automáticos para alumbrado de emergencia serán con lámparas de fluorescencia y cumplirán la norma UNE 72551.

4.6.4. ENSAYOS

La recepción de las luminarias, se hará comprobando que cumplen las condiciones funcionales y de calidad fijadas en las NTE, el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión y en las correspondientes normas y disposiciones vigentes relativas a fabricación y control industrial.

Cuando el material o equipo llegue a obra con Certificado de Origen Industrial que acredite el cumplimiento de dichas condiciones, normas y disposiciones, su recepción se realizará comprobando únicamente sus características aparentes.

El tipo de ensayos a realizar así como el número de los mismos y las condiciones de no aceptación automática, serán los fijados en la norma tecnológica citada anteriormente.

Además la Dirección Técnica podrá someter a las pruebas que considere oportunas a cualquier elemento o parte de la luminaria, para lo que el contratista deberá poner a su disposición el personal que sea necesario. Igualmente, podrá exigir medidas emitidas por laboratorios competentes donde se indiquen las características de los ensayos.

Las lámparas deberán someterse a los siguientes ensayos y medidas:

- Medida del consumo de la lámpara.
- Medida del flujo luminoso inicial.
- Ensayo de duración para determinar la vida de la lámpara
- Ensayo de depreciación.

Para realizar los ensayos y medidas se tomarán como mínimo 10 lámparas, considerando como resultado de los mismos el promedio de los distintos valores obtenidos.

4.7. APARAMENTA MANDO Y PROTECCIÓN

- Cuadros:

El cuadro y todos los elementos que lo pertenecen deberán ser capaces de soportar esfuerzos térmicos y dinámicos, resultantes de la intensidad eficaz de cortocircuito y de su valor de cresta respectivamente. Dichos valores serán indicados en la petición de oferta.

La capacidad térmica de los cuadros, deberá ser suficiente como para soportar el paso de la intensidad eficaz de cortocircuito durante un segundo, sin que se produzca daño alguno. El cuadro deberá ser capaz de soportar el paso de la intensidad nominal sin que exceda el calentamiento permitido en cada uno de los componentes.

Los embarrados deberán dimensionarse específicamente en completo acuerdo con el Reglamento Electrotécnico e Baja Tensión.

El dimensionado de cada panel se efectuará de conformidad con los equipos a contener y deberá cumplir las siguientes condiciones:

- Facilidad de mantenimiento
- Facilidad de conexionado de circuitos exteriores
- Separación de seguridad entre equipos próximos
- Disposición de embarrados en la parte superior del cuadro
- Disposición de equipos de medida y regulación situados en la parte frontal, posición superior del cuadro.

- Embarrados Generales:

Los soportes de las barras y los separadores de los mismos se harán con un material aislante no higroscópico, de alta calidad, preferentemente de poliéster, y de fibra de vidrio moldeado.

Los embarrados serán de cobre electrolítico de alta conductividad, estirado en frío y serán dimensionables para el servicio continuo y de cortocircuito que se indique en los datos base.

Las uniones de las barra principales se harán por medio de tornillos de acero de alta resistencia, con tuercas, arandelas y demás dispositivos que impidan el aflojamiento de las mismas.

Se instalará de tierra horizontal de cobre a lo largo del cuadro, para realizar la puesta a tierra de todas las partes sin tensión de los equipos, la estructura metálica del cuadro y la armadura del cable o del conductor de tierra.

- Conexionado de los cuadros:

La conexión entre embarrados y equipos se podrá efectuar:

- Mediante pletina de cobre, de sección adecuada y pintadas en los colores especificados en la R.B.T.
- Mediante cable aislado con P.V.C, para una tensión de servicio de 1000 V para equipos de intensidad inferior a 250 A.

No se podrá utilizar un terminal a compresión para efectuar la conexión de varios circuitos de distintos equipos. La misma norma tiene aplicación en lo referente a las bornas.

- Enchufes e interruptores:

Se deberá señalar los puntos exactos de los puntos de luz, cajas enchufes e interruptores, dicha actividad es obligación del contratista, señalándolos en los planos.

En los grupos de interruptores se harán coincidir estos a la misma línea horizontal o vertical. Todas las cajas de mecanismos se colocarán de tal forma que se asegure la verticalidad final.

La separación de los interruptores a los marcos de las puertas será de 0,1 m a menos que no se disponga de este espacio.

- Bornas:

Todos los circuitos de salida del cuadro terminarán en su correspondiente borna, las cuales se procurarán que estén en una misma regleta. Estarán situadas en un lugar fácilmente accesible.

Los bornes serán de melanina, hasta intensidades de 100 A, y de esteatita a partir de dicho amperaje. Los bornes se elegirán según las normas citadas por el fabricante.

Todos los equipos instalados quedarán fijados a sus correspondientes soportes mediante tornillo tuerca, arandela y demás dispositivos que impidan el aflojamiento de los mismos, siguiendo en todo momento las instrucciones proporcionadas por el fabricante.

- Marcadores:

Los cables de potencia quedarán referenciados mediante collarines de material aislante numerados. Los cables de conexiones de circuitos de mando, protección y medición, estarán referenciados con numeraciones imperdibles y resistentes al paso del tiempo.

En el frente del cuadro se dispondrán etiquetas de identificación para cada panel, cada interruptor, cada equipo de mando, regulación, protección, etc.

- Interruptores automáticos:

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

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

Los interruptores magnetotérmicos serán del tipo y denominación fijado en el Proyecto, pudiéndose sustituir por otros de distinta marca, tipo o modelo, siempre que

sus características técnicas se ajusten a su función, lleven impresa la marca de conformidad a normas UNE y haya sido dada la conformidad por la Dirección Técnica.

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

La misión de estos interruptores es asegurar la apertura de un circuito cuando por él circula una corriente de cortocircuito, o una sobretensión que sobrepase un intervalo de tiempo.

Todos los interruptores deberán estar provistos de un dispositivo de sujeción a presión para que puedan fijarse rápidamente y de manera segura a un carril normalizado. Los contactos de los magnetotérmicos deberán estar fabricados con material aislante a la fusión.

Todos los tipos de interruptores mencionados deberán haber sido sometidos a las pruebas de tensión, aislamiento, resistencia al calor y demás ensayos exigidos a esta clase de material en la norma UNE 20347.

- Interruptores diferenciales:

Los interruptores diferenciales serán del tipo y denominación fijados en el Proyecto, pudiéndose sustituir por otros de distinta marca, tipo o modelo siempre que sus características técnicas se ajusten a su función, cumplan la norma UNE 20383, lleven impresa la marca de conformidad con las normas y haya sido dada la conformidad por la Dirección Técnica.

Estos interruptores tienen como misión evitar corrientes de derivación a tierra que puedan resultar peligrosas para personas o bienes y son independientes de la protección magnetotérmica.

Actuarán con toda la intensidad de defecto que alcance o supere el umbral de sensibilidad del diferencial.

Por el interruptor diferencial deben pasar todos los conductores de fase y el neutro. Nunca lo hará el conductor de protección.

4.8. PUESTA A TIERRA

4.8.1. GENERALIDADES

La puesta a tierra se realizará en la forma indicada en el proyecto y cumplirá con lo estipulado en la instrucción MIE-BT 039 del R.E.B.T.

Las puestas a tierra se establecerán con objeto 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.

Para conseguir una adecuada puesta a tierra y asegurar con ello unas condiciones mínimas de seguridad, deberá realizarse la instalación de acuerdo con las instrucciones siguientes:

- El electrodo de puesta a tierra consiste en un cable de cobre desnudo de 50 mm² de sección enterrado a una profundidad mínima de 0,5 metros.
- Para la conexión de las partes del circuito de puesta a tierra, será necesario disponer de bornes o elementos de conexión que garanticen una perfecta unión, teniendo en cuenta que los esfuerzos dinámicos y térmicos en caso de cortocircuito son muy elevados.
- Los conductores que constituyan la línea principal de tierra y la línea de enlace con tierra, serán de cobre de 50 mm² de sección, estando el primero aislado a 1000 V con polietileno reticulado y el segundo desnudo.
- Los conductores desnudos enterrados en el suelo se considerarán que forman parte del electrodo de puesta a tierra.
- El recorrido de los conductores será lo más corto posible y sin cambios bruscos de dirección. No estarán sometidos a esfuerzos mecánicos y estarán protegidos contra la corrosión y el desgaste mecánico.
- Se situará una arqueta en el punto de puesta a tierra, donde se encontrará un borne de conexión por apriete, que permita separar la toma de tierra del circuito de puesta a tierra del edificio, con el fin de medir la resistencia a tierra y verificar si está de acuerdo con lo dispuesto en el proyecto.
- 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 éstos. Siempre la conexión de las masas y los elementos metálicos al circuito de puesta a tierra, se efectuará por derivaciones de éste.
- Se prohíbe el uso de soldaduras de bajo punto de fusión tales como estaño, plata, etc.

4.8.2. ENSAYOS

La recepción de los materiales se hará comprobando que cumplan las condiciones funcionales y de calidad fijadas en el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión y en el resto de normativa vigente.

Cuando el material llegue a la obra con Certificado de Origen Industrial que acredite el cumplimiento de dichas normativas, su recepción se realizará comprobando únicamente sus características aparentes.

El tipo de ensayos a realizar así como su número y las condiciones de no aceptación automática serán los fijados por la NTE-IEP/1973: “Instalaciones de electricidad: Puesta a Tierra”.

4.9. CORRECCIÓN DEL FACTOR DE POTENCIA

4.9.1. BATERÍA DE CONDENSADORES

- Batería de condensadores nº1:
 - Tensión de servicio: 400 V, 50 Hz, trifásica.
 - Potencia: 43'75 KVAR
 - Conexión: En cabecera del CGD.
 - Grado de protección: IP 21.
 - Secuenciación: 6'25 + (3x12'5) KVAR
 - Modelo: EUB 4-43'75-400
 - Marca: CIRCUTOR

- Batería de condensadores nº2:
 - Tensión de servicio: 400 V, 50 Hz, trifásica.
 - Potencia: 55 KVAR
 - Conexión: En cabecera del CGD.
 - Grado de protección: IP 21.
 - Secuenciación: 5 + 10 + (2x20) KVAR
 - Modelo: EUB 4-55-400
 - Marca: CIRCUTOR

- Batería de condensadores nº3:
 - Tensión de servicio: 400 V, 50 Hz, trifásica.
 - Potencia: 25 KVAR
 - Conexión: En cabecera del CGD.
 - Grado de protección: IP 21.
 - Secuenciación: 5 + (2x10) KVAR
 - Modelo: EUB 3-25-400
 - Marca: CIRCUTOR

4.9.2. EJECUCIÓN DE LA OBRA

El equipo se recibirá con elementos de conexión que aseguren la misma de manera eficaz.

El equipo se unirá a la instalación a la altura del Cuadro General de Distribución, conexionándolo a los cables por medio de bornes con elementos de apriete, dimensionadas de tal forma que sean capaces de dejar los empalmes ocultos.

4.9.3. ENSAYOS

La Dirección Técnica podrá realizar los ensayos que estime oportunos, para los cuales el contratista deberá poner a su disposición los equipos, materiales y personal necesario.

Cuando el material llegue a la obra con Certificado de Origen Industrial que acredite el cumplimiento de la normativa, la recepción se realizará comprobando sus características aparentes.

4.10. CENTRO DE TRANSFORMACIÓN

4.10.1. CALIDAD DE LOS MATERIALES

4.10.1.1. OBRA CIVIL

El local destinado a alojar en su interior la instalación eléctrica descrita en el presente proyecto, cumplirá las Condiciones Generales prescritas en las Instrucciones del MIE-RAT 14 del Reglamento de Seguridad en Centrales Eléctricas, referentes a su situación, inaccesibilidad, pasos y accesos, conducciones y almacenamiento de fluidos combustibles y de agua, alcantarillado y canalizaciones, etc.

El Centro será construido enteramente con materiales no combustibles.

Los elementos delimitadores del Centro (muros exteriores, cubiertas, solera, puertas, etc.), así como los estructurales en él contenidos (columnas, vigas, etc.) tendrán una resistencia al fuego de acuerdo con la norma NBE CPI-91 y los materiales constructivos del revestimiento interior (paramentos, pavimento y techo) serán de clase MO de acuerdo con la Norma UNE 23727.

Tal como se indica en el capítulo de Cálculos, los muros del Centro deberán tener entre sus paramentos una resistencia mínima de 100.000 ohmios al mes de su realización. La medición de esta resistencia se realizará aplicando una tensión de 500 V entre dos placas de 100 cm² cada una.

El Centro tendrá un aislamiento acústico de forma que no transmitan niveles sonoros superiores a los permitidos por las Ordenanzas Municipales. Concretamente, no se superarán los 30 dBA durante el periodo nocturno (y los 55 dBA durante el periodo diurno).

Ninguna de las aberturas del Centro será tal que permita el paso de cuerpos sólidos de más de 12 mm de diámetro. Las aberturas próximas a partes en tensión no permitirán el paso de cuerpos sólidos de más de 2,5 mm de diámetro, y además existirá una disposición laberíntica que impida tocar el objeto o parte en tensión.

4.10.1.2. APARAMENTA DE MEDIA TENSIÓN

Las celdas a emplear serán de la serie SM6 de Ormazabal, compuesta por celdas modulares equipadas de aparellaje fijo que utiliza el hexafluoruro de azufre como elemento de corte y extinción.

Serán celdas de interior y su grado de protección según la Norma 20-324-94 será IP 307 en cuanto a la envolvente externa.

Los cables se conectarán desde la parte frontal de las cabinas. Los accionamientos manuales irán reagrupados en el frontal de la celda a una altura ergonómica a fin de facilitar la explotación.

El interruptor y el seccionador de puesta a tierra deberá ser un único aparato, de tres posiciones (cerrado, abierto y puesto a tierra) asegurando así la imposibilidad de cierre simultáneo de interruptor y seccionador de puesta a tierra. Dispondremos de 3 en nuestro centro de transformación, uno inmediatamente después de la celda de remonte como protección general, y luego otros 2 justo antes de cada transformador como protección individual.

El interruptor será en realidad interruptor-seccionador. La posición de seccionador abierto y seccionador de puesta a tierra cerrado serán visibles directamente a través de mirillas, a fin de conseguir una máxima seguridad de explotación en cuanto a la protección de personas se refiere.

A) Características constructivas.

Las celdas responderán en su concepción y fabricación a la definición de aparamenta bajo envolvente metálica compartimentada de acuerdo con la norma UNE 20099.

Se deberán distinguir al menos los siguientes compartimentos:

- a) Compartimento de aparellaje.
- b) Compartimento del juego de barras.
- c) Compartimento de conexión de cables.
- d) Compartimento de mandos.
- e) Compartimento de control.

Los cuales se describen a continuación.

a) *Compartimento de aparellaje.*

Estará relleno de SF6 y sellado de por vida según se define en el anexo GG de la recomendación CEI 298-90. El sistema de sellado será comprobado individualmente en fabricación y no se requerirá ninguna manipulación del gas durante toda la vida útil de la instalación (hasta 30 años).

La presión relativa de llenado será de 0,4 bares.

Toda sobrepresión accidental originada en el interior del compartimento aparellaje estará limitada por la apertura de la parte posterior del cárter. Los gases serían canalizados hacia la parte posterior de la cabina sin ninguna manifestación o proyección en la parte frontal.

Las maniobras de cierre y apertura de los interruptores y cierre de los seccionadores de puesta a tierra se efectuarán con la ayuda de un mecanismo de acción brusca independiente del operador.

El seccionador de puesta a tierra dentro del SF6, deberá tener un poder de cierre en cortocircuito de 40 kA.

El interruptor realizará las funciones de corte y seccionamiento.

b) *Compartimento del juego de barras.*

Se compondrá de tres barras aisladas de cobre conexas mediante tornillos de cabeza allen de M8. El par de apriete será de 2,8 mdaN.

c) *Compartimento de conexión de cables.*

Se podrán conectar cables secos y cables con aislamiento de papel impregnado.

Las extremidades de los cables serán:

- Simplificadas para cables secos.
- Termorretráctiles para cables de papel impregnado.

d) *Compartimento de mando.*

Contiene los mandos del interruptor y del seccionador de puesta a tierra, así como la señalización de presencia de tensión. Se podrán montar en obra los siguientes accesorios si se requieren posteriormente:

- Motorizaciones.
- Bobinas de cierre y/o apertura.
- Contactos auxiliares.

Este compartimento deberá ser accesible en tensión, pudiéndose motorizar, añadir accesorios o cambiar mandos manteniendo la tensión en el centro.

e) *Compartimento de control.*

En el caso de mandos motorizados, este compartimento estará equipado de bornas de conexión y fusibles de baja tensión. En cualquier caso, este compartimento será accesible con tensión tanto en barras como en los cables.

B) Características eléctricas.

- Tensión nominal:.....24 KV.
- Nivel de aislamiento a impulsos tipo rayo:.....125 KV cresta
- Intensidad nominal funciones línea :.....400 A.
- Intensidad nominal otras funciones :.....400 A.
- Intensidad de corta duración admisible:.....16 kA ef. 1s.

C) Interruptores-seccionadores.

En condiciones de servicio, además de las características eléctricas expuestas anteriormente, responderán a las exigencias siguientes:

- Poder de cierre nominal sobre cortocircuito: 40 kA cresta.
 - Poder de corte nominal de transformador en vacío: 16 A.
 - Poder de corte nominal de cables en vacío: 25 A.
- Poder de corte (sea por interruptor-fusibles o por interruptor automático): 16 kA ef.

D) Cortacircuitos-fusibles.

En el caso de utilizar protección ruptor-fusibles, se utilizarán fusibles del modelo y calibre indicados en el capítulo de Cálculos. Sus dimensiones se corresponderán con las normas DIN-43.625.

E) Puesta a tierra.

La conexión del circuito de puesta a tierra se realizará mediante pletinas de cobre de 25 x 5 mm conectadas en la parte posterior superior de las cabinas formando un colector único.

4.10.1.3. TRANSFORMADORES

Los transformadores a instalar serán trifásicos, con neutro accesible en B.T., refrigeración natural, en baño de aceite, con regulación de tensión primaria mediante conmutador accionable estando el transformador desconectado, servicio continuo y demás características detalladas en la memoria.

4.10.1.4. EQUIPO DE MEDIDA

El equipo de medida estará compuesto del transformador de medida ubicado en la celda de medida de Alta Tensión y el equipo de contadores de energía activa y reactiva ubicado en el armario de contadores, así como de sus correspondientes elementos de conexión, instalación y precintado.

La celda de medida estará ubicada entre la celda de protección general y las celdas de protección individual de cada transformador.

Las características eléctricas de los diferentes elementos están especificadas en la memoria.

El transformador de medida deberá tener las dimensiones adecuadas de forma que se pueda instalar en la celda de A.T. guardado las distancias correspondientes a un aislamiento de 24 kV. Por ello será preferible que sea suministrado por el propio fabricante de las celdas, ya instalados en la celda. En el caso de que el transformadores no sea suministrado por el fabricante de celdas se le deberá hacer la consulta sobre el modelo exacto de transformador que se va a instalar a fin de tener la garantía de que las distancias de aislamiento, pletinas de interconexión, etc. serán las correctas.

A) Contadores.

Los contadores de energía activa y reactiva estarán homologados por el organismo competente. Sus características eléctricas están especificadas en la memoria.

B) Cableado.

La interconexión entre los secundarios del transformador de medida y el equipo o módulo de contadores se realizará con cables de cobre de tipo termoplástico (tipo EVV-0.6/1kV) sin solución de continuidad entre dicho transformador y bloques de pruebas.

El bloque de pruebas a instalar en los equipos de medida de 3 hilos será de 7 polos, 4 polos para el circuito de intensidades y 3 polos para el circuito de tensión, mientras que en el equipo de medida de 4 hilos se instalará un bloque de pruebas de 6 polos para el circuito de intensidades y otro bloque de pruebas de 4 polos para el de tensiones, según norma de la compañía NI 76.84.01.

Para el transformador se instalará un cable bipolar que para los circuitos de tensión tendrá una sección mínima de 4 mm², y 6 mm² para los circuitos de intensidad.

La instalación se realizará bajo un tubo flexo con envolvente metálica. En general, para todo lo referente al montaje del equipo de medida, precintabilidad, grado de protección, etc. se tendrá en cuenta lo indicado a tal efecto en la normativa de la Compañía Suministradora.

4.10.2. NORMAS DE EJECUCIÓN DE LAS OBRAS

Todas las normas de construcción e instalación del centro se ajustarán, en todo caso, a los planos, mediciones y calidades que se expresan, así como a las directrices que la Dirección Facultativa estime oportunas.

Además del cumplimiento de lo expuesto, las instalaciones se ajustarán a las normativas que le pudieran afectar, emanadas por organismos oficiales.

4.10.3. PRUEBAS REGLAMENTARIAS

La aparamenta eléctrica que compone la instalación deberá ser sometida a los diferentes ensayos de tipo y de serie que contemplen las normas UNE o recomendaciones UNESA conforme a las cuales esté fabricada.

Asimismo, una vez ejecutada la instalación, se procederá, por parte de entidad acreditada por los organismos públicos competentes al efecto, a la medición reglamentaria de los siguientes valores:

- Resistencia de aislamiento de la instalación.
- Resistencia del sistema de puesta a tierra.
- Tensiones de paso y de contacto.

4.10.4. CONDICIONES DE USO, MANTENIMIENTO Y SEGURIDAD

4.10.4.1. PREVENCIÓNES GENERALES

- 1) Queda terminantemente prohibida la entrada en el local de esta estación a toda persona ajena al servicio y siempre que el encargado del mismo se ausente, deberá dejarlo cerrado con llave.
- 2) Se pondrán en sitio visible del local, y a su entrada, placas de aviso de "Peligro de muerte".
- 3) En el interior del local no habrá más objetos que los destinados al servicio del centro de transformación, como banqueta, guantes, etc.
- 4) No está permitido fumar ni encender cerillas ni cualquier otra clase de combustible en el interior del local del centro de transformación y en caso de incendio no se empleará nunca agua.
- 5) No se tocará ninguna parte de la instalación en tensión, aunque esté aislada.
- 6) Todas las maniobras se efectuarán colocándose convenientemente sobre la banqueta.
- 7) En sitio bien visible estarán colocadas las instrucciones relativas a los socorros que deben prestarse en los accidentes causados por electricidad,

debiendo estar el personal instruido prácticamente a este respecto, para aplicarlas en caso necesario. También, y en sitio visible, debe figurar el presente Reglamento y esquema de todas las conexiones de la instalación, aprobado por la Consejería de Industria, a la que se pasará aviso en el caso de introducir alguna modificación en este Centro de Transformación, para su inspección y aprobación, en su caso.

4.10.4.2. PUESTA EN SERVICIO

- 1) Se conectará primero los seccionadores de alta y a continuación el interruptor de alta, dejando en vacío el transformador. Posteriormente, se conectará el interruptor general de baja, procediendo en último término a la maniobra de la red de baja tensión.
- 2) Si al poner en servicio una línea se disparase el interruptor automático o hubiera fusión de cartuchos fusibles, antes de volver a conectar se reconocerá detenidamente la línea e instalaciones y, si se observase alguna irregularidad, se dará cuenta de modo inmediato a la empresa suministradora de energía.

4.10.4.3. SEPARACIÓN DE SERVICIO

- 1) Se procederá en orden inverso al determinado en apartado 4.3.4.2, punto 1, es decir, desconectando la red de baja tensión y separando después el interruptor de alta y seccionadores.
- 2) Si el interruptor fuera automático, sus relés deben regularse por disparo instantáneo con sobrecarga proporcional a la potencia del transformador, según la clase de la instalación.
- 3) A fin de asegurar un buen contacto en las mordazas de los fusibles y cuchillas de los interruptores así como en las bornas de fijación de las líneas de alta y de baja tensión, la limpieza se efectuará con la debida frecuencia. Si hubiera de intervenir en la parte de línea comprendida entre la celda de entrada y seccionador aéreo exterior se avisará por escrito a la compañía suministradora de energía eléctrica para que corte la corriente en la línea alimentadora, no comenzando los trabajos sin la conformidad de ésta, que no restablecerá el servicio hasta recibir, con las debidas garantías, notificación de que la línea de alta se encuentra en perfectas condiciones, para garantizar la seguridad de personas y cosas.
- 4) La limpieza se hará sobre banqueta, con trapos perfectamente secos, y muy atentos a que el aislamiento que es necesario para garantizar la seguridad personal, sólo se consigue teniendo la banqueta en perfectas condiciones y sin apoyar en metales u otros materiales derivados a tierra.

4.10.4.4. PREVENCIÓNES ESPECIALES

- 1) No se modificarán los fusibles y al cambiarlos se emplearán de las mismas características de resistencia y curva de fusión.

- 2) No debe de sobrepasar los 60°C la temperatura del líquido refrigerante, en los aparatos que lo tuvieran, y cuando se precise cambiarlo se empleará de la misma calidad y características.
- 3) Deben humedecerse con frecuencia las tomas de tierra. Se vigilará el buen estado de los aparatos y cuando se observase alguna anomalía en el funcionamiento del Centro de Transformación, se pondrá en conocimiento de la compañía suministradora, para corregirla de acuerdo con ella.

4.10.5. CERTIFICADOS Y DOCUMENTACIÓN

Se aportará, para la tramitación de este proyecto ante los organismos públicos, la documentación siguiente:

- Autorización Administrativa.
- Proyecto, suscrito por técnico competente.
- Certificado de tensiones de paso y contacto, por parte de empresa homologada.
- Certificado de Dirección de Obra.
- Contrato de mantenimiento.
- Escrito de conformidad por parte de la Compañía Eléctrica suministradora.

4.10.6. LIBRO DE ÓRDENES

Se dispondrá en este centro del correspondiente libro de órdenes en el que se harán constar las incidencias surgidas en el transcurso de su ejecución y explotación.

4.11. CONSIDERACIONES DE CARÁCTER GENERAL

4.11.1. RECEPCIÓN GENERAL

Terminadas las obras e instalaciones y como requisito previo a la recepción de las mismas, la Dirección Facultativa procederá a realizar los ensayos y medidas necesarias para comprobar que los resultados y condiciones de instalación son satisfactorios. El Contratista realizará cuantas operaciones y modificaciones sean necesarias para lograrlos.

Obtenidos los resultados satisfactorios, se procederá a la redacción y firma del documento de recepción provisional, a la que se acompañarán dos actas firmadas por la Dirección Facultativa y visadas por el Colegio Oficial correspondiente, en las que se recoja lo siguiente:

“Al término de las obras y antes de la entrada en servicio, serán examinadas y comprobadas por la Dirección Facultativa, las condiciones de funcionamiento de la

instalación y si las mismas son las adecuadas se procederá a redactar el documento de recepción provisional, al que se adjuntarán las siguientes actas:”

4.11.2. ACTA DE COMPROBACIÓN DE LOS RESULTADOS ELÉCTRICOS

Previa comprobación sobre el terreno, se recogerán en acta firmada por la Dirección Facultativa las siguientes medidas eléctricas, que nunca podrán ser inferiores a las del Proyecto y las preceptuadas en el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión.

- Medición de caídas de tensión:

Con toda la información en marcha se medirá la tensión en la acometida desde el Centro de Transformación y en los extremos de los diversos circuitos, comprobándose que las caídas de tensión son admitidas.

- Medición de tierras:

Se medirá la resistencia a tierra a lo largo de los elementos que componen el circuito de tierra y se comprobará que no es inferior al límite establecido.

- Medida de aislamiento:

Con los correspondientes elementos de la instalación conectados se medirá la resistencia de aislamiento de cada circuito y la total, comprobándose que no es inferior al límite establecido.

- Medida del factor de potencia:

Se medirá el factor de potencia de la instalación estando conectados todos los elementos susceptibles de funcionar simultáneamente, comprobando que este dato se encuentra entre 0.96 y 1.

- Comprobación del reparto de cargas:

Se conectará por separado cada uno de los circuitos y se comprobará que las fases a las que están conectados son las que corresponde.

Seguidamente, se conectarán todos los elementos de la instalación y se medirá la intensidad de régimen para cada una de las fases, comprobándose que el desequilibrio es inferior al admisible.

- Comprobación de conexiones:

Se comprobará que la intensidad nominal de los cortocircuitos no supere el valor de la intensidad máxima en servicio admisible en el conductor protegido.

4.12. CONDICIONES FACULTATIVAS

- Desde que se dé comienzo a las obras, hasta su recepción definitiva, el Contratista o un representante suyo autorizado deberá residir en un punto próximo al de la ejecución de los trabajos y no podrá ausentarse de él sin previo conocimiento del Ingeniero-Director y notificándole, expresamente, la persona que durante su ausencia ha de representarle en todas las funciones.
- Es obligación de la Contrata, el ejecutar, cuando sea necesario para la buena construcción y aspecto de las obras, aún cuando no se halle expresamente estipulado en los Pliegos de Condiciones, siempre que, sin separarse de su espíritu y recta interpretación, lo disponga el Ingeniero-Director y dentro de los límites posibles, que los presupuestos determinan para cada unidad de obra y tipo de ejecución.
- En la caseta de obra tendrá el Contratista un ‘Libro de Órdenes’ en el que se estamparán las órdenes que la Dirección Facultativa le dé y debajo de las cuales el propio Contratista o persona técnica debidamente autorizada por él a este objeto, firmara como ‘Enterado’.
- Las reclamaciones que el Contratista quiera hacer contra las órdenes emanadas del Ingeniero-Director, solo podrá presentarlas a través del mismo ante la Propiedad, si ellas son de orden económico y de acuerdo con las condiciones estipuladas en los Pliegos de Condiciones correspondientes. Contra disposiciones de orden técnico o facultativo del Ingeniero-Director, no se admitirá reclamación alguna, pudiendo el Contratista salvar su responsabilidad, si lo estima oportuno, mediante exposición razonada dirigida al Ingeniero-Director, el cual podrá limitar su contestación al acuse de recibo que en todo caso será obligatorio para este tipo de reclamaciones.
- Obligatoriamente y por escrito, deberá el Contratista dar cuenta al Ingeniero-Director del comienzo de los trabajos antes de transcurrir 24 horas de su iniciación.
- El Contratista, como es natural, debe emplear los materiales que cumplan las condiciones exigidas en las condiciones generales de índole técnica del Pliego de Condiciones de la Edificación y realizará todos y cada uno de los trabajos contratados, de acuerdo con lo especificado también en dicho documento.

Por ello y hasta que tenga lugar la recepción definitiva del edificio, el Contratista es el único responsable de la ejecución de los trabajos que ha contratado y de las faltas y defectos que en estos puedan existir, por su mala ejecución o por la deficiente calidad de los materiales empleados o aparatos colocados, sin que pueda servirle de excusa, ni le otorgue derecho alguno, la circunstancia de que el Ingeniero-Director o sus subalternos no le hayan llamado la atención sobre el particular, ni tampoco el hecho de que hayan sido valoradas en las Certificaciones parciales de la obra, que siempre supone que se extienden y abonan a buena cuenta.

Como consecuencia de lo anteriormente citado, cuando el Ingeniero-Director o su representante en la obra adviertan vicios o defectos en los trabajos ejecutados, no reúnan las condiciones preceptuadas, ya sean en el curso de la ejecución de los trabajos o finalizados éstos y antes de verificarse la recepción definitiva de la obra,

podrán disponer que las partes defectuosas sean demolidas y reconstruidas de acuerdo con lo contratado y todo a expensas de la Contrata.

Si no se estimase justa la resolución y se negase a la demolición y reconstrucción ordenadas, se procederá de acuerdo con lo establecido en el Artículo 14 de la Legislación Vigente.

- Si el Ingeniero-Director tuviera fundadas razones para creer en la existencia de vicios ocultos de construcción en las obras ejecutadas, ordenará efectuar, en cualquier tiempo y antes de la recepción definitiva, las demoliciones que crea necesarias, para reconocer los trabajos que suponga defectuosos.

Los gastos de demolición y reconstrucción que se ocasionen serán de cuenta del Contratista siempre que los vicios existan realmente y en caso contrario, correrán a cargo del Propietario.

- No se procederá al empleo y colocación de los materiales y de los aparatos sin que antes sean examinados y aceptados por el Ingeniero-Director, en los términos que prescribe el Pliego de Condiciones, depositando al efecto, el Contratista, las muestras y modelos necesarios, previamente contraseñados, para efectuar con ellos las comprobaciones, ensayos o pruebas preceptuados en el Pliego de Condiciones vigente en la obra.

Los gastos que ocasionen los ensayos, análisis, pruebas, etc., antes citados serán cargo del Contratista.

- Cuando los materiales o aparatos no fueran de la calidad requerida o no estuviesen perfectamente preparados, el Ingeniero-Director dará orden al Contratista para que los reemplace por otros que se ajusten a las condiciones requeridas.
- Serán de cuenta y riesgo del Contratista los andamios, cimbras, máquinas y demás medios auxiliares que para la debida marcha y ejecución de los trabajos se necesiten, no cabiendo por tanto al Propietario, responsabilidad alguna por cualquier avería o accidente personal que pueda ocurrir en las obras por insuficiencia de medios auxiliares.
- Para proceder a la recepción provisional de las obras, será necesaria la asistencia del Propietario, del Ingeniero o del Director de Obra y del Contratista o su representante, debidamente autorizado.

Si las obras se encuentran en buen estado y han sido ejecutadas con arreglo a las condiciones establecidas, se dará por recibida provisionalmente, comenzando a correr en dicha fecha el plazo de garantía, que se fijará en el contrato de obra. Cuando las obras no se hallen en estado de ser recibidas, se hará constatar en el acta y se especificará en la misma las precisas y detalladas instrucciones que el Ingeniero-Director debe señalar al Contratista para remediar los defectos observados, fijándole un plazo para subsanarlos, expirado el cual, se efectuará un nuevo reconocimiento en idénticas condiciones, a fin de proceder, de nuevo, a la recepción provisional de la obra.

- Finalizado el plazo de garantía, se procederá a la recepción definitiva, con las mismas formalidades señaladas en los Artículos precedentes para la provisional. Si se encontraran las obras en perfecto estado de uso y conservación, se darán por recibidas definitivamente y quedará el Contratista relevado de toda responsabilidad legal, que le pudiera alcanzar derivada de la posible existencia de vicios ocultos.

En caso contrario, se procederá de idéntica forma que la preceptuada por la recepción provisional, sin que el Contratista tenga derecho a percepción de cantidad alguna, en concepto de ampliación del plazo de garantía y siendo obligación suya hacerse cargo de los gastos de conservación hasta que la obra haya sido recibida definitivamente.

- Además de todas las facultades particulares que corresponden al Ingeniero-Director, expresadas en los Artículos precedentes, es misión específica suya la dirección y vigilancia de los trabajos que en la obra se realicen, bien por si o bien por medio de sus representantes técnicos y ello con autoridad técnica legal, completa e indiscutible, incluso en todo lo no previsto, específicamente en el Pliego de Condiciones de Edificación, sobre las personas y cosas situadas en la obra y que para la ejecución de los trabajos de los edificios u obras anejas se lleven a cabo, pudiendo incluso, pero con causa justificada, recusar al Contratista, si considera que al adoptar esta resolución es útil y necesario para la debida marcha de la obra.
- El Contratista estará obligado a asegurar la obra contratada durante todo el tiempo que dure su ejecución, hasta la recepción definitiva; la cuantía del seguro coincidirá en cada momento con el valor que tengan, por Contrata, los objetos que tengan asegurados. El importe abonado por la Sociedad Aseguradora, en caso de siniestro, se ingresará en cuenta a nombre del Propietario, para que con cargo a ella se abone la obra que se construya y a medida que ésta se va realizando.
- Si el Contratista siendo su obligación, no atiende a la conservación de la obra durante el plazo de garantía, en el caso de que el edificio no haya sido ocupado por el Propietario antes de la recepción definitiva, el Ingeniero-Director, en representación del Propietario, antes de la recepción procederá a disponer todo lo que sea necesario para que atienda a la guardería, limpieza y todo lo que fuera menester para su buena conservación, abonándose todo ello por cuenta de la Contrata.

4.13. CONDICIONES ECONÓMICAS

- Como base fundamental de estas Condiciones Generales de Índole Económica, se establece el principio de que el Contratista debe percibir el importe de todos los trabajos ejecutados, siempre que estos se hayan realizado con arreglo y sujeción al Proyecto y Condiciones Generales y Particulares que rijan la construcción del edificio y obra aneja contratada.
- El Ingeniero podrá exigir al Contratista la presentación de referencias bancarias o de otras entidades o personas, al objeto de cerciorarse si éste reúne todas las condiciones

requeridas para el exacto cumplimiento del contrato. Dichas referencias, si le son pedidas, las presentará el Contratista antes de la firma del contrato.

- Se exigirá al Contratista para que cumpla lo contratado una fianza del 10 % del Presupuesto de las obras adjudicadas.
- Si el Contratista se negase a hacer por su cuenta los trabajos precisos para utilizar la obra en las condiciones contratadas, el Ingeniero-Director, en nombre y representación del Propietario, las ordenará ejecutar a un tercero o directamente por administración, abonando su importe con la fianza depositada, sin perjuicio de las acciones legales a que tenga derecho el Propietario en el caso de que el importe de la fianza no bastase para abonar el total de los gastos efectuados en las unidades de obra que no fueran de recibo.
- La fianza depositada será devuelta al Contratista en un plazo que no excederá de ocho días, una vez firmada el acta de la recepción definitiva de la obra, siempre que el Contratista haya acreditado por medio de Certificación del Ayuntamiento, que no existe reclamación alguna contra aquél, por los daños y perjuicios que sean de su cuenta o por deudas de los jornales o materiales, ni por indemnizaciones derivadas de accidentes ocurridos en el trabajo.
- Los precios de las unidades de obra, así como los de los materiales, se fijarán entre el Ingeniero-Director de la obra y el Contratista o su representante, expresamente autorizado a estos efectos. El contratista los presentará descompuestos, siendo condición necesaria la presentación y aprobación de estos precios antes de proceder a la ejecución de las unidades de obra correspondientes.

De los precios así acordados, se levantarán cartas, que firmarán por triplicado el Ingeniero-Director, el Propietario y el Contratista o los representantes autorizados a estos efectos por estos últimos.

- Si el Contratista, antes de la firma del contrato, no hubiese hecho la reclamación y observación oportuna, no podrá, bajo ningún pretexto de error u omisión, reclamar aumento de los precios fijados en el cuadro correspondiente del Presupuesto que sirve de base a la ejecución de las obras.

Tampoco se le admitirá reclamación de ninguna especie fundada en indicaciones que sobre las obras se hagan en la Memoria, por no ser éste documento el que sirve de base a la Contrata. Las equivocaciones materiales o errores aritméticos que el Presupuesto pueda contener, ya por variación de los precios respecto de los del cuadro correspondiente, ya por errores aritméticos en las cantidades de obra o en su importe, se corregirán en cualquier época que se observen, pero no se tendrán en cuenta a los efectos de la rescisión de contrato, señalados en los documentos relativos a las Condiciones Generales o Particulares de Índole Facultativa, sino en el caso de que el Ingeniero-Director o el Contratista los hubieran hecho notar dentro del plazo de 4 meses, contados desde la fecha de adjudicación.

Las equivocaciones materiales no alterarán la baja proporcional hecha en la Contrata, respecto del importe del Presupuesto que ha de servir de base a la misma,

pues esta baja se fijará siempre por la relación entre las cifras de dicho Presupuesto, antes de las correcciones y la cantidad ofrecida.

- Contratándose las obras a riesgo y altura y ventura, es natural por ello que, en principio, no se debe admitir la revisión de los precios contratados. No obstante y dada la variabilidad continua de los precios de los jornales y sus cargas sociales, así como la de los materiales y transportes, que son características en determinadas épocas anormales, se admiten durante ellas, la revisión de los precios contratados, bien en alza o en baja y en armonía con las oscilaciones de los precios en el mercado, siempre y cuando se convenga en el oportuno Contrato de Ejecución de Obras

Si el Propietario o el Ingeniero-Director, en su representación, estuviese conforme con los nuevos precios de los materiales, transporte, etc., que el Contratista desea percibir, como normales en el mercado, aquél tiene la facultad de proponer al Contratista y éste la obligación de aceptarlos a precios inferiores de los pedidos por el Contratista, en cuyo caso, como es lógico y natural, se tendrá en cuenta para la revisión de los precios de los materiales, transportes, etc., adquiridos por el Contratista, merced a la información del Propietario.

Cuando el propietario o el Ingeniero-Director en su representación, solicita del Contratista la revisión de precios por haber bajado los de los jornales, material, transportes, etc., se convendrá entre las dos partes la baja a realizar en los precios unitarios vigentes en la obra, en equidad con la experimentada por cualquiera de los elementos constitutivos de la unidad de obra y la fecha en que empezarán a regir los precios revisados.

La fórmula de revisión de los precios de Contrata, se establecerá de mutuo acuerdo entre las partes contratantes, quedando ésta reflejada en el oportuno contrato de obra.

- El Contratista deberá percibir el importe de todas aquellas unidades de obra que haya ejecutado, con arreglo a sujeción a los documentos del Proyecto, a las condiciones de la Contrata y a las órdenes e instrucciones que por escrito entregue el Ingeniero-Director y siempre dentro de las cifras a que asciendan los presupuestos aprobados.

Tanto en las certificaciones como en la liquidación final, las obras serán, en todo caso, abonadas a los precios que para cada unidad de obra figuran en la oferta aceptada, a los precios contradictorios fijados en el transcurso de las obras, de acuerdo con lo previsto en el presente Pliego de Condiciones Generales de Índole Económica, a estos efectos, así como respecto a las partidas alzadas y obras accesorias y complementarias.

- Los pagos se efectuarán por el Propietario en los plazos previamente establecidos y su importe corresponderá precisamente al de las Certificaciones de Obra expedidas por el Ingeniero-Director, en virtud de las cuales se verifican aquellos.
- En ningún caso podrá el Contratista, alegando retraso en los pagos, suspender los trabajos ni ejecutarlos a menor ritmo de el que corresponda, con arreglo al plazo en que deben terminarse.

- El importe de la indemnización que debe abonar el Contratista por causa de retraso no justificado, en el plazo de terminación de las obras contratadas, será el importe de la suma de perjuicios materiales causados por la imposibilidad de ocupación del inmueble, debidamente justificados.
- El Contratista no tendrá derecho a indemnización por causa de pérdidas, averías o perjuicios ocasionados en las obras, sino en los casos de fuerza mayor. Para los efectos de este Artículo se considerarán como tales casos únicamente los siguientes:
 - Los incendios causados por electricidad atmosférica.
 - Los daños producidos por terremotos o maremotos.
 - Los producidos por vientos huracanados, mareas y crecidas de los ríos, superiores a las que sean de prever en el país y siempre que exista constancia inequívoca de que por el Contratista se tomaron las medidas posibles dentro de sus medios, para evitar o atenuar daños.
 - Los que provengan de movimientos del terreno en que están construidas las obras.

La indemnización se referirá exclusivamente al abono de las unidades de obra y ejecutadas o materiales acopiados a pie de obra, en ningún caso comprenderán medios auxiliares, maquinaria, instalaciones, etc., propiedad de la Contrata.

- No se admitirán mejoras de la obra mas que en el caso de que el Ingeniero-Director haya ordenado por escrito la ejecución de trabajos nuevos o que mejoren la calidad de los contratados, así como la de los materiales y aparatos previstos en el contrato. Tampoco se admitirán aumentos en la obra en las unidades contratadas, salvo caso de error en las mediciones del Proyecto, a menos que el Ingeniero-Director ordene, también por escrito, la ampliación de las obras contratadas.

El Ingeniero-Director se niega de antemano al arbitraje de precios después de ejecutada la obra, en el supuesto de que los precios antes contratados no sean puestos en su conocimiento previamente a la ejecución de la obra.

4.14. CONDICIONES GENERALES DE ÍNDOLE LEGAL

Ambas partes se comprometen a someterse, en sus diferencias, al arbitro de amigables componedores, designados de acuerdo con las condiciones vigentes recogidas en las Reglas del Arbitraje Privado legalmente establecidas.

El Contratista es responsable de la ejecución de las obras en las condiciones establecidas en el contrato y en los documentos que componen el Proyecto.

Como consecuencia de ello, vendrá obligado a la demolición y construcción de todo lo mal ejecutado, sin que pueda servir de excusa el que el Ingeniero-Director haya examinado y reconocido la construcción durante las obras, ni el que hallan sido abonadas en liquidaciones parciales.

En caso de accidentes ocurridos a los operarios con motivo y en ejercicio de los trabajos para la ejecución de las obras, el Contratista se atenderá a lo expuesto y dispuesto a estos efectos en la Legislación vigente, siendo en todo caso único responsable de su incumplimiento y sin que, por ningún concepto, pueda quedar afectada la Propiedad por responsabilidades en cualquier aspecto.

El Contratista está obligado a adoptar todas las medidas de seguridad que las disposiciones vigentes perpetúan, para evitar en lo posible accidentes a los obreros o a los viandantes, no solo en los andamios, sino en todos los lugares peligrosos de la obra, huecos de escalera, ascensores, etc.

De los accidentes y perjuicios de todo género que, por no cumplir el Contratista la Legislación sobre la materia, pudieran acaecer o sobrevenir, será éste el único responsable, o sus representantes en la obra, ya que se considera que en los precios contratados están incluidos todos los gastos precisos para cumplimentar dichas disposiciones legales.

El Contratista será responsable de todos los accidentes que por inexperiencia o por descuido sobrevinieran tanto en la edificación donde se efectúen las obras, como en las contiguas.

Será por tanto de su cuenta, el abono de las indemnizaciones a quien corresponda y cuando hubiere lugar a ello, de todos los daños y perjuicios que puedan causarse en las operaciones de ejecución de las obras.

El Contratista cumplirá los requisitos que prescriben las disposiciones vigentes sobre la materia, debiendo exhibir cuando a ello fuere requerido, el justificante de tal cumplimiento.

El pago de impuestos y arbitrios en general, municipales o de otro origen, sobre vallas, alumbrado, etc., cuando el abono deba hacerse durante el tiempo de ejecución de las obras y que por conceptos inherentes a los propios trabajos que se realicen, correrán a cargo de la Contrata, siempre que, en las condiciones particulares del Proyecto no se estipule lo contrario.

El Contratista tiene derecho a sacar copias a su costa de los Planos, Presupuesto y Pliego de Condiciones y demás documentos del Proyecto.

El Ingeniero-Director, si el Contratista lo solicita, autorizará estas copias con su firma una vez confrontadas.

Se considerarán causas suficientes de rescisión las siguientes:

- La muerte o incapacidad del Contratista.
- La quiebra del Contratista.

En los casos anteriores, si los herederos o síndicos ofrecieran llevar a cabo las obras, bajo las mismas condiciones estipuladas en el contrato, el

Propietario puede admitir o rechazar el ofrecimiento, sin que, en este último caso, tengan aquellos derecho a indemnización alguna.

- Las alteraciones del contrato por las causas siguientes:

La modificación del Proyecto en forma tal que represente alteraciones fundamentales del mismo, a juicio del Ingeniero-Director y en cualquier caso, siempre que la variación del Presupuesto de ejecución como consecuencia de estas modificaciones representen, en más o en menos, el 40 % como mínimo de alguna de las unidades del Proyecto modificado.

La modificación de unidades de obra, siempre que estas modificaciones representen variaciones en más o en menos del 40 % como mínimo de alguna de las unidades del Proyecto modificado.

- La suspensión, por el plazo que determine el contrato, de la obra comenzada y en todo caso siempre que por causas ajenas a la Contrata, no se dé comienzo a la obra adjudicada dentro del plazo de tres meses, a partir de la adjudicación. En todo caso, la devolución de la fianza será automática.
- La suspensión de la obra, siempre que del plazo de suspensión haya excedido de tres meses.
- El no dar comienzo la contrata a los trabajos dentro del plazo señalado en las condiciones particulares del Proyecto.
- El incumplimiento de las condiciones del contrato, cuando implique descuido o mala fe, con perjuicio de los intereses de la obra.
- La terminación del plazo de ejecución de la obra, sin haberse llegado a ésta.
- El abandono de la obra sin causa justificada.
- La mala fe en la ejecución de los trabajos.

Por parte de la Dirección Técnica, el incumplimiento del presente Pliego de Condiciones, así como modificaciones efectuadas en obra sin su consentimiento, podrá constituir causa suficiente para su dimisión como Director de la obra.

Pamplona, abril de 2010

Andoni Arregui Borja



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación :

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL ELÉCTRICO

Título del proyecto:

INSTALACIÓN EN BAJA TENSIÓN DE UNA NAVE
INDSUTRIAL CON CENTRO DE TRANSFORMACIÓN

DOCUMENTO N°5: PRESUPUESTO

Andoni Arregui Borja

Jose Javier Crespo Ganuza

Pamplona, 29 de abril de 2.010

ÍNDICE

CAPÍTULO 5.1: ILUMINACIÓN	2
CAPÍTULO 5.2: CABLES	5
CAPÍTULO 5.3: CANALIZACIONES	8
CAPÍTULO 5.4: TOMAS DE CORRIENTE E INTERRUPTORES	11
CAPÍTULO 5.5: AUTOMATISMOS	13
CAPÍTULO 5.6: INTERRUPTORES MAGNETOTÉRMICOS.....	15
CAPÍTULO 5.7: INTERRUPTORES DIFERENCIALES	18
CAPÍTULO 5.8: CUADROS	20
CAPÍTULO 5.9: COMPENSACIÓN DE LA ENERGÍA REACTIVA	22
CAPÍTULO 5.10: PUESTA A TIERRA	24
CAPÍTULO 5.11: CENTRO DE TRANSFORMACIÓN	26
CAPÍTULO 5.12: SEGURIDAD	31
RESUMEN DEL PRESUPUESTO	33

Capítulo 5.1: ILUMINACIÓN

5.1.1. ALUMBRADO INTERIOR

Nº orden	Unidad	Concepto	Medida	Precio unitario (Euros)	Total (Euros)
5.1.1.1	Unidades	Luminaria EFix TCS260 2xTL5-54W/840 HF M6	48	139'00 €	6.672'00 €
5.1.1.2	Unidades	Luminaria Europa 2 FBS120 2xPL- C/2P26W/840 CON PG	24	76'00 €	1.824'00 €
5.1.1.3	Unidades	Luminaria EFix TBS260 3xTL5-24W/840 HF C6	48	171'00 €	8.208'00 €
5.1.1.4	Unidades	Luminaria Europa 2 FBS120 1xPL- C/2P26W/840 CON PG	42	68'00 €	2.856'00 €
TOTAL ALUMBRADO INTERIOR					19.560'00 €

5.1.2. ALUMBRADO EXTERIOR

Nº orden	Unidad	Concepto	Medida	Precio unitario (Euros)	Total (Euros)
5.1.2.1	Unidades	Luminaria Selenium SGP340 FG 1xSON- TPP70W CON TPP1	15	260'00 €	3.900'00 €
TOTAL ALUMBRADO EXTERIOR					3.900'00 €

5.1.3. ALUMBRADO DE EMERGENCIA

Nº orden	Unidad	Concepto	Medida	Precio unitario (Euros)	Total (Euros)
5.1.3.1	Unidades	Luminaria emergencia Dunna D-60 de 70 lm, 1h de autonomía y 1,9w de consumo	19	24'57 €	466'83 €
5.1.3.2	Unidades	Luminaria emergencia Dunna D-150 de 140 lm, 1h de autonomía y 2,1w de consumo	17	34'02 €	578'34 €
5.1.3.3	Unidades	Luminaria emergencia Dunna D-300 de 300 lm, 1h de autonomía y 2,3w de consumo	4	46'47 €	185'88 €

5.1.3.4	Unidades	Luminaria emergencia Dunna D-200 de 190 lm, 1h de autonomía y 2,1w de consumo	1	36'75 €	36'75 €
5.1.3.5	Unidades	Foco orientable FO-400 de 395 lm, 1h de autonomía y 2x10w de consumo	1	286'00 €	286'00 €
TOTAL ALUMBRADO EMERGENCIA					1.553'80 €

TOTAL ILUMINACIÓN:25.013'80 €

Capítulo 5.2: CABLES

Nº orden	Unidad	Concepto	Medida	Precio unitario (Euros)	Total (Euros)
5.2.1	Metros	Cable VULPREN HEPRZ1 Al H-16 12/20 kV de 50mm ² de sección con aislamiento HEPR	63	1'38 €	86'94 €
5.2.2	Metros	Cable ENERGY RV CI2 0'6/1 kV de 185mm ² de sección con aislamiento XLPE y cubierta de PVC	216	60'15 €	12.992'40 €
5.2.3	Metros	Cable ENERGY RV CI2 0'6/1 kV de 95mm ² de sección con aislamiento XLPE y cubierta de PVC	180	32'96 €	5.932'80 €
5.2.4	Metros	Cable ENERGY RV CI2 0'6/1 kV de 50mm ² de sección con aislamiento XLPE y cubierta de PVC	36	18'33 €	659'88 €
5.2.5	Metros	Cable ENERGY RV-K FOC 0'6/1 kV de 95mm ² de sección con aislamiento XLPE y cubierta de PVC	111	30'91 €	3.431'01 €
5.2.6	Metros	Cable ENERGY RV-K FOC 0'6/1 kV de 70mm ² de sección con aislamiento XLPE y cubierta de PVC	12	24'37 €	292'44 €
5.2.7	Metros	Cable ENERGY RV-K FOC 0'6/1 kV de 50mm ² de sección con aislamiento XLPE y cubierta de PVC	147	16'88 €	2.481'36 €
5.2.8	Metros	Cable ENERGY RV-K FOC 0'6/1 kV de 35mm ² de sección con aislamiento XLPE y cubierta de PVC	145'5	11'82 €	1.719'81 €
5.2.9	Metros	Cable ENERGY RV-K FOC 0'6/1 kV de 25mm ² de sección con aislamiento XLPE y cubierta de PVC	52	8'84 €	459'68 €
5.2.10	Metros	Cable ENERGY RV-K FOC 0'6/1 kV de 16mm ² de sección con aislamiento XLPE y cubierta de PVC	203	5'73 €	1.163'19 €
5.2.11	Metros	Cable ENERGY RV-K FOC 0'6/1 kV de 10mm ² de sección con aislamiento XLPE y cubierta de PVC	444'5	3'83 €	1.702'44 €

5.2.12	Metros	Cable ENERGY RV-K FOC 0'6/1 kV de 6mm ² de sección con aislamiento XLPE y cubierta de PVC	515	2'40 €	1.236'00 €
5.2.13	Metros	Cable ENERGY RV-K FOC 0'6/1 kV de 4mm ² de sección con aislamiento XLPE y cubierta de PVC	1.844'5	1'77 €	3.264'77 €
5.2.14	Metros	Cable ENERGY RV-K FOC 0'6/1 kV de 2'5mm ² de sección con aislamiento XLPE y cubierta de PVC	201	1'25 €	251'25 €
5.2.15	Metros	Cable ENERGY RV-K FOC 0'6/1 kV de 1'5mm ² de sección con aislamiento XLPE y cubierta de PVC	2.831	0'98 €	2.774'38 €
TOTAL CABLES					38.448'35 €

TOTAL CABLES:.....38.448'35 €

Capítulo 5.3: CANALIZACIONES

5.3.1. EXTERIOR DE LA NAVE

Nº orden	Unidad	Concepto	Medida	Precio unitario (Euros)	Total (Euros)
5.3.1.1	Metros	Tubo de pared interior lisa y pared exterior corrugada de 160mm de diámetro	22	11'46 €	252'12 €
5.3.1.2	Metros	Tubo de pared interior lisa y pared exterior corrugada de 140mm de diámetro	36	10'87 €	391'32 €
5.3.1.3	Metros	Tubo de pared interior lisa y pared exterior corrugada de 180mm de diámetro	72	11'92 €	858'24 €
5.3.1.4	Unidades	Arqueta de registro de hormigón prefabricado sin fondo, de 700x700 mm y 1000 mm de profundidad	1	30'35 €	30'35 €
TOTAL EXTERIOR DE LA NAVE					1.532'03 €

5.3.2. INTERIOR DE LA NAVE

Nº orden	Unidad	Concepto	Medida	Precio unitario (Euros)	Total (Euros)
5.3.2.1	Metros	Bandeja perforada Pemsaband de 35mm de alto y 300mm de ancho	11	16'76 €	184'36 €
5.3.2.2	Metros	Bandeja perforada Pemsaband de 35mm de alto y 200mm de ancho	4'2	12'49 €	52'46 €
5.3.2.3	Metros	Bandeja perforada Pemsaband de 35mm de alto y 100mm de ancho	18'5	7'85 €	145'23 €
5.3.2.4	Unidades	Curva 90º Pemsaband 35x300mm	2	27'07 €	54'14 €
5.3.2.5	Unidades	Curva 90º Pemsaband 35x200mm	1	23'36 €	23'36 €
5.3.2.6	Unidades	Curva 90º Pemsaband 35x100mm	2	18'26 €	36'52 €
5.3.2.7	Metros	Tubo rígido PVC de 50mm de diámetro	22'5	18'15 €	408'38 €
5.3.2.8	Metros	Tubo rígido PVC de 32mm de diámetro	110'5	8'47 €	935'94 €
5.3.2.9	Metros	Tubo rígido PVC de 25mm de diámetro	79	6'05 €	477'95 €

5.3.2.10	Metros	Tubo rígido PVC de 20mm de diámetro	470	4'62 €	2.171'40 €
5.3.2.11	Metros	Tubo rígido PVC de 16mm de diámetro	784'5	3'63 €	2.847'74 €
5.3.2.12	Metros	Tubo reforzado PVC de 32mm de diámetro	3'7	13'20 €	48'84 €
5.3.2.13	Metros	Tubo reforzado PVC de 25mm de diámetro	7'5	7'81 €	58'58 €
5.3.2.14	Metros	Tubo reforzado PVC de 20mm de diámetro	11'3	6'60 €	74'58 €
5.3.2.15	Metros	Tubo reforzado PVC de 16mm de diámetro	18'9	4'81 €	90'91 €
5.3.2.16	Unidades	Racores angulares 90° PVC rígido (50 ud/bolsa)	3	7'87 €	23'61 €
5.3.2.17	Unidades	Derivaciones en T PVC rígido (10 ud/bolsa)	20	5'81 €	116'20 €
5.3.2.18	Unidades	Soporte tubo pared/techo (100 ud/bolsa)	15	12'63 €	189'45 €
TOTAL INTERIOR DE LA NAVE					7.939'65 €

TOTAL CANALIZACIONES:.....9.471'68 €

Capítulo 5.4: TOMAS DE CORRIENTE E INTERRUPTORES

Nº orden	Unidad	Concepto	Medida	Precio unitario (Euros)	Total (Euros)
5.4.1	Unidades	Toma de corriente monofásica 230V F+N+T	54	3'59 €	193'86 €
5.4.2	Unidades	Toma de corriente Trifásica 400V (3xF)+N+T	2	8'04 €	16'08 €
5.4.3	Unidades	Interruptor unipolar	9	3'81 €	34'29 €
5.4.4	Unidades	Conmutador unipolar	12	4'55 €	54'60 €
5.4.5	Unidades	Pulsadores	38	2'15 €	81'70 €
TOTAL TOMAS DE CORRIENTE E INTERRUPTORES					380'53 €

TOTAL TOMAS DE CORRIENTE E INTERRUPTORES:380'53 €

Capítulo 5.5: AUTOMATISMOS

5.5.1. CONTACTORES

Nº orden	Unidad	Concepto	Medida	Precio unitario (Euros)	Total (Euros)
	Unidades	Contactador tetrapolar 315A, 400V corriente alterna, 50Hz, circuito de mando 24V, 4 contactos NA, 1 contacto auxiliar NC	1	744'46 €	744'46 €
	Unidades	Contactador tetrapolar 315A, 400V corriente alterna, 50Hz, circuito de mando 24V, 4 contactos NA	1	719'93 €	719'93 €
	Unidades	Contactador tetrapolar 25A, 400V corriente alterna, 50Hz, circuito de mando 24V, 4 contactos NA, 1 contacto auxiliar NA	12	94'55 €	1.134'6 €
TOTAL CONTACTORES					2.598'99 €

5.5.2. TRANSFORMADORES DE TENSIÓN

Nº orden	Unidad	Concepto	Medida	Precio unitario (Euros)	Total (Euros)
	Unidades	Transformador de tensión para mando y maniobra 380V / 24V de 100VA de potencia, 50Hz	14	27'00 €	378'00 €
TOTAL TRANSFORMADORES DE TENSIÓN					378'00 €

TOTAL AUTOMATISMOS:.....2.976'99 €

Capítulo 5.6: INTERRUPTORES MAGNETOTÉRMICOS

Nº orden	Unidad	Concepto	Medida	Precio unitario (Euros)	Total (Euros)
5.6.1	Unidades	Int. Magnetotérmico Compact NSX 630 Calibre: ≤630A, PdC: 50kA, Curva B, tetrapolar	2	2.439'12 €	4.878'24 €
5.6.2	Unidades	Int. Magnetotérmico Compact NSX 400 Calibre: ≤400A, PdC: 50kA, Curva B, tetrapolar	3	1.875'98 €	5.627'94 €
5.6.3	Unidades	Int. Magnetotérmico Compact NSX 250 Calibre: ≤250A, PdC: 36kA, Curva B, tetrapolar	2	1.455'30 €	2.910'60 €
5.6.4	Unidades	Int. Magnetotérmico Compact NSX 250 Calibre: ≤250A, PdC: 36kA, Curva C, tetrapolar	2	1.302'91 €	2.605'82 €
5.6.5	Unidades	Int. Magnetotérmico Compact NSX 160 Calibre: ≤160A, PdC: 36kA, Curva C, tetrapolar	1	936'99 €	936'99 €
5.6.6	Unidades	Int. Magnetotérmico C120H Calibre:125A, PdC:15kA, Curva B, tetrapolar	2	448'24 €	896'48 €
5.6.7	Unidades	Int. Magnetotérmico C120H Calibre:125A, PdC:15kA, Curva C, tetrapolar	3	389'73 €	1.169'19 €
5.6.8	Unidades	Int. Magnetotérmico C120H Calibre:80A, PdC:15kA, Curva C, tetrapolar	1	369'22 €	369'22 €
5.6.9	Unidades	Int. Magnetotérmico C60H Calibre:63A, PdC:15kA, Curva C, tetrapolar	2	225'42 €	450'84 €
5.6.10	Unidades	Int. Magnetotérmico C60H Calibre:40A, PdC:15kA, Curva C, tripolar	7	151'19 €	1.058'33 €
5.6.11	Unidades	Int. Magnetotérmico C60H Calibre:25A, PdC:15kA, Curva C, tripolar	1	88'17 €	88'17 €
5.6.12	Unidades	Int. Magnetotérmico C60H Calibre:20A, PdC:15kA, Curva C, tripolar	9	86'50 €	778'50 €
5.6.13	Unidades	Int. Magnetotérmico C60H Calibre:10A, PdC:15kA, Curva C, tripolar	1	82'48 €	82'48 €
5.6.14	Unidades	Int. Magnetotérmico C60H Calibre:6A, PdC:15kA, Curva C, unipolar	1	29'46 €	29'46 €

5.6.15	Unidades	Int. Magnetotérmico C60H Calibre:6A, PdC:15kA, Curva C, tripolar	3	90'63 €	271'89 €
5.6.16	Unidades	Int. Magnetotérmico C60H Calibre:4A, PdC:15kA, Curva C, tripolar	5	122'98 €	614'90 €
5.6.17	Unidades	Int. Magnetotérmico C60H Calibre:4A, PdC:15kA, Curva C, unipolar	9	32'67 €	294'03 €
5.6.18	Unidades	Int. Magnetotérmico C60H Calibre:3A, PdC:15kA, Curva C, unipolar	1	34'57 €	34'57 €
5.6.19	Unidades	Int. Magnetotérmico C60H Calibre:2A, PdC:15kA, Curva C, tripolar	3	129'52 €	388'56 €
5.6.20	Unidades	Int. Magnetotérmico C60H Calibre:2A, PdC:15kA, Curva C, unipolar	1	34'57 €	34'57 €
5.6.21	Unidades	Int. Magnetotérmico C60H Calibre:2A, PdC:15kA, Curva C, bipolar	1	84'82 €	84'82 €
5.6.22	Unidades	Int. Magnetotérmico C60H Calibre:0'5A, PdC:15kA, Curva C, unipolar	10	37'48 €	374'80 €
5.6.23	Unidades	Int. Magnetotérmico C120N Calibre:80A, PdC:10kA, Curva B, tetrapolar	1	408'70 €	408'70 €
5.6.24	Unidades	Int. Magnetotérmico C60N Calibre:20A, PdC:10kA, Curva C, tripolar	3	75'08 €	225'24 €
5.6.25	Unidades	Int. Magnetotérmico C60N Calibre:6A, PdC:10kA, Curva C, tripolar	1	76'53 €	76'53 €
5.6.26	Unidades	Int. Magnetotérmico C60N Calibre:4A, PdC:10kA, Curva C, tripolar	2	130'71 €	261'42 €
5.6.27	Unidades	Int. Magnetotérmico C60N Calibre:3A, PdC:10kA, Curva C, tripolar	1	130'71	130'71 €
5.6.28	Unidades	Int. Magnetotérmico C60N Calibre:2A, PdC:10kA, Curva C, unipolar	3	42'37 €	127'11 €
5.6.29	Unidades	Int. Magnetotérmico C60N Calibre:0'5A, PdC:10kA, Curva C, unipolar	1	52'50 €	52'50 €
TOTAL INTERRUPTORES MAGNETOTÉRMICOS					25.174'44 €

TOTAL INTERRUPTORES MAGNETOTÉRMICOS:.....25.174'44 €

Capítulo 5.7: INTERRUPTORES DIFERENCIALES

Nº orden	Unidad	Concepto	Medida	Precio unitario (Euros)	Total (Euros)
5.7.1	Unidades	Bloque diferencial VIGI C120, calibre:125A, sensibilidad:500mA, tetrapolar	4	265'99 €	1.063'96 €
5.7.2	Unidades	Bloque diferencial VIGI NS250 MH, calibre:250A, sensibilidad: 500mA, tetrapolar	1	574'11 €	574'11 €
5.7.3	Unidades	Bloque diferencial NSX160, calibre: 160A, sensibilidad: 300mA, tetrapolar	1	364'19 €	364'19 €
5.7.4	Unidades	Interruptor diferencial ID, calibre: 40A, sensibilidad: 300mA, tetrapolar	5	224'48 €	1.122'40 €
5.7.5	Unidades	Interruptor diferencial ID, calibre: 25A, sensibilidad: 300mA, tetrapolar	2	218'24 €	436'48 €
5.7.6	Unidades	Interruptor diferencial ID, calibre: 63A, sensibilidad: 300mA, tetrapolar	1	296'64 €	296'64 €
5.7.7	Unidades	Interruptor diferencial ID, calibre: 40A, sensibilidad: 30mA, tetrapolar	3	266'03 €	798'09 €
5.7.8	Unidades	Interruptor diferencial ID, calibre: 25A, sensibilidad: 30mA, tetrapolar	15	255'91 €	3.838'65 €
5.7.9	Unidades	Interruptor diferencial ID, calibre: 63A, sensibilidad: 30mA, tetrapolar	1	577'17 €	577'17 €
5.7.10	Unidades	Interruptor diferencial ID, calibre: 25A, sensibilidad: 30mA, bipolar	1	138'37 €	138'37 €
TOTAL INTERRUPTORES DIFERENCIALES					9.210'06 €

TOTAL INTERRUPTORES DIFERENCIALES:.....9.210'06 €

Capítulo 5.8: CUADROS

5.8.1. CUADROS GENERALES DE DISTRIBUCIÓN

Nº orden	Unidad	Concepto	Medida	Precio unitario (Euros)	Total (Euros)
5.8.1.1	Unidades	Cofret G IP-30, 18 módulos, ancho 600mm x alto 930mm	2	280'41 €	560'82 €
5.8.1.2	Unidades	Cofret G IP-30, 24 módulos, ancho 600mm x alto 1.230mm	1	380'44 €	380'44 €
5.8.1.3	Unidades	Puerta transparente G IP-30, 18 módulos, ancho 600mm x alto 930mm	2	212'16 €	424'32 €
5.8.1.4	Unidades	Puerta transparente G IP-30, 24 módulos, ancho 600mm x alto 1.230mm	1	288'05 €	288'05
TOTAL CUADROS GENERALES DE DISTRIBUCIÓN					1.653'63 €

5.8.2. CUADROS AUXILIARES

Nº orden	Unidad	Concepto	Medida	Precio unitario (Euros)	Total (Euros)
5.8.2.1	Unidades	Cofret G IP-30, 21 módulos, ancho 600mm x alto 1.080mm	3	337'38 €	1.012'14 €
5.8.2.2	Unidades	Cofret G IP-30, 27 módulos, ancho 600mm x alto 1.380mm	2	426'30	852'60 €
5.8.2.3	Unidades	Puerta transparente G IP-30, 21 módulos, ancho 600mm x alto 1.080mm	3	255'41 €	766'23 €
5.8.2.4	Unidades	Puerta transparente G IP-30, 27 módulos, ancho 600mm x alto 1.380mm	2	387'28 €	774'56 €
TOTAL CUADROS AUXILIARES					3.405'53 €

TOTAL CUADROS:.....5.059'16 €

Capítulo 5.9: COMPENSACIÓN DE ENERGÍA REACTIVA

Nº orden	Unidad	Concepto	Medida	Precio unitario (Euros)	Total (Euros)
5.9.1	Unidades	Batería automática de condensadores de 43'75 kVAr, 400 V, 50 Hz	1	1.891'02 €	1.891'02 €
5.9.2	Unidades	Batería automática de condensadores de 55 kVAr, 400 V, 50 Hz	1	2.168'15 €	2.168'15 €
5.9.3	Unidades	Batería automática de condensadores de 25 kVAr, 400 V, 50 Hz	1	1.199'94 €	1.199'94 €
5.9.4	Unidades	Int. Magnetotérmico C120H Calibre:125A, PdC:15kA, Curva C, tripolar	1	284'54 €	284'54 €
5.9.5	Unidades	Int. Magnetotérmico Compact NSX 160 Calibre:160A, PdC:36kA, Curva C, tripolar	1	678'84 €	678'84 €
5.9.6	Unidades	Int. Magnetotérmico C120H Calibre:80A, PdC:15kA, Curva C, tripolar	1	262'16 €	262'16 €
5.9.7	Unidades	Bloque diferencial VIGI C120, calibre:125A, sensibilidad:300mA, tetrapolar	2	268'72 €	537'44 €
5.9.8	Unidades	Bloque diferencial NSX160, calibre: 160A, sensibilidad: 300mA, tetrapolar	1	364'19 €	364'19 €
TOTAL COMPENSACIÓN DE ENERGÍA REACTIVA					7.386'28 €

TOTAL COMPENSACIÓN ENERGÍA REACTIVA:.....7.386'28 €

Capítulo 5.10: PUESTA A TIERRA

Nº orden	Unidad	Concepto	Medida	Precio unitario (Euros)	Total (Euros)
5.10.1	Unidades	Caja de seccionamiento de tierra URIARTE CCST-50 con pletina de seccionamiento y bornes de conexión	1	24'56 €	24'56 €
5.10.2	Metros	Conductor de cobre desnudo de 50mm ²	35	8'32 €	291'2 €
TOTAL PUESTA A TIERRA					315'76 €

TOTAL PUESTA A TIERRA:.....315'76 €

Capítulo 5.11: CENTRO DE TRANSFORMACIÓN

5.11.1. OBRA CIVIL

Nº orden	Unidad	Concepto	Medida	Precio unitario (Euros)	Total (Euros)
5.11.1.1	Metros ³	Excavación del foso para alojar el centro de fabricación prefabricado. Dimensiones del foso: 7500mm x 4500mm x 1000mm	33'75	15'75 €	531'56 €
5.11.1.2	Unidades	CT: Edificio prefabricado PFU-5 Ormazabal de dimensiones 6.080mm x 2.380mm x 3.045mm	1	8.753'49 €	8.753'49 €
TOTAL OBRA CIVIL					9.285'05 €

5.11.2. APARAMENTA MEDIA TENSIÓN

Nº orden	Unidad	Concepto	Medida	Precio unitario (Euros)	Total (Euros)
5.11.2.1	Unidades	Pararrayos autoválvula de descarga a tierra POLIM-K 36 kV, 100 kA, 50 kA (50Hz)	3	99'00 €	297'00 €
5.11.2.2	Unidades	Celda de remonte de conductores (SF6)	1	1.651'80 €	1.651'80 €
5.11.2.3	Unidades	Celda de protección general: con interruptor-seccionador en SF6 con bobina de disparo, fusibles limitadores de 24Kv 50 A, PdC 25kA, con señalización fusión, seccionador p.a.t, indicadores presencia de tensión y enclavamientos	1	3.477'98 €	3.477'98 €
5.11.2.4	Unidades	Celda de medida SF6 equipada con 3 transformadores de corriente (40A / 5A) y 2 transformadores de tensión (13'2kV / 0'11kV)	1	5.604'70 €	5.604'70 €

5.11.2.5	Unidades	Celda de protección individual: con interruptor-seccionador en SF6 con bobina de disparo, fusibles limitadores de 24Kv 25 A, PdC 25kA, con señalización fusión, seccionador p.a.t, indicadores presencia de tensión y enclavamientos	2	2.918'17 €	5.836'34 €
TOTAL APARAMENTA MEDIA TENSIÓN					16.867'82 €

5.11.3. TRANSFORMADORES

Nº orden	Unidad	Concepto	Medida	Precio unitario (Euros)	Total (Euros)
5.11.3.1	Unidades	Transformador trifásico reductor de tensión 13'2-20 kV / 0'4 kV de 400 kVA de potencia	2	5.783'69 €	11.567'38 €
TOTAL TRANSFORMADORES					11.567'38 €

5.11.4. APARAMENTA BAJA TENSIÓN

Nº orden	Unidad	Concepto	Medida	Precio unitario (Euros)	Total (Euros)
5.11.4.1	Unidades	Cofret G IP-30, 9 módulos, ancho 600mm x alto 480mm	1	197'03 €	197'03 €
5.11.4.2	Unidades	Cofret G IP-30, 18 módulos, ancho 600mm x alto 930mm	1	280'41 €	280'41 €
5.11.4.3	Unidades	Puerta transparente G IP-30, 9 módulos, ancho 600mm x alto 480mm	1	149'18 €	149'18 €
5.11.4.4	Unidades	Puerta transparente G IP-30, 18 módulos, ancho 600mm x alto 930mm	1	212'16 €	212'16 €
5.11.4.5	Unidades	Int. Magnetotérmico Compact NSX 630 Calibre ≤ 630A, PdC:50kA, Curva B, tetrapolar	2	2.361,12 €	4.722'24 €

5.11.4.6	Unidades	Int. Magnetotérmico C60H Calibre:2A, PdC:15kA, Curva C, unipolar	1	34'57 €	34'57 €
5.11.4.7	Unidades	Int. Magnetotérmico C60H Calibre:0'5A, PdC:15kA, Curva C, unipolar	1	37'48 €	37'48 €
5.11.4.8	Unidades	Int. Magnetotérmico C60H Calibre:20A, PdC:15kA, Curva C, tripolar	1	86'50 €	86'50 €
5.11.4.9	Unidades	Interruptor diferencial ID, calibre: 25A, sensibilidad: 30mA, tetrapolar	1	255'91 €	255'91 €
TOTAL APARAMENTA BAJA TENSIÓN					5.975'48 €

5.11.5. INSTALACIÓN SECUNDARIA DEL CT

Nº orden	Unidad	Concepto	Medida	Precio unitario (Euros)	Total (Euros)
5.11.5.1	Metros	Cable Genlis-F H07V-K de 2'5mm ² de sección y con aislamiento PVC	22'5	1'07 €	24'08 €
5.11.5.2	Metros	Cable Genlis-F H07V-K de 4mm ² de sección y con aislamiento PVC	30	1'75 €	52'50 €
5.11.5.3	Metros	Tubo rígido PVC de 16mm de diámetro	7'5	3'63 €	27'23 €
5.11.5.4	Metros	Tubo rígido PVC de 20mm de diámetro	6	4'62 €	27'72 €
5.11.5.5	Unidades	Toma de corriente monofásica 230V F+N+T	3	3'59 €	10'77 €
5.11.5.6	Unidades	Interruptor unipolar	1	3'81 €	3'81 €
5.11.5.7	Unidades	Luminaria Europa 2 FBS120 2xPL-C/2P26W/840 CON PG	3	76'00 €	228'00 €
5.11.5.8	Unidades	Luminaria de emergencia D3-60 de la 60 lm, 3 horas de autonomía y 2'2 w de consumo	2	58'19 €	116'38 €
TOTAL INSTALACIÓN SECUNDARIA DEL CT					490'49 €

5.11.6. PUESTA A TIERRA DEL CT

Nº orden	Unidad	Concepto	Medida	Precio unitario (Euros)	Total (Euros)
5.11.6.1	Metros	Conductor de cobre desnudo de 50mm ² de sección	120	8'32 €	998'40 €
5.11.6.2	Metros	Conductor de cobre aislado 0'6/1 kV de 50mm ² de sección	95	18'07 €	1.716'65 €
5.11.6.3	Unidades	Picas de 2m de largo y 14,6mm de diámetro	16	12'50 €	200'00 €
5.11.6.4	Unidades	Caja de seccionamiento de tierra URIARTE CCST-50 con pletina de seccionamiento y bornes de conexión	1	24'56 €	24'56 €
5.11.6.5	Unidades	Arqueta de registro de hormigón prefabricado sin fondo, de 70x70 cm y 100 cm de profundidad	3	40'29 €	120'87 €
TOTAL PUESTA A TIERRA DEL CT					3.060'48 €

5.11.7. VARIOS

Nº orden	Unidad	Concepto	Medida	Precio unitario (Euros)	Total (Euros)
5.11.7.1	Unidades	Extintor de eficacia equivalente 89B	2	110'75 €	221'50 €
5.11.7.2	Unidades	Par de guantes de maniobra	4	55'70 €	222'80 €
5.11.7.3	Unidades	Banqueta aislante para maniobrar aparata	4	154'80 €	619'20 €
5.11.7.4	Unidades	Placa de aviso de "Peligro de Muerte"	2	12'40 €	24'80 €
TOTAL VARIOS					1.088'30 €

TOTAL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN:.....48.335'00 €

Capítulo 5.12: SEGURIDAD

Nº orden	Unidad	Concepto	Medida	Precio unitario (Euros)	Total (Euros)
5.12.1	Unidades	Casco	6	2'15 €	12'90 €
5.12.2	Unidades	Calzado de seguridad	6	21'95 €	131'70 €
5.12.3	Unidades	Traje normal	6	11'45 €	68'70 €
5.12.4	Unidades	Traje impermeable	6	4,50 €	27'00 €
5.12.5	Unidades	Par de guantes de cuero	6	5'85 €	35'10 €
5.12.6	Unidades	Par de guantes aislantes	6	49'95 €	299'70 €
5.12.7	Unidades	Gafas de seguridad	6	7'15 €	42'90 €
5.12.8	Unidades	Cinturón de seguridad	6	18'00 €	108'00 €
5.12.9	Unidades	Protector auditivo	4	16'50 €	66'00 €
TOTAL SEGURIDAD					792'00 €

TOTAL SEGURIDAD:.....792'00 €

RESUMEN DEL PRESUPUESTO TOTAL DE LA INSTALACIÓN

1. Iluminación:.....	25.013'80 €
2. Cables:.....	38.448'35 €
3. Canalizaciones:.....	9.471'68 €
4. Tomas de corriente e interruptores:.....	380'53 €
5. Automatismos:.....	2.976'99 €
6. Interruptores magnéticos:.....	25.174'44 €
7. Interruptores diferenciales:.....	9.210'06 €
8. Cuadros:.....	5.059'16 €
9. Compensación de energía reactiva:.....	7.386'28 €
10. Puesta a tierra:.....	315'76 €
11. Centro de transformación:.....	48.335'00 €
12. Seguridad:.....	792'00 €

TOTAL EJECUCIÓN MATERIAL:.....172.564'05 €

El total de la ejecución material asciende a CIENTO SETENTA Y DOS MIL QUINIENTOS SESENTA Y CUATRO EUROS con CINCO CÉNTIMOS.

Gastos generales 5%:.....8.628'20 €

Beneficio industrial 10%:.....17.256'41 €

Suma de G.G. y B.I. (P.E. POR CONTRATA):.....198.448'66 €

El presupuesto de ejecución por contrata asciende a CIENTO NOVENTA Y OCHO MIL CUATROCIENTOS CUARENTA Y OCHO EUROS con SESENTA Y SEIS CÉNTIMOS.

Honorarios proyectista 3%:.....5.953'46 €

Honorarios dirección de obra 3%:.....5.953'46 €

TOTAL PRESUPUESTO.....210.335'58 €

Asciende el presupuesto general (sin IVA), a la expresa cantidad de DOSCIENTOS DIEZ MIL TRESCIENTOS TREINTA Y CINCO EUROS con CINCUENTA Y OCHO CÉNTIMOS.

Pamplona, abril de 2010

Andoni Arregui Borja



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación :

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL ELÉCTRICO

Título del proyecto:

INSTALACIÓN EN BAJA TENSIÓN DE UNA NAVE
INDUSTRIAL CON CENTRO DE TRANSFORMACIÓN

DOCUMENTO Nº6: ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD
Y SALUD

Andoni Arregui Borja

Jose Javier Crespo Ganuza

Pamplona, 29 de abril de 2.010

ÍNDICE

6.1. OBJETO	2
6.2. DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS A REALIZAR	2
6.3. INSTALACIÓN EN BAJA TENSIÓN	2
6.3.1. EJECUCIÓN DE LA OBRA	2
6.3.2. EQUIPO Y MAQUINARIA A UTILIZAR	2
6.3.2.1. MAQUINARIA PARA EL IZADO DE MATERIALES	2
6.3.2.2. MÁQUINAS HERRAMIENTAS	3
6.3.3. CONDUCCIONES DE SERVICIOS PRÓXIMOS A LA OBRA Y A SUS ACCESOS INMEDIATOS	4
6.3.4. MEDIDAS PREVENTIVAS COLECTIVAS A ADOPTAR	5
6.3.4.1. RELACIÓN	5
6.3.4.2. DESCRIPCIÓN	5
6.3.5. EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL	6
6.4. INSTALACIÓN EN MEDIA TENSIÓN	6
6.4.1. EJECUCIÓN DE LA OBRA	6
6.4.2. EQUIPO Y MAQUINARIA A UTILIZAR	6
6.4.2.1. MAQUINARIA DE MOVIMIENTO DE TIERRAS	6
6.4.2.2. MAQUINARIA PARA HORMIGONADO	8
6.4.2.3. MAQUINARIA PARA IZADO DE MATERIALES	9
6.4.2.4. MÁQUINAS HERRAMIENTAS	10
6.4.3. CONDICIONES DE SERVICIOS PRÓXIMOS A LA OBRA Y A SUS ACCESOS INMEDIATOS	11
6.4.4. MEDIDAS PREVENTIVAS A ADOPTAR	11
6.4.4.1. RELACIÓN	11
6.4.4.2. DESCRIPCIÓN	14
6.4.5. EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL	15
6.5. SERVICIOS	15
6.6. RIESGOS LABORALES QUE NO PUEDAN EVITARSE	15
6.7. INFORMACIONES ÚTILES PARA TRABAJOS POSTERIORES	16
6.8. OBSERVACIONES	16
6.9. ACREDITACIÓN	16

6.1. OBJETO

El objeto del presente documento es la consideración por el proyectista durante la elaboración de proyecto de los principios generales de prevención, al tomar decisiones constructivas, técnicas y de organización, a fin de planificar los trabajos a desarrollar simultánea o sucesivamente, así como la duración de los mismos.

6.2. DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS A REALIZAR

- Descripción de la obra: Instalación eléctrica en baja tensión de una nave industrial con centro de transformación.
- Presupuesto de ejecución por contrata: 198.448'66 €
- Plazo de ejecución: 44 días
- Número máximo de trabajadores previstos: 6 operarios
- Número de jornadas del total de trabajadores: 264 jornadas

Observando estos datos y teniendo en cuenta las Disposiciones Mínimas de Seguridad y Salud en las Obras de Construcción (Real Decreto 1627/1997 de 24 de octubre de 1.997), nos será suficiente con el Estudio Básico de Seguridad y Salud.

6.3. INSTALACIÓN EN BAJA TENSIÓN

6.3.1. EJECUCIÓN DE LA OBRA

Fase de obra	Medios auxiliares a emplear en fase
Colocación de las diferentes canalizaciones (bandeja, tubo, empotrado) y conductores eléctricos, así como toma de tierra, etc,...	Barandillas de protección, tapas de madera en arquetas, bandas de señalización
Instalación y montaje de cuadros generales y cuadros secundarios de protección	Cabrestante
Montaje y conexión de los aparatos de alumbrado y conexionado de los diferentes puntos de fuerza	Escaleras, andamios

6.3.2. EQUIPO Y MAQUINARIA A UTILIZAR

6.3.2.1. MAQUINARIA PARA EL IZADO DE MATERIALES

- Camión grúa

A) Riesgos más frecuentes:

- Vuelco del camión
- Atrapamientos
- Caída al subir (o bajar) a la zona de mandos
- Atropello de personas

- Desplome de la carga
- Golpes por la carga a paramentos (verticales u horizontales)

B) Medidas preventivas de seguridad:

- Antes de iniciar las maniobras de carga se instalarán calzos inmovilizadores en las cuatro ruedas y los gatos estabilizadores.
- Las maniobras de carga y descarga serán dirigidas por un especialista en prevención de los riesgos por maniobras incorrectas.
- Los ganchos de cuelgue estarán dotados de pestillos de seguridad.
- Se prohíbe expresamente sobrepasar la carga máxima admisible fijada por el fabricante del camión en función de la extensión brazo-grúa.
- El gruista tendrá en todo momento a la vista la carga suspendida. Si esto no fuera posible, las maniobras serán expresamente dirigidas por un señalista, en previsión de los riesgos por maniobras incorrectas.
- Se prohíbe realizar suspensión de cargas de forma lateral cuando la superficie de apoyo del camión esté inclinada hacia el lado de la carga, en previsión de los accidentes por vuelco.
- Se prohíbe estacionar (o circular con) el camión grúa a distancias inferiores a 2 m (como norma general), del corte del terreno (o situación similar, próximo a un muro de contención), en previsión de los accidentes por vuelco.
- Se prohíbe realizar tirones sesgados de la carga.
- Se prohíbe arrastrar cargas con el camión grúa (el remolcado se efectuará según características del camión).
- Las cargas en suspensión, para evitar golpes y balanceos se guiarán mediante cabos de gobierno.
- Se prohíbe la permanencia de personas en torno al camión grúa a distancias inferiores a 5 metros.
- Se prohíbe la permanencia bajo las cargas en suspensión.
- El conductor del camión grúa estará en posesión del certificado de capacitación que acredite su pericia.

C) Protecciones personales:

- Casco de polietileno (siempre que se abandone la cabina en el interior de la obra y exista el riesgo de golpes en la cabeza).
- Guantes de cuero.
- Botas de seguridad.
- Ropa de trabajo.
- Calzado para conducción.

6.3.2.2. MÁQUINAS HERRAMIENTAS

- Herramientas manuales

En este grupo incluimos las siguientes: taladro, percutor, martillo rotativo, pistola clavadora, disco radial, soldadura.

A) Riesgos más frecuentes:

- Descargas eléctricas
- Proyección de partículas
- Caídas en alturas
- Ambiente ruidoso
- Generación de polvo
- Explosiones e incendios
- Cortes en extremidades
- Quemaduras

B) Medidas preventivas de seguridad:

- Todas las herramientas eléctricas, estarán dotadas de doble aislamiento de seguridad.
- El personal que utilice estas herramientas ha de conocer las instrucciones de uso.
- Las herramientas serán revisadas periódicamente de manera que se cumplan las instrucciones de conservación del fabricante.
- Estarán acopiadas en el almacén de obra, llevándolas al mismo una vez finalizado el trabajo, colocando las herramientas más pesadas en las baldas más próximas al suelo.
- La desconexión de las herramientas, no se hará con un tirón brusco.
- No se usará una herramienta eléctrica sin enchufe, si hubiese necesidad de emplear las mangueras de extensión, éstas se harán de la herramienta al enchufe y nunca a la inversa.
- Los trabajos con estas herramientas se realizarán siempre en posición estable.

C) Protecciones colectivas:

- Zonas de trabajo limpias y ordenadas.
- Las mangueras de alimentación o herramientas estarán en buen uso.
- Los huecos estarán protegidos con barandillas.

D) Protecciones personales:

- Casco de seguridad homologado
- Guantes de cuero
- Protecciones auditivas y oculares en el empleo de pistola clavadora
- Cinturón de seguridad para trabajos en altura

6.3.3. CONDUCCIONES DE SERVICIOS PRÓXIMOS A LA OBRA Y A SUS ACCESOS INMEDIATOS

- ¿Existen líneas eléctricas aéreas que afectan a la construcción? NO
- ¿Existen servicios subterráneos (aguas, eléctricos, colectores, gas, etc) a desviar? NO

6.3.4. MEDIDAS PREVENTIVAS COLECTIVAS A ADOPTAR

6.3.4.1. RELACIÓN

Se especifican por fases, las medidas a utilizar en cada caso.

- Tendido de conductores

A) Descripción de los trabajos:

Se incluye en este apartado la construcción de canalizaciones realizadas a base de tuberías de PVC y cuantos elementos complementarios de obra civil sean necesarios para las instalaciones de energía eléctrica.

B) Riesgos más frecuentes:

- Caídas al mismo nivel
- Caídas a distinto nivel
- Golpes
- Cortes por el manejo de herramientas manuales
- Partículas en los ojos
- Sobreesfuerzos

C) Medidas preventivas de seguridad:

- Cuando se prevea la existencia de canalizaciones en servicio en la excavación se determinará su trazado solicitando, si es necesario, su corte o desvío.
- En todos los casos se iluminará y señalizará suficientemente.

D) Protecciones colectivas:

- Tapas de madera en huecos de arquetas
- Bandas de señalización

E) Protecciones personales:

- Casco de polietileno
- Guantes de cuero
- Guantes de goma
- Botas de seguridad
- Botas de goma
- Ropa de trabajo

6.3.4.2. DESCRIPCIÓN

Se describirán todas las protecciones colectivas (a excepción de andamios y plataformas) enumeradas en el apartado anterior, indicando para cada equipo, características, forma de colocación, sujeción, etc.

Protecciones colectivas	Descripción
Barandillas	Barandillas de 90cm de altura con rodapié de 15cm sujetas a suelo para protección de huecos horizontales
Tapa-huecos	Entablonado o tapas de madera clavadas a forjado en huecos horizontales
Delimitación zona de trabajo	Señalización y delimitación de las zonas de trabajo
Orden y limpieza	Se mantendrá la obra limpia y ordenada, con zonas dedicadas a acopio de materiales sin acumulación de cargas excesivas en un punto

6.3.5. EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL

Tipo	Nº	Tipo	Nº
Traje de trabajo (tejido normal)	4	Protectores auditivos	4
Traje de trabajo (tejido impermeable)	4	Guantes de cuero	4
Cascos de seguridad	4	Guantes aislantes	4
Pantallas protectoras del rostro		Calzado de seguridad	4
Adaptadores faciales		Cinturones de seguridad	4
Filtro mecánicos		Otros	
Gafas de seguridad	4		

6.4. INSTALACIÓN EN MEDIA TENSIÓN

6.4.1. EJECUCIÓN DE LA OBRA

Fase de obra	Medios auxiliares a emplear por fase (andamios, plataformas, etc.)
Obra civil, canalizaciones, centro de transformación	Barandillas de protección, tapas de madrea en arquetas, bandas de señalización.
Tendido de nuevos conductores y conexionado de los mismos	Cabrestante

6.4.2. EQUIPO Y MAQUINARIA A UTILIZAR

6.4.2.1. MAQUINARIA DE MOVIMIENTO DE TIERRAS

- Camión basculante

A) Riesgos más frecuentes:

- Choques con elementos fijos de la obra
- Atropello y aprisionamiento de personas en maniobras y operaciones de mantenimiento
- Vuelcos al circular por la rampa de acceso

B) Medidas preventivas de seguridad:

- La caja será bajada inmediatamente después de efectuada la descarga y antes de emprender la marcha.
- Al realizar las entradas o salidas del solar, lo hará con precaución.
- Respetará todas las normas del código de circulación.
- Si por cualquier circunstancia, tuviera que parar en la rampa de acceso, el vehículo quedará frenado, y calzado con topes.
- Respetará en todo momento la señalización de la obra.
- Las maniobras dentro del recinto de la obra se harán sin brusquedades, anunciando con antelación las mismas, auxiliándose del personal de la obra.
- La velocidad de circulación estará en consonancia con la carga transportada, la visibilidad y las condiciones del terreno.

C) Protecciones colectivas:

- No permanecerá nadie en las proximidades del camión, en el momento de realizar éste las maniobras.
- Si descarga material, en las proximidades de la zanja o pozo de cimentación, se aproximará a una distancia máxima de 1,00 m. garantizando ésta mediante topes.

D) Protecciones personales:

El conductor del vehículo cumplirá las siguientes normas:

- Usar casco homologado, siempre que baje del camión.
- Durante la carga, permanecerá fuera del radio de acción de las máquinas y alejado del camión.
- Antes de comenzar la descarga, tendrá echado el freno de mano.

- Retroexcavadora

A) Riesgos más frecuentes:

- Vuelco por hundimiento del terreno.
- Golpes a personas o cosas en el movimiento de giro.

B) Medidas preventivas de seguridad:

- No se realizarán reparaciones u operaciones de mantenimiento con la máquina funcionando.
- La cabina estará dotada de extintor de incendios, al igual que el resto de las máquinas.
- La intención de moverse se indicará con el claxon (por ejemplo: dos pitidos para andar hacia adelante y tres hacia atrás).
- El conductor no abandonará la máquina sin parar el motor y la puesta en marcha contraria al sentido de la pendiente.

- El personal de obra estará fuera del radio de acción de la máquina para evitar atropellos y golpes, durante el movimiento de ésta o por algún giro imprevisto al bloquearse una oruga.
- Al circular lo hará con la cuchara plegada.
- Al finalizar el trabajo de la máquina, la cuchara quedará apoyada en el suelo o plegada sobre la máquina si la parada es prolongada se desconectará la batería y se retirará la llave de contacto.
- Durante la excavación del terreno en la zona de entrada al solar, la máquina no estará calzada al terreno mediante sus zapatas hidráulicas.

C) Protecciones colectivas:

- No permanecerá nadie en el radio de acción de la máquina.
- Al descender por la rampa, el brazo de la cuchara estará situado en la parte trasera de la máquina.

D) Protecciones personales:

El operador llevará en todo momento:

- Casco de seguridad homologado
- Ropa de trabajo adecuada
- Botas antideslizantes
- Limpiará el barro adherido al calzado para que no resbalen los pies sobre los pedales

6.4.2.2. MAQUINARIA PARA HORMIGONADO

- Camión hormigonera

A) Riesgos más frecuentes:

- Atropello de personas
- Colisión con otras máquinas (movimiento de tierras, camiones, etc.)
- Vuelco del camión (terrenos irregulares, embarrados, etc.)
- Caída en el interior de una zanja (cortes de taludes, media ladera, etc.)
- Caída de personas desde el camión
- Golpes por el manejo de canaletas (empujones a los operarios que pueden caer)
- Caída de objetos al conductor durante las operaciones de vertido o de limpieza
- Golpes por el cubilote del hormigón
- Atrapamientos durante el despliegue, montaje y desmontaje de las canaletas
- Las derivadas del contacto con hormigón
- Sobreesfuerzos

B) Medidas preventivas de seguridad:

- La limpieza de la cuba y canaletas se efectuará en los lugares plasmados en los planos para tal labor, en prevención de riesgos por la realización de trabajos en zonas próximas.
- La puesta en estación y los movimientos del camión-hormigonera durante las operaciones de vertido, serán dirigidos por un señalista, en prevención de los riesgos por maniobras incorrectas.
- Las operaciones de vertido a lo largo de cortes en el terreno se efectuarán sin que las ruedas de los camiones-hormigonera sobrepasen la línea blanca (cal o yeso) de seguridad, trazada a 2 m (como norma general), del borde.
- Las rampas de acceso a los tajos no superarán la pendiente del 20% (como norma general), en prevención de atoramientos o vuelco de los camiones-hormigonera.

6.4.2.3. MAQUINARIA PARA EL IZADO DE MATERIALES

- Camión grúa

A) Riesgos más frecuentes:

- Vuelco del camión
- Atrapamientos
- Caída al subir (o bajar) a la zona de mandos
- Atropello de personas
- Desplome de la carga
- Golpes por la carga a paramentos (verticales u horizontales)

B) Medidas preventivas de seguridad:

- Antes de iniciar las maniobras de carga se instalarán calzos inmovilizadores en las cuatro ruedas y los gatos estabilizadores.
- Las maniobras de carga y descarga serán dirigidas por un especialista en prevención de los riesgos por maniobras incorrectas.
- Los ganchos de cuelgue estarán dotados de pestillos de seguridad.
- Se prohíbe expresamente sobrepasar la carga máxima admisible fijada por el fabricante del camión en función de la extensión brazo-grúa.
- El gruista tendrá en todo momento a la vista la carga suspendida. Si esto no fuera posible, las maniobras serán expresamente dirigidas por un señalista, en previsión de los riesgos por maniobras incorrectas.
- Se prohíbe realizar suspensión de cargas de forma lateral cuando la superficie de apoyo del camión esté inclinada hacia el lado de la carga, en previsión de los accidentes por vuelco.
- Se prohíbe estacionar (o circular con) el camión grúa a distancias inferiores a 2 m (como norma general), del corte del terreno (o situación similar, próximo a un muro de contención), en previsión de los accidentes por vuelco.
- Se prohíbe realizar tirones sesgados de la carga.
- Se prohíbe arrastrar cargas con el camión grúa (el remolcado se efectuará según características del camión).

- Las cargas en suspensión, para evitar golpes y balanceos se guiarán mediante cabos de gobierno.
- Se prohíbe la permanencia de personas en torno al camión grúa a distancias inferiores a 5 metros.
- Se prohíbe la permanencia bajo las cargas en suspensión.
- El conductor del camión grúa estará en posesión del certificado de capacitación que acredite su pericia.

C) Protecciones personales:

- Casco de polietileno (siempre que se abandone la cabina en el interior de la obra y exista el riesgo de golpes en la cabeza).
- Guantes de cuero.
- Botas de seguridad.
- Ropa de trabajo.
- Calzado para conducción.

6.4.2.4. MÁQUINAS HERRAMIENTAS

- Herramientas manuales

En este grupo incluimos las siguientes: taladro, percutor, martillo rotativo, pistola clavadora, disco radial, soldadura.

A) Riesgos más frecuentes:

- Descargas eléctricas
- Proyección de partículas
- Caídas en alturas
- Ambiente ruidoso
- Generación de polvo
- Explosiones e incendios
- Cortes en extremidades
- Quemaduras

B) Medidas preventivas de seguridad:

- Todas las herramientas eléctricas, estarán dotadas de doble aislamiento de seguridad.
- El personal que utilice estas herramientas ha de conocer las instrucciones de uso.
- Las herramientas serán revisadas periódicamente de manera que se cumplan las instrucciones de conservación del fabricante.
- Estarán acopiadas en el almacén de obra, llevándolas al mismo una vez finalizado el trabajo, colocando las herramientas más pesadas en las baldas más próximas al suelo.
- La desconexión de las herramientas, no se hará con un tirón brusco.
- No se usará una herramienta eléctrica sin enchufe, si hubiese necesidad de emplear las mangueras de extensión, éstas se harán de la herramienta al enchufe y nunca a la inversa.

- Los trabajos con estas herramientas se realizarán siempre en posición estable.

C) Protecciones colectivas:

- Zonas de trabajo limpias y ordenadas.
- Las mangueras de alimentación o herramientas estarán en buen uso.
- Los huecos estarán protegidos con barandillas.

D) Protecciones personales:

- Casco de seguridad homologado
- Guantes de cuero
- Protecciones auditivas y oculares en el empleo de pistola clavadora
- Cinturón de seguridad para trabajos en altura

6.4.3. CONDUCCIONES DE SERVICIOS PRÓXIMOS A LA OBRA Y SUS ACCESOS INMEDIATOS

- ¿Existen líneas eléctricas aéreas que afectan a la construcción? NO
- ¿Existen servicios subterráneos (aguas, eléctricos, colectores, gas, etc) a desviar? NO

6.4.4. MEDIDAS PREVENTIVAS COLECTIVAS A ADOPTAR

6.4.4.1. RELACIÓN

Se especifican por fases, las medidas a utilizar en cada caso.

- Obra civil para canalizaciones y tendido de conductores

A) Descripción de los trabajos:

Se incluye en este apartado la construcción de canalizaciones subterráneas realizadas a base de tuberías de PVC hormigonadas en todo su perímetro, formando prisma, arquetas de derivación o cambio de sentido y cuantos elementos complementarios de obra civil sean necesarios para las instalaciones de energía eléctrica.

B) Riesgos más frecuentes:

- Caídas al mismo nivel
- Caídas a distinto nivel
- Golpes
- Cortes por el manejo de herramientas manuales
- Dermatitis por contactos con el cemento
- Partículas en los ojos
- Sobreesfuerzos
- Atrapamientos

C) Medidas preventivas de seguridad:

- Cuando se prevea la existencia de canalizaciones en servicio en la excavación se determinará su trazado solicitando, si es necesario, su corte o desvío.
- Si se atraviesan vías de tráfico rodado, la zanja se realizará en dos mitades, compactando una mitad antes de excavar la otra.
- En todos los casos se iluminará y señalizará suficientemente.
- Las bocas de arquetas deberán ser protegidas hasta la colocación de las tapas definitivas.

D) Protecciones colectivas:

- Barandillas de protección
- Tapas de madera en huecos de arquetas
- Bandas de señalización
- Señalización y ordenación del tráfico de máquinas de forma visible y sencilla
- Guirnaldas de señalización

E) Protecciones personales:

- Casco de polietileno
- Guantes de cuero
- Guantes de goma
- Botas de seguridad
- Botas de goma
- Traje impermeable
- Ropa de trabajo

- Centro de transformación

A) Descripción de los trabajos

Consiste en el montaje del centro de transformación incluyendo la aparamenta y materiales incluidos en el cuarto habilitado para ello en planta sótano.

B) Riesgos más frecuentes:

- Golpes a personas por el transporte en suspensión de grandes piezas
- Atrapamientos durante maniobras de ubicación
- Caída de personas al mismo nivel
- Caída de personas a distinto nivel
- Vuelco de piezas prefabricadas
- Desplome de piezas prefabricadas
- Cortes por manejo de herramientas manuales
- Cortes o golpes por manejo de máquinas-herramientas
- Aplastamiento de manos o pies al recibir las piezas

C) Medidas preventivas de seguridad:

- Se seguirán en todo momento las instrucciones del fabricante.
- El personal que realice los trabajos será especializado en el montaje de elementos prefabricados.
- Se comprobará que cada elemento prefabricado no sobrepase la capacidad de la grúa.
- Se revisarán periódicamente el estado de las eslingas, sustituyendo las que se encuentren deterioradas.
- Los anclajes deben ser seguros y estar correctamente colocados.
- El movimiento de las piezas prefabricadas se realizará sólo con los útiles previstos por la oficina de proyectos y las piezas se engancharán sólo de los puntos previstos y en las formas previstas.
- Se evitarán las tracciones oblicuas.
- Antes de izar, se comprobará que se encuentra libre y no tiene trabazón alguno que lo una a otro elemento.
- Una vez enganchada la pieza, el personal encargado de ello debe alejarse cuando las eslingas estén tensas.

D) Protecciones colectivas:

- Se suspenderá el montaje de paneles cuando los vientos superen la velocidad de 60km/h.
- Se prohíbe trabajar o permanecer en lugares de tránsito de piezas suspendidas, en prevención del riesgo de desplome.

E) Protecciones personales:

- Casco de polietileno
- Guantes de cuero
- Guantes de goma o PVC
- Botas de seguridad
- Botas de goma con puntera reforzada
- Cinturón de seguridad clase A o C
- Ropa de trabajo
- Trajes para tiempo lluvioso

- Conexión de las nuevas líneas

A) Descripción de los trabajos:

Se realizará la conexión de las nuevas instalaciones para dar servicio.

B) Riesgos más frecuentes:

- Caídas del personal al mismo nivel por uso indebido de las escaleras
- Electrocuciiones
- Cortes en extremidades superiores
- Golpes por objetos

- Caídas de objetos

C) Medidas preventivas de seguridad:

- Las conexiones se realizarán siempre sin tensión, verificando esta circunstancia con un comprobador de tensión.
- Las pruebas que se tengan que realizar con tensión, se harán después de comprobar el acabado de la instalación eléctrica.
- La herramienta manual se revisará con periodicidad para evitar cortes y golpes en su uso, debiendo estas estar aisladas.
- Toda la instalación se efectuará por personal especializado.

D) Protecciones colectivas:

- La zona de trabajo estará siempre limpia y ordenada, e iluminada adecuadamente.
- Las escaleras estarán provistas de tirantes, para así delimitar su apertura cuando sean de tijera, si son de mano, serán de madera con elementos antideslizantes en su base.
- Se señalizarán convenientemente las zonas donde se esté trabajando.

E) Protecciones personales:

- Mono de trabajo
- Casco aislante homologado
- Guantes de cuero
- Guantes aislantes
- Banquetas aislantes
- Pértigas aislantes
- Gafas
- Cinturón de seguridad

6.4.4.2. DESCRIPCIÓN

Se describirán todas las protecciones colectivas (a excepción de andamios y plataformas) enumeradas en el apartado anterior, indicando para cada equipo, características, forma de colocación, sujeción, etc.

Protecciones colectivas	Descripción
Barandillas	Barandillas de 90cm de altura con rodapié de 15cm sujetas a suelo para protección de huecos horizontales
Tapa-huecos	Entablonado o tapas de madera clavadas a forjado en huecos horizontales
Delimitación zona de trabajo	Señalización y delimitación de las zonas de trabajo
Orden y limpieza	Se mantendrá la obra limpia y ordenada, con zonas dedicadas a acopio de materiales sin acumulación de cargas excesivas en un punto

6.4.5. EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL

Tipo	Nº	Tipo	Nº
Traje de trabajo (tejido normal)	2	Protectores auditivos	
Traje de trabajo (tejido impermeable)	2	Guantes de cuero	2
Cascos de seguridad	2	Guantes aislantes	2
Pantallas protectoras del rostro		Calzado de seguridad	2
Adaptadores faciales		Cinturones de seguridad	2
Filtro mecánicos		Otros	
Gafas de seguridad	2		

6.5. SERVICIOS

Se usarán los de la obra de la nave.

6.6. RIESGOS LABORALES QUE NO PUEDAN EVITARSE

Son los que afectan a los trabajadores de la obra y que con las medidas de prevención no pueden evitarse, pero sí pueden ser reducidos o controlados:

- Derivados de una incorrecta aplicación de las medidas preventivas de seguridad o mal uso de las protecciones colectivas o individuales por desconocimiento o falta de preparación. Pueden ser reducidos con reuniones y campañas de formación.
- Derivados de un repentino cambio en la salud del trabajador (infarto, lipotimia, mareo, etc. que en el caso de un conductor puede suponer una pérdida de control del vehículo o maquinaria). Estos riesgos pueden reducirse con un buen control médico y responsabilidad por parte del trabajador.
- Riesgos producidos por agentes o personas ajenas a la obra y con conductas anómalas (exceso de velocidad, no respetar señales etc.). Una esmerada señalización y formación del señalista puede reducir estos riesgos.
- Riesgos producidos por mal estado físico del trabajador (cansancio, somnolencia, embriaguez etc.). Evitar jornadas de trabajo excesivamente largas, vigilancia del empresario o sus representantes y una correcta formación del trabajador, sirven para controlar estos riesgos.
- Los derivados por actos de sabotaje o vandálicos dentro de la obra. El vallado de la obra y la prohibición de paso para las personas ajenas a las obras, tienden a reducir este tipo de riesgos.
- Riesgos derivados de fallos mecánicos en vehículos o maquinaria (rotura de frenos, dirección etc.). La inspección y mantenimiento adecuados, son efectivos a la hora de prevenir este tipo de riesgos.

6.7. INFORMACIONES ÚTILES PARA TRABAJOS POSTERIORES

Con el fin de poder realizar en las debidas condiciones de seguridad los posteriores trabajos de reparación, conservación, entretenimiento y mantenimiento de la urbanización se han adoptado en el proyecto de ejecución las siguientes medidas que deberán ser cumplidas en el proceso constructivo:

- La separación entre servicios permitirá las reparaciones sin riesgo de accidentes.
- Colocación de bandas de señalización sobre las canalizaciones, electricidad.
- Colocación de tomas de tierra y protecciones de cables.
- Construcción de arquetas de registro en todas las instalaciones, con medidas y separaciones adecuadas e inscripción en la tapa del tipo de servicio.

Además de estas medidas adoptadas en proyecto, si durante la ejecución de las obras fuera necesario realizar modificaciones en el diseño o situación de las infraestructuras, el Contratista elaborará planos definitivos en los que se indiquen el emplazamiento, profundidad y tipo de canalización, que serán entregados al organismo o compañía suministradora que deba hacerse cargo de la instalación.

6.8. OBSERVACIONES

Para la adecuada efectividad de las medidas preventivas enumeradas en este Estudio Básico de Seguridad y Salud es necesario que, en el clausulado del Contrato de Obra, se incluyan las disposiciones adecuadas dirigidas al efectivo cumplimiento de dichas medidas por parte de la Empresa Contratista, de sus Subcontratas y de los Trabajadores Autónomos que utilice.

6.9. ACREDITACIÓN

D. Andoni Arregui Borja, en su calidad de redactor del presente Estudio Básico declara bajo su responsabilidad que todos los datos que se consignan en el presente documento han sido obtenidos de inspección propia.

Pamplona, abril de 2010

Andoni Arregui Borja