



Escuela
Universitaria
Ingeniería
Técnica
Industrial
ZARAGOZA

SUBESTACIÓN ELÉCTRICA REDUCTORA 66/13.2 KV DE TAUSTE

MEMORIA

AUTOR

Carlos Pola Ferrández

DIRTECTOR

Ángel Santillán Lázaro

ESPECIALIDAD

Electricidad

CONVOCATORIA

Diciembre de 2011

ÍNDICE

ÍNDICE.....	1
MEMORIA DESCRIPTIVA	6
1. Antecedentes y finalidad de la instalación.....	6
2. Objeto del proyecto.....	7
3. Reglamentación y disposiciones oficiales y particulares	8
4. Descripción general de la instalación	9
5. Descripción eléctrica de la instalación	11
6. Transformadores.....	14
6.1 Introducción	14
6.2. Transformadores instalados	14
7. Aparamenta	18
7.1. Introducción	18
7.2. Características generales.....	19
7.3. Problemas principales de la aparamenta.....	20
7.4. Aparamenta de maniobra y corte.....	21
7.4.1. Introducción	21
7.4.2. Seccionadores	21
7.4.2.1. Introducción	21
7.4.2.2. Tipos de seccionadores	21
7.4.2.3. Seccionadores instalados.....	22
7.4.3. Disyuntores.....	25
7.4.3.1. Introducción	25
7.4.3.2. Tipos de disyuntores	25
7.4.3.3. Disyuntores instalados	27
7.5. Aparamenta de protección y medida	29
7.5.1. Introducción	29
7.5.2. Relés de protección	29
7.5.2.1. Introducción	29
7.5.2.2. Tipos de relés	30
7.5.2.3. Relés instalados	32
7.5.3. Autoválvulas	33
7.5.3.1. Introducción	33
7.5.3.2. Tipos de autoválvulas	34
7.5.3.3. Autoválvulas instaladas	34
7.5.4. Hilo de guarda.....	36
7.5.4.1. Introducción	36
7.5.4.2. Hilo de guarda instalado.....	36
7.5.5. Transformadores de tensión e intensidad (medida y protección)	37
7.5.5.1. Introducción	37
7.5.5.2. Transformadores de intensidad instalados	38
7.5.5.3. Transformadores de tensión instalados.....	40
7.5.6. Aparatos de medida	42

7.5.6.1. Introducción	42
7.5.6.2. Aparatos de medida instalados.....	43
8. Conductores	44
8.1. Introducción	44
8.2. Conductores instalados	44
9. Aisladores	47
9.1. Introducción	47
9.2. Aisladores utilizados	48
10. Celdas de media tensión	49
10.1. Introducción.....	49
10.2. Celdas de media tensión instaladas.....	49
11. Servicios Auxiliares.....	56
11.1. Introducción.....	56
11.2. Servicios auxiliares instalados	56
12. Baterías de condensadores	58
12.1. Introducción.....	58
12.2. Baterías de condensadores instaladas	59
13. Rectificador o cargador de baterías.....	62
13.1. Introducción.....	62
13.2. Rectificadores o cargadores de baterías instalados	62
14. Batería de corriente continua	64
14.1. Introducción.....	64
14.2. Batería de corriente continua instalada	64
15. Red de tierras.....	66
15.1. Introducción.....	66
15.2. Red de tierras instaladas	66
CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS	68
1. Red de tierras y red de neutro	68
1.1. Red de tierras	68
1.2. Resistencia de neutro.....	69
1.3. Tensiones de paso y de contacto	69
1.3.1. Tensión de paso.....	70
1.3.2. Tensión de contacto	71
2. Hilos de guarda.....	74
3. Distancias de seguridad	76
4. Autoválvulas.....	80
5. Intensidades	82
5.1. Intensidades del nivel de 66 KV.....	82
5.2. Intensidades del nivel de 13.2 KV	82

6. Batería de condensadores	84
7. Secciones.....	85
7.1. Secciones del nivel de 66 KV.....	86
7.2. Secciones del nivel de 13.2 KV	87
8. Batería de corriente continua.....	90
9. Cadena de aisladores.....	92
9.1. Cadena de aisladores del nivel de 66 KV.....	92
9.2. Cadena de aisladores del nivel de 13.2 KV	92
10. Nivel de aislamiento	94
10.1. Nivel de aislamiento 66 KV	94
10.2. Nivel de aislamiento 13.2 KV.....	94
11. Soporte mecánico.....	95
11.1. Soporte mecánico en el nivel 66 KV	95
11.2. Soporte mecánico en el nivel de 13.2 KV	95
12. Intensidades y potencia de cortocircuito.....	96
13. Servicios auxiliares.....	102
13.1. Fórmulas	102
13.2. Fórmula de la conductividad eléctrica	102
13.3. Fórmula del cortocircuito	103
13.4. Fórmulas del embarrado.....	105
13.5. Demanda de potencias	106
13.6. Cálculos detallados de los servicios auxiliares.....	106
13.6.1. Derivación individual	106
13.6.2. Ventilador	106
13.6.3. T.C. y Alumbrado	107
13.6.4. Alumbrado Interior	108
13.6.5. Alumbrado Exterior	108
13.6.6. Alumbrado Emergencia	109
13.6.7. T.C. Caseta	109
13.6.8. Inversor.....	110
13.6.9. Embarrado del cuadro general de mando y protección	111
13.6.10. Cálculo de las protecciones de corriente continua	111
13.6.10.1. Demandas de potencia	112
13.6.10.2. Protecciones y secciones de los relés de alta tensión	112
13.6.10.3. Protecciones y secciones de los relés de media tensión.....	112
13.6.10.4. Protecciones y secciones de los motores de los disyuntores y seccionadores	113
13.6.10.5. Protecciones y secciones de cabecera	113
13.6.11. Tabla resumen	113
RESUMEN DEL PRESUPUESTO	115
CONCLUSIÓN	116
ANEXO: ESTUDIO DE SEGURIDAD	117
1. Prevención de riesgos laborales	117

1.1. Introducción	117
1.2. Derechos y obligaciones	117
1.2.1. Derecho a la protección frente a los riesgos laborales	117
1.2.2. Principios de la acción preventiva	117
1.2.3. Evaluación de los riesgos	118
1.2.4. Equipos de trabajo y medios de protección.....	119
1.2.5. Información, consulta y participación de los trabajadores.....	119
1.2.6. Formación de los trabajadores	120
1.2.7. Medidas de emergencia	120
1.2.8. Riesgo grave e inminente.....	120
1.2.9. Vigilancia de la salud	120
1.2.10. Documentación	120
1.2.11. Coordinación de actividades empresariales	120
1.2.12. Protección de trabajadores especialmente sensibles a determinados riesgos.....	121
1.2.13. Protección de la maternidad	121
1.2.14. Protección de los menores.....	121
1.2.15. Relaciones de trabajo temporales, de duración determinada y en empresas de trabajo temporal	121
1.2.16. Obligaciones de los trabajadores en materia de prevención de riesgos	121
1.3. Servicios de prevención.....	122
1.3.1. Protección y prevención de riesgos profesionales	122
1.3.2. Servicios de prevención	122
1.4. Consulta y participación de los trabajadores	122
1.4.1. Consulta de los trabajadores	122
1.4.2. Derechos de participación y representación	123
1.4.3. Delegados de prevención	123
2. Disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo	124
2.1. Introducción	124
2.2. Obligaciones del empresario	124
2.2.1. Condiciones constructivas	124
2.2.2. Orden, limpieza y mantenimiento. Señalización	126
2.2.3. Condiciones ambientales.....	126
2.2.4. Iluminación.	127
2.2.5. Servicios higiénicos y locales de descanso.	127
2.2.6. Material y locales de primeros auxilios.	128
3. Disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo	129
3.1. Introducción	129
3.2. Obligación general del empresario	129
4. Disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.....	131
4.1. Introducción	131
4.2. Obligación general del empresario	131
4.2.1. Disposiciones mínimas generales aplicables a los equipos de trabajo ...	132
4.2.2. Disposiciones mínimas adicionales aplicables a los equipos de trabajo móviles.....	133
4.2.3. Disposiciones mínimas adicionales aplicables a los equipos de trabajo para elevación de cargas	133

4.2.4. Disposiciones mínimas adicionales aplicables a los equipos de trabajo para movimiento de tierras y maquinaria pesada en general.....	134
4.2.5. Disposiciones mínimas adicionales aplicables a la maquinaria herramienta	135
5. Disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción	137
5.1. Introducción	137
5.2. Estudio básico de seguridad y salud.....	137
5.2.1. Riesgos más frecuentes en las obras de construcción	137
5.2.2. Medidas preventivas de carácter general.....	138
5.2.3. Medidas preventivas de carácter particular para cada oficio.....	140
5.2.4. Medidas específicas para trabajos en la proximidad de instalaciones eléctricas en alta tensión.....	145
5.3. Disposiciones específicas de seguridad y salud durante la ejecución de las obras.....	147
6. Disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual	149
6.1. Introducción	149
6.2. Obligaciones generales del empresario.....	149
6.2.1. Protectores de la cabeza	149
6.2.2. Protectores de manos y brazos	149
6.2.3. Protectores de pies y piernas.....	149
6.2.4. Protectores del cuerpo.....	150
6.2.5. Equipos adicionales de protección para trabajos en la proximidad de instalaciones eléctricas de alta tensión	150

MEMORIA DESCRIPTIVA

1. Antecedentes y finalidad de la instalación

Se redacta el presente proyecto de "Subestación eléctrica reductora 66/13.2KV" por encargo de la Universidad de Zaragoza, con C.I.F.: 5018001G, con domicilio social en C/María de Luna s/n, de Zaragoza y a instancia de la Consejería de Trabajo e Industria, Delegación Provincial de Zaragoza y del Excmo. Ayuntamiento de Tauste.

La finalidad de este proyecto es el planteamiento teórico de una subestación eléctrica reductora en el término municipal de Tauste (Zaragoza) para abastecer la demanda eléctrica tanto de la localidad como de los municipios próximos.

2. Objeto del proyecto

El objeto del presente proyecto es establecer y justificar todos los datos constructivos que permitan la ejecución de la instalación y al mismo tiempo exponer ante los Organismos Competentes que la subestación eléctrica que nos ocupa reúne las condiciones y garantías mínimas exigidas por la reglamentación vigente, con el fin de obtener la Autorización Administrativa y la de Ejecución de la instalación, así como servir de base a la hora de proceder a la ejecución de dicha instalación.

A través del estudio de los datos previos y de las imposiciones marcadas por la red eléctrica y la compañía, se ha desarrollado el proyecto de diseño de la subestación eléctrica 66/13.2 KV en el término municipal de Tauste (Zaragoza). La potencia de distribución máxima será de 20 MVA, lo que marcará todos los cálculos para un correcto dimensionamiento de la energía recibida, distribuida y evacuada por la subestación.

3. Reglamentación y disposiciones oficiales y particulares

El presente proyecto recoge las características de los materiales, los cálculos que justifican su empleo y la forma de ejecución de las obras a realizar, dando con ello cumplimiento a las siguientes disposiciones:

- *Real Decreto 3275/1982 de 12 de Noviembre, sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación, así como las Órdenes de 6 de julio de 1984, de 18 de octubre de 1984 y de 27 de noviembre de 1987, por las que se aprueban y actualizan las Instrucciones Técnicas Complementarias sobre dicho reglamento.*

- *Real Decreto 223/2008, de 15 de febrero, por el que se aprueba el Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de seguridad en Líneas Eléctricas de Alta Tensión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias ITC-LAT 01 a 09.*

- *Real Decreto 1955/2000 de 1 de Diciembre, por el que se regulan las Actividades de Transporte, Distribución, Comercialización, Suministro y Procedimientos de Autorización de Instalaciones de Energía Eléctrica.*

- *Normas particulares y de normalización de la Cia. Suministradora de Energía Eléctrica.*

- *Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales.*

- *Real Decreto 1627/1997 de 24 de octubre de 1997, sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras.*

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

- *Real Decreto 1215/1997 de 18 de julio de 1997, sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.*

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

- *Condiciones impuestas por los Organismos Públicos afectados y Ordenanzas Municipales.*

4. Descripción general de la instalación

El sistema eléctrico español se basa en una serie de diferentes niveles de tensión, que se denominan muy alta tensión (400 y 220 KV), alta tensión (132, 66, 45 y 30 KV), media tensión (30, 20, 15, 10, 6 y 3 KV) y baja tensión (660, 400, 230 y 125 V).

La energía se produce en las centrales generadoras a niveles de media y baja tensión que luego tienen que ser elevadas hasta la alta y muy alta tensión para ser transportada, en las subestaciones elevadoras. Esto se hace debido a que los centros de producción suelen encontrarse alejados de los núcleos de consumo, por lo que al elevar los rangos de tensión se disminuyen los de intensidad manteniendo el mismo valor de potencia, con lo que se consiguen unas menores pérdidas de energía.

Una vez transportada esta energía, se procede a la disminución de tensión en las subestaciones transformadoras, desde valores de alta hasta niveles de media tensión para que se reparta hasta las proximidades de los centros de consumo.

Para que esta energía pueda ser utilizada, la tensión de las líneas de reparto se reduce hasta rangos de media tensión en subestaciones transformadoras de distribución para posteriormente, a través de los centros de transformación situados dentro de los núcleos de consumo, se reduzca a valores de baja tensión.

Por lo tanto, a aquellos centros de transformación donde se reducen los valores de voltaje de las redes de reparto (132, 66, 45 ó incluso 30 KV) hasta niveles de media tensión (30, 20, 15, 10, 6 y 3 KV) se denominarán subestaciones transformadoras de distribución.

La subestación reductora que vamos a estudiar, se encuentra a escasos kilómetros de la localidad de Tauste, provincia de Zaragoza. En concreto, la instalación se ubica en el kilómetro 16 de la carretera A-127 en dirección a Ejea de los Caballeros.

En el caso que nos ocupa, esta subestación tendrá el objetivo de reducir la tensión de las seis líneas de entrada a 66 KV hasta niveles de 13,2 KV para evacuar la energía a través de las cuatro líneas de salida. Con esto se conseguirá el abastecimiento eléctrico de la localidad de Tauste así como de municipios cercanos.

Como hemos comentado, habrá seis líneas de entrada a 66KV y cuatro salidas a 13.2 KV. Aunque este valor de voltaje no esté estandarizado, su uso en la zona de Zaragoza y en concreto en la comarca de las Cinco Villas está muy extendido.

El terreno en el que se ubica la instalación tendrá una superficie vallada de 4050 m², de los que 69.66 m² estarán ocupados por la caseta de control. La malla de tierra tendrá una superficie de 4550 m² (65x70 metros). La subestación tendrá dos partes diferenciadas, la zona de intemperie y la zona de interior.

En la zona de intemperie podremos encontrar las distintas posiciones del nivel de 66KV, así como los dos transformadores de potencia (10 MVA cada uno), encargados de reducir la potencia, y las dos baterías de condensadores, que se ocupan de mejorar y corregir el factor de potencia.

La zona de interior estará constituida por la caseta prefabricada, en cuyo interior encontraremos el nivel de 13,2 KV, formado por las celdas de trafo y línea, y

los relés de protección. Además se incorporará el transformador de servicios auxiliares para alimentar la iluminación, aire acondicionado y demás elementos de la subestación.

5. Descripción eléctrica de la instalación

La subestación de Tauste tendrá el propósito de reducir los niveles de las líneas de entrada a 66 KV hasta los niveles de tensión de salida, que serán de 13,2 KV. Como se ha descrito anteriormente, este valor de voltaje no está estandarizado pero es muy utilizado en la provincia de Zaragoza.

Por lo tanto, la entrada a la estación será a través de seis líneas de 66KV que transcurren cercanas a la localidad. Las líneas se denominarán según la procedencia de éstas:

- "Ejea" Línea 1 (L1)
- "Eyra" Línea 2 (L2)
- "Arvisa" Línea 3 (L3),
- "Compeçín" Línea 4 (L4)
- "Magallón 4" Línea 5 (L5)
- "Magallón 3" Línea 6 (L6)

La salida de la subestación se produce a través de cuatro líneas de 13,2 KV. Igualmente, las líneas de salida según el destino que tenga se denominarán:

- "Sancho Abarca" Línea 7 (L7)
- "Tauste 2" Línea 8 (L8)
- "Tauste 1" Línea 9 (L9)
- "Ejea" Línea 10 (L10)

Tanto las líneas de entrada como las de salida, llegan hasta el perímetro de la subestación de forma aérea. A través de un poste final de línea se procede a la conversión aéreo-subterránea, por lo que todas las líneas entran y salen enterradas directamente utilizando cable aislado subterráneo.

Comenzaremos la descripción de la instalación por las entradas de 66 KV, las cuales tendrán las mismas características en cuanto a elementos y estructura se refieren. Las líneas de entrada las convertimos en subterráneas antes de entrar para volver a sacarlas a la superficie ya dentro de la subestación y elevarlas hasta una altura suficiente (según reglamento) para evitar peligros. En ese punto se deja de utilizar cable con aislamiento para utilizar cable desnudo. La unión del cable aislado la haremos a través de una botella terminal. El primer elemento que nos encontramos son las autoválvulas o pararrayos que nos protegen la instalación contra descargas atmosféricas que pudiesen dañarla. En este punto también situaremos los transformadores de tensión para realizar medidas para protección. Después de estos elementos colocaremos un seccionador para la protección de la línea y de los trabajadores asegurándonos el corte visible. Tras esto, se situará el transformador de intensidad para medida y protección y luego el interruptor disyuntor que nos permitirá, a través de la actuación de los relés, la apertura en carga de la línea. De aquí pasaremos a unas barras transversales, colocadas en la parte superior de la instalación y tras éstas mediante otro seccionador bajaremos hasta una u otra de las dos barras principales que transcurren longitudinalmente a la estación.

Por lo tanto, utilizaremos el método de doble embarrado en el nivel de 66 KV para asegurarnos el funcionamiento de la línea a pesar del fallo de alguna de las dos barras. Con esto conseguimos una mayor seguridad en el abastecimiento de la subestación. Estas barras están divididas en tres tramos para evitar esfuerzos

mecánicos innecesarios evitando distancias muy grandes de cable que producirían grandes flechas.

Las dos posiciones de trazo del nivel de 66 KV serán iguales y seguiremos el mismo método que en las posiciones de línea de entrada. Al ser iguales solo describiremos una de ellas. Así pues, desde las dos barras por medio de dos seccionadores (uno por cada barra para asegurarnos el corte visible) llevaremos la tensión hasta una barra transversal situada en la parte superior de la instalación. De aquí bajaremos los cables hasta el interruptor disyuntor y atravesaremos el transformador de intensidad. Antes de llegar a los bornes del transformador, colocaremos las autoválvulas en la posición más cercana posible. Esto lo haremos para evitar en todo lo posible cualquier daño en el transformador de potencia, causado por las descargas atmosféricas, ya que se trata del elemento más importante y costoso de toda la instalación.

Cabe señalar que la potencia máxima de distribución de la instalación será de 20 MVA que dividiremos en dos transformadores de potencia de 10 MVA conectados en paralelo. Su relación de transformación será de 66/13.2 KV Ydn11. En la parte de 66 KV el neutro irá conectado a tierra (malla de la subestación) mientras que en la parte de 13.2 KV el neutro estará aislado.

Al igual que en la entrada del transformador, a la salida (lo más cercana a los bornes posible) también tendremos que conectar las autoválvulas para proteger el transformador de descargas desde el lado de 13,2 KV. En este punto se procede a la conversión aéreo-subterránea de la instalación conectando los bornes del trazo al cable subterráneo por medio de las botellas terminales. Estos cables de potencia irán enterrados bajo tubo en zanja. En cada tubo colocaremos una terna de cables, siendo dos circuitos en cada salida de trazo y dejando varios tubos más para asegurarnos la posibilidad de colocar más elementos en caso de ampliación.

Los cables de control procedentes de los transformadores y los de alimentación de los motores de los disyuntores y seccionadores irán directamente enterrados en zanjas huecas cubiertas con losas de hormigón y llegarán hasta la caseta de control.

En esta caseta habrá dos posiciones de trazo con sus protecciones correspondientes (seccionador e interruptor). Tras estas cabinas de seccionamiento y protección, colocaremos las celdas de medida, compuestas por los transformadores de tensión e intensidad. Estas celdas se unirán a la barra principal, ya que el nivel de 13,2 KV es un embarrado simple. Desde esta barra saldrán las cuatro posiciones de línea que corresponden a las cuatro salidas, más la posición para el trazo de servicios auxiliares y las dos posiciones para las protecciones de las dos baterías de condensadores.

El transformador de potencia de los servicios auxiliares irá protegido mediante un seccionador y un fusible, tendrá una relación de transformación de 13200/400 V y en la parte de baja tensión los circuitos estarán protegidos mediante un interruptor automático de cabecera. Este transformador alimentará los circuitos de alimentación, de aire acondicionado y también las baterías de corriente continua para los relés.

Las baterías de condensadores ayudarán a la mejora y corrección del factor de potencia de la energía que abastece la subestación. Se situarán al lado de la caseta de control a la intemperie aunque las celdas de protección estén localizadas en el interior de ésta. Sus protecciones serán un seccionador y un interruptor para ambos grupos.

Cabe destacar que todas las celdas tendrán sus propios aparatos de medida (transformadores de tensión e intensidad necesarios). Además de todos estos elementos, en el interior de la caseta se situarán los relés de protección y el cuadro de baja tensión de los servicios auxiliares.

6. Transformadores

6.1 Introducción

La principal característica del sistema de distribución de electricidad es que se basa en circuitos de corriente alterna en los que las magnitudes y dirección de las tensiones y corrientes varían cíclicamente. Además la frecuencia de la red y por tanto el periodo de la onda viene determinado a 50 Hz en el caso de España (60 Hz en otros países como Estados Unidos).

Gracias a que la energía se transporta de manera alterna, los valores de tensión pueden ser aumentados o reducidos por medio de máquinas eléctricas llamadas transformadores. Estos aparatos se componen principalmente de dos arrollamientos, aislados eléctricamente entre sí, bobinados alrededor de un núcleo magnético cerrado que aprovechan el campo magnético y el fenómeno de inducción electromagnética para elevar o reducir la tensión del primario al secundario. Esto se consigue sin variar prácticamente la frecuencia y sin tener pérdidas de potencia, ya que la potencia del primario es igual a la del secundario (salvo pequeñas pérdidas producidas por características de diseño como su tamaño, flujos dispersos,...).

El motivo del uso de estos dispositivos es el de evitar, en la manera de lo posible, las pérdidas de potencia en el transporte de energía. Esto se debe a que al aumentar la tensión y reducir la corriente, sin variar la potencia transmitida (transformadores elevadores), se consigue que las pérdidas por efecto Joule se reduzcan y, por lo tanto, se evitan pérdidas de potencia. Una vez transportada hasta los lugares de consumo, gracias a los transformadores, se puede disminuir los valores de tensión (aumentado los de intensidad y sin variar la potencia: transformadores reductores) hasta niveles de voltaje en los que la energía se puede utilizar en los núcleos de consumo.

6.2. Transformadores instalados

El objetivo de nuestra subestación es reducir los valores de tensión de las seis líneas de reparto, que llegan a 66 KV, hasta valores de distribución de 13,2 KV en los que trabajarán las cuatro líneas de abastecimiento de la localidad de Tauste, donde por medio de los centros de transformación la adecuarán a los valores utilizables.

El dato que nos marca la elección de nuestro transformador es la potencia que recibe la instalación. En nuestro caso la potencia a la que deberá trabajar nuestro dispositivo es de 20 MVA. Para evitar, en caso de fallo del transformador, el corte en el abastecimiento de energía a los circuitos de salida utilizaremos dos transformadores en lugar de uno solo. Con esto, ante una rotura de una de las máquinas, la alimentación se realizaría temporalmente gracias al otro transformador únicamente, hasta que la avería pudiera subsanarse. Con esto también conseguimos que, ante labores de mantenimiento, la subestación pueda funcionar con garantías.

Al ser la potencia 20 MVA, elegiremos dos transformadores de 10 MVA, cada uno de ellos. La relación de transformación será de 66/13.2 KV Ydn11 con el primario en estrella y el secundario en triángulo. Esto se debe a que la compañía suministradora, en nuestro caso ERZ-Endesa, obliga a que en valores de 66 KV el neutro debe ir rígidamente conectado a tierra y en valores de 13,2 KV el neutro debe estar aislado. Así pues, el neutro del primario irá conectado a la red de tierra de

herrajes. Ambas máquinas serán transformadores trifásicos y estarán situados dentro de la subestación al aire libre y su aislamiento será en aceite.

A la hora de elegir un transformador la eficiencia en la refrigeración es un factor fundamental, ya que así se pueden evitar pérdidas y posibles roturas por efecto del sobrecalentamiento, viéndose afectados los arrollamientos y los aislantes de los bobinados, y acortando así su vida útil. El método más utilizado es la refrigeración natural, donde el calor es absorbido por el aceite que baña los arrollamientos y disipado al aire por medio de los radiadores y aletas que poseen los transformadores.

En nuestro caso, utilizaremos transformadores con refrigeración natural bañados en aceite. Este tipo de aislante nos ofrece un precio competitivo frente a otros aislantes, además de poseer una elevada rigidez dieléctrica y una gran capacidad de recuperación después de estar sometidos a sollicitaciones dieléctricas elevadas. Como inconveniente encontramos la imposición por motivos de seguridad de construcción de un foso de recogida de aceite, preparado para pérdidas de líquido, donde se dispondrá un lecho de guijarros apagafuegos.

Sus características más importantes serán:

- Fabricante: *Alkargo*
- Regulación de tensión primaria en carga mediante conmutador
- Regulación 21 posiciones

Potencia	MVA	10
Tensión más elevada	KV	72.5
Tensión en el devanado primario	KV	66
Tensión en el devanado secundario	KV	13.2
Acoplamiento	-	Ydn11
Pérdidas en vacío	kW	8.8
Intensidad en vacío	%	0.7
Pérdidas en carga	kW	68
Tensión de c.c.	%	8.35
Regulación de tensión (21 pos.)	%	+5/-5
Rendimiento con $\cos\phi=1$		
- a 4/4	%	99.23
- a 3/4	%	99.37
- a 2/4	%	99.48
- a 1/4	%	99.48
Rendimiento con $\cos\phi=0.8$		
- a 4/4	%	99.04
- a 3/4	%	99.22
- a 2/4	%	99.35
- a 1/4	%	99.35
Caída de tensión con $\cos\phi=1$		
- a 4/4	%	1.02
- a 3/4	%	0.77
- a 2/4	%	0.51
- a 1/4	%	0.26

Caída de tensión con $\cos\phi=0.8$		
- a 4/4	%	5.73
- a 3/4	%	4.30
- a 2/4	%	2.87
- a 1/4	%	1.43
Longitud		
	mm	3650
Anchura		
	mm	2970
Altura		
	mm	3700
Distancia e/e. de ruedas		
	mm	1150
Peso de aceite		
	kg	4100
Peso a desencubar		
	kg	10750
Peso total		
	kg	19100



En la parte interior de la instalación se dispondrá el transformador de servicios auxiliares que tendrá una relación de transformación de 13200/400V. Su potencia nominal será de 50KVA y alimentará a todos los servicios auxiliares compuestos por el alumbrado, ventilación, tomas de corriente y suministro a baterías de corriente continua. El neutro que estará compuesto de 4 picas en hilera y que será independiente de la malla de tierras de la subestación. Este transformador poseerá una cuba elástica de llenado integral como sistema de expansión de aceite según la norma UNE 21 428, que rigen estos transformadores

Las características más importantes del transformador de servicios auxiliares son:

- Fabricante: Laybox
- Líquido de refrigeración: Aceite mineral con punto de inflamación sobre 300°C

Potencia	kVA	50
Tensión más elevada	KV	24
Tensión en el devanado primario	KV	13.2

Tensión en el devanado secundario	KV	400
Puntos de regulación	%	+ -2.5/ + -5
Acoplamiento	-	Yzn11
Pérdidas en vacío	W	145
Intensidad en vacío (100%)	%	3.5
Intensidad en vacío (110%)	%	7.5
Pérdidas en carga	W	1100
Tensión de c.c.	%	4
Rendimiento con $\cos\phi=1$		
- a 4/4	%	97.26
- a 3/4	%	97.96
Rendimiento con $\cos\phi=0.8$		
- a 4/4	%	96.58
- a 3/4	%	97.45
Caída de tensión con $\cos\phi=1$		
	%	2.26
Caída de tensión con $\cos\phi=0.8$		
	%	3.77
Longitud	mm	880
Anchura	mm	505
Altura	mm	1165
Distancia e/e. de ruedas	mm	520
Peso de aceite	kg	112
Peso total	kg	430



7. Aparamenta

7.1. Introducción

Denominamos aparamenta eléctrica para alta tensión a los dispositivos de maniobra, protección, medida, regulación y control, incluyendo los accesorios de las canalizaciones eléctricas que se utilizan en instalaciones de alta tensión (tensión alterna superior a 1000V). En estos elementos no se incluyen los sistemas de generación, transporte, transformación y utilización de la energía eléctrica.

Debido a la gran variedad de dispositivos y de usos, no se puede hablar de una única clasificación. Por lo tanto estos mecanismos se pueden catalogar según:

La función del aparato:

- *Elementos de maniobra o corte:* aparatos de corte en general, como seccionadores, interruptores, disyuntores,...
- *Sistemas de protección:* como relés de protección, pararrayos autoválvulas,...
- *Instrumentos de medida:* transformadores de medida (tensión e intensidad) y aparatos de medida en general (amperímetros, voltímetros,...).
- *Aparatos de regulación:* como reguladores de tensión para transformadores,...
- *Elementos de control:* cuadros de mando directo, cuadros de telemando,...
- *Bobinas de reactancia y condensadores:* reactancia de choque, condensadores para compensación de potencias reactivas y reguladores de tensión,...

La tensión de utilización:

- *Instrumentos de baja tensión:* 1000 V en C.A. y 1500 V en C.C. (estos últimos quedan fuera de nuestro estudio).
- *Dispositivos de media tensión:* desde 3 KV hasta 36 KV (52 y 72 KV).
- *Elementos de alta tensión:* de 45 a 220 KV (80 KV a 220 KV).
- *Instrumentación de muy alta tensión:* desde 250 KV hasta 800 KV.

Su emplazamiento:

- *De intemperie:* para montajes al aire libre.
- *De interior:* para montaje en interior de casetas y otras construcciones.

El tipo de protección que los salvaguarda:

- *No protegidos o abiertos:* no tienen protección alguna.
- *Protegidos:* usando una envolvente metálica unida a tierra que impide todo contacto accidental con las partes en tensión, limitando a valores no peligrosos las tensiones de contacto.

Su utilización:

- *Instalaciones domésticas y similares.*
- *Instalaciones industriales.*
- *Redes eléctricas de empresas de producción y distribución de energía en B.T., M.T., A.T. y M.A.T. (nos centraremos en las de media tensión).*

7.2. Características generales

Las características principales de la aparata de alta tensión se tendrán que ajustar a unos determinados parámetros marcados por la instalación eléctrica en la que serán situados. Éstas, por lo tanto, nos establecerán las condiciones en las que podrán trabajar, frente a situaciones normales, pero también frente a estados anormales de la línea, del tipo sobretensiones, sobreintensidades, cortocircuitos,...

Las magnitudes principales a las que la aparata se tendrá que ajustar serán: tensión, corriente, potencia, temperatura, presión barométrica,...

Por lo tanto las características principales de toda aparata serán:

Tensión nominal de sus circuitos principales: Es un valor de tensión que nos permite designarlo e identificarlo, y que se refiere a sus condiciones de funcionamiento en caso de ruptura o cierre de corriente. Para la designación de un aparato aparecen dos valores de tensión diferenciados, que el dispositivo debe de ser capaz de soportar, que son:

- *Tensión nominal:* que es la tensión principal de trabajo de la línea.
- *Tensión nominal más elevada:* tensión más elevada que puede aparecer en la línea de condiciones normales de utilización.

Estos valores de tensiones están normalizados y tabulados (MIE-RAT 04), asignando a cada valor de tensión nominal su valor de tensión nominal más elevada. En la siguiente tabla se facilitan las relaciones de tensiones: (Instrucción técnica complementaria ITC-LAT 07)

Tensión nominal de la red (KV)	Tensión nominal más elevada para el aparato (KV)
3	3.6
6	7.2
10	12
15	17.5
20*	24
25	30
30	36
45	52
66*	72.5
110	123
132*	145
150	170
220*	245
400*	420
*Tensiones de uso preferente en redes eléctricas de compañía	

Corriente nominal de sus circuitos principales: es el valor de corriente que el dispositivo puede tolerar en condiciones nominales de forma indefinida. Estos valores están también normalizados con el fin de unificar las características de los aparatos que aparecen instalados en una línea. Éstos son: 6-10-16-25-32-40-63-80-100-125-160-200-250-315-400-630-800-1250-1600-2000-2500-3150-4000-5000-6300 A.

Nivel de aislamiento: nos indica la aptitud del aparato de cara a soportar las sobretensiones a frecuencia industrial (tensión de ensayo a frecuencia industrial), las sobretensiones por descargas atmosféricas (tensiones de ensayo de impulso tipo rayo) y las sobretensiones de maniobra de frente escarpado (tensión de ensayo de impulso tipo maniobra).

Poder de ruptura: también denominado poder de corte o poder de desconexión. Representa el valor eficaz máximo de corriente que puede cortar un interruptor automático o disyuntor en plenas condiciones de seguridad, cuando se emplea en una instalación cuya tensión de servicio es próxima a la nominal asignada al instrumento. Esto puede causar deterioros en los contactos pero de manera muy leve, sin consecuencias apreciables en su fiabilidad.

Poder de conexión nominal: se trata del valor máximo instantáneo que puede alcanzar la corriente de cortocircuito justo en el momento de cierre del disyuntor, realizándose esta operación con todas las garantías de seguridad.

Corriente de corta duración admisible: es el máximo valor de intensidad que debe ser capaz de soportar el aparato durante un breve periodo de tiempo especificado por el fabricante.

Secuencia de maniobra: es la cantidad de maniobras de apertura y cierre, en condiciones de cortocircuito, que el instrumento es capaz de efectuar sin que se produzcan deterioros o daños en el mismo, y por los que no pueda volver a realizar la operación para la que está asignado.

Intensidad límite térmica: es el valor máximo de corriente a partir del cual, cuando aparezcan esfuerzos térmicos adicionales, no resultarán admisibles para el aparato.

Intensidad límite dinámica: es el valor máximo de intensidad a partir del cual, cuando aparezcan esfuerzos electromecánicos adicionales, no resultarán admisibles para el aparato.

7.3. Problemas principales de la aparamenta

Los problemas que pueden afectar a cualquier dispositivo de aparamenta van a ser:

Problemas por calentamiento: producidos por fenómenos de producción excesiva de calor, como pueden ser el efecto Joule, imantación alternativa, corrientes de Foucault, pérdidas dieléctricas,... además de déficits en los medios de evacuación de dicho calor.

Problemas por pérdida de aislamiento: comprende el estudio de los campos eléctricos en las instalaciones, y las influencias del medio ambiente en las pérdidas de propiedades dieléctricas de los aislantes, que puedan resultar dañinas para éstos.

Problemas por esfuerzos mecánicos: basados en las fuerzas electrodinámicas que se manifiestan entre conductores próximos cuando son recorridos por corrientes eléctricas (a tener muy en cuenta en condiciones de cortocircuito), pero también basados en las dilataciones que los materiales experimentan al calentarse.

Problemas con los contactos principales: debido a que los puntos por donde pasa la totalidad de la corriente tienen una superficie muy pequeña, pudiendo producirse fallos en la transmisión de la energía eléctrica

Problemas con los fenómenos derivados del arco eléctrico: al aparecer el fenómeno del arco eléctrico entre los contactos principales puede ocasionarse daños y problemas como la fusión y desintegración del metal debido a las temperaturas elevadísimas que se provocan.

7.4. Aparata de maniobra y corte

7.4.1. Introducción

Dentro de la aparatata general existe la llamada aparatata de maniobra y corte. Estos aparatos están destinados a garantizar un servicio continuo de transmisión de electricidad bajo condiciones de explotación normales. Además nos permiten, al maniobrarlos, el aislamiento de tramos de la instalación para poder realizar tareas de mantenimiento, pero también nos permiten la protección tanto de las instalaciones eléctricas, como de las personas en caso de accidentes eléctricos. Dentro de la aparatata de maniobra y corte distinguimos dos aparatos principalmente que son los seccionadores y los interruptores. Dentro de estos últimos, aparecen otras dos divisiones, apareciendo los interruptores-seccionadores y los interruptores-disyuntores. Nosotros nos centraremos en la descripción de los segundos, ya que serán estos los elementos que utilizaremos en nuestra subestación.

7.4.2. Seccionadores

7.4.2.1. Introducción

La función principal de los seccionadores es la de aislar tramos de línea de forma visible, cuando las condiciones de explotación de la instalación eléctrica lo requieran. Para poder hacer actuar al seccionador, el circuito o los circuitos que queremos seccionar tendrán que estar obligatoriamente libres de corriente, es decir sin carga. Por esto, el seccionador siempre debe maniobrar en condiciones de vacío, aunque en condiciones de funcionamiento normal, deben ser capaces de soportar las corrientes nominales y también las sobreintensidades y corrientes de cortocircuitos durante un periodo de tiempo especificado por el fabricante. Gracias a estos aparatos, por medio del corte visible, nos aseguramos que los tramos de las líneas y circuitos que protegen se encuentren aislados, es decir, que se encuentren libres de tensión para poder ser manipulados por parte de los trabajadores.

7.4.2.2. Tipos de seccionadores

Los seccionadores pueden tener formas constructivas muy variadas, aunque los utilizados en instalaciones eléctricas se pueden clasificar principalmente según su modo de accionamiento:

Seccionadores de cuchillas giratorias: se compone de una base (armazón metálico donde se apoyarán los elementos restantes), dos aisladores de porcelana (servirán como apoyo), un contacto fijo o pinza de contacto y un contacto móvil (montados cada uno en uno de los aisladores). El corte se produce al separa la cuchilla del contacto

fijo, girando sobre el eje del contacto móvil. Se emplean para tensiones medias, en interior y en exterior, siendo seccionadores unipolares o tripolares.

Seccionadores de cuchillas deslizantes: poseen una estructura muy similar a los de cuchillas giratorias. Poseen la ventaja de necesitar menos espacio de maniobra al desplazarse la cuchilla longitudinalmente aunque tienen una capacidad de desconexión menor.

Seccionadores de columnas giratorias: Se utilizan únicamente en instalaciones de intemperie para tensiones superiores a 30 KV. Dentro de este tipo distinguimos:

- *Seccionador de columna giratoria central:* la cuchilla queda fija sobre una columna central aislante que es giratoria. Con este montaje se consigue una apertura doble, una en cada extremo de la cuchilla, que ayuda a la mejor extinción del arco al disminuir su intensidad. Su rango normal de utilización es desde los 45 KV hasta los 400 KV, con corrientes nominales comprendidas entre 630 A y los 1250 A.

- *Seccionador de dos columnas giratorias:* dispone de dos columnas giratorias en lugar de tres columnas con una giratoria, como en el caso anterior. Poseen una cuchilla, solidarias a ellas, en cada una de las dos columnas que mediante su rotación, producen la apertura del circuito. Su utilización se produce en instalaciones de tensión hasta los 110 KV, estando las corrientes nominales comprendidas entre 800 A y 2000A.

Los dos tipos de seccionadores pueden montarse con cuchillas de puesta a tierra, llevando un enclavamiento apropiado para evitar falsas maniobras que puedan poner en peligro al operario. Además su maniobra se podrá hacer de forma manual, pero también por medio de motores eléctricos.

Seccionadores pantógrafos: este tipo se diferencia de los anteriores en que el contacto fijo de cada fase ha sido eliminado, y la unión se produce directamente entre el contacto móvil y un contacto especial montado directamente en la línea. Se suele utilizar, por tanto, para la conexión de líneas y embarrados que se hallan a distinta altura y cruzados entre sí. Su tensión de servicio está comprendida entre los 132 KV y los 400 KV mientras que las corrientes nominales son del orden de los 800 A hasta los 1600 A. Este tipo de seccionadores nacieron con el objetivo de simplificar la construcción y realización de las subestaciones de alta tensión.

7.4.2.3. Seccionadores instalados

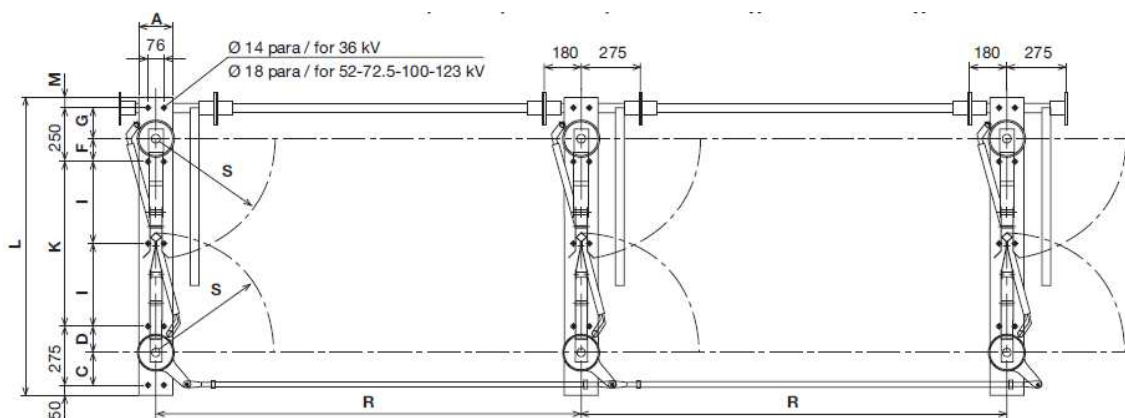
Seccionadores del nivel de 66KV: Como se ha comentado anteriormente, en niveles de tensión por encima de los 30 KV se utilizan seccionadores de columnas giratorias. En nuestro caso los seccionadores elegidos para la instalación serán de dos columnas giratorias de la marca MESA:

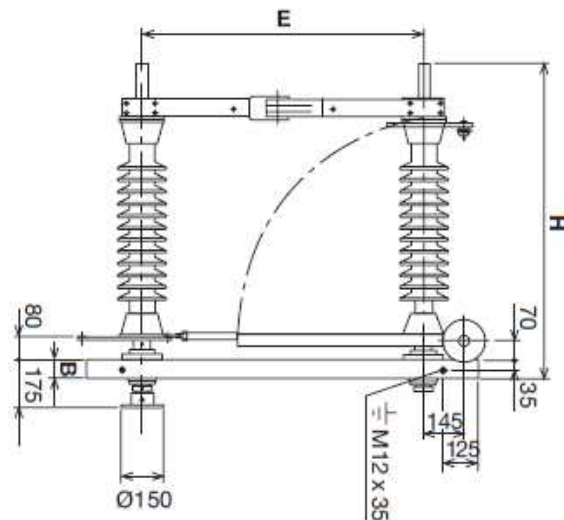
- *Tipo de seccionador:* Dos columnas giratorias Tipo SGC para instalación exterior

- *Voltaje nominal:* hasta 123KV, siendo nuestro caso el de 72.5KV que cumple condiciones para el rango de tensión de 66KV

Referencia	-	SGC-72/1600
Tensión nominal	KV	72.5
Intensidad nominal	A	1600

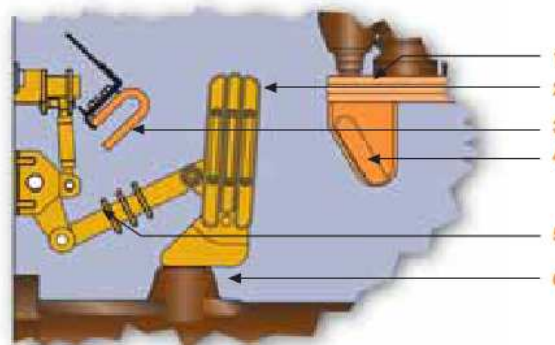
Tensión de ensayo a tierra y entre polos		
- A frecuencia industrial bajo lluvia	KV	140
- A impulso	KV	325
Tensión de ensayo sobre la distancia de seccionamiento		
- A frecuencia industrial bajo lluvia	KV	160
- A impulso	KV	375
Intensidad corta duración (valor eficaz)	KA	40
Valor cresta de la intensidad	KA	100
Tipo de aislador	-	C4-325
Peso	Kg	376
Dimensiones		
- A	mm	160
- B	mm	65
- C	mm	145
- D	mm	130
- E	mm	1000
- F	mm	105
- G	mm	145
- H	mm	1110
- I	mm	382.6
- K	mm	765
- L	mm	1390
- M	mm	50
- R	mm	2000
- S	mm	560





Seccionadores del nivel de 13.2KV: Los seccionadores en el nivel de media tensión están instalados en el interior de la celda.

- Fabricante: MESA
- Tipo: seccionador de 3 posiciones
- Cumple con los requerimientos de la norma CEI 60129 (62271-102) para los seccionadores y seccionadores de puesta a tierra.
- Capacidad de cierre contra cortocircuitos a través del interruptor automático (secc. y secc. de p. a t.)
- Intensidad nominal: 1250 A
- Tensión más elevada: 24KV
- Diseño compacto y dimensiones reducidas. Señalización de posición fiable sin varillas de reenvío. Los ejes de accionamiento son diferentes para el seccionador y la puesta a tierra. Eje de giro único para el seccionador y seccionador de puesta a tierra (de tres posiciones).
- Se opera por medio de una palanca de accionamiento de tipo manual.



- 1 Barras interiores superiores
- 2 Dedos de contacto móviles
- 3 Contacto fijo "seccionador a tierra"
- 4 Contacto fijo "seccionador cerrado"
- 5 Biela de aislamiento
- 6 Soporte

7.4.3. Disyuntores

7.4.3.1. Introducción

Como hemos visto anteriormente, los disyuntores son un tipo de interruptores. En general, los interruptores son aparatos de corte que nos permiten maniobrar de forma manual, tanto en condiciones nominales de intensidad, como ante sobreintensidades (capaces de aguantar hasta corrientes de cortocircuito). Dentro de estos están los interruptores-seccionadores, los cuales permiten abrir circuitos en carga (interruptor) de forma visible (seccionador), y los interruptores-disyuntores, que explicaremos a continuación.

Se conoce como disyuntores o automáticos a aquellos aparatos capaces de maniobrar y soportar corrientes de carga nominal, sobreintensidades y corrientes de cortocircuito, durante un periodo de tiempo determinado.

El corte de corriente en estos dispositivos se consigue al pasar de tener una impedancia prácticamente nula a una impedancia infinita, pasando de conductor a aislante de la forma más rápida posible. En la práctica esto no es posible, con lo que la interrupción de la corriente se hace a través del arco eléctrico. Para eliminarlo lo antes posible, se debe proporcionar una rápida desionización del medio para suprimir las partículas conductoras existentes, pero también se debe facilitar un aumento de la tensión de restablecimiento del arco, valor que en régimen permanente se alcanzará en el nivel de tensión de la red a la que el interruptor esté unido. Además, esto se debe de conseguir con el menor coste de energía posible.

7.4.3.2. Tipos de disyuntores

La clasificación de los disyuntores se hará según el método o técnica de ruptura empleado, y se basarán para ello, en el agente extintor del arco. Atendiendo a esto, podemos encontrar:

Interruptores de ruptura en aire: la extinción de los arcos eléctricos con aire atmosférico es la forma más simple de todas, la más utilizada y la primera técnica utilizada. Las principales ventajas son que el aire mantiene sus propiedades dieléctricas, tiene una alta constante de ionización, se renueva constantemente y no cuesta nada. Dentro de los interruptores de ruptura en aire podemos distinguir:

- *Interruptores de ruptura brusca en el aire:* se basa en la desionización del plasma de gases por enfriamiento del aire. Habrá un dispositivo que al dar a los contactos móviles del interruptor una elevada velocidad bruscamente, se logra reducir la ionización del aire, con lo que aumenta su regeneración dieléctrica y el poder de corte del aparato, de aquí su nombre.

- *Interruptores de ruptura en el aire con soplado magnético:* en el que se produce, por la acción de un campo magnético excitado por la propia corriente a cortar, un rápido alargamiento del arco, siendo conducido al interior de una cámara de extinción de material aislante, refractario y de gran capacidad de absorción.

- *Interruptores de ruptura en el aire con autoformación de gases extintores:* este tipo de disyuntores incorporan una serie de placas, en las que se produce la descomposición del aire producida por la alta temperatura del arco eléctrico genera

gases cuyas características, permiten extinguirlos con cierta efectividad. Su uso está reducido a maniobras de poca potencia.

- *Interruptores de ruptura en el aire con soplado autoneumático:* en estos dispositivos se instala un cilindro que lanza gran cantidad de aire comprimido sobre la zona en la que se produce el arco. Esta expulsión de aire se realiza gracias al empuje de un pistón, movido por los propios contactos del interruptor de maniobra de apertura. Su utilización es recomendable hasta tensiones no superiores a 24 KV.

Interruptores de ruptura en aceite: los contactos del disyuntor se sumergen en una cuba de aceite aislante. Este refrigerante no consigue evitar la formación del arco eléctrico durante la separación de los contactos, pero consigue a cambio, enfriar rápidamente la columna del arco y los elementos conductores, gracias a la energía absorbida por la vaporización y descomposición del aceite. Con esto conseguimos que en distancias iguales a los de ruptura de aire, la tensión del arco tenga que ser mucho más alta en el aceite. Además las tensiones de extinción y encendido son muy superiores a las correspondientes en los dispositivos que utilizan el aire. Dentro de los disyuntores con ruptura en aceite encontramos los de ruptura libre y los de ruptura controlada. Estos últimos a su vez, se separan en dispositivos de gran volumen de aceite (grandes tensiones) y en interruptores de pequeño volumen de aceite (desde 7,2 KV hasta 525 KV).

Interruptores de ruptura mediante aire comprimido: se utiliza aire comprimido, que está almacenada en un depósito, como agente para la extinción del aire eléctrico. Al aumentar la presión del aire aumenta la tensión disruptiva, y por lo tanto se eleva la rigidez del aire, que unida a la velocidad de desplazamiento son factores favorables para la extinción rápida del arco eléctrico. Así pues, se produce un barrido del aire ionizado por la acción violenta del chorro de aire. Se pueden llegar a utilizar hasta tensiones de 220 KV.

Interruptores de ruptura en el hexafluoruro de azufre: las cámaras de extinción de estos dispositivos operan dentro de un gas halógeno llamado hexafluoruro de azufre (SF₆), cuyas propiedades dieléctricas son superiores a otros aislantes conocidos. Se trata de un gas pesado, muy estable, ni es inflamable ni tóxico hasta temperaturas superiores a 500 °C. En el momento de la apertura, lo que conseguimos con estos dispositivos es que el arco generado entre los contactos se estire a la vez que se separan los elementos conductores. Además el SF₆ que está contenido en la cámara de ruptura, pasa por la boquilla de soplado y es empujado a una alta presión sobre el arco eléctrico, por la acción conjunta del pistón y arco, facilitando el enfriamiento y la extinción. Así pues, se restablece el aislamiento entre contactos y se evita un nuevo cebado. Este tipo de dispositivos se utiliza en todas las gamas de tensiones, ocupando la práctica totalidad de los mecanismos de ruptura de tensiones a partir de 400 KV.

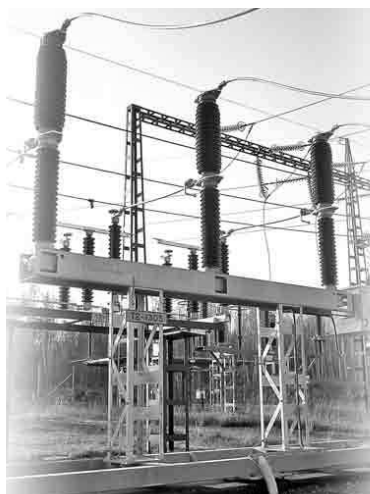
Interruptores de ruptura en vacío: se utiliza cámaras de aire a un grado de vacío muy elevado consiguiéndose rigideces dieléctricas muy elevadas. Además se consigue una baja tensión de arco en el vacío, motivada por el hecho de que los electrones que se desprenden en el cátodo, no encuentran ningún obstáculo para llegar al ánodo, con lo que se logra que la regeneración dieléctrica del medio sea instantánea al no existir moléculas de gas ionizadas. Su aplicación está limitada a tensiones de menos de 50 KV, además de ser dificultosa la obtención de cámaras de vacío apropiadas.

7.4.3.3. *Disyuntores instalados*

Disyuntores nivel de 66KV: Los disyuntores instalados en la parte de intermedia de nuestra subestación serán de aislamiento en hexafluoruro de azufre.

- Fabricante: ABB
- Tipo de disyuntor: interruptor en SF_6 de Tanque Vivo Tipo LTB D1

Tensión nominal	CEI	KV	72.5
Tensión soportada a frecuencia industrial			
- 1min seco	CEI	KV	140
- 1min húmedo	CEI	KV	140
- 1min seco	ANSI	KV	160
- 10 segundos húmedo	ANSI	KV	140
Tensión soportada onda tipo rayo (LIWL)	CEI	KV	325
- Onda completa 1.2/50ms	ANSI	KV	350
- Onda cortada 2ms	ANSI	KV	452
- Onda cortada 3ms	ANSI	KV	402
Línea de fuga nominal a tierra			
- Normal		mm	3800
- Larga		mm	4335
Corriente nominal normal		A	1000
Corriente nominal de corte		KA	40
Factor del primer polo que extingue			1.5
Corriente de cierre/cresta	CEI	KA	100
Duración del cortocircuito		seg	3
Tiempo de cierre		ms	40
Tiempo de apertura		ms	20
Tiempo de interrupción		ms	40
Tiempo muerto		ms	300



Disyuntores nivel de 13.2KV: El interruptor automático está incorporado en el interior de las celdas CBGS-0 (fabricante MESA) siendo del tipo "soplado" y utiliza el gas SF6 como medio de corte y aislamiento.

La carcasa de resina propia del interruptor cumple con lo requerido en la norma CEI-60056 (62271-100) para los sistemas a presión sellados.

La presión relativa de llenado de SF6 es de 0.25 MPa (2.5 bar) ó de 0.38 MPa (3.8 bar). El interruptor posee dos alarmas de disparo automático en el caso de que la presión bajara por debajo del umbral de funcionamiento.

Las características más importantes son:

Tensión nominal 50/60Hz	KV	24
Nivel de aislamiento a frecuencia industrial (50Hz-1min)	KV (valor eficaz)	50
Nivel de aislamiento a onda de choque (1.2/50µs impulso)	KV (valor cresta)	125
Intensidad nominal	A	1250
Intensidad nominal de corte de cortocircuito	KA (valor eficaz)	25/31.5
Capacidad de cierre en cortocircuito	KA (valor cresta)	63/80
Intensidad admisible de corta duración (3s)	KA (valor eficaz)	25/31.5
Capacidad de corte de la corriente capacitiva a la intensidad nominal	A	875
Secuencia nominal de operación	O-0.3 s-CO-15 s-CO	
Tiempo aproximado de operación		
- Apertura	ms	50
- Corte	ms	65
- Cierre	ms	70



7.5. Aparata de protección y medida

7.5.1. Introducción

Además de la aparatata de maniobra y corte, también nos encontramos la aparatata de protección y medida, que serán dispositivos muy variados como relés, pararrayos, transformadores de intensidad, transformadores de tensión,... Estos elementos de protección se encargan de detectar distintos tipos de faltas o defectos que se producen habitualmente en la línea, y de enviar la información a la aparatata de maniobra y corte, para realizar las aperturas o cierres necesarios. Los elementos de medida recogerán los datos y valores de las distintas magnitudes que aparecen en las líneas. Todos estos dispositivos habitualmente garantizan que la instalación eléctrica funcione y quede protegida contra distintos tipos de faltas como sobrecargas, cortocircuitos, sobretensiones,...

7.5.2. Relés de protección

7.5.2.1. Introducción

La misión fundamental de los relés de protección es coordinar la variedad de dispositivos y elementos de protección y maniobra, obteniendo así una selectividad apropiada en la actuación de estos aparatos cuando se produzca un problema o falta determinada. Estas perturbaciones que los relés son capaces de percibir y advertir a los distintos sistemas son principalmente:

Cortocircuitos: cuando hay una conexión directa entre dos o más cables o conductores de distinta fase, aumentado así de forma instantánea y brusca, la intensidad circulante.

Sobrecarga: se trata de una elevación de la corriente por encima de los valores máximos apropiados y admisibles. No se trata de aumentos tan repentinos como los cortocircuitos pero sus peligros a largo plazo son igualmente dañinos.

Retorno de corriente: se da en circuitos de corriente alterna, donde la intensidad puede revertir el sentido normal de funcionamiento.

Subtensión: esta situación se presenta de forma habitual en centrales generadoras cuando las tensiones disminuyen por debajo del valor nominal, aumentado la corriente consumida por la carga conectada, en este caso la red.

Sobretensión: se trata de una elevación instantánea de la tensión muy por encima del valor nominal, produciendo fallos en el aislamiento, perforaciones,...

Para detectar y solucionar estas faltas, los relés deben de tener varias propiedades indispensables, como pueden ser la seguridad para evitar una no actuación en circunstancias que sí deba actuar, la fiabilidad o precisión a la hora de detectar los valores de las magnitudes. Además no hay que olvidar otros parámetros como puedan ser la rapidez de su actuación, su precio, el mantenimiento que conlleva, su flexibilidad o su simplicidad.

7.5.2.2. Tipos de relés

Para combatir estos tipos de faltas han aparecido y se han desarrollado una larga lista de tipos de relés de protección. Dependiendo de los principios constructivos, podemos dividirlos en:

Relés electromagnéticos: basado en los principios de la fuerza de atracción ejercida entre piezas de material magnético.

Relés de inducción: que tienen una constitución basada en la rueda de Barlow. Son dispositivos con una construcción sensiblemente parecida a los contadores de energía, que aprovechan la inducción de las bobinas para frenar el disco de un forma mayor o menos, dependiendo de la corriente que atraviesa las espiras.

Relés electrodinámicos: su principio de funcionamiento trata de la acción que una bobina fija ejerce sobre una bobina móvil, que en caso de falta girará accionando los contactos de mando.

Relés electrónicos: utiliza dispositivos electrónicos modernos para la detección de las posibles faltas. Su instalación se está introduciendo en el sistema eléctrico y está sustituyendo a los demás tipos de relés en la actualidad.

Atendiendo a las faltas más comunes que aparecen en todos los circuitos e instalaciones nos encontramos con relés que controlan propiedades como la intensidad, tensión, producto (de dos magnitudes), cociente (de dos magnitudes), diferencia (de dos magnitudes) y frecuencia. Por lo tanto, atendiendo a todas estas magnitudes eléctricas nos encontramos principalmente con:

Relés de protección de sobreintensidad o sobrecarga: tratan de proteger las máquinas, transformadores y líneas contra elevaciones anormales de la temperatura, producidas principalmente por sobreintensidades en los elementos conductores. Pueden ser de tiempo independiente o dependiente, según si su protección es dependiente de la intensidad o viene marcada por un valor fijo de trabajo. Se corresponde con el número de dispositivo 51.

Relés de protección de máxima intensidad o cortocircuito: tienen el mismo funcionamiento que los de sobreintensidad con la salvedad de que, este tipo de dispositivos están calibrados con un tiempo de actuación más corto y el valor de intensidad de disparo es mucho mayor. Su número de identificación es el 50.

Relés de protección de mínima impedancia: este tipo actúa si el valor de la impedancia de la instalación disminuye con respecto a un nivel determinado. Se observa que en un cortocircuito la tensión disminuye puesto que no puede mantener

su valor cuando la corriente aumenta de manera brusca, por lo que el cociente entre tensión y corriente disminuye, siendo éste la impedancia vista desde la protección.

Relés de protección direccional: consigue una selectividad en la instalación a base de determinar el sentido de la corriente del defecto producido. Se trata de relés de potencia que miden energías activas, reactivas o aparentes, de forma monofásica o trifásica. Estos elementos suelen combinarse con otros tipos de relés, ya que en ocasiones la lectura del sentido de circulación de la energía no basta para determinar la dirección del defecto. Su número es el 32.

Relés de protección diferencial: todos los sistemas diferenciales son selectivos y la operación de selectividad y protección queda determinada por la comparación de corrientes de cada uno de los extremos de la zona protegida. Su funcionamiento se basa en la aplicación de la primera ley de Kirchoff ya que la actuación dependerá de la suma de corrientes, que llegan al nudo, sea cero o distinta. Se caracterizan principalmente con el número 87. Dentro de este tipo existe una gran variedad entre los que destacan los relés de protección diferencial:

- Longitudinal
- Longitudinal compensada
- Direccional
- Transversal

Relés de protección de distancia: utilizan una bobina amperimétrica y otra voltimétrica, ya que en caso de falta, los valores de la tensión varían desde el punto de fallo a lo largo de la línea siendo la intensidad la producida por el cortocircuito. Estos dispositivos se utilizan en combinación con otros de máxima intensidad o mínima impedancia, y con órganos direccionales.

Relés de protección direccional de tierra: debido a los pequeños valores de intensidad de defecto no tiene sentido utilizar protecciones contra cortocircuitos sino que la misión de estos relés es la de indicar, señalar y, en ocasiones, desconectar selectivamente el circuito de puesta a tierra. Su número correspondiente es el 64.

Relés de protección de sobretensión y subtensión: constructivamente se utilizan la misma estructura que en los relés de sobreintensidad con la diferencia de utilizar una bobina voltimétrica en lugar de una amperimétrica. Con estos dispositivos se protegen elementos que se pueden mostrar muy sensibles a las variaciones en las tensiones por encima o por debajo de su valor nominal. Sus números son 59 y 27 respectivamente.

Relés de protección de frecuencia: a través de efectos ferrodinámicos con la ayuda de condensadores y bobinas harán girar un disco cerrando los contactos correspondientes. Detectan tanto subfrecuencias como sobrefrecuencias. Su número es el 81.

Relés de protección tipo Buchholz: son empleados en transformadores de potencia con refrigeración en aceite. Al calentarse en exceso, por medio de la formación de gases (burbujeo) comienzan a oscilar dos ampollas rellenas de mercurio, que con el movimiento pone en unión los contactos del dispositivo. Uno de ellos servirá como alerta y otro, que entrará en acción con temperaturas que puedan dañar la instalación, se utilizará para dar la señal de corte. Su número es el 63.

7.5.2.3. Relés instalados

Los relés utilizados en la subestación serán:

- *Relés de subtensión (27)*: Actúa cuando el valor de tensión está por debajo de un valor dado.
- *Relés de sobretensión (59)*: Actúa cuando el valor de tensión está por encima de un valor dado.
- *Relés de sobreintensidad (50/51)*: Trabaja cuando el nivel de intensidad está por encima de un valor dado o aumenta bruscamente ante un cortocircuito.
- *Relés de protección diferencial (87)*: Actúa cuando se producen diferencias entre módulo o fases entre las intensidades de dos puntos ante una falta.
- *Relés de Bouchholz (63)*: funciona con valores excesivos de presión en el aceite del transformador
- *Relés de temperatura (49)*: trabaja cuando se sobrepasa el valor dado de temperatura límite.

Según la posición en la que nos encontremos de la subestación, instalaremos unos determinados relés u otros. Así pues, pasaremos a detallar los dispositivos empleados según las posiciones:

Posición de línea de 66KV: Los relés utilizados serán:

- *Relés de subtensión (27)*
- *Relés de sobretensión (59)*
- *Relés de sobreintensidad (50/51)*

Posición de trafo

- *Relés de sobreintensidad (50/51)*: en ambos lados de tensión
- *Relés diferenciales (87)*: comparando los valores del punto de 66KV con el de 13.2 KV
- *Relés de temperatura (49)*
- *Relés de Bouchholz (63)*

Posición de línea de 13,2KV: Los relés instalados serán:

- *Relés de subtensión (27)*
- *Relés de sobretensión (59)*
- *Relés de sobreintensidad (50/51)*

Posición de batería de condensadores: Se utilizarán:

- *Relés de subtensión (27)*
- *Relés de sobretensión (59)*
- *Relés de sobreintensidad (50/51)*

7.5.3. Autoválvulas

7.5.3.1. Introducción

Se conocen como autoválvulas o pararrayos a los aparatos que tienen como objetivo absorber las sobretensiones repentinas producidas por las descargas atmosféricas, por determinadas maniobras o por otro tipo de causas. Si no utilizásemos estos dispositivos las descargas y sobretensiones afectarían a los aisladores o perforarían el aislamiento, produciéndose así, interrupciones en el sistema eléctrico.

Los valores más característicos de las autoválvulas serán:

Tensión nominal: valor máximo de la tensión, en condiciones normales de explotación, a frecuencia industrial admisible entre los bornes del pararrayos. Estos valores están normalizados y comprenden un rango muy extenso que va desde los 0,175 hasta los 420 KV.

Frecuencia nominal: frecuencia nominal de la red a la que está conectado el dispositivo.

Corriente de descarga: onda de corriente evacuada por el pararrayos después de un cebado.

Corriente de descarga nominal: corriente de descarga con una amplitud y forma de onda concreta que se utiliza para definir un pararrayos. La forma de onda será la correspondiente a $8/20\mu s$ y el valor de la amplitud será de entre 1500 A hasta 10000 A.

Tensión de cebado a frecuencia industrial: es el valor eficaz de la mínima tensión que al aplicar entre bornes del pararrayos, provoca el cebado del arco eléctrico.

Tensión de cebado a la onda de choque: es el valor de cresta de la tensión que aparece justo antes del momento de paso de la corriente de descarga.

Tensión residual: es el valor del voltaje que aparece entre el terminal de línea y el de tierra durante el paso de la intensidad de descarga en las autoválvulas.

Aunque los distintos tipos de autoválvulas tendrán un funcionamiento concreto, todos ellos poseen bastantes semejanzas a la hora de actuar. Los pararrayos utilizarán válvulas de resistencias no lineales en unas estructuras llamadas explosores. A través de estos elementos se descargan las sobretensiones.

El funcionamiento de las autoválvulas será el siguiente: al ser alcanzado por una onda de sobretensión, y una vez que la tensión entre los explosores es suficientemente grande, se produce la ionización del aire o dieléctrico existente entre los electrodos de los explosores. Al cebarse, comienzan a conducir la corriente de defecto a tierra. Una vez pasada la sobretensión la corriente de defecto se convierte en corriente subsiguiente disminuyendo su valor hasta valores que los explosores son capaces de cortar y eliminar.

De esta manera, conseguimos una protección eficiente de los dispositivos, aunque hay que destacar que para que sean efectivos estos dispositivos, se tienen que ubicar lo más cerca posible de los elementos a proteger.

7.5.3.2. Tipos de autoválvulas

Como ya hemos dicho antes, el funcionamiento de las autoválvulas es muy parecido independientemente de los tipos de pararrayos analizados. Aun con todo, hay que señalar dos tipos de dispositivos:

Autoválvulas de explosores y carburo de silicio: consta de una envolvente cerámica en cuyo interior se encuentran colocados y conectados en serie las resistencias no lineales de carburo de silicio con los explosores metálicos. Éstos se encuentran aislados entre sí por separadores cerámicos. El conjunto se cierra mediante un sistema especial de sellados. Constará por lo tanto de:

- Una envolvente cerámica
- Válvulas o resistencias no lineales de carburo de silicio: tienen la misión de limitar el paso de corriente a tierra cuando el pararrayos se ha cebado. Se comporta como una resistencia de pequeño valor ante corrientes de descarga elevadas, pero su resistencia tiene un valor elevado cuando la recorren corrientes pequeñas.
- Explosores: en serie con las resistencias. Están conectados directamente a tierra y a las resistencias de ésta para tensiones nominales de servicio.
- Sistema de sellado
- Conexión de tierra eyectable

Autoválvulas de óxidos metálicos: aunque su estructura es muy similar a la de las otras autoválvulas, carecen de explosores. Este tipo es más moderno que las otras y se componen únicamente de:

- Envolvente exterior
- Válvulas o resistencias no lineales de óxido metálico: tienen la misma misión que las resistencias de carburo de silicio pero con coeficientes de no linealidad mucho más elevado. Con esto, se consigue que con tensiones de servicio nominales, la resistencia posea un gran valor con lo que la intensidad de fuga es muy reducida, mientras que al estar expuestas a una onda de sobretensión, la resistencia disminuye permitiendo la absorción de la corriente de descarga sin problemas.
- Conexión de tierra eyectable

7.5.3.3. Autoválvulas instaladas

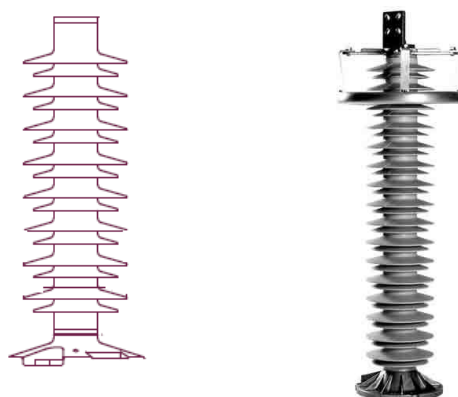
Las autoválvulas instaladas en nuestra subestación serán del tipo óxidos metálicos, en concreto óxido de zinc, e irán colocadas en la instalación exterior (nivel de 66KV y salida de 13,2KV del trafo) tanto a la entrada de las líneas, como lo más cercano a los transformadores para protegerlos de sobretensiones producidas por descargas atmosféricas.

- Modelo: pararrayos de óxido de zinc PEXLIM
- Fabricante: ABB

Familia de producto	PEXLIM
Clasificación de descargadores	10KA, IEC clase 2

Modelo	PEXLIM R
Tensión de red máxima	24-170 KV
Tensión nominal	18-144 KV
Intensidad de descarga	moderada
Resistencia mecánica	1600 Nm

Características: Cada descargador está formado por una o más unidades, que a su vez pueden constar de uno o más módulos. Cada módulo contiene una columna sencilla de bloques de ZnO que son sometidos a pruebas rutinarias extensas durante la fabricación y separados con el número de separadores que requiere el diseño eléctrico del descargador. Los módulos están estandarizados en diferentes tamaños según criterios eléctricos, mecánicos y de proceso.



Autoválvulas nivel de 66KV: Las autoválvulas instaladas tendrán las siguientes características:

Familia de producto	PEXLIM
Clasificación de descargadores	10KA, IEC clase 2
Modelo	PEXLIM R
Tensión de red máxima	72.5 KV
Tensión nominal	66 KV
Nivel de aislamiento	325 KV
Nivel de protección	117 KV
Tensión asignada (tablas)	54 KV
Intensidad de descarga	10 KA
Resistencia mecánica	1600 Nm

Autoválvulas nivel de 13.2KV: Las autoválvulas de la instalación poseen las características siguientes:

Familia de producto	PEXLIM
Clasificación de descargadores	10KA, IEC clase 2
Modelo	PEXLIM R
Tensión de red máxima	17.5 KV
Tensión nominal	13.2 KV

Nivel de aislamiento	95 KV
Nivel de protección	36.4 KV
Tensión asignada (tablas)	15 KV
Intensidad de descarga	10 KA
Resistencia mecánica	1600 Nm

7.5.4. Hilo de guarda

7.5.4.1. Introducción

Para la protección de subestaciones contra descargas atmosféricas directas, tipo rayo, se utilizan los denominados hilos de guarda. Estos conductores tendrán la misma sección que los hilos de guarda usados en las líneas de transporte de energía cuando el nivel y número de tormentas es elevado o muy alto (cuando la probabilidad de rayos es reducida se utilizan las astas).

En las subestaciones, los hilos de guardia deben instalarse a una altura adecuada para proteger de forma eficaz los conductores y todos los equipos bajo tensión. Hay que señalar que el ángulo efectivo de protección es de 45° para un único hilo de guarda, mientras que será de 60° cuando se utilicen más de un cable.

A menudo se establece como condición de separación vertical de los hilos de guardia a conductores y equipos sometidos a tensión y corriente, un valor igual al doble de la distancia mínima de partes bajo tensión respecto a masa.

Siguiendo esta regla, las distancias mínimas deberán ser:

Tensión de Servicio (KV)	Separación (m)
33	0.75
66	1.45
115	2.30
138	2.75
220	4.50
380	7
500	9
700	13

7.5.4.2. Hilo de guarda instalado

Para el hilo de guarda utilizaremos el mismo cable que en el resto de la instalación de la parte aérea, es decir conductor desnudo LA 280 HAWK que en la actualidad se reconoce como 242-AL1/39ST1A. La altura a la que irán instalados, tras realizar los cálculos, será de 10,5 metros, mientras que la longitud o separación entre los hilos será de 14 metros. Con estas distancias se consigue cumplir con todas las medidas de separación impuestas por el reglamento.

Código	242-AL1/39ST1A
Código antiguo	LA 280 HAWK
Sección	
- Aluminio	241.6mm ²
- Acero	39.5mm ²

- Total	281.1mm ²
Número de alambres	
- Aluminio	26
- Acero	7
Diámetro del alambre	
- Aluminio	3.44mm
- Acero	2.68mm
Diámetro	
- Alma	8.04mm
- Conductor	21.8mm
Masa por unidad de longitud	976.2 Kg/km
Resistencia a la tracción asignada	84.89 kN
Resistencia en c.c.	0.1195 Ω/km

7.5.5. Transformadores de tensión e intensidad (medida y protección)

7.5.5.1. Introducción

Se denomina transformadores de medida y protección a aquellos transformadores destinados a alimentar instrumentos de medida, contadores, relés y otros aparatos cuya función sea la medida y protección de las magnitudes eléctricas de las líneas. Con estos dispositivos se consigue reducir a valores no peligrosos y normalizados, las características de tensión e intensidad de las líneas eléctricas.

De esta forma, se evita la conexión directa entre los circuitos sometidos a medias y altas tensiones, de los aparatos e instrumentos de medida y protección, que además podría ser peligroso para los operarios que manipulasen las instalaciones. A esto habría que añadirle que los aislamientos de los equipos si estuviesen conectados directamente a alta tensión tendrían que ser especiales y muy costosos.

Tanto los transformadores de tensión como los de intensidad, pueden emplearse como transformadores de medida o de protección. A continuación pasaremos a hacer una breve descripción de ambos tipos:

Transformadores de intensidad: en estos instrumentos, el bobinado del primario consta de una o varias espiras, que se conectan en serie con el circuito cuya intensidad se quiere medir, por lo tanto en serie con el circuito principal. El secundario alimenta los circuitos de intensidad de uno o varios aparatos de medida o protección, los cuales se conectarán en serie también.

El arrollamiento primario puede poseer una, dos o cuatro secciones, permitiendo una, dos o tres intensidades primarias nominales, según el acoplamiento entre ellas. Además puede haber uno o varios arrollamientos secundarios, bobinados cada uno sobre su circuito magnético. Así pues, no existirá influencia de un secundario sobre otro. En este tipo de transformadores el secundario siempre tiene que estar

cortocircuitado porque, ya que no depende la intensidad del primario de la carga del secundario, la tensión en el secundario se elevaría hasta niveles peligrosos.

El núcleo tiene forma toroidal normalmente con el secundario repartido de forma uniforme.

Las intensidades tanto del primario como del secundario están normalizadas. En el primario las intensidades estarán comprendidas entre 5 A hasta 600 A, mientras que en el secundario están estandarizadas a 1 A o 5 A, siendo este último valor el más utilizado.

Transformadores de tensión: en estos dispositivos, el primario se conecta a los bornes entre los cuales se quiere medir la tensión, mientras que el secundario se acopla a los circuitos de tensión de uno o varios aparatos de medida conectados en paralelo. Estos instrumentos pueden medir la tensión entre fases o entre fase y tierra, aunque a partir de 72,5 KV suelen ser del tipo fase-tierra.

Los equipos de transformación de tensión tienen mucho más parecido a los trafos de potencia que los transformadores de intensidad, fabricándose, por razones constructivas y de aislamiento, su núcleo en forma rectangular. Los secundarios del transformador (si hay más de uno) se bobinan sobre el mismo núcleo, no existiendo así, independencia entre ellos, como sucede en los transformadores de intensidad.

En este tipo de transformadores la tensión primaria abarca múltiples valores de tensión estandarizadas, mientras que las tensiones en el secundario serán de 69, 105, 115, 120 y 208 V (valores también normalizados).

7.5.5.2. Transformadores de intensidad instalados

Transformadores de intensidad del nivel de 66KV: Los transformadores de medida de intensidad colocados en el nivel de 66KV, estarán preparados para su instalación en intemperie.

- Fabricante: ABB
- Tipo: Aislados en Aceite Tipo IMB

Instalación	Exterior
Diseño	Tipo tanque (horquilla)
Aislamiento	Aceite-Papel-Cuarzo
Tensión más elevada de la red	36-170KV
Corriente primaria máxima	...2400A
Corriente de cortocircuito	...63KA/1seg
Aislamiento externo	Porcelana/caucho de silicona
Distancia de fuga	25mm/KV
Temperatura de servicio	-40°C a 40°C
Altitud de diseño	Máxima de 1000m



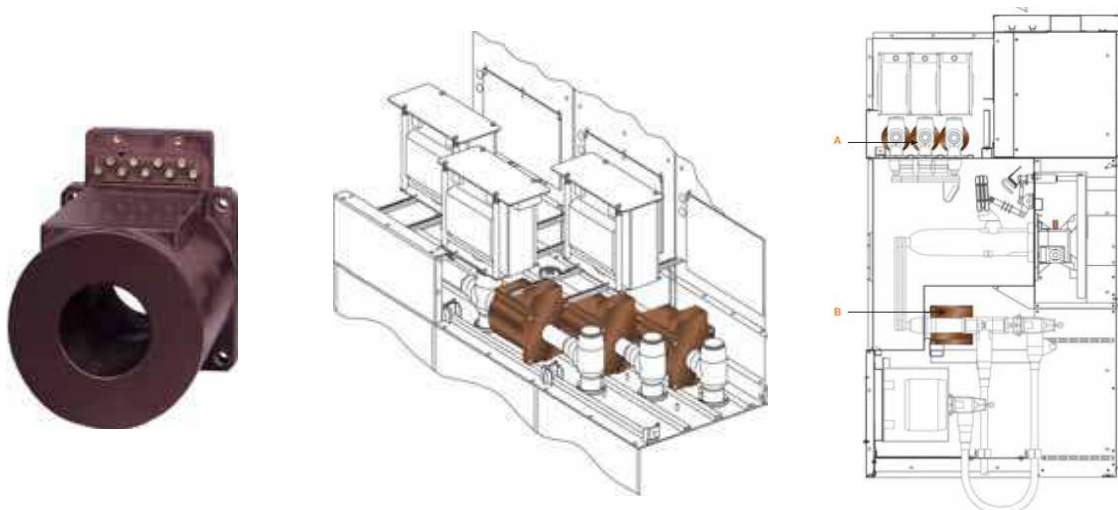
Transformadores de intensidad del nivel de 13.2KV: Los transformadores de medida de intensidad estarán contruidos para trabajar en interior, siendo instalados dentro de las propias celdas de este nivel de tensión ubicadas en el interior de la caseta de control. Sus características serán adecuadas para el montaje en estas celdas, tanto si son montados para medidas de las líneas de salida como de medida de corriente en barras.

- Fabricante: MESA
- Tipo: de arquitectura toroidal
- Alojamiento: fuera de la cuba de SF6 de la celda
- Sin piezas de resina colada sometida a descargas dieléctricas
- Según normas CEI60185

Sus características más relevantes de los transformadores de intensidad colocados en los pasatapas de entrada/salida (modelo B de la figura) son:

Tensión máxima de funcionamiento	KV	0.72
Tensión alterna nominal soportable	KV/min	3
Frecuencia nominal de funcionamiento	Hz	50
Intensidades térmicas		
- Permanente (valor máximo)	A	1.2xIn
- Nominal de corta duración (3s)	KA	25
Intensidades nominales		
- Dinámica	A	25xI.term.
- Primario	A	40 a 1600
- Secundario	A	5
Posibilidad de conmutación en el secundario		
- Desde	A	100-200
- Hasta	A	800-1600
Datos del núcleo de medida		
- Potencia	VA	2.5 a 15

- Clase	-	0.5 a 1
- Factor de sobreintensidad	-	FS5
Datos del núcleo de protección		
- Potencia	VA	2.5 a 30
- Clase	-	5 ó 10
- Factor de sobreintensidad	-	P10 a P30
Dimensiones		
- Diámetro interior	mm	85
- Diámetro exterior	mm	205
Temperatura ambiente de funcionamiento		
	°C	-5 a 40
Clase de aislamiento		
	-	E



7.5.5.3. Transformadores de tensión instalados

Transformadores de tensión del nivel de 66KV: los transformadores de medida de voltaje serán de instalación en exterior.

- Fabricante: ABB
- Tipo: Aislados en aceite tipo CPA y CPB

Instalación	Exterior
Diseño	Tipo de condensador capacitivo
Aislamiento	Papel de aluminio/papel/capa de polipropileno/aceite sintético
Tensión más elevada de la red	72KV
Aislamiento externo	Porcelana/caucho de silicona
Temperatura de servicio	-40°C a 40°C
Altitud de diseño	Máxima de 1000m

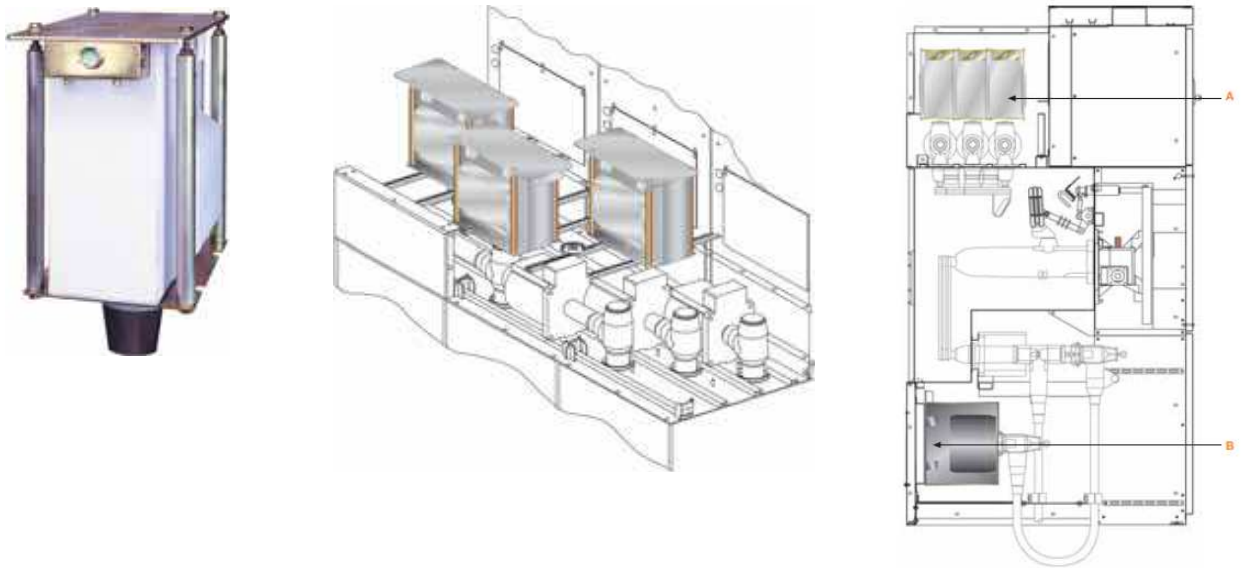


Transformadores de tensión del nivel de 13.2KV: Al igual que los transformadores de intensidad, los de tensión serán también adecuados para el montaje en el interior de las celdas de media tensión de tipo CBGS-0 de MESA.

- Fabricante: MESA
- Tipo: funcionamiento inductivo
- Alojamiento: fuera de la cuba de SF6 (enchufables)
- Protección contra contactos involuntarios mediante blindaje metálico apantallado exteriormente
- Aislamiento mediante resina colada
- Según normas CEI60186

Las características más importantes de los transformadores de tensión posicionados en los cables de entrada/salida (modelo B de la figura):

Tensión nominal (Un)	KV	3.6 a 36
Tensión alterna nominal soportable en el primario	KV	1.2xUn
Factor nominal de tensión (Un/8h)	-	1.9
Tensión en el secundario		
- Posibilidad 1	V	100/√3
- Posibilidad 2	V	110/√3
- Posibilidad 3	V	100/3
- Posibilidad 4	V	110/3
Intensidad térmica límite (devanado de medición)		
	A	8
Intensidad nominal de larga duración (8h)		
	A	5
Potencia según clase de exactitud		
- Clase 0.2	VA	25
- Clase 0.5	VA	50
- Clase 1	VA	100



7.5.6. Aparatos de medida

7.5.6.1. Introducción

Se definen los aparatos de medida como los dispositivos capaces de medir magnitudes eléctricas como puede ser la corriente, tensión,... Para realizar mediciones en niveles de alta tensión, primero tenemos que reducir los valores de la tensión y de la intensidad a través de transformadores de tensión e intensidad, para evitar peligros sobre los trabajadores. Además si no se disminuyesen los valores de estas magnitudes los aislamientos y la instrumentación que tendrían que tener los dispositivos deberían tener un carácter especial, y por lo tanto su precio sería demasiado elevado.

Dependiendo de los valores que midan, encontramos:

- *Amperímetro*: dispositivo capaz de medir la corriente que circula a través de un circuito eléctrico.

- *Voltímetro*: instrumento que mide la tensión entre dos puntos de un circuito eléctrico.

- *Watímetro*: elemento electrodinámico que mediante la medición de tensiones y corrientes de un circuito, nos ofrece la potencia eléctrica consumida o suministrada por un circuito o carga.

- *Contador de activa*: se trata de un dispositivo capaz de medir la potencia activa, acumulando el consumo total

- *Contador de reactiva*: se trata de un dispositivo capaz de medir la potencia reactiva, acumulando el consumo total

- *Frecuencímetro*: elemento electrodinámico que es capaz de medir frecuencias de corriente alterna en circuitos eléctricos.

- *Cosfímetro*: instrumento que mide el factor de potencia a la que trabaja la red o una carga aislada, comparando energía activa y reactiva.

7.5.6.2. Aparatos de medida instalados

Todas las posiciones de medida tendrán los mismos elementos con iguales características, variando únicamente las relaciones de transformación de los transformadores de tensión e intensidad dependiendo de la localización en la que se encuentren. Por lo tanto, estos aparatos de medida serán:

- *Amperímetro*
- *Voltímetro*
- *Vatímetro*
- *Contador de activa*
- *Contador de reactiva*
- *Frecuencímetro*
- *Cosfímetro*

8. Conductores

8.1. Introducción

La misión principal de estos elementos es la de conducir la corriente, y deberán ser diseñados, seleccionados y ensayados para cumplir con los requisitos eléctricos y mecánicos que se definen según los parámetros de diseño de la línea.

El principal material empleado en electricidad es por excelencia el cobre, siendo dúctil, muy buen conductor y bastante fácil de manejar. No existiría ninguna razón para sustituirlo si no fuera porque su uso se ha extendido tanto como su precio. Por esta razón, aparece como primer sustitutivo el aluminio.

El aluminio es un material de una resistividad mayor que la del cobre, aunque sigue siendo un buen conductor. Como ventajas posee que es menos pesado y que su precio es sustancialmente más bajo. Como desventaja principal se conoce que el aluminio tiene un bajo poder de tracción. La solución a este problema fue la introducción de una alma de acero que sería la encargada de soportar los esfuerzos de tracción mientras que los hilos de aluminio transportarían la corriente eficientemente. Para aumentar los esfuerzos de torsión y tracción de los conductores, estos cables desnudos están formados por haces de acero, en el alma y de aluminio, recubriéndola, trenzados entres sí.

Además de estos cables desnudos utilizados en transporte aéreos, también aparecen los cables aislados para transporte subterráneo principalmente. Estos cables están formados por un núcleo conductor de haces trenzados recubierto por una capa semiconductor para homogeneizar el campo magnético. Recubriendo este semiconductor se encuentra la capa aislante y se vuelve a colocar otra capa conductora. Protegiendo el cable se coloca un entrelazado de material duro para dar resistencia mecánica al cable y rodeándolo se coloca una capa de aislante de diversos materiales a elegir.

8.2. Conductores instalados

Para la parte aérea, tanto en nivel de 66KV como en el de 13,2KV, utilizaremos cable del tipo LA 280 HAWK que en la actualidad se reconoce como 242-AL1/39ST1A

Código	242-AL1/39ST1A
Código antiguo	LA 280 HAWK
Sección	
- Aluminio	241.6mm ²
- Acero	39.5mm ²
- Total	281.1mm ²
Número de alambres	
- Aluminio	26
- Acero	7
Diámetro del alambre	
- Aluminio	3.44mm

- Acero	2.68mm
Diámetro	
- Alma	8.04mm
- Conductor	21.8mm
Masa por unidad de longitud	976.2 Kg/km
Resistencia a la tracción asignada	84.89 kN
Resistencia en c.c.	0.1195 Ω /km

Para la parte subterránea en el nivel de 66 KV utilizaremos cable aislado, que será:

- Fabricante: General Cable
- Tipo de cable: cable unipolar de 36/66KV

Tensión máxima	66KV
Nivel de tensión de impulso	325KV
Aislamiento	XLPE
Pantalla	De alambres de cobre
Capa metálica estanqueidad	De aluminio
Cubierta	Polietileno
Conductor	Aluminio
Sección	400mm ²
Diámetros sobre	
- Conductor	22.9mm
- Aislamiento	44.8mm
- Exterior	56.7mm
Radios de curvatura	
- Instalación	1.7m
- Posición final	0.9

Para la parte subterránea en el nivel de 13.2KV: el cable será aislado del tipo:

- Fabricante: Prysmian
- Denominación: Cable AL Voltalene-H Hydrocatcher 12/20KV, normalizado por Endesa
- Tipo: RHZ1-OL

Tensión	12/20KV
Norma	UNE HD 620-5E
Conductor	Cuerda redonda compacta de hilos de aluminio, clase 2
Semiconductora interna	Capa extrusionada material conductor

Aislamiento	Polietileno Reticulado XLPE
Semiconductora externa	Capa extrusionada de material conductor separable en frío
Pantalla metálica	Hilos de cobre en hélice
Sección total	16mm ²
Protección longitudinal al agua	Cinta hinchante
Cubierta exterior	Polioléfina termoplástica, Z1 VEMEX (Color rojo)
Conductor	Aluminio
Sección	400mm ²
Diámetro de cuerda	23.1mm
Diám. Conductor interno	24.5mm
Diám. Sobre aislamiento	35.5mm

9. Aisladores

9.1. Introducción

En las líneas e instalaciones eléctricas los conductores aéreos desnudos deben ir aislados de sus apoyos. Al no poseer un aislamiento propio necesitan de un elemento intermedio que llamaremos aislador, con unas propiedades dieléctricas buenas que pueda ser capaz de aislar por completo los conductores de los apoyos. Las uniones de los conductores con los aisladores y de éstos con los apoyos se realizan por medio de piezas metálicas que llamaremos herrajes.

Por lo tanto esta capacidad de aislamiento se traduce en que el objetivo principal de un aislador es evitar el paso de corriente desde el conductor hasta el apoyo donde va sujeto.

Esta conducción se puede producir por:

Conductividad de masa: a través de la masa del aislador, como corriente de fuga.

Conductividad superficial: al contornear la parte exterior del aislador por un aumento de la conductividad debido a la formación de capas húmedas, depósito de polvo o sales sobre la superficie. En zonas cercanas al mar o muy contaminadas habrá que aumentar el aislamiento

Perforación de la masa del aislador: depende del espesor de éste, aunque su variación no es lineal sino que es dependiente tanto de la calidad como de la textura molecular del aislante. Estos fallos en la estructura molecular han de descubrirse por medio de ultrasonidos, rayos X o dispositivos de luz polarizada, para evitar faltas en el aislamiento.

Descarga disruptiva a través del aire: que se produce cuando se forma un arco entre el conductor y el apoyo a través del aire que los rodea. Este fenómeno depende de las condiciones atmosféricas, pudiendo ser evitado a través de un diseño adecuado cuando estos aisladores van a trabajar en zonas de intemperie sometidos a las lluvias e inclemencias atmosféricas. Por esto, los perfiles se realizan con varias ondulaciones de forma acampanada, aumentando la tensión necesaria para la rotura dieléctrica y por lo tanto la formación del arco.

Cabe señalar que los materiales utilizados para la fabricación de estos elementos están normalizados en el reglamento español. Los más importantes son:

Porcelana: constituida por caolín y cuarzo de primera calidad cocido, debiendo tener una estructura homogénea. Están recubiertos por una capa de esmalte de silicato recocido para obtener una capa vidriada que los impermeabiliza del agua.

Esteatita: utilizada cuando los aisladores tienen que soportar grandes esfuerzos mecánicos, ya que su resistencia es el doble que la de la porcelana y es mejor aislante. Su desventaja es el alto coste del material.

Vidrio: mezcla de ácido silícico con óxidos de calcio, sodio, bario o aluminio, siendo un vidrio cálcico alcalino conseguido por enfriamiento brusco. Se trata de un vidrio duro, de elevada resistencia mecánica y con buena estabilidad a los cambios de

temperatura. Aun con todo, el coeficiente de dilatación y la resistencia al choque son menores que en la porcelana.

Sintéticos: fabricados a base de resinas sintéticas, consiguiendo así, mejores propiedades mecánicas, eléctricas y térmicas. Se conocen con el nombre de aisladores de silicona, poliméricos o compuestos. Tienen un núcleo resistente dieléctrico (fibra de vidrio por ejemplo) con un revestimiento polimérico en el exterior, que conforman las aletas de los aisladores. Se pueden conseguir grandes líneas de fuga elevando así los valores disruptivos frente a descargas superficiales.

9.2. Aisladores utilizados

Los aisladores utilizados en nuestra subestación tendrán las siguientes características:

- Fabricante: SGD
- Tipo de aislador: E100

Clase IEC-305	U100BL
Modelo de catálogo	E-100-146
Paso	146 mm
Diámetro	255 mm
Línea de fuga	315 mm
Unión normalizada IeC 120	16 A
Tensión soportada a frecuencia industrial:	
- En seco	70 KV
- Bajo lluvia	40 KV
Tensión soportada a impulso de choque en seco	100 KV
Tensión de perforación en aceite	130 KV
Peso neto	3.75 Kg

10. Celdas de media tensión

10.1. Introducción

En instalaciones eléctricas similares a la de nuestra subestación, podemos encontrar partes colocadas en intemperie como partes en interior de recintos cerrados. Por lo tanto hay que hacer una distinción entre la apartamentada de exterior y la de interior. Actualmente en las instalaciones de interior se ha dejado de utilizar elementos en tensión colocados al aire para sustituirlos por las llamadas celdas. Estos dispositivos, en forma de armarios metálicos, contienen tanto los elementos de medida, como los dispositivos y apartamentada de corte y protección.

En la actualidad, estas cabinas están aisladas en diversos materiales aislantes, como puede ser el vacío, SF₆,... con lo que se consigue que las personas y operarios estén protegidos de los elementos en tensión. Además, al incluir tanto seccionadores, como disyuntores en el interior de estos elementos, se consigue poder realizar el corte, la medida o protección de las diferentes líneas que entran en la parte de interior de la subestación o centro de transformación.

La utilización de estas celdas se ha extendido en la actualidad debido a que permiten reducir las dimensiones de las partes interiores de las subestaciones así como aumentan la protección frente a contactos directos para los operarios. Cabe destacar que aunque su uso conlleva un desembolso de dinero, ya que es apartamentada más cara por los aislantes y las pequeñas dimensiones de las protecciones, esto se contrarresta con la reducción de la obra civil que se debe hacer para construir el edificio donde irá albergada la subestación.

10.2. Celdas de media tensión instaladas

En nuestro caso, las celdas utilizadas serán aisladas en gas SF₆, siendo las características más importantes de todas ellas:

- Fabricante: MESA
- Tipo de aislamiento: Celdas aisladas en gas SF₆
- Tipo de celda: CBGS-0

Características eléctricas generales para todas las celdas:

Tensión nominal	KV	24
Nivel de aislamiento		
- A frecuencia industrial (50Hz)	KV (Valor eficaz)	50
- A onda de choque tipo rayo	KV (valor cresta)	125
Intensidad nominal		
- Embarrado general	A	1250
- Derivaciones	A	1250
Intensidad nominal de corte de	KA	25/31.5

cortocircuito		
Capacidad de cierre de cortocircuito	KA (valor cresta)	63/80
Intensidad nominal de corta duración	KA/s	Max 25/3-35.1/1
Resistencia frente a arcos internos 1 segundo	KA	20/25/31.5
Presión nominal relativa de gas SF6 a 20°C	bar	0.30
Dimensiones		
- Altura	mm	2350
- Anchura	mm	600
- Profundidad	mm	1250
- Peso	Kg	450-650
Grado de protección		
- Compartimentos AT	-	IP-65
- Compartimentos BT	-	IP-3X
Temperatura ambiente máxima		
Temperatura ambiente media máxima durante 24 horas	°C	+40
Temperatura ambiente mínima	°C	-5
Altitud del emplazamiento	m	1000

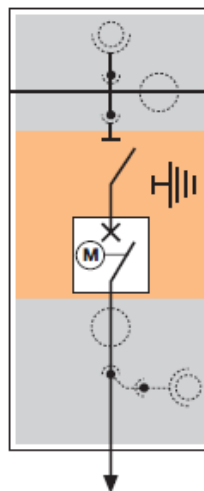


En el nivel de 13,2KV aparecerán distintos tipos de celdas:

Celdas de Trafo: Este tipo de celda es donde irán instaladas las protecciones de la línea que va hasta cada uno de los trafos. Estas protecciones serán un interruptor-

disyuntor para apertura en carga y cortocircuito y un seccionador para corte visible con posicionamiento a tierra, seleccionados anteriormente. Las características de esta celda y de los elementos de protección y corte son:

Rango de voltajes	KV	24
Frecuencia	Hz	50
Intensidad nominal de embarrado	A	1250
Intensidad nominal de derivación	A	1250
Intensidad de corte en cortocircuito (3s-1s)	KA	25/31.5
Intensidad de cierre en cortocircuito	KA (valor cresta)	63-80
Seccionador de 3 posiciones (mando manual)		
-Intensidad nominal de paso	A	1250
Interruptor automático (mando motorizado)		
- Intensidad nominal	A	1250
- Tensión de mando (Vcc)	V	48/110/125
Transformadores de intensidad en pasatapas		
	-	Sí
Transformadores de tensión		
	-	Sí

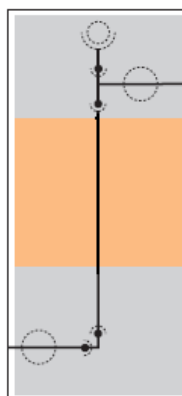


En estas celdas se podrán encontrar:

- 1 interruptor automático (mando motorizado)
- 1 seccionador de tres posiciones (mando manual)
- 3 transformadores de intensidad en posición de línea
- 3 transformadores de tensión en posición de línea

Celdas de medida: La misión de estas celdas será la de medir las tensiones e intensidades que provienen de las líneas de los transformadores, para saber las magnitudes de los valores que tenemos en las barras de media tensión. Estarán compuestas por un transformador de tensión y un de intensidad para cada fase.

Rango de voltajes	KV	24
Frecuencia	Hz	50
Intensidad nominal de embarrado	A	1250
Intensidad nominal de derivación	A	1250
Transformadores de intensidad en pasatapas	-	Sí
Transformadores de tensión	-	Sí



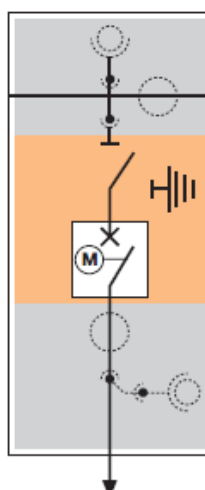
En estas celdas encontraremos:

- 3 transformadores de intensidad
- 3 transformadores de tensión
- 3 voltímetros
- 3 amperímetros
- 1 frecuencímetro
- 1 cosfímetro
- 1 vatímetro
- 1 contador de energía activa
- 1 contador de energía reactiva

Celdas de línea: en esta celda se instalarán las diversas protecciones para las líneas que salen desde la zona interior hacia las diversas salidas de la subestación. Podemos encontrar aquí los seccionadores e interruptores-disyuntores. Además llevarán incluidas sus propios transformadores de tensión e intensidad para protección. Las características de la cabina serán:

Rango de voltajes	KV	24
Frecuencia	Hz	50
Intensidad nominal de embarrado	A	1250
Intensidad nominal de	A	1250

derivación		
Intensidad de corte en cortocircuito (3s-1s)	KA	25/31.5
Intensidad de cierre en cortocircuito	KA (valor cresta)	63-80
Seccionador de 3 posiciones (mando manual)		
-Intensidad nominal de paso	A	1250
Interruptor automático (mando motorizado)		
- Intensidad nominal	A	1250
- Tensión de mando (Vcc)	V	48/110/125
Transformadores de intensidad en pasatapas	-	Sí
Transformadores de tensión	-	Sí



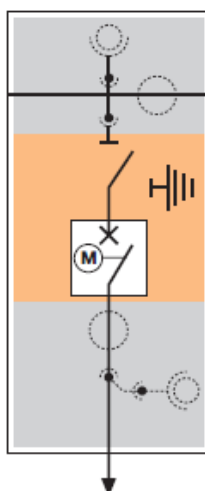
En estas celdas se podrán encontrar:

- 1 interruptor automático (mando motorizado)
- 1 seccionador de tres posiciones (mando manual)
- 3 transformadores de intensidad en posición de línea
- 3 transformadores de tensión en posición de línea

Celdas de posición de baterías de condensadores: en estas dos cabinas se instalarán los dispositivos para el corte y protección de las baterías de condensadores que serán un interruptor-disyuntor y un seccionador. Las características de las celdas serán:

Rango de voltajes	KV	24
Frecuencia	Hz	50
Intensidad nominal de embarrado	A	1250
Intensidad nominal de	A	1250

derivación		
Intensidad de corte en cortocircuito (3s-1s)	KA	25/31.5
Intensidad de cierre en cortocircuito	KA (valor cresta)	63-80
Seccionador de 3 posiciones (mando manual)		
-Intensidad nominal de paso	A	1250
Interruptor automático (mando motorizado)		
- Intensidad nominal	A	1250
- Tensión de mando (Vcc)	V	48/110/125
Transformadores de intensidad en pasatapas	-	Sí
Transformadores de tensión	-	Sí



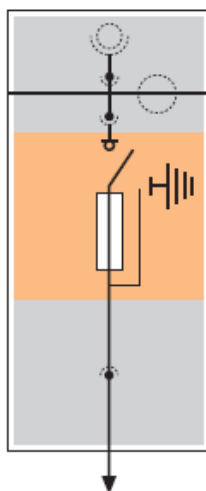
En estas celdas se podrán encontrar:

- 1 interruptor automático (mando motorizado)
- 1 seccionador de tres posiciones (mando manual)
- 3 transformadores de intensidad en posición de línea
- 3 transformadores de tensión en posición de línea

Celda de trafo de servicios auxiliares: en la cabina de trafo dispondremos los elementos de corte y protección del transformador de servicios auxiliares. Estos dispositivos serán, un interruptor-seccionador y fusibles. Las características de la celda son:

Rango de voltajes	KV	24
Frecuencia	Hz	50
Intensidad nominal de embarrado	A	1250

Intensidad nominal de derivación	A	200 (Limitada por el fusible)
Intensidad de corte en cortocircuito (3s-1s)	KA	Limitada por el fusible
Intensidad de cierre en cortocircuito	KA (valor cresta)	Limitada por el fusible
Interruptor-seccionador de 3 posiciones (mando manual)		
- Intensidad nominal de paso y corte (100 maniobras)	A	200
Transformadores de intensidad en pasatapas	-	Sí
Transformadores de tensión	-	Sí



En estas celdas se podrán encontrar:

- 1 interruptor-seccionador de tres posiciones (mando manual)
- 1 Fusible
- 3 transformadores de intensidad en posición de línea
- 3 transformadores de tensión en posición de línea

11. Servicios Auxiliares

11.1. Introducción

En una subestación hay elementos que en teoría no son indispensables para el funcionamiento de la instalación pero que en realidad su función es igual de primordial que los elementos de corte y protección o los transformadores. Estos dispositivos son los servicios auxiliares, que están compuestos por el alumbrado, la ventilación, la calefacción, la alimentación de los relés y baterías de corriente continua. Estos dispositivos generalmente vienen alimentados desde la parte de media tensión, a través de un transformador de servicios auxiliares que transforma la tensión de la que se nutre, a valores de voltaje de baja tensión, en general de 400V. El transformador vendrá protegido en el lado de media tensión por sus correspondiente aparataje, colocada en la celda de trafo de servicios auxiliares, mientras que en lado de baja, las protecciones principales serán interruptores automáticos típicos de circuitos de baja tensión. Estas protecciones las encontramos normalmente en el armario de servicios auxiliares. Tanto el transformador de servicios auxiliares como el armario de protecciones normalmente están instalados en el interior de la caseta de mando donde se encuentran el resto de cabinas.

Estos servicios auxiliares como hemos dicho se basan fundamentalmente en circuitos de alumbrado para la subestación, tanto para las zonas interiores de las casetas, como en la zona exterior o de intemperie. Además con los dispositivos de calefacción o ventilación se consigue una temperatura idónea en el interior a lo largo de todo el año para evitar un mal funcionamiento de los elementos electrónicos. También habrá que tener en cuenta un número mínimo de tomas de corrientes para poder conectar diferentes dispositivos en caso de situaciones de mantenimiento.

A todo esto, hay que sumarle la alimentación de los relés y de las baterías de corriente continua, que se realizan a través del inversor. Se conseguirá por lo tanto mantener cargadas las baterías para situaciones de falta de alimentación desde la subestación por fallo.

Estos son las principales funciones aunque se pueden añadir cualquier elemento a los servicios auxiliares que necesiten alimentación de baja tensión.

11.2. Servicios auxiliares instalados

En la subestación tenemos instalados los dispositivos más básicos para el funcionamiento correcto.

Encontraremos pues los circuitos de alumbrado interior y exterior. En la zona de interior de la caseta encontramos 6 lámparas fluorescentes de 2x36W con una potencia total de 432W, mientras que en la zona de exterior colocaremos 4 focos de intemperie de 500W, con los que alumbraremos la parte de subestación exterior y la entrada a ésta, siendo su potencia total de 2000W.

Además colocaremos 4 tomas de corriente de 16A alimentadas a 230V para ayudar a enchufar dispositivos en labores de mantenimiento.

Para mantener la instalación con una temperatura media adecuada se instalará un dispositivo de extracción o ventilador de una potencia de 2.5KW. Al ser una zona de

mucho calor, conseguimos que en verano la temperatura no pase de un valor límite para que los dispositivos electrónicos funcionen correctamente.

Habrá que incluir también el alumbrado de emergencia necesario para la correcta iluminación de la estancia en caso de peligro, con lo que utilizaremos dos lámparas específicas para este cometido de 16W cada una. Con esto conseguimos cumplir las normas básicas de iluminación en casos de emergencia.

Habrá que sumarle también, la alimentación a las baterías de corriente continua para abastecer los relés de protección y los motores de corriente continua, que tendrá un valor aproximado de 20000W.

POTENCIAS SERVICIOS AUXILIARES	
Alumbrado interior	432W
Alumbrado exterior	2000W
Alumbrado emergencia	2000W
Tomas de corriente	32W
Ventilador	2500W
Baterías de corriente continua	20000W
Total	28628W

Para alimentar estos servicios auxiliares colocaremos un transformador de relación 13,2/0.4 KV con una potencia de 50 KVA situado en el interior de la caseta, que vendrá alimentado desde la celda de trafo de servicios auxiliares del embarrado de 13,2 KV. En esta celda encontraremos un seccionador y un fusible de 200A de protección en el lado de media tensión, mientras que en el armario de servicios auxiliares la protección principal será un PIA IV de 63 A, con las correspondientes protecciones para cada circuito.

12. Baterías de condensadores

12.1. Introducción

Las baterías de condensadores están compuestas por un número determinado de condensadores, consiguiéndose así una mayor capacidad. Esta naturaleza capacitiva permite que se reduzca la energía reactiva absorbida de la red en una subestación. Con esto mejora la calidad de suministro y la estabilización, de forma que se optimiza el dimensionamiento y rendimiento de la instalación.

Con la utilización de las baterías se consigue la mejora del factor de potencia de una instalación, aumentando la capacidad de transmisión de energía y reduciendo las pérdidas en el transporte. Al mejorar el factor de potencia se optimiza la calidad de la energía.

La utilización de baterías de condensadores en una subestación, ya no solo se hace para mejorar los aspectos técnicos del transporte y calidad de la energía, sino que entran en juego aspectos económicos a tener en cuenta, siendo utilizada la alternativa más satisfactoria a la hora de hacer el balance entre la mejora en la utilización de la energía reactiva y el precio de la energía y la instalación.

Técnicamente las ventajas son:

- *Aumento de la potencia disponible de los transformadores*
- *Reducción de pérdidas de potencia en las líneas, asociada a la reducción de cargas*
- *Descarga de aparataje*
- *Disminución de la caída de tensión de las líneas, en el caso de colocar la batería en bornes del receptor, o lo más cercano a los centros de consumo*

Existen dos tipos de fabricación de baterías de condensadores en función del modo de conexión que se realice, que son:

- *Condensadores monofásicos (1 ó 2 bornas) con fusibles internos para su conexión a red mediante una doble estrella, y que está recomendado para tensiones superiores a 11KV o necesidad de equipos de potencia elevada.*
- *Trifásicos (3 bornas) con fusibles internos, para su conexión directa a red trifásica, y que está recomendada su utilización para redes de tensión inferior a 11KV.*

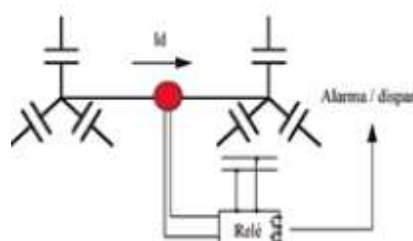
Por lo tanto, la forma más utilizada en subestaciones es la compensación de energía reactiva a través de baterías de formadas por cadenas de condensadores monofásicos conectados en doble estrella, ya que es distribución más eficiente para instalaciones de grandes potencias. Así pues, en nuestra instalación colocaremos este tipo de configuración.

Cuando se usa la tecnología de conexión de condensadores monofásicos en Doble Estrella para conseguir un grupo de condensadores de potencia, habitualmente para redes de tensiones elevadas (superiores a 11KV), la protección de los equipos se realiza mediante transformadores de intensidad y relés de protección.

La configuración en doble estrella de una batería de condensadores tiene su explicación en la utilización del neutro común para la ubicación de una protección de desequilibrio. La variación de la capacidad de una de las ramas, como consecuencia de la fusión de alguno de los fusibles internos, da lugar a un nuevo reparto de tensiones en la estrella en la que se produce. Este reparto de tensiones hará que aumente el voltaje en la fase averiada y disminuya en las fases no dañadas. Esto conlleva un desplazamiento del neutro de la estrella, apareciendo una tensión fase-neutro de desequilibrio.

La aparición de esta diferencia de potencial hace que circule una corriente de desequilibrio entre las dos estrellas, la cual es detectada por el relé que realiza la función de protección.

Esta corriente será proporcional al número de fusibles fundidos. La constante de proporcionalidad, no es más que el número de unidades básicas que pueden ser desconectadas en un condensador sin que el incremento de tensión sobre las diferentes unidades sanas pueda provocar una perforación de los dieléctricos.



12.2. Baterías de condensadores instaladas

Encontraremos dos baterías de condensadores en la parte externa de la subestación, junto a la caseta de control. La potencia de cada uno de estos dispositivos será aproximadamente de 2.75 MVar, con lo que conseguiremos una mejora en la calidad y cantidad de suministro a la red, mejorando el factor de potencia de la línea de salida de 0.82 a 0.95.

Irán conectadas a la posición de 13,2 KV situada en el interior de la caseta a través de dos celdas de media tensión independientes, en las que encontraremos las protecciones para los dispositivos capacitivos.

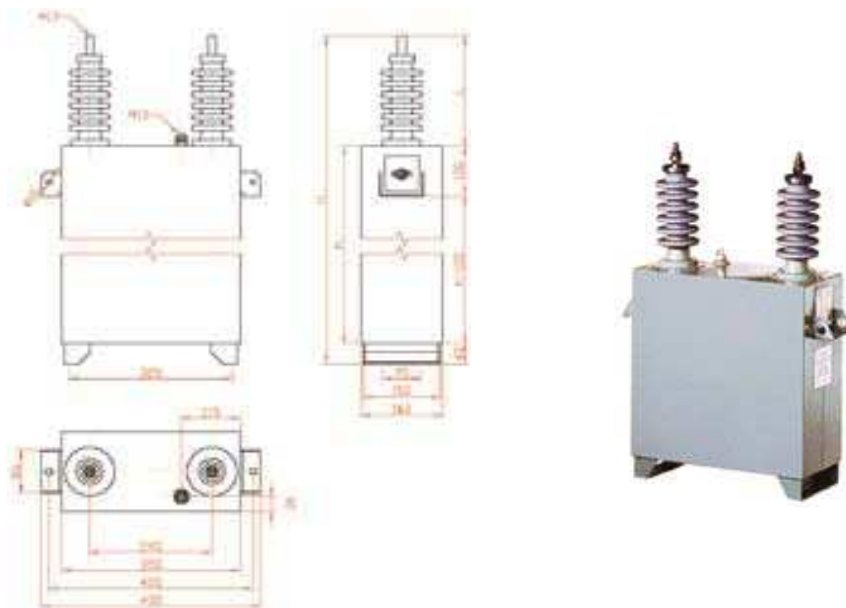
Cada una de las baterías de condensadores tendrán una la configuración en doble estrella explicada anteriormente, y estarán compuestas por 9 condensadores monofásicos con una capacidad de 300kVar cada uno de ellos

Las características más importantes de los condensadores son:

- *Fabricante: Lifasa*

Referencia	-	AMEFA6151300
Frecuencia	Hz	50/60
Potencia	kVar	300
Capacidad F-F	μ F	4.13

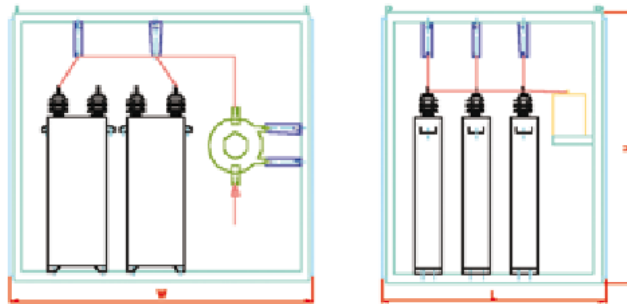
Altura		
- h	mm	600
- H	mm	918
Longitud	mm	299
Peso	Kg	46
Sobretensiones Máximas	V	Un+10% (12h de 24h diarias)
	V	Un+15% (30 minutos)
	V	Un+20% (5 minutos)
	V	Un+30% (1 minuto)
Sobrecorriente	A	1.3*In
Limitación corriente	A	Max. 100*In
Tolerancia	-	-5/+10%
Pérdidas dieléctricas	W/kVAr	0.07
Pérdidas totales condensador	W/kVAr	0.15
Nivel aislamiento	KV	24/60;28/75;38/95;50/125;70/170
Cuba	-	Acero inoxidable
Dieléctrico	-	Film propileno
Impregnante	-	Sin PCB's, biodegradable
Bornes terminales	-	Porcelana
Ventilación	-	Natural
Humedad	-	Máximo 95%
Altura max. servicio	m	1000m sobre el nivel del mar
Temp. trabajo	°C	-40°C/50°C



Las características más relevantes de las baterías de condensadores para 13.2Kv con condensadores monofásicos son:

- Fabricante: Lifasa

Referencia	-	ABATE1512700
Potencia	kVAr	2700
Potencia por condensador	kVAr	300
Número de Condensadores	-	9
Dimensiones		
- L	mm	2170
- W	mm	1820
- H	mm	1880



13. Rectificador o cargador de baterías

13.1. Introducción

Se conoce como rectificador al elemento o circuito, normalmente electrónico, que permite la conversión de una onda de corriente y tensión alterna a continua. Hay distintas clasificaciones de estos elementos dependiendo de características del rectificador como pueden ser la alimentación o el tipo de rectificación que se produce. Así pues se podrán diferenciar rectificadores trifásicos o monofásicos dependiendo de la alimentación, o también rectificadores de onda completa, media onda,... según la corrección de onda que produzca.

En el caso de los cargadores de baterías o rectificadores utilizados en las subestaciones, se tratan de elementos de alimentación trifásica o monofásica de tensión variable pero alterna, para rectificarla y obtener una tensión y corriente de forma continua. Con esto se consigue cargar las baterías de corriente continua que se instalan en la subestación con el objetivo de alimentar los distintos relés y motores.

13.2. Rectificadores o cargadores de baterías instalados

En el caso de nuestra subestación, el rectificador AC-DC se instalará en la caseta de control lo más próxima a la batería de corriente continua y de las protecciones de los servicios auxiliares. Esto es debido a que irá alimentada de forma trifásica desde el cuadro de servicios auxiliares con su respectiva protección de cabecera, y a su vez irá conectada a la batería de corriente continua. La tensión tendrá un valor de 110V que es el voltaje elegido para la batería y los distintos relés y motores.

Así pues, será un rectificador de corriente alterna/continua de alimentación trifásica alterna a 400V y una salida de corriente continua a 110V. Las características más importantes de este cargador serán:

- Fabricante: JEMA

Entrada		
- Trifásica	V(AC)	400 +15%/-20%
- Frecuencia	Hz	50
Factor de potencia	-	Hasta 0.9
Salida		
-Tensión	V(DC)	110 +0.5%/-0.5%
-Intensidad	A	De 10 a 100
- Rizado	r.m.s.	Hasta 0.1%
-Rendimiento	-	Hasta 94%
Consumo	VA	1350
Peso	kg	11.2
Dimensiones Exteriores		

- Altura	mm	1200
- Anchura	mm	600
- Profundidad	mm	300



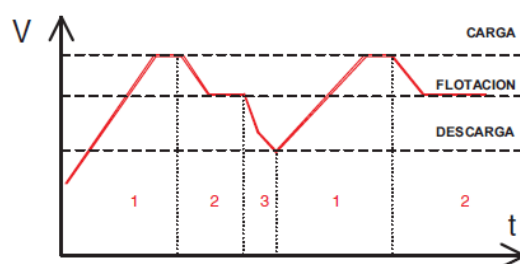
14. Batería de corriente continua

14.1. Introducción

La batería de corriente continua es el elemento a través del cual se alimentarán los motores de los seccionadores y de los disyuntores, así como los relés de alta tensión y los de media tensión. Se utiliza debido a que en caso de fallo de la instalación, la batería proporcionaría alimentación a los elementos anteriores con independencia, por lo que se podrán accionar y seguirían funcionando durante el tiempo que tenga carga la batería.

Estos dispositivos permiten su carga y descarga alimentando los relés y motores teniendo varios niveles de funcionamiento dependiendo del tipo de batería que se utilice. Así pues encontramos:

- *Estado de flotación:* para mantenimiento de la batería estando ya cargada, en función de la temperatura.
- *Estado de carga:* para reponer la capacidad perdida por la batería en una descarga a una corriente limitada y hasta una tensión final estabilizada. En este momento la batería absorbe energía a través del cargador.
- *Estado de descarga:* para alimentar los dispositivos a los que va conectada.



En las subestaciones se encuentra alimentada desde el cuadro de baja tensión de servicios auxiliares a través de un rectificador también llamado cargador de baterías.

14.2. Batería de corriente continua instalada

Al elegir que la tensión de alimentación de los relés será de 110V, que es normal en este tipo de usos, forzamos a que el rectificador y el suministro de las baterías de corriente continua sea también de 110V. Para conseguir que las baterías de corriente continua tengan ese valor de tensión deberemos conectar varias baterías en serie, ya que al unir las en esta disposición las tensiones de las pilas se van sumando hasta conseguir el valor seleccionado.

En este caso, al elegir baterías de tensión 2V tendremos que colocar 55 baterías en serie para conseguir un voltaje de 110V para alimentar a los relés y demás dispositivos que lo necesiten.

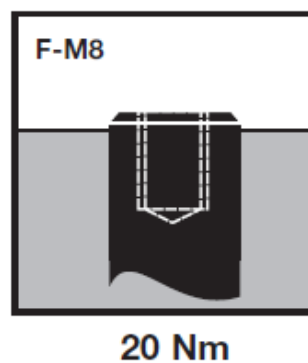
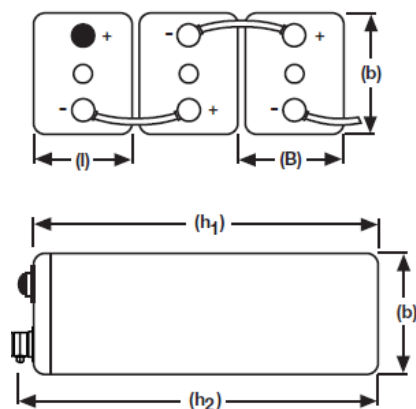
Como la capacidad de la batería tiene que ser mayor que los 362.7069Ah elegiremos dispositivos con capacidades de 420Ah.

Las baterías se colocarán de forma horizontal y estarán apiladas en cuatro grupos de 14, 14, 14 y 13 unidades, para que las dimensiones del armario donde vayan instaladas sea de 2500x1000x700 (Altura/Anchura/Profundidad).

Las características principales de las baterías utilizadas serán:

- Fabricante: Sonnenschein
- Tipo de designación acc. a DIN 40742: 6 OPzV 420 WE
- Número de partida: NGA6020420HS0FB

Voltaje nominal	V	2
Capacidad nominal	Ah	420
Corriente de descarga	A	42
Dimensiones		
- Longitud (I)	mm	147
- Anchura (b)	mm	208
- Altura (h1)	mm	475
- Altura (h2)	mm	513
- Longitud de instalación (h1)	mm	155
Pares de polos		
	-	1
Peso	Kg	35
Resistencia interna	mΩ	0.49
Corriente de cortocircuito	A	4220
Terminal	-	F-M8



15. Red de tierras

15.1. Introducción

Uno de los requisitos indispensables en una subestación es la seguridad y para evitar tensiones de paso y contacto elevadas, que pondrían en peligro la integridad de los operarios, colocamos la llamada red de tierras. Esta red de tierras consistirá, normalmente, en una malla de conductor desnudo enterrada a una profundidad dada repartida por el área de toda la subestación. Cuanto más extensa sea la malla y más longitud de cable esté enterrado, la resistencia de tierra será menor, lo que facilitará el defecto a tierra de la corriente en caso de fallo, aumentando la seguridad del operario. Todo elemento metálico (soportes, estructuras, vallas, armarios,...) de la instalación deberá estar conectado a esta malla.

Esta resistencia de tierra depende además de la resistividad del terreno, que a su vez varía en función de la época del año y de las condiciones meteorológicas. Otros factores que la determina son la concentración de sales en el terreno, la compactación y la composición.

Además según la forma de conexión del neutro de los transformadores, dependiendo de su tensión, zona geográfica y compañía, habrá que instalar una red de neutro aislada respecto de la red de mallas, que normalmente estará compuesta por un número de picas a determinar unidas todas ellas por un elemento conductor y a su vez conectadas al neutro del trafo.

Los objetivos pues de estas redes son:

- *Obtener un circuito que posea una impedancia baja para que fluya por él las corrientes de cortocircuito, corrientes producidas por sobretensiones, por descargas atmosféricas,... de forma segura*

- *Se consigue además que durante una falta a tierra, tanto las tensiones de paso como las de contacto sean de un valor reducido, con lo que la seguridad de los operarios aumenta.*

- *Para tareas de mantenimiento o maniobras en la subestación, la red de tierra nos ofrece un potencial cero, es decir una puesta a tierra para evitar sobretensiones o descargas sobre los operarios*

15.2. Red de tierras instaladas

En nuestro caso, la red de tierra estará formada por una malla de anchura 65 metros y largura de 70 metros. Utilizaremos cable de cobre desnudo de sección 95 mm² para construirla, siendo la cuadrícula de 5x5 metros. Con esto conseguimos que la longitud total de cable enterrado será de 1955 metros y la resistencia sea de 0.7081Ω. A esta red de herrajes irán conectados todos los elementos metálicos de la instalación pero también los neutros del nivel de 66KV de los transformadores de potencia.

La resistencia de neutro del transformador de servicios auxiliares estará compuesta por 4 picas en hilera. La longitud de estas picas será 2 metros y su diámetro 0.014m, siendo la separación entre ellas de 3 metros. Con esto conseguimos que la resistencia de neutro sea de 14.4Ω.

Hay que señalar que tanto el cable de la malla general como la tierra del neutro del transformador de servicios auxiliares irán enterrados a una profundidad de 0.8 metros, colocada en el momento en el que se produzcan los movimientos de tierras en la fase de construcción

CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS

1. Red de tierras y red de neutro

En cualquier subestación eléctrica reductora tendremos que disponer de una red de tierra y otra red de neutro, aislados uno respecto del otro.

La red de tierra será una malla de conductores de cobre desnudo de sección 95mm². Sus dimensiones serán, una anchura de 65 metros por una largura de 70 metros, mientras que las distancias entre las filas y columnas de conductores serán 5 metros. A esta red de tierras irán enganchados todos los elementos metálicos e instrumentos sometidos a tensión, mediante unas grapas protegidas frente a la corrosión.

1.1. Red de tierras

La fórmula utilizada en el cálculo de la resistencia de tierra (R) será:

$$R_T = \frac{\rho}{4 \cdot r} + \frac{\rho}{L}$$

ρ = Resistividad del terreno

L = Longitud total del cable de cobre desnudo enterrado

r = Radio equivalente a la superficie de la subestación

A = anchura de la malla = 65 m

B = largura de la malla = 70 m

Calculamos la superficie de la malla (S_{malla}):

$$S_{malla} = A \cdot B = 65 \cdot 70 = 4550m^2$$

Para hallar el radio equivalente igualamos la superficie de la malla a la superficie de la malla si fuese circular:

$$S_{malla} = S_{circ} = 4550m^2$$

$$S_{circ} = \pi \cdot r^2 \Rightarrow r = \sqrt{\frac{S_{circ}}{\pi}} = \sqrt{\frac{4550}{\pi}} = 38,0567m$$

d = Distancia entre conductores = 5 m

$\rho = 100 \Omega \cdot m$

Para calcular la longitud total del cable utilizamos la fórmula:

$$L = \left(\frac{A}{d} + 1\right) \cdot B + \left(\frac{B}{d} + 1\right) \cdot A = \left(\frac{65}{5} + 1\right) \cdot 70 + \left(\frac{70}{5} + 1\right) \cdot 65 = 1955m$$

Por lo tanto, la resistencia de tierra será:

$$R_T = \frac{\rho}{4 \cdot r} + \frac{\rho}{L} = \frac{100}{4 \cdot 38,0567} + \frac{100}{1955} = 0,7081\Omega$$

Así pues, la resistencia de tierras será $R_T = 0,7081\Omega$

1.2. Resistencia de neutro

La resistencia de neutro estará compuesta de 4 picas de 2 metros de longitud y diámetro 0,014m, colocadas en hilera con una separación de 3 metros entre ellas. La fórmula utilizada para este tipo de resistencia será de:

$$R_N = \rho \cdot \left(0,12 + \frac{0,072}{D} \right)$$

ρ = Resistividad del terreno = 100 $\Omega \cdot m$

D = Distancia entre picas = 3 m

$$R_N = \rho \cdot \left(0,12 + \frac{0,072}{D} \right) = 100 \cdot \left(0,12 + \frac{0,072}{3} \right) = 14,4\Omega$$

Tendremos pues una resistencia de neutro de valor $R_N = 14,4\Omega$, menor de 15 Ω como nos indica el reglamento.

1.3. Tensiones de paso y de contacto

La tensión de paso es la diferencia de potencial que durante un fallo aparece entre dos puntos de la superficie del terreno que están separados una distancia de un paso aproximadamente un metro, mientras que la tensión de contacto es aquella diferencia de potencial que en caso de falta aparece entre una estructura metálica puesta a tierra y un punto de la superficie del terreno a una distancia de un metro, que será longitud del brazo extendido. Ambas tensiones tienen que estar limitadas por medio de la construcción de una red de tierras adecuada, evitando que aparezcan voltajes superiores en cualquier punto accesible de la instalación en caso de defecto a tierra. Con esto se consigue limitar los valores de las tensiones, para certificar la seguridad y bienestar de las personas en caso de fallo en la instalación o red eléctrica.

Obtendremos por tanto unos valores teóricos, marcados por el reglamento, que luego compararemos con unos valores reales hallados mediante estudios y pruebas directamente sobre el terreno de la subestación.

Como datos orientativos, se pueden tomar que para una $I(\text{ensayo}) = 50A$, las tensiones medidas son:

$$- V_p(\text{ensayo}) = 60V$$

$$- V_c(\text{ensayo}) = 15V$$

1.3.1. Tensión de paso

Para tiempos de respuesta $t < 0,9s$ tenemos la fórmula:

$$V_p = \frac{10 \cdot K}{t^n} \cdot \left(1 + \frac{6 \cdot \rho}{1000} \right)$$

Calcularemos tanto la tensión de paso en la tierra, como en el hormigón/grava, por si los valores teóricos no cumplen respecto de los reales. En este caso utilizaríamos hormigón como suelo en lugar de tierra.

Tensión de paso teórica para la tierra:

$$K = 72$$

$$t = \text{tiempo de respuesta} = 0.5 \text{ s}$$

$$n = 1$$

$$\rho = \text{Resistividad del terreno} = 100 \Omega \cdot m$$

Sustituyendo obtenemos:

$$V_p = \frac{10 \cdot K}{t^n} \cdot \left(1 + \frac{6 \cdot \rho}{1000} \right) = \frac{10 \cdot 72}{0.5^1} \cdot \left(1 + \frac{6 \cdot 100}{1000} \right) = 2304V$$

$$V_p(\text{tierra}) = 2304V$$

Tensión de paso teórica para el hormigón/grava:

$$K = 72$$

$$t = \text{tiempo de respuesta} = 0.5 \text{ s}$$

$$n = 1$$

$$\rho = \text{Resistividad del terreno} = 3000 \Omega \cdot m$$

Sustituyendo obtenemos:

$$V_p = \frac{10 \cdot K}{t^n} \cdot \left(1 + \frac{6 \cdot \rho}{1000} \right) = \frac{10 \cdot 72}{0.5^1} \cdot \left(1 + \frac{6 \cdot 3000}{1000} \right) = 27360V$$

$$V_p(\text{hormigón / grava}) = 27360V$$

Estos datos se comparan ahora con las tensiones de paso reales, calculadas según reglamento, tras haber obtenido la intensidad de defecto real. Esta intensidad tendrá la forma:

$$I_d(\text{real}) = \frac{U / \sqrt{3}}{(R_T + R_N)}$$

$$U = \text{tensión de fase} = 66 \text{ KV}$$

R_T = Resistencia de tierra= 0.7081 Ω

R_N = Resistencia de neutro= 14.4 Ω

$$I_d(\text{real}) = \frac{U / \sqrt{3}}{(R_T + R_N)} = \frac{66 / \sqrt{3}}{(0.7081 + 14.4)} = 2522.2A$$

$$I_d(\text{real}) = 2522.2A$$

Con esta intensidad calculamos la tensión de paso real como:

$$V_p(\text{real}) = \frac{V_p(\text{ensayo}) \cdot I_d(\text{real})}{I(\text{ensayo})} = \frac{60 \cdot 2522.2}{50} = 3026.6V$$

Como $V_p(\text{tierra}) = 2304V < 3026.6V = V_p(\text{real})$ no cumple con el reglamento y tenemos que colocar hormigón o grava para aumentar la tensión de paso de la instalación.

Así pues $V_p(\text{hormigón/ grava}) = 27360V > 3026.6V = V_p(\text{real})$ sí que cumplirá las condiciones del reglamento.

1.3.2. Tensión de contacto

Para tiempos de respuesta $t < 0,9s$ tenemos la fórmula:

$$V_c = \frac{K}{t^n} \cdot \left(1 + \frac{1.5 \cdot \rho}{1000} \right)$$

Calcularemos tanto la tensión de contacto en la tierra, como en el hormigón/grava, por si los valores teóricos no cumplen respecto de los reales. En este caso utilizaríamos hormigón o grava como suelo en lugar de tierra.

Tensión de contacto teórica para la tierra:

$K = 72$

$t =$ tiempo de respuesta= 0.5 s

$n = 1$

$\rho =$ Resistividad del terreno= 100 $\Omega \cdot m$

Sustituyendo obtenemos:

$$V_c = \frac{K}{t^n} \cdot \left(1 + \frac{1.5 \cdot \rho}{1000} \right) = \frac{72}{0.5^1} \cdot \left(1 + \frac{1.5 \cdot 100}{1000} \right) = 165.6V$$

$$V_c(\text{tierra}) = 165.6V$$

Tensión de contacto teórica para el hormigón/grava:

$$K = 72$$

$$t = \text{tiempo de respuesta} = 0.5 \text{ s}$$

$$n = 1$$

$$\rho = \text{Resistividad del terreno} = 3000 \Omega \cdot \text{m}$$

Sustituyendo obtenemos:

$$V_c = \frac{K}{t^n} \cdot \left(1 + \frac{1.5 \cdot \rho}{1000}\right) = \frac{72}{0.5^1} \cdot \left(1 + \frac{1.5 \cdot 3000}{1000}\right) = 792V$$

$$V_c(\text{hormigón / grava}) = 792V$$

Estos datos se comparan ahora con las tensiones de contacto reales, calculadas según reglamento, tras haber obtenido la intensidad de defecto real. Esta intensidad tendrá la forma:

$$I_d(\text{real}) = \frac{U / \sqrt{3}}{(R_T + R_N)}$$

$$U = \text{tensión de fase} = 66 \text{ KV}$$

$$R_T = \text{Resistencia de tierra} = 0.7081 \Omega$$

$$R_N = \text{Resistencia de neutro} = 14.4 \Omega$$

$$I_d(\text{real}) = \frac{U / \sqrt{3}}{(R_T + R_N)} = \frac{66 / \sqrt{3}}{(0.7081 + 14.4)} = 2522.2A$$

$$I_d(\text{real}) = 2522.2A$$

Con esta intensidad calculamos la tensión de contacto real como:

$$V_c(\text{real}) = \frac{V_c(\text{ensayo}) \cdot I_d(\text{real})}{I(\text{ensayo})} = \frac{15 \cdot 2522.2}{50} = 756.66V$$

Como $V_c(\text{tierra}) = 165.6V < 756.66V = V_c(\text{real})$ no cumple con el reglamento, tenemos que colocar hormigón o grava para aumentar la tensión de contacto de la instalación.

Así pues $V_c(\text{hormigón / grava}) = 792V > 756.66V = V_c(\text{real})$ sí que cumplirá las condiciones del reglamento.

Así pues obtenemos que las tensiones de paso y de contacto serán de:

$$- V_p(\text{hormigón / grava}) = 27360V$$

$$- V_c(\text{hormigón / grava}) = 792V$$

Cabe destacar que otro método además de la colocación de hormigón o grava, podría ser la regulación de los relés para tiempos de disparo menores (de 0.5s a 0.3s por ejemplo), con lo que aumentaríamos también los valores tanto de la tensión de paso como la de contacto, permitiendo que se acojan a los valores establecidos por las normativas de los reglamentos.

2. Hilos de guarda

La fórmula utilizada para el cálculo de los hilos de guarda será:

$$H = \frac{4 \cdot h + \sqrt{16 \cdot h^2 - 12 \cdot (h^2 - a^2)}}{6}$$

h= altura de los conductores con tensión

a= distancia entre conductores

Para calcular la altura mínima distancia entre los conductores y el suelo tenemos dos fórmulas distintas, de las que elegiremos el valor más restrictivo de ambos resultados. Así pues:

$$\begin{aligned} - h(m) &= 5.30 + \frac{V_{\text{máselevada}}}{150} \\ - h(cm) &= 550 + 1.2(cm / KV) \cdot V_{\text{máselevada}} \quad (\text{valor de reglamento}) \end{aligned}$$

Habrá que distinguir también entre los resultados obtenidos entre el nivel de 66 KV y el de 13.2 KV, eligiendo el valor más restrictivo.

Nivel de 66 KV

$$V_{\text{máselevada}} = 72.5 \text{ KV}$$

$$\begin{aligned} - h(m) &= 5.30 + \frac{V_{\text{máselevada}}}{150} = 5.30 + \frac{72.5}{150} = 5.7833m \\ - h(cm) &= 550 + 1.2(cm / KV) \cdot V_{\text{máselevada}} = 550 + 1.2 \cdot 72.5 = 637cm \Rightarrow h = 6.37m \end{aligned}$$

Por lo tanto, en el nivel de 66 KV, utilizamos la altura h más restrictiva que será h=6.37m

Nivel de 13.2 KV

$$V_{\text{máselevada}} = 17.5 \text{ KV}$$

$$\begin{aligned} - h(m) &= 5.30 + \frac{V_{\text{máselevada}}}{150} = 5.30 + \frac{17.5}{150} = 5.4167m \\ - h(cm) &= 550 + 1.2(cm / KV) \cdot V_{\text{máselevada}} = 550 + 1.2 \cdot 17.5 = 571cm \Rightarrow h = 5.71m \end{aligned}$$

Por lo tanto en el nivel de 13.2KV, utilizamos la altura h más restrictiva que será h=5.71m

Tras estos cálculos se compararan las alturas obtenidas para los dos niveles, siendo la más restrictiva la altura del nivel de 66 KV. La h utilizada por lo tanto será 6.37m, que la redondearemos a 6,5 m.

Esta altura $h_1 = 6.5$ se corresponde con la de las barras longitudinales de la estación (altura baja), mientras que las barras transversales se situarán a una distancia de 1.5 metros por encima (altura alta) obtenida de las distancias de seguridad mínimas entre conductores.

$$h_2 = h_1 + 1.5 = 6.5 + 1.5 = 8m$$

Por lo tanto la altura de las barras transversales será de $h_2 = 8m$ sobre el suelo. Así pues, según la fórmula del hilo de guarda y con:

$$2 \cdot a = 14m \Rightarrow a = \frac{14}{2} = 7m$$

$$h = 8m$$

$$H = \frac{4 \cdot h + \sqrt{16 \cdot h^2 - 12 \cdot (h^2 - a^2)}}{6} = \frac{4 \cdot 8 + \sqrt{16 \cdot 8^2 - 12 \cdot (8^2 - 7^2)}}{6} = 10.17m \quad \text{que la}$$

elevaremos a $H = 10.5m$ para una mayor protección.

La comprobación de los cálculos se realiza por medio de:

$$H - h \geq 2 \cdot d$$

$$d = 0.1 + \frac{V_{\text{máselevada}}}{150} = 0.1 + \frac{72.5}{150} = 0.5833m$$

$$H - h \geq 2 \cdot d \Rightarrow 10.5 - 8 \geq 2 \cdot 0.5833 \Rightarrow 2.5 \geq 1.1667 \Rightarrow \text{Cumple las condiciones}$$

Así pues, con el fin de unificar todas las alturas de la subestación elegimos que la altura de los hilos de guarda será de $H = 10.5m$, obteniéndose una completa protección de todos los elementos, todos los dispositivos y toda la aparamenta de la instalación.

3. Distancias de seguridad

Nivel de 66 KV

Según el apartado 5.1.2. de la instrucción técnica complementaria ITC MIE-RAT 14 del reglamento de centrales eléctricas y subestaciones:

Tensión nominal de la instalación KV ≤	20	30	45	66	110	132	220
"d" en centímetros	20	27	38	57	95	110	185

Para una tensión de 66 KV obtenemos $d=57\text{cm}$

- *Distancia de valla exterior a aparatos con tensión:*

$$G = 150\text{cm} + d = 150 + 57 = 207\text{cm} \Rightarrow G = 2.5\text{m}$$

- *Distancia de valla interior a aparatos con tensión:*

$$C = 10\text{cm} + d = 10 + 57 = 67\text{cm} \Rightarrow C = 1\text{m}$$

- *Distancia de bornes con tensión al suelo:*

$$H = 250\text{cm} + d = 250 + 57 = 307\text{cm} \Rightarrow H = 3.5\text{m}$$

- *Distancia de cables de embarrado al suelo:*

$$H = 550\text{cm} + 1.2(\text{cm} / \text{KV}) \cdot V_{\text{máselevada}} = 550 + 1.2 \cdot 72.5 = 637\text{cm} \Rightarrow H = 6.5\text{m}$$

- *Distancia mínima entre fase y tierra:* según la tabla 4 del apartado 3.2. de la instrucción técnica complementaria ITC MIE-RAT 12

Tensión soportada nominal a los impulsos tipo rayo (KV cresta)	Distancia mínima fase-tierra en el aire (cm)
20	6
40	6
60	9
75	12
95	16
125	22
145	27
170	32
250	48
325	63
450	90
550	110
650	130
750	150

$$V_n = 66\text{KV}$$

$$V_{\text{máselevada}} = 72.5\text{KV}$$

$$V_{\text{rayo}}(1.2/50\mu\text{s}) = 325\text{KV}$$

$$d = 63\text{cm} \Rightarrow \text{Aproximando} \Rightarrow D = 1.5\text{m}$$

-Distancia mínima entre fases: según la tabla 5 del apartado 3.3.1. de la instrucción técnica complementaria ITC MIE-RAT 12

Tensión soportada nominal a los impulsos tipo rayo (KV cresta)	Distancia mínima fase-tierra en el aire (cm)
20	6
40	6
60	9
75	12
95	16
125	22
145	27
170	32
250	48
325	63
450	90
550	110
650	130
750	150
850	170
950	190
1050	210

$$V_n = 66\text{KV}$$

$$V_{\text{máselevada}} = 72.5\text{KV}$$

$$V_{\text{rayo}}(1.2/50\mu\text{s}) = 325\text{KV}$$

$$d = 63\text{cm} \Rightarrow \text{Aproximando} \Rightarrow D = 1.5\text{m}$$

Nivel de 13.2 KV

Según el apartado 5.1.2. de la instrucción técnica complementaria ITC MIE-RAT 14 del reglamento de centrales eléctricas y subestaciones:

Tensión nominal de la instalación KV _≤	20	30	45	66	110	132	220
"d" en centímetros	20	27	38	57	95	110	185

Para una tensión de 13.2 KV obtenemos d=20cm

- Distancia de valla exterior a aparatos con tensión:
 $G = 150\text{cm} + d = 150 + 20 = 170\text{cm} \Rightarrow G = 2\text{m}$

- Distancia de valla interior a aparatos con tensión:
 $C = 10\text{cm} + d = 10 + 20 = 30\text{cm} \Rightarrow C = 0.5\text{m}$

- Distancia de bornes con tensión al suelo:
 $H = 250\text{cm} + d = 250 + 20 = 270\text{cm} \Rightarrow H = 3\text{m}$

- *Distancia de cables de embarrado al suelo:*

$$H = 550\text{cm} + 1.2(\text{cm} / \text{KV}) \cdot V_{\text{máselevada}} = 550 + 1.2 \cdot 17.5 = 571\text{cm} \Rightarrow H = 6\text{m}$$

- *Distancia mínima entre fase y tierra:* según la tabla 4 del apartado 3.2. de la instrucción técnica complementaria ITC MIE-RAT 12

Tensión soportada nominal a los impulsos tipo rayo (KV cresta)	Distancia mínima fase-tierra en el aire (cm)
20	6
40	6
60	9
75	12
95	16
125	22
145	27
170	32
250	48
325	63
450	90
550	110
650	130
750	150

$$V_n = 13.2\text{KV}$$

$$V_{\text{máselevada}} = 17.5\text{KV}$$

$$V_{\text{rayo}}(1.2 / 50\mu\text{s}) = 95\text{KV}$$

$$d = 16\text{cm} \Rightarrow \text{Aproximando} \Rightarrow D = 0.5\text{m}$$

- *Distancia mínima entre fases:* según la tabla 5 del apartado 3.3.1. de la instrucción técnica complementaria ITC MIE-RAT 12

Tensión soportada nominal a los impulsos tipo rayo (KV cresta)	Distancia mínima fase-tierra en el aire (cm)
20	6
40	6
60	9
75	12
95	16
125	22
145	27
170	32
250	48
325	63
450	90
550	110
650	130
750	150

850	170
950	190
1050	210

$$V_n = 13.2KV$$

$$V_{máselevada} = 17.5KV$$

$$V_{rayo} (1.2/50\mu s) = 95KV$$

$$d = 16cm \Rightarrow \text{Aproximando} \Rightarrow D = 0.5m$$

4. Autoválvulas

Las autoválvulas utilizadas en nuestra instalación serán del tipo Óxidos Metálicos "ZSH". Los cálculos estarán descompuestos según los niveles de tensión, dependiendo también de la conexión del neutro de forma rígida a tierra o aislado. De esta manera distinguimos dos fórmulas según:

- Neutro rígidamente conectado a tierra:

$$\text{Tensión asignada} \Rightarrow V_a = \frac{V_{\text{máselevada}} \cdot 0.81}{T_c}$$

- Neutro aislado:

$$\text{Tensión asignada} \Rightarrow V_a = \frac{V_{\text{máselevada}}}{T_c}$$

Nivel 66 KV

$$V_n = 66KV$$

$$V_{\text{máselevada}} = 72.5KV$$

$$V_{\text{rayo}}(1.2/50\mu s) = 325KV \Rightarrow \text{Nivel de aislamiento} = NA = 325KV$$

$$I_d = 10KA \Rightarrow \text{Intensidad de defecto a tierra}$$

$$T_c = 1.22s \Rightarrow \text{Tiempo de}$$

Neutro rígidamente conectado a tierra

$$V_a = \frac{V_{\text{máselevada}} \cdot 0.81}{T_c} = \frac{72.5 \cdot 0.81}{1.22} = 48.1352KV \Rightarrow V_a(\text{tablas}) = 54KV$$

Para la tensión asignada para tablas $V_a(\text{tablas}) = 54KV$ encontramos los tres valores de tensiones:

- Tensión de maniobra = 90.7 KV
- Tensión máxima al frente de onda $(1.2/50\mu s) = 118/1.15 = 102.6087KV$
- Tensión residual máxima $(8/20\mu s) = 117KV$

De entre estos tres valores elegimos el de tensión mayor que será la tensión residual máxima igualándolo al Nivel de Protección (NP=117), y comprobando según la fórmula del margen de protección:

$$\text{Margen de Protección} \Rightarrow MP = \left(\frac{NA}{NP} - 1 \right) \cdot 100 = \left(\frac{325}{117} - 1 \right) \cdot 100 = 177.7778\%$$

Como $MP = 177.7778\% > 30\%$ que nos obliga el reglamento, por lo que cumple con las condiciones. Por lo tanto las autoválvulas del nivel de 66KV tendrán las características principales:

$$NA = 325KV$$

$$\begin{aligned} NP &= 117 \text{ KV} \\ V_a(\text{tablas}) &= 54 \text{ KV} \\ I_d &= 10 \text{ KA} \end{aligned}$$

Nivel 13.2 KV

$$\begin{aligned} V_n &= 13.2 \text{ KV} \\ V_{\text{máselevada}} &= 17.5 \text{ KV} \\ V_{\text{rayo}}(1.2/50\mu\text{s}) &= 95 \text{ KV} \Rightarrow \text{Nivel de aislamiento} = NA = 95 \text{ KV} \\ I_d &= 10 \text{ KA} \Rightarrow \text{Intensidad de defecto a tierra} \\ T_c &= 1.22 \text{ s} \Rightarrow \text{Tiempo de} \\ &\text{Neutro aislado} \end{aligned}$$

$$V_a = \frac{V_{\text{máselevada}}}{T_c} = \frac{17.5}{1.22} = 14.344 \text{ KV} \Rightarrow V_a(\text{tablas}) = 15 \text{ KV}$$

Para la tensión asignada para tablas $V_a(\text{tablas}) = 15 \text{ KV}$ encontramos los tres valores de tensiones:

- Tensión de maniobra = 28.3 KV
- Tensión máxima al frente de onda $(1.2/50\mu\text{s}) = 36.8/1.15 = 32 \text{ KV}$
- Tensión residual máxima $(8/20\mu\text{s}) = 36.4 \text{ KV}$

De entre estos tres valores elegimos el de tensión mayor que será la tensión residual máxima igualándolo al Nivel de Protección ($NP = 117$), y comprobando según la fórmula del margen de protección:

$$\text{Margen de Protección} \Rightarrow MP = \left(\frac{NA}{NP} - 1 \right) \cdot 100 = \left(\frac{95}{36.4} - 1 \right) \cdot 100 = 160.989\%$$

Como $MP = 160.989\% > 30\%$ que nos obliga el reglamento, por lo que cumple con las condiciones. Por lo tanto las autoválvulas del nivel de 13.2 KV tendrán las características principales:

$$\begin{aligned} NA &= 95 \text{ KV} \\ NP &= 36.4 \text{ KV} \\ V_a(\text{tablas}) &= 15 \text{ KV} \\ I_d &= 10 \text{ KA} \end{aligned}$$

5. Intensidades

5.1. Intensidades del nivel de 66 KV

Posiciones de línea de 66 KV:

Para las posiciones de entrada de la subestación, calcularemos las intensidades para que toda la energía pudiese evacuarse únicamente por una línea, es decir:

$$S_{prevista} = S_{T1} + S_{T2} = 10MVA + 10MVA = 20MVA$$

$$I_{L66KV} = \frac{S_{prevista}}{\sqrt{3} \cdot U} = \frac{20MVA}{\sqrt{3} \cdot 66KV} = 174.9546A$$

Posiciones de trafo de 66 KV:

Para las posiciones de trafo, calcularemos las intensidades para la potencia del transformador:

$$S_{prevista} = S_{T1} = S_{T2} = 10MVA$$

$$I_{T66KV} = \frac{S_{prevista}}{\sqrt{3} \cdot U} = \frac{10MVA}{\sqrt{3} \cdot 66KV} = 87.4773A$$

5.2. Intensidades del nivel de 13.2 KV

Posiciones de trafo de 13.2 KV:

Para las posiciones de trafo la potencia utilizada será la de cada transformador:

$$S_{prevista} = S_{T1} = S_{T2} = 10MVA$$

$$I_{T13.2KV} = \frac{S_{prevista}}{\sqrt{3} \cdot U} = \frac{10MVA}{\sqrt{3} \cdot 13.2KV} = 437.3866A$$

Posiciones de línea de 13.2 KV:

Para las posiciones de salida de la subestación, calcularemos las intensidades para que la potencia nominal de los transformadores pueda ser evacuada sobradamente por tres de las posiciones en caso de que fallase una de las cuatro líneas de salida. Por lo tanto al ser la potencia nominal 20 MVA para una evacuación de forma correcta, dimensionaremos los cables para potencias de 8 MVA:

$$S_{prevista} = 8MVA$$

$$I_{L13.2KV} = \frac{S_{prevista}}{\sqrt{3} \cdot U} = \frac{8MVA}{\sqrt{3} \cdot 13.2KV} = 349.9092A$$

Posición batería de condensadores 1 y batería de condensadores 2:

La potencia calculada para la batería de condensadores será de 2.75 MVar, con un $\cos\varphi=0.95$ por lo que:

$$\varphi = \arccos(0.95) = 34.9152^\circ$$

$$Q_{prevista} = 2.75 \text{ MVar}$$

$$I_{BC} = \frac{Q_{prevista}}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \sin\varphi} = \frac{2.75 \text{ MVar}}{\sqrt{3} \cdot 13.2 \text{ KV} \cdot \sin(34.9152)} = 385.2079 \text{ A}$$

6. Batería de condensadores

Para la compensación del factor de potencia incluiremos baterías de condensadores que calcularemos partiendo de unas condiciones iniciales para llegar a una situación final deseada y más recomendable para el rendimiento de la subestación.

Condiciones iniciales:

$$S = 20MVA$$

$$\cos(\varphi) = 0.82$$

$$\varphi = 34.9152$$

$$P_i = S \cdot \cos \varphi = 20 \cdot 0.82 = 16.4MW$$

$$Q_i = S \cdot \operatorname{sen} \varphi = 20 \cdot \operatorname{sen}(34.9152) = 11.4473MVAr$$

Condiciones finales:

$$S = 20MVA$$

$$\cos(\varphi) = 0.95$$

$$\varphi = 18.1949$$

$$P_f = S \cdot \cos \varphi = 20 \cdot 0.95 = 19MW$$

$$Q_f = S \cdot \operatorname{sen} \varphi = 20 \cdot \operatorname{sen}(18.1949) = 6.245MVAr$$

Condiciones rectificadas:

$$Q_c = Q_i - Q_f = 11.4473 - 6.245 = 5.2023MVAr \Rightarrow Q_c = 5.5MVAr$$

Para la compensación del factor de potencia utilizaremos dos baterías que tendrán una potencia cada una de la mitad de la total a compensar, consiguiendo así unas corrientes en las celdas menores:

$$Q_{bateria1} = Q_{bateria2} = \frac{Q_c}{2} = \frac{5.5}{2} = 2.75MVAr$$

Capacidad de los condensadores

Como tenemos una potencia elevada y una tensión por encima de 11KV, utilizaremos la configuración de la doble estrella, con un 9 condensadores por cada batería que tendrán una capacidad de:

$$Q_{condensadores} = \frac{Q_{bateria1}}{n^\circ \text{ condensadores}} = \frac{Q_{bateria2}}{n^\circ \text{ condensadores}} = \frac{2750kVAr}{9} = 305.5555kVAr \approx 300kVAr$$

Con lo que utilizaremos en cada una de las baterías, una configuración en doble estrella con 9 condensadores de 300kVAr cada uno.

7. Secciones

Tanto en el nivel de 66 KV como en el de 13.2 KV tenemos parte subterránea y parte aérea. Las secciones vendrán condicionadas por los valores de intensidad de las tablas del reglamento. A lo largo de este punto descompondremos los distintos niveles de voltaje diferenciando las partes subterráneas de las aéreas.

Para las partes subterráneas tendremos en cuenta la tabla 12 de la ITC-LAT 06 del reglamento de alta tensión:

Sección (mm ²)	EPR		XLPE		HEPR	
	Cu	Al	Cu	Al	Cu	Al
25	115	90	120	90	125	95
35	135	105	145	110	150	115
50	160	125	170	130	180	135
70	200	155	205	160	220	170
95	235	185	245	190	260	200
120	270	210	280	215	295	230
150	305	235	315	245	330	255
185	345	270	355	280	375	290
240	400	310	415	320	440	345
300	450	355	460	365	500	390
400	510	405	520	415	565	450

Para las partes aéreas de la instalación tendremos en cuenta los valores de la tabla 12 del apartado 4.2.1. del reglamento del alta tensión:

Sección nominal mm ²	Densidad de Corriente A/mm ²		
	Cobre	Aluminio	Aleación de aluminio
10	8.75		
15	7.60	6.00	5.60
25	6.35	5.00	4.65
35	5.75	4.55	4.25
50	5.10	4.00	3.70
70	4.50	3.55	3.30
95	4.05	3.20	3.00
125	3.70	2.90	2.70
160	3.40	2.70	2.50
200	3.20	2.50	2.30
250	2.90	2.30	2.15
300	2.75	2.15	2.00
400	2.50	1.95	1.80
500	2.30	1.80	1.70
600	2.10	1.65	1.55

7.1. Secciones del nivel de 66 KV

Posición de línea de 66 KV (PARTE SUBTERRÁNEA)

La intensidad que circulará como máximo por estas posiciones serán las calculadas anteriormente, por lo que:

$$I_{L66KV} = 174.9546A$$

Según la tabla de cables subterráneos:

Sección	EPR		XLPE		HEPR	
	Cu	Al	Cu	Al	Cu	Al
50	160	125	170	130	180	135
70	200	155	205	160	220	170
95	235	185	245	190	260	200
400	510	405	520	415	565	450

Aunque con cables de pequeño diámetro ya podríamos conducir toda la electricidad ($s = 95mm^2 \Rightarrow I = 190A$, con aislamiento de XLPE), en subestaciones es normal utilizar cable de sección $s = 400mm^2 \Rightarrow I = 415A$, por lo que utilizaremos:

- Cable de aislamiento en XLPE 1x(3x400 mm²) Al con una $I_{max} = 415A$.

Posición de línea y barras de 66 KV (PARTE AÉREA)

La intensidad que circulará como máximo por estas posiciones serán las calculadas anteriormente, por lo que:

$$I_{L66KV} = 174.9546A$$

Según la tabla de cables aéreos:

Sección nominal mm ²	Densidad de Corriente Aluminio A/ mm ²	Corriente A
35	4.55	159.25
50	4.00	200
70	3.55	248.5
200	2.50	500

Aunque con cables de pequeño diámetro ya podríamos conducir toda la electricidad ($s = 50mm^2 \Rightarrow I = 200A$, $s = 70mm^2 \Rightarrow I = 248.5A$), en subestaciones es normal utilizar cable LA-280 Hawk ahora conocido como 242-AL1-39-ST1A cuya sección es inmediatamente superior a $s = 200mm^2 \Rightarrow I = 500A$, por lo que el conductor utilizado será:

Cable LA-280 Hawk 1x(3x200 mm²)Al con $I_{\max} = 500A$, aunque al tener más sección que 200 mm² (242mm² de Al) podrá soportar más intensidad.

Posición de trafo de 66 KV (PARTE AÉREA)

La intensidad que circulará como máximo por estas posiciones serán las calculadas anteriormente, por lo que:

$$I_{T66KV} = 87.4773A$$

Según la tabla de cables aéreos:

Sección nominal mm ²	Densidad de Corriente Aluminio A/ mm ²	Corriente A
15	6	90
25	5	125
200	2.50	500

Aunque con cables de pequeño diámetro ya podríamos conducir toda la electricidad ($s = 15mm^2 \Rightarrow I = 90A$, $s = 25mm^2 \Rightarrow I = 125A$), en subestaciones es normal utilizar cable LA-280 Hawk ahora conocido como 242-AL1-39-ST1A cuya sección es inmediatamente superior a $s = 200mm^2 \Rightarrow I = 500A$, por lo que el conductor utilizado será:

Cable LA-280 Hawk 1x(3x200 mm²)Al con $I_{\max} = 500A$, aunque al tener más sección que 200 mm² (242mm² de Al) podrá soportar más intensidad.

7.2. Secciones del nivel de 13.2 KV

Posición de trafo de 13.2 KV (PARTE AÉREA)

La intensidad que circulará como máximo por estas posiciones serán las calculadas anteriormente, por lo que:

$$I_{T13.2KV} = 437.3866A$$

Según la tabla de cables aéreos:

Sección nominal mm ²	Densidad de Corriente Aluminio A/ mm ²	Corriente A
160	2.70	432
200	2.50	500
250	2.30	575

En este caso, a la salida del trafo hay una pequeña parte de la línea en forma aérea antes de pasar a subterránea. Con la intensidad que se desarrolla podemos

utilizar el cable LA-280 Hawk ahora conocido como 242-AL1-39-ST1A, muy utilizado en las subestaciones cuya sección es inmediatamente superior a $s = 200\text{mm}^2 \Rightarrow I = 500\text{A}$, por lo que el conductor utilizado será:

Cable LA-280 Hawk $1 \times (3 \times 200\text{mm}^2)\text{Al}$ con $I_{\text{max}} = 500\text{A}$, aunque al tener más sección que 200mm^2 (242mm^2 de Al) podrá soportar más intensidad y así quedará sobredimensionado para un funcionamiento correcto bajo condiciones de seguridad apropiadas.

Posición de trafo de 13.2 KV (PARTE SUBTERRÁNEA)

La intensidad que circulará como máximo por estas posiciones serán las calculadas anteriormente, por lo que:

$$I_{T13.2KV} = 437.3866\text{A}$$

Según la tabla de cables subterráneos:

Sección	EPR		XLPE		HEPR	
	Cu	Al	Cu	Al	Cu	Al
240	400	310	415	320	440	345
300	450	355	460	365	500	390
400	510	405	520	415	565	450

Como ya hemos dicho antes en subestaciones es normal utilizar cable de sección $s = 400\text{mm}^2 \Rightarrow I = 415\text{A}$. Si colocásemos un único conductor por fase, la intensidad máxima estaría por encima de la intensidad límite del cable por lo que tendremos que aumentar a dos cables por fase para conseguir un funcionamiento correcto de la instalación. Por lo tanto utilizaremos:

- Cable de aislamiento en XLPE $2 \times (3 \times 400\text{mm}^2)\text{Al}$ con una $I_{\text{max}} = 830\text{A}$.

Al tener dos ternas de cables bajo tubo a una distancia $d=0.2\text{m}$ en cada posición de trafo tendremos que multiplicar por el factor de corrección 0.83 para comprobar que la intensidad resultante de las dos ternas de cables es mayor que la máxima para la que está previsto el circuito. Así pues

$$I_{\text{max terna}} = I_{\text{max}} \cdot k_{\text{corrección}} = 830 \cdot 0.83 = 688.9\text{A} \geq I_{T13.2KV} = 437.3866\text{A} \Rightarrow \text{Cumple}$$

Posición de línea de 13.2 KV (PARTE SUBTERRÁNEA)

La intensidad que circulará como máximo por estas posiciones serán las calculadas anteriormente, por lo que:

$$I_{L13.2KV} = 349.9092\text{A}$$

Según la tabla de cables subterráneos:

Sección	EPR		XLPE		HEPR	
	Cu	Al	Cu	Al	Cu	Al
240	400	310	415	320	440	345
300	450	355	460	365	500	390
400	510	405	520	415	565	450

Como ya hemos dicho antes en subestaciones es normal utilizar cable de sección $s = 400\text{mm}^2 \Rightarrow I = 415\text{A}$, por lo que en nuestro caso utilizaremos un conductor por fase con aislamiento en XLPE que nos proporcionará un funcionamiento correcto de la instalación, así pues el cable será:

- Cable de aislamiento en XLPE $1\text{x}(3\text{x}400\text{mm}^2)$ Al con una $I_{\text{max}} = 415\text{A}$.

Posición de batería de condensadores 1 y batería de condensadores 2 (PARTE SUBTERRÁNEA)

La intensidad que circulará como máximo por estas posiciones serán las calculadas anteriormente, por lo que:

$$I_{BC} = 385.2079\text{A}$$

Según la tabla de cables subterráneos:

Sección	EPR		XLPE		HEPR	
	Cu	Al	Cu	Al	Cu	Al
240	400	310	415	320	440	345
300	450	355	460	365	500	390
400	510	405	520	415	565	450

Como ya hemos dicho antes en subestaciones es normal utilizar cable de sección $s = 400\text{mm}^2 \Rightarrow I = 415\text{A}$, por lo que en nuestro caso utilizaremos un conductor por fase con aislamiento en XLPE que nos proporcionará un funcionamiento correcto de la instalación, así pues el cable será:

- Cable de aislamiento en XLPE $1\text{x}(3\text{x}400\text{mm}^2)$ Al con una $I_{\text{max}} = 415\text{A}$.

8. Batería de corriente continua

Los dispositivos a los que alimenta la batería de corriente continua son los relés para protección y los motores para la apertura y cierre de los seccionadores y de los disyuntores del nivel de 66KV y de los disyuntores de las celdas de media tensión (nivel de 13.2KV). Tanto relés como motores funcionarán a una tensión de 110 V en corriente continua. La batería por su parte estará alimentada por un cargador de baterías o inversor, que transformará la tensión alterna de 400V a corriente continua de 110V.

Por lo tanto habrá que hacer un recuento de todos estos elementos, que será:

Relés	46
Disyuntores nivel 66KV	8
Seccionadores nivel 66KV	22
Disyuntores nivel 13.2KV	8

Con el número total de dispositivos procederemos al cálculo de las intensidades y capacidades de la batería:

Cálculo de la intensidad de los relés:

$$N^{\circ}_{relés} = \text{Número de relés} = 46$$

$$P_{rele} = \text{Potencia de los relés} = 10VA$$

$$P_{total} = N^{\circ}_{relés} \cdot P_{relés} = 46 \cdot 10 = 460VA$$

$$I_{total} = \frac{P_{total}}{V_{cc}} = \frac{460VA}{110V} = 4.1818A$$

Conociendo que la autonomía aproximada de los relés es de 10 horas:

$$I_{relés} = I_{total} \cdot n^{\circ} \text{ horas} = 4.1818 \cdot 10 = 41.818Ah$$

Cálculo de la intensidad de los motores de los disyuntores y seccionadores:

$$N^{\circ}_{motores} = 8 + 22 + 8 = 38 \text{ motores}$$

$$P_{motor} = \text{Potencia de los motores} = 220W$$

$$P_{total} = N^{\circ}_{motores} \cdot P_{motor} = 38 \cdot 220 = 8360W$$

$$I_{total} = \frac{P_{total}}{V_{cc} \cdot \cos \varphi} = \frac{8360W}{110V \cdot 0.9} = 84.4444A$$

Sabiendo que el muelle de los motores tarda en cargarse aproximadamente 1 minuto y que se pueden producir unas 6 maniobras:

$$T_{carga} = N^{\circ}_{motores} \cdot t_{carga} \cdot n^{\circ} \text{ maniobras} = 38 \cdot 1 \text{ min} \cdot \frac{1 \text{ horas}}{60 \text{ min}} \cdot 6 = 3.8 \text{ horas}$$

$$I_{\text{motores}} = I_{\text{total}} \cdot T_{\text{carga}} = 84.4444 \cdot 3.8 = 320.8889 Ah$$

Así pues, la batería tendrá que tener:

$$I_{\text{batería}} = I_{\text{reles}} + I_{\text{motores}} = 41.818 + 320.8889 = 362.7069 Ah$$

9. Cadena de aisladores

9.1. Cadena de aisladores del nivel de 66 KV

En este nivel de tensión los valores son:

$$V_n = 66KV$$

$$V_{máselevada} = 72.5KV$$

$$V_{rayo}(1.2/50\mu s) = 325KV \Rightarrow \text{Nivel de aislamiento} = NA = 325KV$$

Utilizando aisladores del tipo E-100

$$\text{Diámetro} = 255 \text{ mm}^2$$

$$\text{Paso} = 146 \text{ mm}^2$$

Según la tabla del fabricante:

Diámetro x Paso 255x146mm			
N	A	B	C
3	180	110	270
4	225	140	340
5	270	175	410

A Tensión soportada a frecuencia industrial en seco
B Tensión soportada a frecuencia industrial bajo lluvia
C Tensión soportada al impulso tipo rayo 1.2/50µs

$$4 \text{ elementos} \Rightarrow V_{rayo}(1.2/50\mu s) = 340KV$$

Utilizando la fórmula:

$$D = 0.1 + \frac{V_{máselevada}}{150} = 0.1 + \frac{72.5}{150} = 0.583m \Rightarrow D = 583.3333mm^2$$

$$n^\circ \text{ elementos} = \frac{D}{\text{Paso}} = \frac{583.3333}{146} = 3.9954 \text{ elementos} \cong 4 \text{ elementos}$$

Como el número de aisladores por medio de la tabla sale muy parecido al número de aisladores por medio de la fórmula tenemos que aumentar el cantidad a 5 elementos.

Así pues en el nivel de 66KV utilizamos 5 aisladores

9.2. Cadena de aisladores del nivel de 13.2 KV

En este nivel de tensión los valores son:

$$V_n = 13.2KV$$

$$V_{máselevada} = 17.5KV$$

$$V_{rayo}(1.2/50\mu s) = 95KV \Rightarrow \text{Nivel de aislamiento} = NA = 95KV$$

Utilizando aisladores del tipo E-100

$$\text{Diámetro} = 255 \text{ mm}^2$$

$$\text{Paso} = 146 \text{ mm}^2$$

Según la tabla del fabricante:

Diámetro x Paso 255x146mm			
N	A	B	C
1	70	40	100
2	130	75	190
3	180	110	270

A Tensión soportada a frecuencia industrial en seco
B Tensión soportada a frecuencia industrial bajo lluvia
C Tensión soportada al impulso tipo rayo 1.2/50μs

$$1 \text{ elemento} \Rightarrow V_{rayo}(1.2/50\mu s) = 100KV$$

Utilizando la fórmula:

$$D = 0.1 + \frac{V_{máselevada}}{150} = 0.1 + \frac{17.5}{150} = 0.2166m \Rightarrow D = 216.6666 \text{ mm}^2$$

$$n^\circ \text{ elementos} = \frac{D}{\text{Paso}} = \frac{216.6666}{146} = 1.484 \text{ elementos} \cong 2 \text{ elementos}$$

Como el número de aisladores por medio de la tabla es menor al número de aisladores por medio de la fórmula tenemos que aumentar la cantidad a 3 elementos.

Así pues en el nivel de 13.2 KV utilizamos 3 aisladores

10. Nivel de aislamiento

10.1. Nivel de aislamiento 66 KV

Utilizando la tabla del fabricante de los aisladores utilizados:

DiametroxPaso 255x146mm			
N	A	B	C
5	270	175	410
A Tensión soportada a frecuencia industrial en seco B Tensión soportada a frecuencia industrial bajo lluvia C Tensión soportada al impulso tipo rayo 1.2/50µs			

Por lo tanto el mayor valor es C=410KV.

Según reglamento para tensión 66 KV:

$$V_{\text{rayo}}(1.2/50\mu\text{s}) = 325\text{KV}$$

$$V_{\text{f.i.}} = 140\text{KV (Frecuencia industrial)}$$

Así pues, como $C = 410\text{KV} > 325\text{KV} = V_{\text{rayo}}(1.2/50\mu\text{s})$ cumple con las condiciones de aislamiento. En caso contrario habría que aumentar el número de aisladores.

10.2. Nivel de aislamiento 13.2 KV

Utilizando la tabla del fabricante de los aisladores utilizados:

DiametroxPaso 255x146mm			
N	A	B	C
3	180	110	270
A Tensión soportada a frecuencia industrial en seco B Tensión soportada a frecuencia industrial bajo lluvia C Tensión soportada al impulso tipo rayo 1.2/50µs			

Por lo tanto el mayor valor es C=270 KV.

Según reglamento para tensión 13.2 KV:

$$V_{\text{rayo}}(1.2/50\mu\text{s}) = 95\text{KV}$$

$$V_{\text{f.i.}} = 38\text{KV (Frecuencia industrial)}$$

Así pues, como $C = 270\text{KV} > 95\text{KV} = V_{\text{rayo}}(1.2/50\mu\text{s})$ cumple con las condiciones de aislamiento. En caso contrario habría que aumentar el número de aisladores.

11. Soporte mecánico

11.1. Soporte mecánico en el nivel 66 KV

La resistencia a la tracción asignada del cable LA -280 Hawk (242-AL1/39-ST1A) es:

$$T_{ruptcable} = 84.89KN = 84890N = \frac{84890(N)}{9.8(N / Kg)} = 8662.245Kg$$

El coeficiente de seguridad mínimo será 3 y eligiendo un aislador E-100, su carga de rotura electromecánica será:

$$T_{ruptaislador} = 100KN = 100000N = \frac{100000(N)}{9.8(N / Kg)} = 10204.08Kg$$

$$C_{seg} = \frac{T_{ruptcable}}{T_{máxcable}} \Rightarrow T_{máxcable} = \frac{T_{ruptcable}}{C_{seg}} = \frac{8662.245}{3} = 2887.415Kg$$

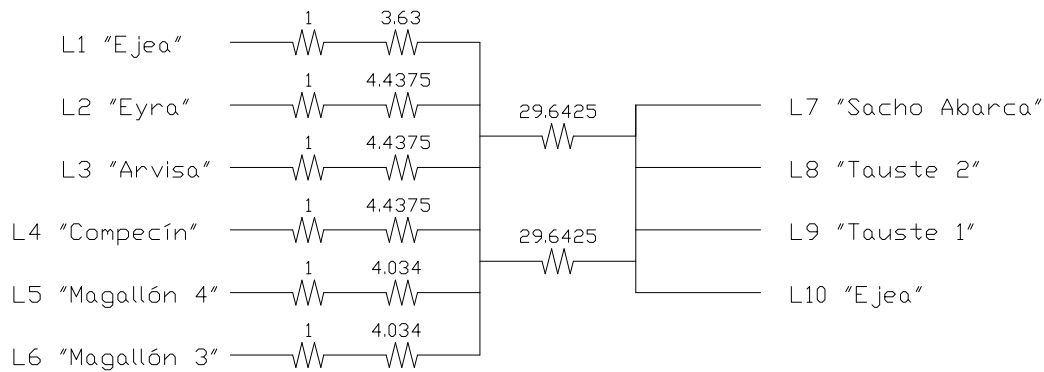
$$C_{seg} = \frac{T_{ruptaislador}}{T_{máxcable}} = \frac{10204.08}{2887.415} = 3.534 > 3 \Rightarrow \text{Por lo tanto cumple con el reglamento.}$$

11.2. Soporte mecánico en el nivel de 13.2 KV

En este nivel no es necesario el cálculo ya que el trozo de línea aérea a la salida del transformador en el nivel de 13.2 KV tiene una dimensión muy reducida y estará destensado. Además el soporte de este cable será a través de aisladores fijos.

12. Intensidades y potencia de cortocircuito

A la hora de calcular las distintas corrientes de cortocircuito y sus potencias, podemos simplificar las distintas líneas según el esquema siguiente:



El primer paso es el cálculo de las distintas reactancias por unidad de longitud que aparecen en las líneas. En la línea L1 "Ejea" para la reactancia de longitud de línea tenemos en cuenta una distancia de 45 km, para L2 "Eyra", L3 "Arvisa" y L4 "Compeçín" 55 km, mientras que para L5 "Magallón 4" y L5 "Magallón 3" 50 Km, todos ellos desde el punto de enganche. Las líneas del nivel de 13.2 KV no las hemos tenido en cuenta, ya que calculando las intensidades de corto aguas arriba será suficiente.

Para niveles de tensión de 66 KV, la compañía suministradora, que en nuestro caso es ERZ-Endesa, nos facilita que el valor de la corriente de cortocircuito es 31 KA. Por lo tanto la potencia base, igualando la potencia de cortocircuito de la red, será:

$$P_{cc} = \sqrt{3} \cdot U \cdot I_{cc} = \sqrt{3} \cdot 66(KV) \cdot 31(KA) = 3543.7795MVA \Rightarrow P_{cc} = 3550MVA$$

$$P_{cc} = P_{base} = 3550MVA$$

Las diversas fórmulas que utilizaremos serán:

$$X_{p.u.}(Red) = \frac{100 \cdot P_{base}}{100 \cdot P_{cc}} \Rightarrow \text{Reactancia de red}$$

$$X_{p.u.}(Línea) = \frac{X(\Omega) \cdot P_{base}}{V^2(KV) \cdot 1000} \Rightarrow \text{Reactancia de línea}$$

$$X_{p.u.}(trafo) = \frac{X(\%) \cdot P_{base}}{100 \cdot P_{trafo}} \Rightarrow \text{Reactancia del trafo}$$

$$P_{cc} = \frac{P_{base}}{X(\Omega)} \Rightarrow \text{Potencia de cortocircuito}$$

$$I_{cc} = \frac{P_{cc}}{\sqrt{3} \cdot V} \Rightarrow \text{Intensidad de cortocircuito}$$

Además utilizaremos como valor de la reactancia kilométrica de la línea $X(\Omega/\text{km})=0.099$.

Reactancia por unidad de la red de las líneas L1, L2, L3, L4, L5 y L6

Estas reactancias tendrán el mismo valor para todas las líneas y se calculará como:

$$X_{p.u.}(Red) = \frac{100 \cdot P_{base}}{100 \cdot P_{cc}} = \frac{100 \cdot 3550 \text{ MVA}}{100 \cdot 3550 \text{ MVA}} = 1 \Omega$$

$$X_{p.u.L1}(Red) = X_{p.u.L2}(Red) = X_{p.u.L3}(Red) = X_{p.u.L4}(Red) = X_{p.u.L5}(Red) = X_{p.u.L6}(Red) = 1 \Omega$$

Reactancia por unidad de longitud de la línea L1

Longitud=45Km
 $X(\Omega/\text{km})=0.099$

$$X_{p.u.}(L1) = \frac{X(\Omega) \cdot P_{base}}{V^2(KV) \cdot 1000} = \frac{0.099 \cdot 45 \cdot 3550 \text{ MVA}}{(66 \text{ KV})^2 \cdot 1000} = 3.63 \Omega$$

Reactancia por unidad de longitud de las líneas L2, L3 y L4

Longitud=55Km
 $X(\Omega/\text{km})=0.099$

$$X_{p.u.}(L2) = X_{p.u.}(L3) = X_{p.u.}(L4) = \frac{X(\Omega) \cdot P_{base}}{V^2(KV) \cdot 1000} = \frac{0.099 \cdot 55 \cdot 3550 \text{ MVA}}{(66 \text{ KV})^2 \cdot 1000} = 4.4375 \Omega$$

Reactancia por unidad de longitud de la línea L5 y L6

Longitud=50Km
 $X(\Omega/\text{km})=0.099$

$$X_{p.u.}(L5) = X_{p.u.}(L6) = \frac{X(\Omega) \cdot P_{base}}{V^2(KV) \cdot 1000} = \frac{0.099 \cdot 50 \cdot 3550 \text{ MVA}}{(66 \text{ KV})^2 \cdot 1000} = 4.034 \Omega$$

Reactancia por unidad de los trafos 1 y 2

$X(\%)=8.35\%$

$$X_{p.u.}(trafo1) = X_{p.u.}(trafo2) = \frac{X(\%) \cdot P_{base}}{100 \cdot P_{trafo}} = \frac{8.35\% \cdot 3550 \text{ MVA}}{100 \cdot 10 \text{ MVA}} = 29.6425 \Omega$$

Una vez calculadas todas las reactancias por unidad, hallaremos las corrientes de cortocircuito de cada punto marcado, tanto por el lado derecho como por el lado izquierdo. Así pues:

Punto 1:

Desde el lado izquierdo:

$$X_{p.u.}(total) = 4.63\Omega$$

$$P_{cc} = \frac{P_{base}}{X(\Omega)} = \frac{3550MVA}{4.63\Omega} = 766.7387MVA$$

$$I_{cc} = \frac{P_{cc}}{\sqrt{3} \cdot V} = \frac{766.7387MVA}{\sqrt{3} \cdot 66KV} = 6.7072KA$$

Desde el lado derecho:

$$\frac{1}{X_{p.u.}(1)} = \frac{1}{5.4375} + \frac{1}{5.4375} + \frac{1}{5.4375} + \frac{1}{5.034} + \frac{1}{5.034} \Rightarrow X_{p.u.}(1) = 1.0537\Omega$$

$$\frac{1}{X_{p.u.}(2)} = \frac{1}{29.6425} + \frac{1}{29.6425} \Rightarrow X_{p.u.}(2) = 14.8212\Omega$$

$$\frac{1}{X_{p.u.}(total)} = \frac{1}{1.0537} + \frac{1}{14.8212} \Rightarrow X_{p.u.}(total) = 0.9838\Omega$$

$$X_{p.u.}(total) = 0.9838\Omega$$

$$P_{cc} = \frac{P_{base}}{X(\Omega)} = \frac{3550MVA}{0.9838\Omega} = 3608.5509MVA$$

$$I_{cc} = \frac{P_{cc}}{\sqrt{3} \cdot V} = \frac{3608.5509MVA}{\sqrt{3} \cdot 66KV} = 31.5666KA$$

Punto 2:

Desde el lado izquierdo:

$$X_{p.u.}(total) = 5.4375\Omega$$

$$P_{cc} = \frac{P_{base}}{X(\Omega)} = \frac{3550MVA}{5.4375\Omega} = 652.8736MVA$$

$$I_{cc} = \frac{P_{cc}}{\sqrt{3} \cdot V} = \frac{652.8736MVA}{\sqrt{3} \cdot 66KV} = 5.7112KA$$

Desde el lado derecho:

$$\frac{1}{X_{p.u.}(1)} = \frac{1}{4.63} + \frac{1}{5.4375} + \frac{1}{5.4375} + \frac{1}{5.034} + \frac{1}{5.034} \Rightarrow X_{p.u.}(1) = 1.0193\Omega$$

$$\frac{1}{X_{p.u.}(2)} = \frac{1}{29.6425} + \frac{1}{29.6425} \Rightarrow X_{p.u.}(2) = 14.8212\Omega$$

$$\frac{1}{X_{p.u.}(total)} = \frac{1}{1.0193} + \frac{1}{14.8212} \Rightarrow X_{p.u.}(total) = 0.9537\Omega$$

$$X_{p.u.}(total) = 0.9537\Omega$$

$$P_{cc} = \frac{P_{base}}{X(\Omega)} = \frac{3550MVA}{0.9537\Omega} = 3722.416MVA$$

$$I_{cc} = \frac{P_{cc}}{\sqrt{3} \cdot V} = \frac{3722.416MVA}{\sqrt{3} \cdot 66KV} = 32.5627KA$$

Punto 3:

Desde el lado izquierdo:

$$X_{p.u.}(total) = 5.034\Omega$$

$$P_{cc} = \frac{P_{base}}{X(\Omega)} = \frac{3550MVA}{5.034\Omega} = 705.2046MVA$$

$$I_{cc} = \frac{P_{cc}}{\sqrt{3} \cdot V} = \frac{705.2046MVA}{\sqrt{3} \cdot 66KV} = 6.1689KA$$

Desde el lado derecho:

$$\frac{1}{X_{p.u.}(1)} = \frac{1}{4.63} + \frac{1}{5.4375} + \frac{1}{5.4375} + \frac{1}{5.4375} + \frac{1}{5.034} \Rightarrow X_{p.u.}(1) = 1.0348\Omega$$

$$\frac{1}{X_{p.u.}(2)} = \frac{1}{29.6425} + \frac{1}{29.6425} \Rightarrow X_{p.u.}(2) = 14.8212\Omega$$

$$\frac{1}{X_{p.u.}(total)} = \frac{1}{1.0348} + \frac{1}{14.8212} \Rightarrow X_{p.u.}(3) = 0.9673\Omega$$

$$X_{p.u.}(total) = 0.9673\Omega$$

$$P_{cc} = \frac{P_{base}}{X(\Omega)} = \frac{3550MVA}{0.9673\Omega} = 3670.0849MVA$$

$$I_{cc} = \frac{P_{cc}}{\sqrt{3} \cdot V} = \frac{3670.0849.MVA}{\sqrt{3} \cdot 66KV} = 32.1049KA$$

Punto 4:

Desde el lado izquierdo:

$$\frac{1}{X_{p.u.}(total)} = \frac{1}{4.63} + \frac{1}{5.4375} + \frac{1}{5.4375} + \frac{1}{5.4375} + \frac{1}{5.034} + \frac{1}{5.034} \Rightarrow X_{p.u.}(total) = 0.8584\Omega$$

$$X_{p.u.}(total) = 0.8584\Omega$$

$$P_{cc} = \frac{P_{base}}{X(\Omega)} = \frac{3550MVA}{0.8584\Omega} = 4135.7686MVA$$

$$I_{cc} = \frac{P_{cc}}{\sqrt{3} \cdot V} = \frac{4135.7686MVA}{\sqrt{3} \cdot 66KV} = 36.1786KA$$

Desde el lado derecho:

$$X_{p.u.}(total) = 29.6425\Omega$$

$$P_{cc} = \frac{P_{base}}{X(\Omega)} = \frac{3550MVA}{29.6425\Omega} = 119.7605MVA$$

$$I_{cc} = \frac{P_{cc}}{\sqrt{3} \cdot V} = \frac{119.7605MVA}{\sqrt{3} \cdot 66KV} = 1.0476KA$$

Punto 5:

Desde el lado izquierdo:

$$\frac{1}{X_{p.u.}(1)} = \frac{1}{4.63} + \frac{1}{5.4375} + \frac{1}{5.4375} + \frac{1}{5.4375} + \frac{1}{5.034} + \frac{1}{5.034} \Rightarrow X_{p.u.}(1) = 0.8584\Omega$$

$$X_{p.u.}(2) = 29.6425\Omega$$

$$X_{p.u.}(total) = 0.8584 + 29.6425 = 30.5009\Omega$$

$$P_{cc} = \frac{P_{base}}{X(\Omega)} = \frac{3550MVA}{30.5009\Omega} = 116.3901MVA$$

$$I_{cc} = \frac{P_{cc}}{\sqrt{3} \cdot V} = \frac{116.3901MVA}{\sqrt{3} \cdot 13.2KV} = 5.0907KA$$

Desde el lado derecho:

La corriente de cortocircuito producida desde el lado derecho se puede despreciar a la hora de realizar los cálculos para el dimensionamiento de los elementos, ya que las intensidades de cortocircuito vendrán producidas desde el lado de la red, es decir, desde el lado izquierda.

Punto 6:

Desde el lado izquierdo:

$$\frac{1}{X_{p.u.}(1)} = \frac{1}{4.63} + \frac{1}{5.4375} + \frac{1}{5.4375} + \frac{1}{5.4375} + \frac{1}{5.034} + \frac{1}{5.034} \Rightarrow X_{p.u.}(1) = 0.8584\Omega$$

$$\frac{1}{X_{p.u.}(2)} = \frac{1}{29.6425} + \frac{1}{29.6425} \Rightarrow X_{p.u.}(2) = 14.8212\Omega$$

$$X_{p.u.}(total) = 0.8584 + 14.8212 = 15.6796\Omega$$

$$P_{cc} = \frac{P_{base}}{X(\Omega)} = \frac{3550MVA}{15.6796\Omega} = 226.4093MVA$$

$$I_{cc} = \frac{P_{cc}}{\sqrt{3} \cdot V} = \frac{226.4093MVA}{\sqrt{3} \cdot 13.2KV} = 9.9028KA$$

Desde el lado derecho:

La corriente de cortocircuito producida desde el lado derecho se puede despreciar a la hora de realizar los cálculos para el dimensionamiento de los elementos, ya que las intensidades de cortocircuito vendrán producidas desde el lado de la red, es decir, desde el lado izquierdo.

En la siguiente tabla podemos observar todas las corrientes de cortocircuito que se producirían en cualquier punto de la instalación:

	Corrientes de Cortocircuito (KA)	
	Lado Izquierdo	Lado Derecho
Punto 1	6.7072	31.5666
Punto 2	5.7112	32.5621
Punto 3	6.1689	32.1054
Punto 4	36.1786	1.0476
Punto 5	5.0907	-
Punto 6	9.9028	-

Con estas intensidades de cortocircuito procederemos a seleccionar las características de los dispositivos de la subestación.

13. Servicios auxiliares

13.1. Fórmulas

Para sistemas trifásicos:

$$I = \frac{P_c}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos \varphi \cdot R} = \text{Amperios}(A)$$

$$\xi = \frac{L \cdot P_c}{k \cdot U \cdot n \cdot S \cdot R} + \frac{L \cdot P_c \cdot X_u \cdot \text{sen} \varphi}{1000 \cdot U \cdot n \cdot R \cdot \cos \varphi} = \text{Voltios}(V)$$

Para sistemas monofásicos:

$$I = \frac{P_c}{U \cdot \cos \varphi \cdot R} = \text{Amperios}(A)$$

$$\xi = \frac{2 \cdot L \cdot P_c}{k \cdot U \cdot n \cdot S \cdot R} + \frac{2 \cdot L \cdot P_c \cdot X_u \cdot \text{sen} \varphi}{1000 \cdot U \cdot n \cdot R \cdot \cos \varphi} = \text{Voltios}(V)$$

En donde:

P_c =Potencia de cálculo en Watios

L=Longitud de cálculo en metros

ξ =Caída de tensión en voltios

k=Conductividad

I=Intensidad en amperios

U=Tensión de servicio en voltios (trifásica o monofásica)

S=Sección del conductor en mm^2

$\cos \varphi$ =Factor de potencia

R=Rendimiento (para las líneas motor)

n=número de conductores por fase

X_u =Reactancia por unidad de longitud en $m\Omega/m$

13.2. Fórmula de la conductividad eléctrica

$$k = \frac{1}{\rho}$$

$$\rho = \rho_{20} \cdot [1 + \alpha \cdot (T - 20)]$$

$$T = T_0 + [(T_{\max} - T_0) \cdot (I / I_{\max})^2]$$

Siendo:

k=Conductividad del conductor a la temperatura T

ρ =Resistividad del conductor a la temperatura T

ρ_{20} =Resistividad del conductor a 20°C

Cu=0.018

Al=0.029

α = Coeficiente de temperatura
 $Cu=0.00392$
 $Al=0.00403$
 T = Temperatura del conductor ($^{\circ}C$)
 T_0 = Temperatura ambiente ($^{\circ}C$)
 Cables enterrados = $25^{\circ}C$
 Cables al aire = $40^{\circ}C$
 T_{max} = Temperatura máxima admisible del conductor ($^{\circ}C$)
 XLPE, EPR = $90^{\circ}C$
 PVC = $70^{\circ}C$
 I = Intensidad prevista por el conductor (A)
 I_{max} = Intensidad máxima admisible por el conductor (A)

13.3. Fórmula del cortocircuito

$$I_{pccI} = \frac{C_t \cdot U}{\sqrt{3} \cdot Z_t}$$

Siendo:

I_{pccI} = Intensidad permanente de cortocircuito en inicio de línea en kA
 C_t = Coeficiente de tensión
 U = Tensión trifásica en voltios
 Z_t = Impedancia total en $m\Omega$, aguas arriba del punto de cortocircuito (sin incluir la línea o circuito en estudio)

$$I_{pccF} = \frac{C_t \cdot U_F}{2 \cdot Z_t}$$

Siendo:

I_{pccF} = Intensidad permanente de cortocircuito en fin de línea en kA
 C_t = Coeficiente de tensión
 U_F = Tensión monofásica en voltios
 Z_t = Impedancia total en $m\Omega$, incluyendo la propia de la línea o circuito (por tanto es igual a la impedancia en origen más la propia del conductor o línea)

La impedancia total hasta el punto de cortocircuito será:

$$Z_t = \sqrt{R_t^2 + X_t^2}$$

Siendo:

$R_t = R_1 + R_2 + \dots + R_n$ = Suma de las resistencias de las líneas aguas arriba hasta el punto de cortocircuito
 $X_t = X_1 + X_2 + \dots + X_n$ = Suma de las reactancias de las líneas aguas arriba hasta el punto de cortocircuito

$$R = \frac{L \cdot 1000 \cdot C_R}{k \cdot S \cdot n} = m\Omega$$

$$X = \frac{X_u \cdot L}{n} = m\Omega$$

Siendo:

R=Resistencia de la línea en $m\Omega$

X=Reactancia de la línea en $m\Omega$

L=Longitud de la línea en metros

C_R =Coeficiente de resistividad

k=Conductividad del metal

S=sección de la línea en mm^2

X_u =Reactancia de la línea, en $m\Omega/m$

n=número de conductores por fase

$$t_{micc} = \frac{C_c \cdot S^2}{I_{pccF}^2}$$

Siendo:

t_{micc} =Tiempo máximo en segundos que un conductor soporta una I_{pcc}

C_c =Constante que depende de la naturaleza del conductor y de su aislante

S=Sección de la línea en mm^2

I_{pccF} =Intensidad permanente de cortocircuito en fin de línea en amperios

$$t_{ficc} = \frac{cte.fusible}{I_{pccF}^2}$$

Siendo:

t_{ficc} =tiempo de fusión de un fusible para una determinada intensidad de cortocircuito

I_{pccF} =Intensidad permanente de cortocircuito en fin de línea en amperios

$$L_{max} = \frac{0.8 \cdot U_F}{2 \cdot I_{F5} \cdot \sqrt{\left(\frac{1.5}{k \cdot S \cdot n}\right)^2 + \left(\frac{X_u}{n \cdot 1000}\right)^2}}$$

Siendo:

L_{max} =Longitud máxima de conductor protegido a cortocircuito en metros (para protección por fusibles)

U_F =Tensión de fase en voltios

K=Conductividad

S=Sección del conductor en mm^2

X_u = Reactancia por unidad de longitud en $m\Omega/m$ (en conductores aislados suele ser 0.1)

$C_t = 0.8$ = Coeficiente de tensión

$C_R = 1.5$ = Coeficiente de resistencia

I_{F5} = Intensidad de fusión en amperios de fusibles en 5 segundos

Las curvas válidas para protección de interruptores automáticos dotados de relé electromagnético son:

Curva B $IMAG = 5 \cdot I_n$

Curva C $IMAG = 10 \cdot I_n$

Curva D y MA $IMAG = 20 \cdot I_n$

13.4. Fórmulas del embarrado

Para el cálculo electrodinámico:

$$\sigma_{\max} = \frac{I_{pcc}^2 \cdot L^2}{60 \cdot d \cdot W_y \cdot n}$$

Siendo:

σ_{\max} = Tensión máxima en las pletinas (kg/cm^2)

I_{pcc} = Intensidad permanente de cortocircuito en kA

L = Separación entre apoyos en cm

d = Separación entre pletinas en cm

n = Número de pletinas por fase

W_y = Módulo resistente por pletina eje y-y en cm^2

σ_{adm} = Tensión admisible del material (kg/cm^2)

Para la comprobación por sollicitación térmica en cortocircuito se utiliza la fórmula:

$$I_{ccs} = \frac{K_c \cdot S}{1000 \cdot \sqrt{t_{cc}}}$$

Siendo:

I_{pcc} = Intensidad permanente de cortocircuito en kA

I_{ccs} = Intensidad de cortocircuito soportada por el conductor durante el tiempo de duración del cortocircuito en kA

S = Sección total de las pletinas en mm^2

t_{cc} = Tiempo de duración del cortocircuito en segundos

K_c = Constante del conductor

Cu = 164

Al = 107

13.5. Demanda de potencias

Como se ha indicado anteriormente las potencias de los servicios auxiliares serán:

POTENCIAS SERVICIOS AUXILIARES	
Alumbrado Interior	432W
Alumbrado Exterior	2000W
Alumbrado emergencia	32W
T.C. Caseta	3680W
Ventilador	2500W
Inversor	20000W
Total	28612W

13.6. Cálculos detallados de los servicios auxiliares

13.6.1. Derivación individual

Tensión de servicio: 400V
 Canalización: B-Unip. Tubos Superf. o Emp. Obra
 Longitud: 5 m; Cos φ : 0.8; $X_u(m\Omega/m)$: 0;
 Potencia a instalar: 28612 W.

Potencia de cálculo: Según ITC-BT-47 y ITC-BT-44

$$P = 2500 \cdot 1.25 + 28057.6 = 31182.6W \text{ (Coef. De simliult.: 1)}$$

$$I = \frac{31182.6}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0.8} = 56.26A$$

Se eligen conductores Unipolares 4x16+TTx16mm²Cu
 Aislamiento, Nivel Aislamiento: RZ1-K(AS)
 No propagador incendio y emisión humos y opacidad reducida
 I.ad. a 40°C (Fc=1) 80 A. según ITC-BT-19
 D. tubo: 63mm.

Caída de tensión: Temperatura cable (°C): 64.73

$$\xi(\text{parcial}) = \frac{5 \cdot 31182.6}{47.27 \cdot 400 \cdot 16} = 0.52V \Rightarrow 0.13\%$$

$$\xi(\text{total}) = 0.13\% \leftarrow \text{ADMIS.}(4.5\% \text{ MAX})$$

Prot. Térmica:

I. Mag. Tetrapolar Int. 63 A.

13.6.2. Ventilador

Tensión de servicio: 400 V.
 Canalización: B-Unip.Tubos Superf.o Emp.Obra
 Longitud: 10 m; Cos φ : 0.9; $X_u(m\Omega/m)$: 0; R: 1
 Potencia a instalar: 2500 W.

Potencia de cálculo: Según ITC-BT-47

$$P = 2500 \cdot 1.25 = 3125W$$

$$I = \frac{3125}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0.9 \cdot 1} = 5.01A$$

Se eligen conductores Unipolares 4x2.5+TTx2.5mm²Cu
 Aislamiento, Nivel Aislamiento: ES07Z1-K(AS)
 No propagador incendio y emisión humos y opacidad reducida
 I.ad. a 40°C (Fc=1) 18.5 A. según ITC-BT-19
 D. tubo: 20mm.

Caída de tensión: Temperatura cable (°C): 42.2

$$\xi(\text{parcial}) = \frac{10 \cdot 3125}{51.11 \cdot 400 \cdot 2.5 \cdot 1} = 0.61V \Rightarrow 0.15\%$$

$$\xi(\text{total}) = 0.28\% \leftarrow \text{ADMIS.}(6.5\% \text{ MAX})$$

Prot. Térmica:

I. Mag. Tetrapolar Int. 16 A.

Protección diferencial:

Inter. Dif. Tetrapolar Int.: 40 A. Sens. Int.: 300 mA.

13.6.3. T.C. y Alumbrado

Tensión de servicio: 230 V.
 Canalización: B-Unip.Tubos Superf.o Emp.Obra
 -Longitud: 0.3 m; Cos φ: 1; Xu(mΩ/m): 0;
 Potencia a instalar: 6112 W.

Potencia de cálculo: Según ITC-BT-44

$$P = 8057.6W \text{ (Coef. De simliult.: 1)}$$

$$I = \frac{8057.6}{230 \cdot 1} = 35.03A$$

Se eligen conductores Unipolares 2x10mm²Cu
 Aislamiento, Nivel Aislamiento: ES07Z1-K(AS)
 No propagador incendio y emisión humos y opacidad reducida
 I.ad. a 40°C (Fc=1) 50 A. según ITC-BT-19
 D. tubo: 25mm.

Caída de tensión: Temperatura cable (°C): 54.73

$$\xi(\text{parcial}) = \frac{2 \cdot 0.3 \cdot 8057.6}{46.69 \cdot 230 \cdot 6} = 0.08V \Rightarrow 0.03\%$$

$$\xi(\text{total}) = 0.16\% \leftarrow \text{ADMIS.}(4.5\% \text{ MAX})$$

Prot. Térmica:

Inter. Dif. Bipolar Int.: 40 A. Sens. Int.: 30 mA

13.6.4. Alumbrado Interior

Tensión de servicio: 230 V.
Canalización: B-Unip.Tubos Superf.o Emp.Obra
Longitud: 10 m; Cos φ : 0.9; $X_u(m\Omega/m)$: 0;
Potencia a instalar: 432 W.

Potencia de cálculo: Según ITC-BT-44

$$P = 432 \cdot 1.8 = 777.6W$$
$$I = \frac{777.6}{230 \cdot 0.9} = 3.76A$$

Se eligen conductores Unipolares 2x1.5+TTx1.5mm²Cu
Aislamiento, Nivel Aislamiento: ES07Z1-K(AS)
No propagador incendio y emisión humos y opacidad reducida
I.ad. a 40°C (Fc=1) 15 A. según ITC-BT-19
D. tubo: 16mm.

Caída de tensión: Temperatura cable (°C): 41.88

$$\xi(\text{parcial}) = \frac{2 \cdot 10 \cdot 777.6}{51.17 \cdot 230 \cdot 1.5} = 0.88V \Rightarrow 0.38\%$$
$$\xi(\text{total}) = 0.54\% \leftarrow \text{ADMIS.}(4.5\% \text{ MAX})$$

e(parcial)=2x10x777.6/51.17x230x1.5=0.88 V.=0.38 %
e(total)=0.55% ADMIS (4.5% MAX.)

Prot. Térmica:

I. Mag. Bipolar Int. 10 A.

13.6.5. Alumbrado Exterior

Tensión de servicio: 230 V.
Canalización: B-Unip.Tubos Superf.o Emp.Obra
Longitud: 25 m; Cos φ : 0.9; $X_u(m\Omega/m)$: 0;
Potencia a instalar: 2000 W.

Potencia de cálculo: Según ITC-BT-44

$$P = 2000 \cdot 1.8 = 3600W$$
$$I = \frac{3600}{230 \cdot 0.9} = 17.39A$$

Se eligen conductores Unipolares 2x2.5+TTx2.5mm²Cu
Aislamiento, Nivel Aislamiento: ES07Z1-K(AS)
No propagador incendio y emisión humos y opacidad reducida

I.ad. a 40°C (Fc=1) 21 A. según ITC-BT-19
D. tubo: 20mm.

Caída de tensión: Temperatura cable (°C): 60.58

$$\xi(\text{parcial}) = \frac{2 \cdot 25 \cdot 3600}{47.93 \cdot 230 \cdot 2.5} = 6.53V \Rightarrow 2.84\%$$
$$\xi(\text{total}) = 3\% \leftarrow \text{ADMIS.}(4.5\% \text{ MAX})$$

Prot. Térmica:

I. Mag. Bipolar Int. 20 A.

13.6.6. Alumbrado Emergencia

Tensión de servicio: 230 V.
Canalización: B-Unip.Tubos Superf.o Emp.Obra
Longitud: 10 m; Cos φ: 1; Xu(mΩ/m): 0;
Potencia a instalar: 32 W.

Potencia de cálculo: Según ITC-BT-44

$$P = 32W$$
$$I = \frac{32}{230} = 0.14A$$

Se eligen conductores Unipolares 2x1.5+TTx1.5mm²Cu
Aislamiento, Nivel Aislamiento: ES07Z1-K(AS)
No propagador incendio y emisión humos y opacidad reducida
I.ad. a 40°C (Fc=1) 15 A. según ITC-BT-19
D. tubo: 16mm.

Caída de tensión: Temperatura cable (°C): 41.88

$$\xi(\text{parcial}) = \frac{2 \cdot 10 \cdot 777.6}{51.17 \cdot 230 \cdot 1.5} = 0.88V \Rightarrow 0.38\%$$
$$\xi(\text{total}) = 0.54\% \leftarrow \text{ADMIS.}(4.5\% \text{ MAX})$$

e(parcial)=2x5x32/51.17x230x1.5=0.02 V.=0.01 %
e(total)=0.17% ADMIS (4.5% MAX.)

Prot. Térmica:

I. Mag. Bipolar Int. 10 A.

13.6.7. T.C. Caseta

Tensión de servicio:230 V.
Canalización: B-Unip.Tubos Superf.o Emp.Obra
Longitud: 10 m; Cos φ: 1; Xu(mΩ/m): 0;
Potencia a instalar: 3680 W.

Potencia de cálculo:

$$P = 3680W$$

$$I = \frac{3680}{230 \cdot 1} = 16A$$

Se eligen conductores Unipolares 2x2.5+TTx2.5mm²Cu
 Aislamiento, Nivel Aislamiento: ES07Z1-K(AS)
 No propagador incendio y emisión humos y opacidad reducida
 I.ad. a 40°C (Fc=1) 21 A. según ITC-BT-19
 D. tubo: 20mm.

Caída de tensión: Temperatura cable (°C): 57.41

$$\xi(\text{parcial}) = \frac{2 \cdot 10 \cdot 3680}{48.45 \cdot 230 \cdot 2.5} = 2.64V \Rightarrow 1.15\%$$

$$\xi(\text{total}) = 1.31\% \leftarrow \text{ADMIS.}(6.5\% \text{ MAX})$$

Prot. Térmica:

I. Mag. Bipolar Int. 16 A.

13.6.8. Inversor

Tensión de servicio: 400 V.
 Canalización: B-Unip.Tubos Superf.o Emp.Obra
 Longitud: 5 m; Cos φ: 0.9; Xu(mΩ/m): 0; R: 1
 Potencia a instalar: 20000 W.

Potencia de cálculo: Según ITC-BT-47

$$P = 20000W$$

$$I = \frac{20000}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0.9 \cdot 1} = 32.08A$$

Se eligen conductores Unipolares 4x10+TTx10mm²Cu
 Aislamiento, Nivel Aislamiento: ES07Z1-K(AS)
 No propagador incendio y emisión humos y opacidad reducida
 I.ad. a 40°C (Fc=1) 44 A. según ITC-BT-19
 D. tubo: 32mm.

Caída de tensión: Temperatura cable (°C): 55.94

$$\xi(\text{parcial}) = \frac{5 \cdot 20000}{48.69 \cdot 400 \cdot 10 \cdot 1} = 0.51V \Rightarrow 0.13\%$$

$$\xi(\text{total}) = 0.26\% \leftarrow \text{ADMIS.}(6.5\% \text{ MAX})$$

Prot. Térmica:

I. Mag. Tetrapolar Int. 38 A.

Protección diferencial:

Inter. Dif. Tetrapolar Int.: 40 A. Sens. Int.: 300 mA.

13.6.9. Embarrado del cuadro general de mando y protección

Datos

Metal: Cu
Estado pletinas: desnudas
nº pletinas por fase: 1
Separación entre pletinas, d(cm): 10
Separación entre apoyos, L(cm): 25
Tiempo duración c.c. (s): 0.5

Pletina adoptada

Sección (mm²): 120
Ancho (mm): 40
Espesor (mm): 3
W_x, I_x, W_y, I_y (cm³, cm⁴): 0.8, 1.6, 0.06, 0.009
I. admisible del embarrado (A): 420

Cálculo electrodinámico

$$\sigma_{\max} = \frac{I_{pcc}^2 \cdot L^2}{60 \cdot d \cdot W_y \cdot n} = \frac{7.9^2 \cdot 25^2}{60 \cdot 10 \cdot 0.06 \cdot 1} = 1083.775 \text{ kg/cm}^2 \text{ Cu} \leq 1200 \text{ kg/cm}^2 \text{ Cu}$$

Cálculo térmico, por intensidad admisible

I_{cal} = 64.16 A
I_{adm} = 420 A

Comprobación por sollicitación térmica en cortocircuito

$$I_{pcc} = 7.9 \text{ kA}$$
$$I_{cccs} = \frac{K_c \cdot S}{1000 \cdot \sqrt{t_{cc}}} = \frac{164 \cdot 120 \cdot 1}{1000 \cdot \sqrt{0.5}} = 27.83 \text{ KA}$$

13.6.10. Cálculo de las protecciones de corriente continua

En este apartado se han calculado las protecciones y secciones para los cables que irán desde el inversor y la batería de corriente continua hasta los receptores que serán los relés de alta tensión (nivel de 66KV), los relés de media tensión (13.2KV) y los motores para el accionamiento de los disyuntores y seccionadores de ambos niveles de tensión.

13.6.10.1. Demandas de potencia

Las demandas de potencia en la parte de corriente alterna serán

DISPOSITIVOS	Cantidad	Potencia por Unidad	Potencia Total
Relés para Alta Tensión (66KV)	26	10VA	260VA
Relés para Media Tensión	20	10VA	200VA
Motores de disyuntores y seccionadores	38	220W	8360W

13.6.10.2. Protecciones y secciones de los relés de alta tensión

$$N^{\circ}_{relés} = \text{Número de relés} = 26$$

$$P_{rele} = \text{Potencia de los relés} = 10VA$$

$$P_{total} = N^{\circ}_{relés} \cdot P_{relés} = 26 \cdot 10 = 260VA$$

$$I_{total} = \frac{P_{total}}{V_{cc}} = \frac{260VA}{110V} = 2.3636A$$

Al tratarse de relés que tendrán que estar continuamente en funcionamiento el factor de simultaneidad será de la unidad por lo que la intensidad total será calculada.

Sección del cable:

Se eligen conductores Unipolares 2x1.5+TTx1.5mm²Cu con intensidad admisible de 15A

Prot. térmica:

I. Mag. Bipolar Int. 3 A.

13.6.10.3. Protecciones y secciones de los relés de media tensión

$$N^{\circ}_{relés} = \text{Número de relés} = 20$$

$$P_{rele} = \text{Potencia de los relés} = 10VA$$

$$P_{total} = N^{\circ}_{relés} \cdot P_{relés} = 20 \cdot 10 = 200VA$$

$$I_{total} = \frac{P_{total}}{V_{cc}} = \frac{200VA}{110V} = 1.8182A$$

Al tratarse de relés que tendrán que estar continuamente en funcionamiento el factor de simultaneidad será de la unidad por lo que la intensidad total será calculada.

Sección del cable:

Se eligen conductores Unipolares 2x1.5+TTx1.5mm²Cu con intensidad admisible de 15A

Prot. térmica:

I. Mag. Bipolar Int. 3 A.

13.6.10.4. Protecciones y secciones de los motores de los disyuntores y seccionadores

$$N^{\circ}_{\text{motores}} = 8 + 22 + 8 = 38 \text{ motores}$$

$$P_{\text{motor}} = \text{Potencia de los motores} = 220W$$

$$P_{\text{total}} = N^{\circ}_{\text{motores}} \cdot P_{\text{motor}} = 38 \cdot 220 = 8360W$$

$$I_{\text{total}} = \frac{P_{\text{total}}}{V_{cc} \cdot \cos \varphi} = \frac{8360W}{110V \cdot 0.9} = 84.4444A$$

Aplicando un factor de simultaneidad de 0.3

$$I_{\text{total}} = 84.4444 \cdot 0.3 = 25.3333A$$

Sección del cable:

Se eligen conductores Unipolares 2x6+TTx6mm²Cu con intensidad admisible de 36A

Prot. térmica:

I. Mag. Bipolar Int. 30 A.

13.6.10.5. Protecciones y secciones de cabecera

$$P_{\text{relesAT}} = 260VA$$

$$P_{\text{relesMT}} = 200VA$$

$$P_{\text{motores}} = 8360W$$

$$I_{\text{total}} = \frac{P_{\text{relesAT}}}{V_{cc}} + \frac{P_{\text{relesMT}}}{V_{cc}} + \frac{P_{\text{motores}}}{V_{cc} \cdot \cos \varphi} = \frac{260VA}{110V} + \frac{200VA}{110V} + \frac{8360W}{110V \cdot 0.9} = 88.6263A$$

Si aplicamos un factor de simultaneidad de 0.3 obtenemos:

$$I_{\text{total}} = 88.6263 \cdot 0.3 = 26.5879A$$

Sección del cable:

Se eligen conductores Unipolares 2x6+TTx6mm²Cu con intensidad admisible de 36A

Prot. térmica:

I. Mag. Bipolar Int. 32 A.

13.6.11. Tabla resumen

Denominación	P. Cálculo (W)	L (m)	Sección (mm ²)	I. Cálculo (A)	I. Adm. (A)	C.T. Parc. (%)	C.T. Total (%)
Deriv. Ind.	31182.6	5	4x16+TTx16Cu	56.26	80	0.13	0.13
Ventilador	3125	10	4x2.5+TTx2.5Cu	5.01	18.5	0.15	0.28
T.C. y Alumabrado	8057.6	0.3	2x6Cu	35.03	36	0.03	0.16
Alumbrado Interior	777.6	10	2x1.5+TTx1.5Cu	3.76	21	0.38	0.54
Alumbrado Exterior	3600	25	2x2.5+TTx2.5Cu	17.39	21	2.84	3

Alumbr. Emerg.	32	5	2x1.5+TTx1.5Cu	0.14	21	0.01	0.17
T.C. Caseta	3680	10	2x2.5+TTx2.5Cu	16	21	1.15	1.31
Inversor	20000	5	4x10+TTx10Cu	32.08	44	0.13	0.26
Cabecera	8820	-	2x6+TTx6Cu	26.5879	36	-	-
Relés A.T.	260(VA)	-	2x1.5+TTx10Cu	2.3636	15	-	-
Relés B.T.	200(VA)	-	2x1.5+TTx10Cu	1.8182	15	-	-
Motores	8360	-	2x6+TTx6Cu	25.3333	36	-	-

Denominación	L (m)	Sección (mm ²)	I _{pccI} (kA)	P.d.C. (KA)	I _{pccF} (A)	T _{mcicc} (seg)	Curvas válidas
Deriv. Ind.	5	4x16+TTx16Cu	12	15	3950.49	0.3	63;B
Ventilador	10	4x2.5+TTx2.5Cu	7.93	10	709.24	0.16	16;C
T.C. y Alumbrado	0.3	2x6Cu	7.93	-	3742.83	0.03	-
Alumbrado Interior	10	2x1.5+TTx1.5Cu	7.52	10	454.48	0.14	10;B
Alumbrado Exterior	25	2x2.5+TTx2.5Cu	7.52	10	315.41	0.83	20;B
Alumbrado Exterior	5	2x1.5+TTx1.5Cu	7.52	10	81257	0.06	10;B
T.C. Caseta	10	2x2.5+TTx2.5Cu	7.52	10	702	0.17	16;B
Inversor	5	4x10+TTx10Cu	7.93	10	2530.03	0.21	38;C

RESUMEN DEL PRESUPUESTO

PRESUPUESTO TOTAL		
Zona de intemperie		1.527.990 €
Caseta de control		485.723 €
PRESUPUESTO PARCIAL		2.013.713 €
Gastos generales	13%	261.782,69 €
Beneficio industrial	6%	120.822,78 €
I.V.A.	18%	362.468,34 €
PRESUPUESTO TOTAL		2.758.786,81 €

El presupuesto parcial de la subestación eléctrica reductora 66/13.2KV de Tauste es de **DOS MILLONES TRECE MIL SETECIENTOS TRECE euros (2.013.713 €)**.

Si a esto se incluyen los gastos generales, el beneficio industrial y el I.V.A. obtenemos el presupuesto total de la instalación que será de **DOS MILLONES SETECIENTOS CINCUENTA Y OCHO MIL SETECIENTOS OCHENTA Y SEIS CON OCHENTA Y UN euros (2.758.786,81 €)**.

CONCLUSIÓN

En la realización del presente proyecto, se ha llevado a cabo el diseño, cálculo y justificación, de la forma más detallada posible, de la subestación eléctrica reductora 66/13.2KV de la localidad de Tauste, siguiendo las directrices y normas de los distintos reglamentos eléctricos y organismos, además de los propios de la compañía eléctrica, ERZ-ENDESA, que será la operadora que gestionará la instalación

Firma del cliente

..... de de 201.., Zaragoza

Firma del Proyectista

..... de de 201.., Zaragoza

ANEXO: ESTUDIO DE SEGURIDAD

1. Prevención de riesgos laborales

1.1. Introducción

La ley 31/1995, de 8 de noviembre de 1995, de *Prevención de Riesgos Laborales* tiene por objeto la determinación del cuerpo básico de garantías y responsabilidades preciso para establecer un adecuado nivel de protección de la salud de los trabajadores frente a los riesgos derivados de las condiciones de trabajo.

Como ley establece un marco legal a partir del cual las normas reglamentarias irán fijando y concretando los aspectos más técnicos de las medidas preventivas.

Estas normas complementarias quedan resumidas a continuación:

- *Disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.*
- *Disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.*
- *Disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción.*
- *Disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.*

1.2. Derechos y obligaciones

1.2.1. Derecho a la protección frente a los riesgos laborales

Los trabajadores tienen derecho a una protección eficaz en materia de seguridad y salud en el trabajo.

A este efecto, el empresario realizará la prevención de los riesgos laborales mediante la adopción de cuantas medidas sean necesarias para la protección de la seguridad y la salud de los trabajadores, con las especialidades que se recogen en los artículos siguientes en materia de evaluación de riesgos, información, consulta, participación y formación de los trabajadores, actuación en casos de emergencia y de riesgo grave e inminente y vigilancia de la salud.

1.2.2. Principios de la acción preventiva

El empresario aplicará las medidas preventivas pertinentes, con arreglo a los siguientes principios generales:

- *Evitar los riesgos.*
- *Evaluar los riesgos que no se pueden evitar.*
- *Combatir los riesgos en su origen.*
- Adaptar el trabajo a la persona, en particular en lo que respecta a la concepción de los puestos de trabajo, la organización del trabajo, las condiciones de trabajo, las relaciones sociales y la influencia de los factores ambientales en el trabajo.

- *Adoptar medidas que antepongan la protección colectiva a la individual.*
- *Dar las debidas instrucciones a los trabajadores.*
- *Adoptar las medidas necesarias a fin de garantizar que sólo los trabajadores que hayan recibido información suficiente y adecuada puedan acceder a las zonas de riesgo grave y específico.*
- *Prever las distracciones o imprudencias no temerarias que pudiera cometer el trabajador.*

1.2.3. Evaluación de los riesgos

La acción preventiva en la empresa se planificará por el empresario a partir de una evaluación inicial de los riesgos para la seguridad y la salud de los trabajadores, que se realizará, con carácter general, teniendo en cuenta la naturaleza de la actividad, y en relación con aquellos que estén expuestos a riesgos especiales. Igual evaluación deberá hacerse con ocasión de la elección de los equipos de trabajo, de las sustancias o preparados químicos y del acondicionamiento de los lugares de trabajo.

De alguna manera se podrían clasificar las causas de los riesgos en las categorías siguientes:

- *Insuficiente calificación profesional del personal dirigente, jefes de equipo y obreros.*
- *Empleo de maquinaria y equipos en trabajos que no corresponden a la finalidad para la que fueron concebidos o a sus posibilidades.*
- *Negligencia en el manejo y conservación de las máquinas e instalaciones. Control deficiente en la explotación.*
- *Insuficiente instrucción del personal en materia de seguridad.*

Referente a las máquinas herramienta, los riesgos que pueden surgir al manejarlas se pueden resumir en los siguientes puntos:

- *Se puede producir un accidente o deterioro de una máquina si se pone en marcha sin conocer su modo de funcionamiento.*
- *La lubricación deficiente conduce a un desgaste prematuro por lo que los puntos de engrase manual deben ser engrasados regularmente.*
- *Puede haber ciertos riesgos si alguna palanca de la máquina no está en su posición correcta.*
- *El resultado de un trabajo puede ser poco exacto si las guías de las máquinas se desgastan, y por ello hay que protegerlas contra la introducción de virutas.*
- *Puede haber riesgos mecánicos que se deriven fundamentalmente de los diversos movimientos que realicen las distintas partes de una máquina y que pueden provocar que el operario:*
 - *Entre en contacto con alguna parte de la máquina o ser atrapado entre ella y cualquier estructura fija o material.*
 - *Sea golpeado o arrastrado por cualquier parte en movimiento de la máquina.*
 - *Ser golpeado por elementos de la máquina que resulten proyectados.*
 - *Ser golpeado por otros materiales proyectados por la máquina.*
 - *Puede haber riesgos no mecánicos tales como los derivados de la utilización de energía eléctrica, productos químicos, generación de ruido, vibraciones, radiaciones, etc.*

Los movimientos peligrosos de las máquinas se clasifican en cuatro grupos:

- *Movimientos de rotación. Son aquellos movimientos sobre un eje con independencia de la inclinación del mismo y aún cuando giren lentamente. Se clasifican en los siguientes grupos:*

- *Elementos considerados aisladamente tales como árboles de transmisión, vástagos, brocas, acoplamientos.*

- *Puntos de atrapamiento entre engranajes y ejes girando y otras fijas o dotadas de desplazamiento lateral a ellas.*

- *Movimientos alternativos y de traslación. El punto peligroso se sitúa en el lugar donde la pieza dotada de este tipo de movimiento se aproxima a otra pieza fija o móvil y la sobrepasa.*

- *Movimientos de traslación y rotación. Las conexiones de bielas y vástagos con ruedas y volantes son algunos de los mecanismos que generalmente están dotadas de este tipo de movimientos.*

- *Movimientos de oscilación. Las piezas dotadas de movimientos de oscilación pendular generan puntos de "tijera" entre ellas y otras piezas fijas.*

Las actividades de prevención deberán ser modificadas cuando se aprecie por el empresario, como consecuencia de los controles periódicos previstos en el apartado anterior, su inadecuación a los fines de protección requeridos.

1.2.4. Equipos de trabajo y medios de protección

Cuando la utilización de un equipo de trabajo pueda presentar un riesgo específico para la seguridad y la salud de los trabajadores, el empresario adoptará las medidas necesarias con el fin de que:

- *La utilización del equipo de trabajo quede reservada a los encargados de dicha utilización.*

- *Los trabajos de reparación, transformación, mantenimiento o conservación sean realizados por los trabajadores específicamente capacitados para ello.*

El empresario deberá proporcionar a sus trabajadores equipos de protección individual adecuados para el desempeño de sus funciones y velar por el uso efectivo de los mismos.

1.2.5. Información, consulta y participación de los trabajadores

El empresario adoptará las medidas adecuadas para que los trabajadores reciban todas las informaciones necesarias en relación con:

- *Los riesgos para la seguridad y la salud de los trabajadores en el trabajo.*

- *Las medidas y actividades de protección y prevención aplicables a los riesgos.*

Los trabajadores tendrán derecho a efectuar propuestas al empresario, así como a los órganos competentes en esta materia, dirigidas a la mejora de los niveles de la protección de la seguridad y la salud en los lugares de trabajo, en materia de señalización en dichos lugares, en cuanto a la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo, en las obras de construcción y en cuanto a utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.

1.2.6. Formación de los trabajadores

El empresario deberá garantizar que cada trabajador reciba una formación teórica y práctica, suficiente y adecuada, en materia preventiva.

1.2.7. Medidas de emergencia

El empresario, teniendo en cuenta el tamaño y la actividad de la empresa, así como la posible presencia de personas ajenas a la misma, deberá analizar las posibles situaciones de emergencia y adoptar las medidas necesarias en materia de primeros auxilios, lucha contra incendios y evacuación de los trabajadores, designando para ello al personal encargado de poner en práctica estas medidas y comprobando periódicamente, en su caso, su correcto funcionamiento.

1.2.8. Riesgo grave e inminente

Cuando los trabajadores estén expuestos a un riesgo grave e inminente con ocasión de su trabajo, el empresario estará obligado a:

- *Informar lo antes posible a todos los trabajadores afectados acerca de la existencia de dicho riesgo y de las medidas adoptadas en materia de protección.*
- *Dar las instrucciones necesarias para que, en caso de peligro grave, inminente e inevitable, los trabajadores puedan interrumpir su actividad y además estar en condiciones, habida cuenta de sus conocimientos y de los medios técnicos puestos a su disposición, de adoptar las medidas necesarias para evitar las consecuencias de dicho peligro.*

1.2.9. Vigilancia de la salud

El empresario garantizará a los trabajadores a su servicio la vigilancia periódica de su estado de salud en función de los riesgos inherentes al trabajo, optando por la realización de aquellos reconocimientos o pruebas que causen las menores molestias al trabajador y que sean proporcionales al riesgo.

1.2.10. Documentación

El empresario deberá elaborar y conservar a disposición de la autoridad laboral la siguiente documentación:

- *Evaluación de los riesgos para la seguridad y salud en el trabajo, y planificación de la acción preventiva.*
- *Medidas de protección y prevención a adoptar.*
- *Resultado de los controles periódicos de las condiciones de trabajo.*
- *Práctica de los controles del estado de salud de los trabajadores.*
- *Relación de accidentes de trabajo y enfermedades profesionales que hayan causado al trabajador una incapacidad laboral superior a un día de trabajo.*

1.2.11. Coordinación de actividades empresariales

Cuando en un mismo centro de trabajo desarrollen actividades trabajadores de dos o más empresas, éstas deberán cooperar en la aplicación de la normativa sobre prevención de riesgos laborales.

1.2.12. Protección de trabajadores especialmente sensibles a determinados riesgos

El empresario garantizará, evaluando los riesgos y adoptando las medidas preventivas necesarias, la protección de los trabajadores que, por sus propias características personales o estado biológico conocido, incluidos aquellos que tengan reconocida la situación de discapacidad física, psíquica o sensorial, sean específicamente sensibles a los riesgos derivados del trabajo.

1.2.13. Protección de la maternidad

La evaluación de los riesgos deberá comprender la determinación de la naturaleza, el grado y la duración de la exposición de las trabajadoras en situación de embarazo o parto reciente, a agentes, procedimientos o condiciones de trabajo que puedan influir negativamente en la salud de las trabajadoras o del feto, adoptando, en su caso, las medidas necesarias para evitar la exposición a dicho riesgo.

1.2.14. Protección de los menores

Antes de la incorporación al trabajo de jóvenes menores de dieciocho años, y previamente a cualquier modificación importante de sus condiciones de trabajo, el empresario deberá efectuar una evaluación de los puestos de trabajo a desempeñar por los mismos, a fin de determinar la naturaleza, el grado y la duración de su exposición, teniendo especialmente en cuenta los riesgos derivados de su falta de experiencia, de su inmadurez para evaluar los riesgos existentes o potenciales y de su desarrollo todavía incompleto.

1.2.15. Relaciones de trabajo temporales, de duración determinada y en empresas de trabajo temporal

Los trabajadores con relaciones de trabajo temporales o de duración determinada, así como los contratados por empresas de trabajo temporal, deberán disfrutar del mismo nivel de protección en materia de seguridad y salud que los restantes trabajadores de la empresa en la que prestan sus servicios.

1.2.16. Obligaciones de los trabajadores en materia de prevención de riesgos

Corresponde a cada trabajador velar, según sus posibilidades y mediante el cumplimiento de las medidas de prevención que en cada caso sean adoptadas, por su propia seguridad y salud en el trabajo y por la de aquellas otras personas a las que pueda afectar su actividad profesional, a causa de sus actos y omisiones en el trabajo, de conformidad con su formación y las instrucciones del empresario.

Los trabajadores, con arreglo a su formación y siguiendo las instrucciones del empresario, deberán en particular:

- Usar adecuadamente, de acuerdo con su naturaleza y los riesgos previsibles, las máquinas, aparatos, herramientas, sustancias peligrosas, equipos de transporte y, en general, cualesquiera otros medios con los que desarrollen su actividad.

- *Utilizar correctamente los medios y equipos de protección facilitados por el empresario.*
- *No poner fuera de funcionamiento y utilizar correctamente los dispositivos de seguridad existentes.*
- *Informar de inmediato un riesgo para la seguridad y la salud de los trabajadores.*
- *Contribuir al cumplimiento de las obligaciones establecidas por la autoridad competente.*

1.3. Servicios de prevención

1.3.1. Protección y prevención de riesgos profesionales

En cumplimiento del deber de prevención de riesgos profesionales, el empresario designará uno o varios trabajadores para ocuparse de dicha actividad, constituirá un servicio de prevención o concertará dicho servicio con una entidad especializada ajena a la empresa.

Los trabajadores designados deberán tener la capacidad necesaria, disponer del tiempo y de los medios precisos y ser suficientes en número, teniendo en cuenta el tamaño de la empresa, así como los riesgos a que están expuestos los trabajadores.

En las empresas de menos de seis trabajadores, el empresario podrá asumir personalmente las funciones señaladas anteriormente, siempre que desarrolle de forma habitual su actividad en el centro de trabajo y tenga capacidad necesaria.

El empresario que no hubiere concertado el Servicio de Prevención con una entidad especializada ajena a la empresa deberá someter su sistema de prevención al control de una auditoría o evaluación externa.

1.3.2. Servicios de prevención

Si la designación de uno o varios trabajadores fuera insuficiente para la realización de las actividades de prevención, en función del tamaño de la empresa, de los riesgos a que están expuestos los trabajadores o de la peligrosidad de las actividades desarrolladas, el empresario deberá recurrir a uno o varios servicios de prevención propios o ajenos a la empresa, que colaborarán cuando sea necesario.

Se entenderá como servicio de prevención el conjunto de medios humanos y materiales necesarios para realizar las actividades preventivas a fin de garantizar la adecuada protección de la seguridad y la salud de los trabajadores, asesorando y asistiendo para ello al empresario, a los trabajadores y a sus representantes y a los órganos de representación especializados.

1.4. Consulta y participación de los trabajadores

1.4.1. Consulta de los trabajadores

El empresario deberá consultar a los trabajadores, con la debida antelación, la adopción de las decisiones relativas a:

- *La planificación y la organización del trabajo en la empresa y la introducción de nuevas tecnologías, en todo lo relacionado con las consecuencias que éstas pudieran tener para la seguridad y la salud de los trabajadores.*

- *La organización y desarrollo de las actividades de protección de la salud y prevención de los riesgos profesionales en la empresa, incluida la designación de los trabajadores encargados de dichas actividades o el recurso a un servicio de prevención externo.*

- *La designación de los trabajadores encargados de las medidas de emergencia.*

- *El proyecto y la organización de la formación en materia preventiva.*

1.4.2. Derechos de participación y representación

Los trabajadores tienen derecho a participar en la empresa en las cuestiones relacionadas con la prevención de riesgos en el trabajo.

En las empresas o centros de trabajo que cuenten con seis o más trabajadores, la participación de éstos se canalizará a través de sus representantes y de la representación especializada.

1.4.3. Delegados de prevención

Los Delegados de Prevención son los representantes de los trabajadores con funciones específicas en materia de prevención de riesgos en el trabajo. Serán designados por y entre los representantes del personal, con arreglo a la siguiente escala:

- *De 50 a 100 trabajadores: 2 Delegados de Prevención.*

- *De 101 a 500 trabajadores: 3 Delegados de Prevención.*

- *De 501 a 1000 trabajadores: 4 Delegados de Prevención.*

- *De 1001 a 2000 trabajadores: 5 Delegados de Prevención.*

- *De 2001 a 3000 trabajadores: 6 Delegados de Prevención.*

- *De 3001 a 4000 trabajadores: 7 Delegados de Prevención.*

- *De 4001 en adelante: 8 Delegados de Prevención.*

En las empresas de hasta treinta trabajadores el Delegado de Prevención será el Delegado de Personal. En las empresas de treinta y uno a cuarenta y nueve trabajadores habrá un Delegado de Prevención que será elegido por y entre los Delegados de Personal.

2. Disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo

2.1. Introducción

La ley 31/1995, de 8 de noviembre de 1995, de Prevención de Riesgos Laborales es la norma legal por la que se determina el cuerpo básico de garantías y responsabilidades preciso para establecer un adecuado nivel de protección de la salud de los trabajadores frente a los riesgos derivados de las condiciones de trabajo.

De acuerdo con el artículo 6 de dicha ley, serán las normas reglamentarias las que fijaran y concretaran los aspectos más técnicos de las medidas preventivas, a través de normas mínimas que garanticen la adecuada protección de los trabajadores. Entre estas se encuentran necesariamente las destinadas a garantizar la seguridad y la salud en los lugares de trabajo, de manera que de su utilización no se deriven riesgos para los trabajadores.

Por todo lo expuesto, el Real Decreto 486/1997 de 14 de Abril de 1.997 establece las disposiciones mínimas de seguridad y de salud aplicables a los lugares de trabajo, entendiéndose como tales las áreas del centro de trabajo, edificadas o no, en las que los trabajadores deban permanecer o a las que puedan acceder en razón de su trabajo, sin incluir las obras de construcción temporales o móviles.

2.2. Obligaciones del empresario

El empresario deberá adoptar las medidas necesarias para que la utilización de los lugares de trabajo no origine riesgos para la seguridad y salud de los trabajadores.

En cualquier caso, los lugares de trabajo deberán cumplir las disposiciones mínimas establecidas en el presente Real Decreto en cuanto a sus condiciones constructivas, orden, limpieza y mantenimiento, señalización, instalaciones de servicio o protección, condiciones ambientales, iluminación, servicios higiénicos y locales de descanso, y material y locales de primeros auxilios.

2.2.1. Condiciones constructivas

El diseño y las características constructivas de los lugares de trabajo deberán ofrecer seguridad frente a los riesgos de resbalones o caídas, choques o golpes contra objetos y derrumbes o caídas de materiales sobre los trabajadores, para ello el pavimento constituirá un conjunto homogéneo, llano y liso sin solución de continuidad, de material consistente, no resbaladizo o susceptible de serlo con el uso y de fácil limpieza, las paredes serán lisas, guarnecidas o pintadas en tonos claros y susceptibles de ser lavadas y blanqueadas y los techos deberán resguardar a los trabajadores de las inclemencias del tiempo y ser lo suficientemente consistentes.

El diseño y las características constructivas de los lugares de trabajo deberán también facilitar el control de las situaciones de emergencia, en especial en caso de incendio, y posibilitar, cuando sea necesario, la rápida y segura evacuación de los trabajadores.

Todos los elementos estructurales o de servicio (cimentación, pilares, forjados, muros y escaleras) deberán tener la solidez y resistencia necesarias para soportar las cargas o esfuerzos a que sean sometidos.

Las dimensiones de los locales de trabajo deberán permitir que los trabajadores realicen su trabajo sin riesgos para su seguridad y salud y en condiciones ergonómicas aceptables, adoptando una superficie libre superior a 2 m² por trabajador, un volumen mayor a 10 m³ por trabajador y una altura mínima desde el piso al techo de 2,50 m. Las zonas de los lugares de trabajo en las que exista riesgo de caída, de caída de objetos o de contacto o exposición a elementos agresivos, deberán estar claramente señalizadas.

El suelo deberá ser fijo, estable y no resbaladizo, sin irregularidades ni pendientes peligrosas. Las aberturas, desniveles y las escaleras se protegerán mediante barandillas de 90 cm de altura.

Los trabajadores deberán poder realizar de forma segura las operaciones de abertura, cierre, ajuste o fijación de ventanas, y en cualquier situación no supondrán un riesgo para estos.

Las vías de circulación deberán poder utilizarse conforme a su uso previsto, de forma fácil y con total seguridad. La anchura mínima de las puertas exteriores y de los pasillos será de 100 cm.

Las puertas transparentes deberán tener una señalización a la altura de la vista y deberán estar protegidas contra la rotura.

Las puertas de acceso a las escaleras no se abrirán directamente sobre sus escalones, sino sobre descansos de anchura al menos igual a la de aquellos.

Los pavimentos de las rampas y escaleras serán de materiales no resbaladizos y caso de ser perforados la abertura máxima de los intersticios será de 8 mm. La pendiente de las rampas variara entre un 8 y 12 %. La anchura mínima será de 55 cm para las escaleras de servicio y de 1 m. para las de uso general.

Caso de utilizar escaleras de mano, estas tendrán la resistencia y los elementos de apoyo y sujeción necesarios para que su utilización en las condiciones requeridas no suponga un riesgo de caída, por rotura o desplazamiento de las mismas. En cualquier caso, no se emplearan escaleras de mas de 5 m de altura, se colocaran formando un ángulo aproximado de 75º con la horizontal, sus largueros deberán prolongarse al menos 1 m sobre la zona a acceder, el ascenso, descenso y los trabajos desde escaleras se efectuaran frente a las mismas, los trabajos a mas de 3,5 m de altura, desde el punto de operación al suelo, que requieran movimientos o esfuerzos peligrosos para la estabilidad del trabajador, solo se efectuaran si se utiliza cinturón de seguridad y no serán utilizadas por dos o mas personas simultáneamente.

Las vías y salidas de evacuación deberán permanecer expeditas y desembocaran en el exterior. El numero, la distribución y las dimensiones de las vías deberán estar dimensionadas para poder evacuar todos los lugares de trabajo rápidamente, dotando de alumbrado de emergencia aquellas que lo requieran.

La instalación eléctrica no deberá entrañar riesgos de incendio o explosión, para ello se dimensionaran todos los circuitos considerando las sobreintensidades

previsibles y se dotara a los conductores y resto de aparamenta eléctrica de un nivel de aislamiento adecuado.

Para evitar el contacto eléctrico directo se utilizara el sistema de separación por distancia o alejamiento de las partes activas hasta una zona no accesible por el trabajador, interposición de obstáculos y/o barreras (armarios para cuadros eléctricos, tapas para interruptores, etc.) y recubrimiento o aislamiento de las partes activas.

Para evitar el contacto eléctrico indirecto se utilizara el sistema de puesta a tierra de las masas (conductores de protección conectados a las carcasas de los receptores eléctricos, líneas de enlace con tierra y electrodos artificiales) y dispositivos de corte por intensidad de defecto (interruptores diferenciales de sensibilidad adecuada al tipo de local, características del terreno y constitución de los electrodos artificiales).

2.2.2. Orden, limpieza y mantenimiento. Señalización

Las zonas de paso, salidas y vías de circulación de los lugares de trabajo y, en especial, las salidas y vías de circulación previstas para la evacuación en casos de emergencia, deberán permanecer libres de obstáculos.

Las características de los suelos, techos y paredes serán tales que permitan dicha limpieza y mantenimiento. Se eliminaran con rapidez los desperdicios, las manchas de grasa, los residuos de sustancias peligrosas y demás productos residuales que puedan originar accidentes o contaminar el ambiente de trabajo.

Los lugares de trabajo y, en particular, sus instalaciones, deberán ser objeto de un mantenimiento periódico.

2.2.3. Condiciones ambientales

La exposición a las condiciones ambientales de los lugares de trabajo no debe suponer un riesgo para la seguridad y la salud de los trabajadores.

En los locales de trabajo cerrados deberán cumplirse las condiciones siguientes:

- *La temperatura de los locales donde se realicen trabajos sedentarios propios de oficinas o similares estará comprendida entre 17 y 27 °C. En los locales donde se realicen trabajos ligeros estará comprendida entre 14 y 25 °C.*

- *La humedad relativa estará comprendida entre el 30 y el 70 por 100, excepto en los locales donde existan riesgos por electricidad estática en los que el límite inferior será el 50 por 100.*

- *Los trabajadores no deberán estar expuestos de forma frecuente o continuada a corrientes de aire cuya velocidad exceda los siguientes límites:*

- *Trabajos en ambientes no calurosos: 0,25 m/s.*

- *Trabajos sedentarios en ambientes calurosos: 0,5 m/s.*

- *Trabajos no sedentarios en ambientes calurosos: 0,75 m/s.*

- *La renovación mínima del aire de los locales de trabajo será de 30 m³ de aire limpio por hora y trabajador en el caso de trabajos sedentarios en ambientes no calurosos ni contaminados por humo de tabaco y 50 m³ en los casos restantes.*

- *Se evitara los olores desagradables.*

2.2.4. Iluminación.

La iluminación será natural con puertas y ventanas acristaladas, complementándose con iluminación artificial en las horas de visibilidad deficiente. Los puestos de trabajo llevarán además puntos de luz individuales, con el fin de obtener una visibilidad notable. Los niveles de iluminación mínimos establecidos (lux) son los siguientes:

- Áreas o locales de uso ocasional: 50 lux
- Áreas o locales de uso habitual: 100 lux
- Vías de circulación de uso ocasional: 25 lux.
- Vías de circulación de uso habitual: 50 lux.
- Zonas de trabajo con bajas exigencias visuales: 100 lux.
- Zonas de trabajo con exigencias visuales moderadas: 200 lux.
- Zonas de trabajo con exigencias visuales altas: 500 lux.
- Zonas de trabajo con exigencias visuales muy altas: 1000 lux.

La iluminación anteriormente especificada deberá poseer una uniformidad adecuada, mediante la distribución uniforme de luminarias, evitándose los deslumbramientos directos por equipos de alta luminancia.

Se instalara además el correspondiente alumbrado de emergencia y señalización con el fin de poder iluminar las vías de evacuación en caso de fallo del alumbrado general.

2.2.5. Servicios higiénicos y locales de descanso.

En el local se dispondrá de agua potable en cantidad suficiente y fácilmente accesible por los trabajadores.

Se dispondrán vestuarios cuando los trabajadores deban llevar ropa especial de trabajo, provistos de asientos y de armarios o taquillas individuales con llave, con una capacidad suficiente para guardar la ropa y el calzado. Si los vestuarios no fuesen necesarios, se dispondrán colgadores o armarios para colocar la ropa.

Existirán aseos con espejos, retretes con descarga automática de agua y papel higiénico y lavabos con agua corriente, caliente si es necesario, jabón y toallas individuales u otros sistema de secado con garantías higiénicas. Dispondrán además de duchas de agua corriente, caliente y fría, cuando se realicen habitualmente trabajos sucios, contaminantes o que originen elevada sudoración. Llevarán alicatados los paramentos hasta una altura de 2 m. del suelo, con baldosín cerámico esmaltado de color blanco. El solado será continuo e impermeable, formado por losas de gres rugoso antideslizante.

Si el trabajo se interrumpiera regularmente, se dispondrán espacios donde los trabajadores puedan permanecer durante esas interrupciones, diferenciándose espacios para fumadores y no fumadores.

2.2.6. Material y locales de primeros auxilios.

El lugar de trabajo dispondrá de material para primeros auxilios en caso de accidente, que deberá ser adecuado, en cuanto a su cantidad y características, al número de trabajadores y a los riesgos a que estén expuestos.

Como mínimo se dispondrá, en lugar reservado y a la vez de fácil acceso, de un botiquín portátil, que contendrá en todo momento, agua oxigenada, alcohol de 96, tintura de yodo, mercurocromo, gasas estériles, algodón hidrófilo, bolsa de agua, torniquete, guantes esterilizados y desechables, jeringuillas, hervidor, agujas, termómetro clínico, gasas, esparadrapo, apósitos adhesivos, tijeras, pinzas, antiespasmódicos, analgésicos y vendas.

3. Disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo

3.1. Introducción

La ley 31/1995, de 8 de noviembre de 1995, de Prevención de Riesgos Laborales es la norma legal por la que se determina el cuerpo básico de garantías y responsabilidades preciso para establecer un adecuado nivel de protección de la salud de los trabajadores frente a los riesgos derivados de las condiciones de trabajo.

De acuerdo con el artículo 6 de dicha ley, serán las normas reglamentarias las que fijarán las medidas mínimas que deben adoptarse para la adecuada protección de los trabajadores. Entre éstas se encuentran las destinadas a garantizar que en los lugares de trabajo exista una adecuada señalización de seguridad y salud, siempre que los riesgos no puedan evitarse o limitarse suficientemente a través de medios técnicos de protección colectiva.

Por todo lo expuesto, el Real Decreto 485/1997 de 14 de Abril de 1.997 establece las disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y de salud en el trabajo, entendiéndose como tales aquellas señalizaciones que referidas a un objeto, actividad o situación determinada, proporcionen una indicación o una obligación relativa a la seguridad o la salud en el trabajo mediante una señal en forma de panel, un color, una señal luminosa o acústica, una comunicación verbal o una señal gestual.

3.2. Obligación general del empresario

La elección del tipo de señal y del número y emplazamiento de las señales o dispositivos de señalización a utilizar en cada caso se realizará de forma que la señalización resulte lo más eficaz posible, teniendo en cuenta:

- *Las características de la señal.*
- *Los riesgos, elementos o circunstancias que hayan de señalizarse.*
- *La extensión de la zona a cubrir.*
- *El número de trabajadores afectados.*

Para la señalización de desniveles, obstáculos u otros elementos que originen riesgo de caída de personas, choques o golpes, así como para la señalización de riesgo eléctrico, presencia de materias inflamables, tóxicas, corrosivas o riesgo biológico, podrá optarse por una señal de advertencia de forma triangular, con un pictograma característico de color negro sobre fondo amarillo y bordes negros.

Las vías de circulación de vehículos deberán estar delimitadas con claridad mediante franjas continuas de color blanco o amarillo.

Los equipos de protección contra incendios deberán ser de color rojo.

La señalización para la localización e identificación de las vías de evacuación y de los equipos de salvamento o socorro (botiquín portátil) se realizará mediante una señal de forma cuadrada o rectangular, con un pictograma característico de color blanco sobre fondo verde.

La señalización dirigida a alertar a los trabajadores o a terceros de la aparición de una situación de peligro y de la consiguiente y urgente necesidad de actuar de una forma determinada o de evacuar la zona de peligro, se realizará mediante una señal luminosa, una señal acústica o una comunicación verbal.

Los medios y dispositivos de señalización deberán ser limpiados, mantenidos y verificados regularmente.

4. Disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo

4.1. Introducción

La ley 31/1995, de 8 de noviembre de 1995, de Prevención de Riesgos Laborales es la norma legal por la que se determina el cuerpo básico de garantías y responsabilidades preciso para establecer un adecuado nivel de protección de la salud de los trabajadores frente a los riesgos derivados de las condiciones de trabajo.

De acuerdo con el artículo 6 de dicha ley, serán las normas reglamentarias las que fijarán las medidas mínimas que deben adoptarse para la adecuada protección de los trabajadores. Entre éstas se encuentran las destinadas a garantizar que de la presencia o utilización de los equipos de trabajo puestos a disposición de los trabajadores en la empresa o centro de trabajo no se deriven riesgos para la seguridad o salud de los mismos.

Por todo lo expuesto, el Real Decreto 1215/1997 de 18 de Julio de 1.997 establece las disposiciones mínimas de seguridad y de salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo, entendiéndose como tales cualquier máquina, aparato, instrumento o instalación utilizado en el trabajo.

4.2. Obligación general del empresario

El empresario adoptará las medidas necesarias para que los equipos de trabajo que se pongan a disposición de los trabajadores sean adecuados al trabajo que deba realizarse y convenientemente adaptados al mismo, de forma que garanticen la seguridad y la salud de los trabajadores al utilizar dichos equipos.

Deberá utilizar únicamente equipos que satisfagan cualquier disposición legal o reglamentaria que les sea de aplicación.

Para la elección de los equipos de trabajo el empresario deberá tener en cuenta los siguientes factores:

- *Las condiciones y características específicas del trabajo a desarrollar.*
- *Los riesgos existentes para la seguridad y salud de los trabajadores en el lugar de trabajo.*
- *En su caso, las adaptaciones necesarias para su utilización por trabajadores discapacitados.*

Adoptará las medidas necesarias para que, mediante un mantenimiento adecuado, los equipos de trabajo se conserven durante todo el tiempo de utilización en unas condiciones adecuadas. Todas las operaciones de mantenimiento, ajuste, desbloqueo, revisión o reparación de los equipos de trabajo se realizará tras haber parado o desconectado el equipo. Estas operaciones deberán ser encomendadas al personal especialmente capacitado para ello.

El empresario deberá garantizar que los trabajadores reciban una formación e información adecuadas a los riesgos derivados de los equipos de trabajo. La

información, suministrada preferentemente por escrito, deberá contener, como mínimo, las indicaciones relativas a:

- *Las condiciones y forma correcta de utilización de los equipos de trabajo, teniendo en cuenta las instrucciones del fabricante, así como las situaciones o formas de utilización anormales y peligrosas que puedan preverse.*

- *Las conclusiones que, en su caso, se puedan obtener de la experiencia adquirida en la utilización de los equipos de trabajo.*

4.2.1. Disposiciones mínimas generales aplicables a los equipos de trabajo

Los órganos de accionamiento de un equipo de trabajo que tengan alguna incidencia en la seguridad deberán ser claramente visibles e identificables y no deberán acarrear riesgos como consecuencia de una manipulación involuntaria.

Cada equipo de trabajo deberá estar provisto de un órgano de accionamiento que permita su parada total en condiciones de seguridad.

Cualquier equipo de trabajo que entrañe riesgo de caída de objetos o de proyecciones deberá estar provisto de dispositivos de protección adecuados a dichos riesgos.

Cualquier equipo de trabajo que entrañe riesgo por emanación de gases, vapores o líquidos o por emisión de polvo deberá estar provisto de dispositivos adecuados de captación o extracción cerca de la fuente emisora correspondiente.

Si fuera necesario para la seguridad o la salud de los trabajadores, los equipos de trabajo y sus elementos deberán estabilizarse por fijación o por otros medios.

Cuando los elementos móviles de un equipo de trabajo puedan entrañar riesgo de accidente por contacto mecánico, deberán ir equipados con resguardos o dispositivos que impidan el acceso a las zonas peligrosas.

Las zonas y puntos de trabajo o mantenimiento de un equipo de trabajo deberán estar adecuadamente iluminadas en función de las tareas que deban realizarse.

Las partes de un equipo de trabajo que alcancen temperaturas elevadas o muy bajas deberán estar protegidas cuando corresponda contra los riesgos de contacto o la proximidad de los trabajadores.

Todo equipo de trabajo deberá ser adecuado para proteger a los trabajadores expuestos contra el riesgo de contacto directo o indirecto de la electricidad y los que entrañen riesgo por ruido, vibraciones o radiaciones deberá disponer de las protecciones o dispositivos adecuados para limitar, en la medida de lo posible, la generación y propagación de estos agentes físicos.

Las herramientas manuales deberán estar construidas con materiales resistentes y la unión entre sus elementos deberá ser firme, de manera que se eviten las roturas o proyecciones de los mismos.

La utilización de todos estos equipos no podrá realizarse en contradicción con las instrucciones facilitadas por el fabricante, comprobándose antes del iniciar la tarea que todas sus protecciones y condiciones de uso son las adecuadas.

Deberán tomarse las medidas necesarias para evitar el atrapamiento del cabello, ropas de trabajo u otros objetos del trabajador, evitando, en cualquier caso, someter a los equipos a sobrecargas, sobrepresiones, velocidades o tensiones excesivas.

4.2.2. Disposiciones mínimas adicionales aplicables a los equipos de trabajo móviles

Los equipos con trabajadores transportados deberán evitar el contacto de éstos con ruedas y orugas y el aprisionamiento por las mismas. Para ello dispondrán de una estructura de protección que impida que el equipo de trabajo incline más de un cuarto de vuelta o una estructura que garantice un espacio suficiente alrededor de los trabajadores transportados cuando el equipo pueda inclinarse más de un cuarto de vuelta. No se requerirán estas estructuras de protección cuando el equipo de trabajo se encuentre estabilizado durante su empleo.

Las carretillas elevadoras deberán estar acondicionadas mediante la instalación de una cabina para el conductor, una estructura que impida que la carretilla vuelque, una estructura que garantice que, en caso de vuelco, quede espacio suficiente para el trabajador entre el suelo y determinadas partes de dicha carretilla y una estructura que mantenga al trabajador sobre el asiento de conducción en buenas condiciones.

Los equipos de trabajo automotores deberán contar con dispositivos de frenado y parada, con dispositivos para garantizar una visibilidad adecuada y con una señalización acústica de advertencia. En cualquier caso, su conducción estará reservada a los trabajadores que hayan recibido una información específica.

4.2.3. Disposiciones mínimas adicionales aplicables a los equipos de trabajo para elevación de cargas

Deberán estar instalados firmemente, teniendo presente la carga que deban levantar y las tensiones inducidas en los puntos de suspensión o de fijación. En cualquier caso, los aparatos de izar estarán equipados con limitador del recorrido del carro y de los ganchos, los motores eléctricos estarán provistos de limitadores de altura y del peso, los ganchos de sujeción serán de acero con "pestillos de seguridad" y los carriles para desplazamiento estarán limitados a una distancia de 1 m de su término mediante topes de seguridad de final de carrera eléctricos.

Deberá figurar claramente la carga nominal.

Deberán instalarse de modo que se reduzca el riesgo de que la carga caiga en picado, se suelte o se desvíe involuntariamente de forma peligrosa. En cualquier caso, se evitará la presencia de trabajadores bajo las cargas suspendidas. Caso de ir equipadas con cabinas para trabajadores deberá evitarse la caída de éstas, su aplastamiento o choque.

Los trabajos de izado, transporte y descenso de cargas suspendidas, quedarán interrumpidos bajo régimen de vientos superiores a los 60 km/h.

4.2.4. Disposiciones mínimas adicionales aplicables a los equipos de trabajo para movimiento de tierras y maquinaria pesada en general

Las máquinas para los movimientos de tierras estarán dotadas de faros de marcha hacia adelante y de retroceso, servofrenos, freno de mano, bocina automática de retroceso, retrovisores en ambos lados, pórtico de seguridad antivuelco y antiimpactos y un extintor.

Se prohíbe trabajar o permanecer dentro del radio de acción de la maquinaria de movimiento de tierras, para evitar los riesgos por atropello.

Durante el tiempo de parada de las máquinas se señalará su entorno con "señales de peligro", para evitar los riesgos por fallo de frenos o por atropello durante la puesta en marcha.

Si se produjese contacto con líneas eléctricas el maquinista permanecerá inmóvil en su puesto y solicitará auxilio por medio de las bocinas. De ser posible el salto sin riesgo de contacto eléctrico, el maquinista saltará fuera de la máquina sin tocar, al unísono, la máquina y el terreno.

Antes del abandono de la cabina, el maquinista habrá dejado en reposo, en contacto con el pavimento (la cuchilla, cazo, etc.), puesto el freno de mano y parado el motor extrayendo la llave de contacto para evitar los riesgos por fallos del sistema hidráulico.

Las pasarelas y peldaños de acceso para conducción o mantenimiento permanecerán limpios de gravas, barros y aceite, para evitar los riesgos de caída.

Se prohíbe el transporte de personas sobre las máquinas para el movimiento de tierras, para evitar los riesgos de caídas o de atropellos.

Se instalarán topes de seguridad de fin de recorrido, ante la coronación de los cortes (taludes o terraplenes) a los que debe aproximarse la maquinaria empleada en el movimiento de tierras, para evitar los riesgos por caída de la máquina.

Se señalarán los caminos de circulación interna mediante cuerda de banderolas y señales normalizadas de tráfico.

Se prohíbe el acopio de tierras a menos de 2 m. del borde de la excavación (como norma general).

No se debe fumar cuando se abastezca de combustible la máquina, pues podría inflamarse. Al realizar dicha tarea el motor deberá permanecer parado.

Se prohíbe realizar trabajos en un radio de 10 m entorno a las máquinas de hinca, en prevención de golpes y atropellos.

Las cintas transportadoras estarán dotadas de pasillo lateral de visita de 60 cm de anchura y barandillas de protección de éste de 90 cm de altura. Estarán dotadas de encauzadores antidesprendimientos de objetos por rebose de materiales. Bajo las cintas, en todo su recorrido, se instalarán bandejas de recogida de objetos desprendidos.

Los compresores serán de los llamados "silenciosos" en la intención de disminuir el nivel de ruido. La zona dedicada para la ubicación del compresor quedará acordonada en un radio de 4 m. Las mangueras estarán en perfectas condiciones de uso, es decir, sin grietas ni desgastes que puedan producir un reventón.

Cada tajo con martillos neumáticos, estará trabajado por dos cuadrillas que se turnarán cada hora, en prevención de lesiones por permanencia continuada recibiendo vibraciones. Los piones mecánicos se guiarán avanzando frontalmente, evitando los desplazamientos laterales. Para realizar estas tareas se utilizará faja elástica de protección de cintura, muñequeras bien ajustadas, botas de seguridad, cascos antirruído y una mascarilla con filtro mecánico recambiable.

4.2.5. Disposiciones mínimas adicionales aplicables a la maquinaria herramienta

Las máquinas-herramienta estarán protegidas eléctricamente mediante doble aislamiento y sus motores eléctricos estarán protegidos por la carcasa.

Las que tengan capacidad de corte tendrán el disco protegido mediante una carcasa antiproyecciones.

Las que se utilicen en ambientes inflamables o explosivos estarán protegidas mediante carcasas antideflagrantes. Se prohíbe la utilización de máquinas accionadas mediante combustibles líquidos en lugares cerrados o de ventilación insuficiente.

Se prohíbe trabajar sobre lugares encharcados, para evitar los riesgos de caídas y los eléctricos.

Para todas las tareas se dispondrá una iluminación adecuada, en torno a 100 lux.

En prevención de los riesgos por inhalación de polvo, se utilizarán en vía húmeda las herramientas que lo produzcan.

Las mesas de sierra circular, cortadoras de material cerámico y sierras de disco manual no se ubicarán a distancias inferiores a tres metros del borde de los forjados, con la excepción de los que estén claramente protegidos (redes o barandillas, petos de remate, etc). Bajo ningún concepto se retirará la protección del disco de corte, utilizándose en todo momento gafas de seguridad antiproyección de partículas. Como normal general, se deberán extraer los clavos o partes metálicas hincadas en el elemento a cortar.

Con las pistolas fija-clavos no se realizarán disparos inclinados, se deberá verificar que no hay nadie al otro lado del objeto sobre el que se dispara, se evitará clavar sobre fábricas de ladrillo hueco y se asegurará el equilibrio de la persona antes de efectuar el disparo.

Para la utilización de los taladros portátiles y rozadoras eléctricas se elegirán siempre las brocas y discos adecuados al material a taladrar, se evitará realizar taladros en una sola maniobra y taladros o rozaduras inclinadas a pulso y se tratará no recalentar las brocas y discos.

En las tareas de soldadura por arco eléctrico se utilizará yelmo del soldar o pantalla de mano, no se mirará directamente al arco voltaico, no se tocarán las piezas

recientemente soldadas, se soldará en un lugar ventilado, se verificará la inexistencia de personas en el entorno vertical de puesto de trabajo, no se dejará directamente la pinza en el suelo o sobre la perfilería, se escogerá el electrodo adecuada para el cordón a ejecutar y se suspenderán los trabajos de soldadura con vientos superiores a 60 km/h y a la intemperie con régimen de lluvias.

En la soldadura oxiacetilénica (oxicorte) no se mezclarán botellas de gases distintos, éstas se transportarán sobre bateas enjauladas en posición vertical y atadas, no se ubicarán al sol ni en posición inclinada y los mecheros estarán dotados de válvulas antirretroceso de la llama. Si se desprenden pinturas se trabajará con mascarilla protectora y se hará al aire libre o en un local ventilado.

5. Disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción

5.1. Introducción

La ley 31/1995, de 8 de noviembre de 1995, de Prevención de Riesgos Laborales es la norma legal por la que se determina el cuerpo básico de garantías y responsabilidades preciso para establecer un adecuado nivel de protección de la salud de los trabajadores frente a los riesgos derivados de las condiciones de trabajo.

De acuerdo con el artículo 6 de dicha ley, serán las normas reglamentarias las que fijarán las medidas mínimas que deben adoptarse para la adecuada protección de los trabajadores. Entre éstas se encuentran necesariamente las destinadas a garantizar la seguridad y la salud en las obras de construcción.

Por todo lo expuesto, el Real Decreto 1627/1997 de 24 de Octubre de 1.997 establece las disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción, entendiendo como tales cualquier obra, pública o privada, en la que se efectúen trabajos de construcción o ingeniería civil.

La obra en proyecto referente a la Ejecución de una Línea Eléctrica de Alta Tensión se encuentra incluida en el Anexo I de dicha legislación, con la clasificación a) Excavación, b) Movimiento de tierras, c) Construcción, e) Acondicionamiento o instalación, k) Mantenimiento y l) Trabajos de pintura y de limpieza.

Al tratarse de una obra con las siguientes condiciones:

- a) El presupuesto de ejecución por contrata incluido en el proyecto es inferior a 75 millones de pesetas.*
- b) La duración estimada es inferior a 30 días laborables, no utilizándose en ningún momento a más de 20 trabajadores simultáneamente.*
- c) El volumen de mano de obra estimada, entendiendo por tal la suma de los días de trabajo del total de los trabajadores en la obra, es inferior a 500.*

Por todo lo indicado, el promotor estará obligado a que en la fase de redacción del proyecto se elabore un *estudio básico de seguridad y salud*. Caso de superarse alguna de las condiciones citadas anteriormente deberá realizarse un estudio completo de seguridad y salud.

5.2. Estudio básico de seguridad y salud

5.2.1. Riesgos más frecuentes en las obras de construcción

Los *Oficios* más comunes en la obra en proyecto son los siguientes:

- *Movimiento de tierras. Excavación de pozos y zanjas.*
- *Relleno de tierras.*
- *Encofrados.*
- *Trabajos con ferralla, manipulación y puesta en obra.*
- *Trabajos de manipulación del hormigón.*
- *Montaje de estructura metálica*

- *Montaje de prefabricados.*
- *Albañilería.*
- *Instalación eléctrica definitiva y provisional de obra.*

Los riesgos más frecuentes durante estos oficios son los descritos a continuación:

- *Deslizamientos, desprendimientos de tierras por diferentes motivos (no emplear el talud adecuado, por variación de la humedad del terreno, etc).*
- *Riesgos derivados del manejo de máquinas-herramienta y maquinaria pesada en general.*
- *Atropellos, colisiones, vuelcos y falsas maniobras de la maquinaria para movimiento de tierras.*
- *Caídas al mismo o distinto nivel de personas, materiales y útiles.*
- *Los derivados de los trabajos pulverulentos.*
- *Contactos con el hormigón (dermatitis por cementos, etc).*
- *Desprendimientos por mal apilado de la madera, planchas metálicas, etc.*
- *Cortes y heridas en manos y pies, aplastamientos, tropiezos y torceduras al caminar sobre las armaduras.*
- *Hundimientos, rotura o reventón de encofrados, fallos de entibaciones.*
- *Contactos con la energía eléctrica (directos e indirectos), electrocuciones, quemaduras, etc.*
- *Cuerpos extraños en los ojos, etc.*
- *Agresión por ruido y vibraciones en todo el cuerpo.*
- *Microclima laboral (frío-calor), agresión por radiación ultravioleta, infrarroja.*
- *Agresión mecánica por proyección de partículas.*
- *Golpes.*
- *Cortes por objetos y/o herramientas.*
- *Incendio y explosiones.*
- *Riesgo por sobreesfuerzos musculares y malos gestos.*
- *Carga de trabajo física.*
- *Deficiente iluminación.*
- *Efecto psico-fisiológico de horarios y turno.*

5.2.2. Medidas preventivas de carácter general

Se establecerán a lo largo de la obra letreros divulgativos y señalización de los riesgos (vuelco, atropello, colisión, caída en altura, corriente eléctrica, peligro de incendio, materiales inflamables, prohibido fumar, etc), así como las medidas preventivas previstas (uso obligatorio del casco, uso obligatorio de las botas de seguridad, uso obligatorio de guantes, uso obligatorio de cinturón de seguridad, etc).

Se habilitarán zonas o estancias para el acopio de material y útiles (ferralla, perfilería metálica, piezas prefabricadas, material eléctrico, etc).

Se procurará que los trabajos se realicen en superficies secas y limpias, utilizando los elementos de protección personal, fundamentalmente calzado antideslizante reforzado para protección de golpes en los pies, casco de protección para la cabeza y cinturón de seguridad.

El transporte aéreo de materiales y útiles se hará suspendiéndolos desde dos puntos mediante eslingas, y se guiarán por tres operarios, dos de ellos guiarán la carga y el tercero ordenará las maniobras.

El transporte de elementos pesados se hará sobre carretilla de mano y así evitar sobreesfuerzos.

Los andamios sobre borriquetas, para trabajos en altura, tendrán siempre plataformas de trabajo de anchura no inferior a 60 cm (3 tablones trabados entre sí), prohibiéndose la formación de andamios mediante bidones, cajas de materiales, bañeras, etc.

Se tenderán cables de seguridad amarrados a elementos estructurales sólidos en los que enganchar el mosquetón del cinturón de seguridad de los operarios encargados de realizar trabajos en altura.

La distribución de máquinas, equipos y materiales en los locales de trabajo será la adecuada, delimitando las zonas de operación y paso, los espacios destinados a puestos de trabajo, las separaciones entre máquinas y equipos, etc.

El área de trabajo estará al alcance normal de la mano, sin necesidad de ejecutar movimientos forzados.

Se vigilarán los esfuerzos de torsión o de flexión del tronco, sobre todo si el cuerpo está en posición inestable.

Se evitarán las distancias demasiado grandes de elevación, descenso o transporte, así como un ritmo demasiado alto de trabajo.

Se tratará que la carga y su volumen permitan asirla con facilidad.

Se recomienda evitar los barrizales, en prevención de accidentes.

Se debe seleccionar la herramienta correcta para el trabajo a realizar, manteniéndola en buen estado y uso correcto de ésta. Después de realizar las tareas, se guardarán en lugar seguro.

La iluminación para desarrollar los oficios convenientemente oscilará en torno a los 100 lux.

Es conveniente que los vestidos estén configurados en varias capas al comprender entre ellas cantidades de aire que mejoran el aislamiento al frío. Empleo de guantes, botas y orejeras. Se resguardará al trabajador de vientos mediante apantallamientos y se evitará que la ropa de trabajo se empape de líquidos evaporables.

Si el trabajador sufriese estrés térmico se deben modificar las condiciones de trabajo, con el fin de disminuir su esfuerzo físico, mejorar la circulación de aire, apantallar el calor por radiación, dotar al trabajador de vestimenta adecuada (sombrero, gafas de sol, cremas y lociones solares), vigilar que la ingesta de agua tenga cantidades moderadas de sal y establecer descansos de recuperación si las soluciones anteriores no son suficientes.

El aporte alimentario calórico debe ser suficiente para compensar el gasto derivado de la actividad y de las contracciones musculares.

Para evitar el contacto eléctrico directo se utilizará el sistema de separación por distancia o alejamiento de las partes activas hasta una zona no accesible por el trabajador, interposición de obstáculos y/o barreras (armarios para cuadros eléctricos, tapas para interruptores, etc.) y recubrimiento o aislamiento de las partes activas.

Para evitar el contacto eléctrico indirecto se utilizará el sistema de puesta a tierra de las masas (conductores de protección, líneas de enlace con tierra y electrodos artificiales) y dispositivos de corte por intensidad de defecto (interruptores diferenciales de sensibilidad adecuada a las condiciones de humedad y resistencia de tierra de la instalación provisional).

Será responsabilidad del empresario garantizar que los primeros auxilios puedan prestarse en todo momento por personal con la suficiente formación para ello.

5.2.3. Medidas preventivas de carácter particular para cada oficio

Movimiento de tierras. Excavación de pozos y zanjas.

Antes del inicio de los trabajos, se inspeccionará el tajo con el fin de detectar posibles grietas o movimientos del terreno.

Se prohibirá el acopio de tierras o de materiales a menos de dos metros del borde de la excavación, para evitar sobrecargas y posibles vuelcos del terreno, señalizándose además mediante una línea esta distancia de seguridad.

Se eliminarán todos los bolos o viseras de los frentes de la excavación que por su situación ofrezcan el riesgo de desprendimiento.

La maquinaria estará dotada de peldaños y asidero para subir o bajar de la cabina de control. No se utilizará como apoyo para subir a la cabina las llantas, cubiertas, cadenas y guardabarros.

Los desplazamientos por el interior de la obra se realizarán por caminos señalizados.

Se utilizarán redes tensas o mallazo electrosoldado situadas sobre los taludes, con un solape mínimo de 2 m.

La circulación de los vehículos se realizará a un máximo de aproximación al borde de la excavación no superior a los 3 m. para vehículos ligeros y de 4 m para pesados.

Se conservarán los caminos de circulación interna cubriendo baches, eliminando blandones y compactando mediante zahorras.

El acceso y salida de los pozos y zanjas se efectuará mediante una escalera sólida, anclada en la parte superior del pozo, que estará provista de zapatas antideslizantes.

Cuando la profundidad del pozo sea igual o superior a 1,5 m., se entibará (o encamisará) el perímetro en prevención de derrumbamientos.

Se efectuará el achique inmediato de las aguas que afloran (o caen) en el interior de las zanjas, para evitar que se altere la estabilidad de los taludes.

En presencia de líneas eléctricas en servicio se tendrán en cuenta las siguientes condiciones:

Se procederá a solicitar de la compañía propietaria de la línea eléctrica el corte de fluido y puesta a tierra de los cables, antes de realizar los trabajos.

La línea eléctrica que afecta a la obra será desviada de su actual trazado al límite marcado en los planos.

La distancia de seguridad con respecto a las líneas eléctricas que cruzan la obra, queda fijada en 5 m., en zonas accesibles durante la construcción.

Se prohíbe la utilización de cualquier calzado que no sea aislante de la electricidad en proximidad con la línea eléctrica.

Relleno de tierras.

Se prohíbe el transporte de personal fuera de la cabina de conducción y/o en número superior a los asientos existentes en el interior.

Se regarán periódicamente los tajos, las cargas y cajas de camión, para evitar las polvaredas. Especialmente si se debe conducir por vías públicas, calles y carreteras.

Se instalará, en el borde de los terraplenes de vertido, sólidos topes de limitación de recorrido para el vertido en retroceso.

Se prohíbe la permanencia de personas en un radio no inferior a los 5 m. en torno a las compactadoras y apisonadoras en funcionamiento.

Los vehículos de compactación y apisonado, irán provistos de cabina de seguridad de protección en caso de vuelco.

Trabajos con ferralla, manipulación y puesta en obra.

Los paquetes de redondos se almacenarán en posición horizontal sobre durmientes de madera capa a capa, evitándose las alturas de las pilas superiores al 1'50 m.

Se efectuará un barrido diario de puntas, alambres y recortes de ferralla en torno al banco (o bancos, borriquetas, etc.) de trabajo.

Queda prohibido el transporte aéreo de armaduras de pilares en posición vertical.

Se prohíbe trepar por las armaduras en cualquier caso.

Se prohíbe el montaje de zunchos perimetrales, sin antes estar correctamente instaladas las redes de protección.

Se evitará, en lo posible, caminar por los fondillos de los encofrados de jácenas o vigas.

Trabajos de manipulación del hormigón.

Se instalarán fuertes topes final de recorrido de los camiones hormigonera, en evitación de vuelcos.

Se prohíbe acercar las ruedas de los camiones hormigoneras a menos de 2 m. del borde de la excavación.

Se prohíbe cargar el cubo por encima de la carga máxima admisible de la grúa que lo sustenta.

Se procurará no golpear con el cubo los encofrados, ni las entibaciones.

La tubería de la bomba de hormigonado, se apoyará sobre caballetes, arriostrándose las partes susceptibles de movimiento.

Para vibrar el hormigón desde posiciones sobre la cimentación que se hormigona, se establecerán plataformas de trabajo móviles formadas por un mínimo de tres tablones, que se dispondrán perpendicularmente al eje de la zanja o zapata.

Montaje de elementos metálicos.

Los elementos metálicos (báculos, postes, etc) se apilarán ordenadamente sobre durmientes de madera de soporte de cargas, estableciendo capas hasta una altura no superior al 1'50 m.

Las operaciones de soldadura en altura, se realizarán desde el interior de una guindola de soldador, provista de una barandilla perimetral de 1 m. de altura formada por pasamanos, barra intermedia y rodapié. El soldador, además, amarrará el mosquetón del cinturón a un cable de seguridad, o a argollas soldadas a tal efecto en la perfilera.

Se prohíbe la permanencia de operarios dentro del radio de acción de cargas suspendidas.

Se prohíbe la permanencia de operarios directamente bajo tajos de soldadura.

El ascenso o descenso, se realizará mediante una escalera de mano provista de zapatas antideslizantes y ganchos de cuelgue e inmovilidad dispuestos de tal forma que sobrepase la escalera 1 m. la altura de desembarco.

El riesgo de caída al vacío se cubrirá mediante la utilización de redes de horca (o de bandeja).

Montaje de prefabricados.

El riesgo de caída desde altura, se evitará realizando los trabajos de recepción e instalación del prefabricado desde el interior de una plataforma de trabajo rodeada de barandillas de 90 cm., de altura, formadas por pasamanos, listón intermedio y rodapié de 15 cm., sobre andamios (metálicos, tubulares de borriquetas).

Se prohíbe trabajar o permanecer en lugares de tránsito de piezas suspendidas en prevención del riesgo de desplome.

Los prefabricados se acopiarán en posición horizontal sobre durmientes dispuestos por capas de tal forma que no dañen los elementos de enganche para su izado.

Se paralizará la labor de instalación de los prefabricados bajo régimen de vientos superiores a 60 Km/h.

Albañilería.

Los escombros y cascotes se evacuarán diariamente, para evitar el riesgo de pisadas sobre materiales.

Pintura y barnizados.

Se prohíbe almacenar pinturas susceptibles de emanar vapores inflamables con los recipientes mal o incompletamente cerrados, para evitar accidentes por generación de atmósferas tóxicas o explosivas.

Se prohíbe realizar trabajos de soldadura y oxicorte en lugares próximos a los tajos en los que se empleen pinturas inflamables, para evitar el riesgo de explosión o de incendio.

Se tenderán redes horizontales sujetas a puntos firmes de la estructura, para evitar el riesgo de caída desde alturas.

Se prohíbe la conexión de aparatos de carga accionados eléctricamente (puentes grúa por ejemplo) durante las operaciones de pintura de carriles, soportes, topes, barandillas, etc., en prevención de atrapamientos o caídas desde altura.

Instalación eléctrica provisional de obra.

El montaje de aparatos eléctricos será ejecutado por personal especialista, en prevención de los riesgos por montajes incorrectos.

El calibre o sección del cableado será siempre el adecuado para la carga eléctrica que ha de soportar.

Los hilos tendrán la funda protectora aislante sin defectos apreciables (rasgones, repelones y asimilables). No se admitirán tramos defectuosos.

La distribución general desde el cuadro general de obra a los cuadros secundarios, se efectuará mediante manguera eléctrica antihumedad.

El tendido de los cables y mangueras, se efectuará a una altura mínima de 2 m. en los lugares peatonales y de 5 m. en los de vehículos, medidos sobre el nivel del pavimento.

Los empalmes provisionales entre mangueras, se ejecutarán mediante conexiones normalizadas estancas antihumedad.

Las mangueras de "alargadera" por ser provisionales y de corta estancia pueden llevarse tendidas por el suelo, pero arrimadas a los paramentos verticales.

Los interruptores se instalarán en el interior de cajas normalizadas, provistas de puerta de entrada con cerradura de seguridad.

Los cuadros eléctricos metálicos tendrán la carcasa conectada a tierra.

Los cuadros eléctricos se colgarán pendientes de tableros de madera recibidos a los paramentos verticales o bien a "pies derechos" firmes.

Las maniobras a ejecutar en el cuadro eléctrico general se efectuarán subido a una banqueta de maniobra o alfombrilla aislante.

Los cuadros eléctricos poseerán tomas de corriente para conexiones normalizadas blindadas para intemperie.

La tensión siempre estará en la clavija "hembra", nunca en la "macho", para evitar los contactos eléctricos directos.

Los interruptores diferenciales se instalarán de acuerdo con las siguientes sensibilidades:

- 300 mA. Alimentación a la maquinaria.
- 30 mA. Alimentación a la maquinaria como mejora del nivel de seguridad.
- 30 mA. Para las instalaciones eléctricas de alumbrado.

Las partes metálicas de todo equipo eléctrico dispondrán de toma de tierra.

El neutro de la instalación estará puesto a tierra.

La toma de tierra se efectuará a través de la pica o placa de cada cuadro general.

El hilo de toma de tierra, siempre estará protegido con macarrón en colores amarillo y verde. Se prohíbe expresamente utilizarlo para otros usos.

La iluminación mediante portátiles cumplirá la siguiente norma:

- *Portalámparas estanco de seguridad con mango aislante, rejilla protectora de la bombilla dotada de gancho de cuelgue a la pared, manguera antihumedad, clavija de conexión normalizada estanca de seguridad, alimentados a 24 V.*
- *La iluminación de los tajos se situará a una altura en torno a los 2 m., medidos desde la superficie de apoyo de los operarios en el puesto de trabajo.*
- *La iluminación de los tajos, siempre que sea posible, se efectuará cruzada con el fin de disminuir sombras.*
- *Las zonas de paso de la obra, estarán permanentemente iluminadas evitando rincones oscuros.*

No se permitirá las conexiones a tierra a través de conducciones de agua.

No se permitirá el tránsito de carretillas y personas sobre mangueras eléctricas, pueden pelarse y producir accidentes.

No se permitirá el tránsito bajo líneas eléctricas de las compañías con elementos longitudinales transportados a hombro (pértigas, reglas, escaleras de mano y asimilables). La inclinación de la pieza puede llegar a producir el contacto eléctrico.

5.2.4. Medidas específicas para trabajos en la proximidad de instalaciones eléctricas en alta tensión

Los Oficios más comunes en las instalaciones de alta tensión son los siguientes.

- *Instalación de apoyos metálicos o de hormigón.*
- *Instalación de conductores desnudos.*
- *Instalación de aisladores cerámicos.*
- *Instalación de crucetas metálicas.*
- *Instalación de aparatos de seccionamiento y corte (interruptores, seccionadores, fusibles, etc).*
- *Instalación de limitadores de sobretensión (autoválvulas pararrayos).*
- *Instalación de transformadores tipo intemperie sobre apoyos.*
- *Instalación de dispositivos antivibraciones.*
- *Medida de altura de conductores.*
- *Detección de partes en tensión.*
- *Instalación de conductores aislados en zanjas o galerías.*
- *Instalación de envolventes prefabricadas de hormigón.*
- *Instalación de celdas eléctricas (seccionamiento, protección, medida, etc).*
- *Instalación de transformadores en envolventes prefabricadas a nivel del terreno.*
- *Instalación de cuadros eléctricos y salidas en B.T.*
- *Interconexión entre elementos.*
- *Conexión y desconexión de líneas o equipos.*
- *Puestas a tierra y conexiones equipotenciales.*
- *Reparación, conservación o cambio de los elementos citados.*

Los Riesgos más frecuentes durante estos oficios son los descritos a continuación.

- *Deslizamientos, desprendimientos de tierras por diferentes motivos (no emplear el talud adecuado, por variación de la humedad del terreno, etc).*
- *Riesgos derivados del manejo de máquinas-herramienta y maquinaria pesada en general.*
- *Atropellos, colisiones, vuelcos y falsas maniobras de la maquinaria para movimiento de tierras.*
- *Caídas al mismo o distinto nivel de personas, materiales y útiles.*
- *Contactos con el hormigón (dermatitis por cementos, etc).*
- *Golpes.*
- *Cortes por objetos y/o herramientas.*
- *Incendio y explosiones. Electrocutaciones y quemaduras.*
- *Riesgo por sobreesfuerzos musculares y malos gestos.*
- *Contacto o manipulación de los elementos aislantes de los transformadores (aceites minerales, aceites a la silicona y piraleno). El aceite mineral tiene un punto de inflamación relativamente bajo (130º) y produce humos densos y nocivos en la combustión. El aceite a la silicona posee un punto de inflamación más elevado (400º). El piraleno ataca la piel, ojos y mucosas, produce gases tóxicos a temperaturas normales y arde mezclado con otros productos.*

- *Contacto directo con una parte del cuerpo humano y contacto a través de útiles o herramientas.*
- *Contacto a través de maquinaria de gran altura.*
- *Maniobras en centros de transformación privados por personal con escaso o nulo conocimiento de la responsabilidad y riesgo de una instalación de alta tensión.*

Las Medidas Preventivas de carácter general se describen a continuación.

Se realizará un diseño seguro y viable por parte del técnico proyectista.

Los trabajadores recibirán una formación específica referente a los riesgos en alta tensión.

Para evitar el riesgo de contacto eléctrico se alejarán las partes activas de la instalación a distancia suficiente del lugar donde las personas habitualmente se encuentran o circulan, se recubrirán las partes activas con aislamiento apropiado, de tal forma que conserven sus propiedades indefinidamente y que limiten la corriente de contacto a un valor inocuo (1 mA) y se interpondrán obstáculos aislantes de forma segura que impidan todo contacto accidental.

La distancia de seguridad para líneas eléctricas aéreas de alta tensión y los distintos elementos, como maquinaria, grúas, etc no será inferior a 3 m. Respecto a las edificaciones no será inferior a 5 m.

Conviene determinar con la suficiente antelación, al comenzar los trabajos o en la utilización de maquinaria móvil de gran altura, si existe el riesgo derivado de la proximidad de líneas eléctricas aéreas. Se indicarán dispositivos que limiten o indiquen la altura máxima permisible.

Será obligatorio el uso del cinturón de seguridad para los operarios encargados de realizar trabajos en altura.

Todos los apoyos, herrajes, autoválvulas, seccionadores de puesta a tierra y elementos metálicos en general estarán conectados a tierra, con el fin de evitar las tensiones de paso y de contacto sobre el cuerpo humano. La puesta a tierra del neutro de los transformadores será independiente de la especificada para herrajes. Ambas serán motivo de estudio en la fase de proyecto.

Es aconsejable que en centros de transformación el pavimento sea de hormigón ruleteado antideslizante y se ubique una capa de grava alrededor de ellos (en ambos casos se mejoran las tensiones de paso y de contacto).

Se evitará aumentar la resistividad superficial del terreno.

En centros de transformación tipo intemperie se revestirán los apoyos con obra de fábrica y mortero de hormigón hasta una altura de 2 m y se aislarán las empuñaduras de los mandos.

En centros de transformación interiores o prefabricados se colocarán suelos de láminas aislantes sobre el acabado de hormigón.

Las pantallas de protección contra contacto de las celdas, aparte de esta función, deben evitar posibles proyecciones de líquidos o gases en caso de explosión, para lo cual deberán ser de chapa y no de malla.

Los mandos de los interruptores, seccionadores, etc, deben estar emplazados en lugares de fácil manipulación, evitándose posturas forzadas para el operador, teniendo en cuenta que éste lo hará desde el banquillo aislante.

Se realizarán enclavamientos mecánicos en las celdas, de puerta (se impide su apertura cuando el aparato principal está cerrado o la puesta a tierra desconectada), de maniobra (impide la maniobra del aparato principal y puesta a tierra con la puerta abierta), de puesta a tierra (impide el cierre de la puesta a tierra con el interruptor cerrado o viceversa), entre el seccionador y el interruptor (no se cierra el interruptor si el seccionador está abierto y conectado a tierra y no se abrirá el seccionador si el interruptor está cerrado) y enclavamiento del mando por candado.

Como recomendación, en las celdas se instalarán detectores de presencia de tensión y mallas protectoras quitamiedos para comprobación con pértiga.

En las celdas de transformador se utilizará una ventilación optimizada de mayor eficacia situando la salida de aire caliente en la parte superior de los paneles verticales. La dirección del flujo de aire será obligada a través del transformador.

El alumbrado de emergencia no estará concebido para trabajar en ningún centro de transformación, sólo para efectuar maniobras de rutina.

Los centros de transformación estarán dotados de cerradura con llave que impida el acceso a personas ajenas a la explotación.

Las maniobras en alta tensión se realizarán, por elemental que puedan ser, por un operador y su ayudante. Deben estar advertidos que los seccionadores no pueden ser maniobrados en carga. Antes de la entrada en un recinto en tensión deberán comprobar la ausencia de tensión mediante pértiga adecuada y de forma visible la apertura de un elemento de corte y la puesta a tierra y en cortocircuito del sistema. Para realizar todas las maniobras será obligatorio el uso de, al menos y a la vez, dos elementos de protección personal: pértiga, guantes y banqueta o alfombra aislante, conexión equipotencial del mando manual del aparato y plataforma de maniobras.

Se colocarán señales de seguridad adecuadas, delimitando la zona de trabajo.

5.3. Disposiciones específicas de seguridad y salud durante la ejecución de las obras

Cuando en la ejecución de la obra intervenga más de una empresa, o una empresa y trabajadores autónomos o diversos trabajadores autónomos, el promotor designará un *coordinador en materia de seguridad y salud durante la ejecución de la obra*, que será un técnico competente integrado en la dirección facultativa.

Cuando no sea necesaria la designación de coordinador, las funciones de éste serán asumidas por la dirección facultativa.

En aplicación del estudio básico de seguridad y salud, cada contratista elaborará un *plan de seguridad y salud en el trabajo* en el que se analicen, estudien, desarrollen y complementen las previsiones contenidas en el estudio desarrollado en el proyecto, en función de su propio sistema de ejecución de la obra.

Antes del comienzo de los trabajos, el promotor deberá efectuar un *aviso* a la autoridad laboral competente.

6. Disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual

6.1. Introducción

La ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales, determina el cuerpo básico de garantías y responsabilidades preciso para establecer un adecuado nivel de protección de la salud de los trabajadores frente a los riesgos derivados de las condiciones de trabajo.

Así son las normas de desarrollo reglamentario las que deben fijar las medidas mínimas que deben adoptarse para la adecuada protección de los trabajadores. Entre ellas se encuentran las destinadas a garantizar la utilización por los trabajadores en el trabajo de equipos de protección individual que los protejan adecuadamente de aquellos riesgos para su salud o su seguridad que no puedan evitarse o limitarse suficientemente mediante la utilización de medios de protección colectiva o la adopción de medidas de organización en el trabajo.

6.2. Obligaciones generales del empresario

Hará obligatorio el uso de los equipos de protección individual que a continuación se desarrollan.

6.2.1. Protectores de la cabeza

- Cascos de seguridad, no metálicos, clase N, aislados para baja tensión, con el fin de proteger a los trabajadores de los posibles choques, impactos y contactos eléctricos.

- Protectores auditivos acoplables a los cascos de protección.

- Gafas de montura universal contra impactos y antipolvo.

- Mascarilla antipolvo con filtros protectores.

- Pantalla de protección para soldadura autógena y eléctrica.

6.2.2. Protectores de manos y brazos

- Guantes contra las agresiones mecánicas (perforaciones, cortes, vibraciones).

- Guantes de goma finos, para operarios que trabajen con hormigón.

- Guantes dieléctricos para B.T.

- Guantes de soldador.

- Muñequeras.

- Mango aislante de protección en las herramientas.

6.2.3. Protectores de pies y piernas

- Calzado provisto de suela y puntera de seguridad contra las agresiones mecánicas.

- Botas dieléctricas para B.T.

- Botas de protección impermeables.

- Polainas de soldador.

- Rodilleras.

6.2.4. Protectores del cuerpo

- Crema de protección y pomadas.
- Chalecos, chaquetas y mandiles de cuero para protección de las agresiones mecánicas.
- Traje impermeable de trabajo.
- Cinturón de seguridad, de sujeción y caída, clase A.
- Fajas y cinturones antivibraciones.
- Pértiga de B.T.
- Banqueta aislante clase I para maniobra de B.T.
- Linterna individual de situación.
- Comprobador de tensión.

6.2.5. Equipos adicionales de protección para trabajos en la proximidad de instalaciones eléctricas de alta tensión

- Casco de protección aislante clase E-AT.
- Guantes aislantes clase IV.
- Banqueta aislante de maniobra clase II-B o alfombra aislante para A.T.
- Pértiga detectora de tensión (salvamento y maniobra).
- Traje de protección de menos de 3 kg, bien ajustado al cuerpo y sin piezas descubiertas eléctricamente conductoras de la electricidad.
- Gafas de protección.
- Insuflador boca a boca.
- Tierra auxiliar.
- Esquema unifilar
- Placa de primeros auxilios.
- Placas de peligro de muerte y E.T.



Escuela
Universitaria
Ingeniería
Técnica
Industrial
ZARAGOZA

SUBESTACIÓN ELÉCTRICA REDUCTORA 66/13.2 KV DE TAUSTE

PLANOS

AUTOR

Carlos Pola Ferrández

DIRTECTOR

Ángel Santillán Lázaro

ESPECIALIDAD

Electricidad

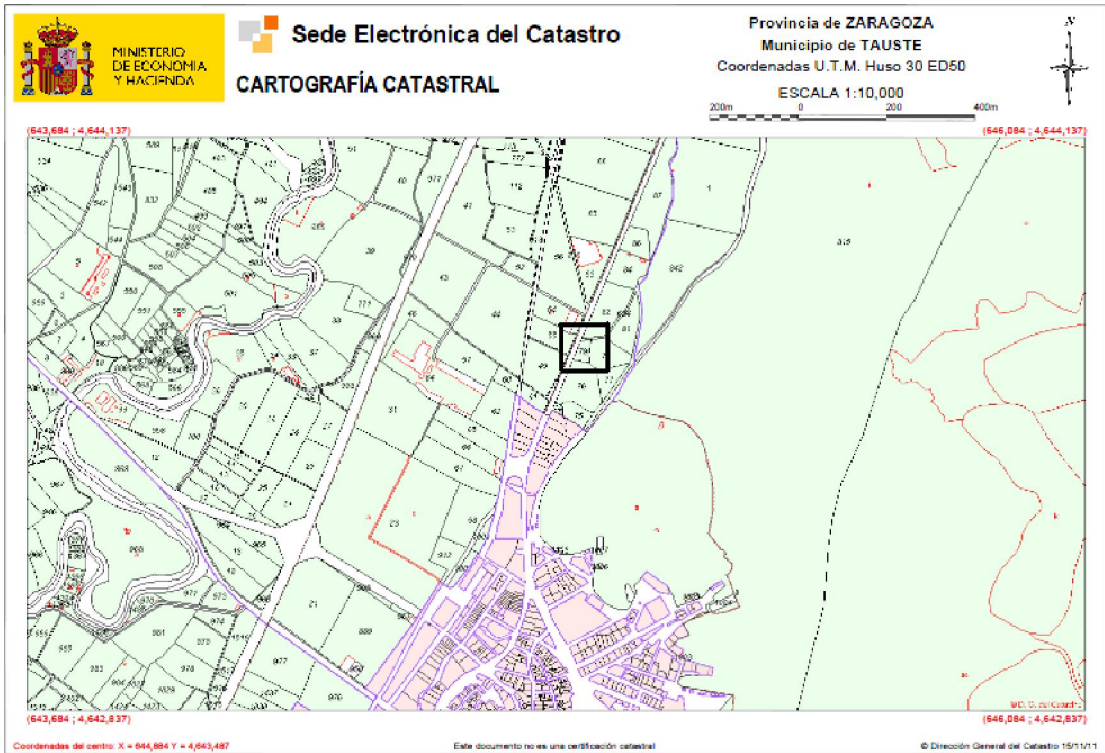
CONVOCATORIA

Diciembre de 2011

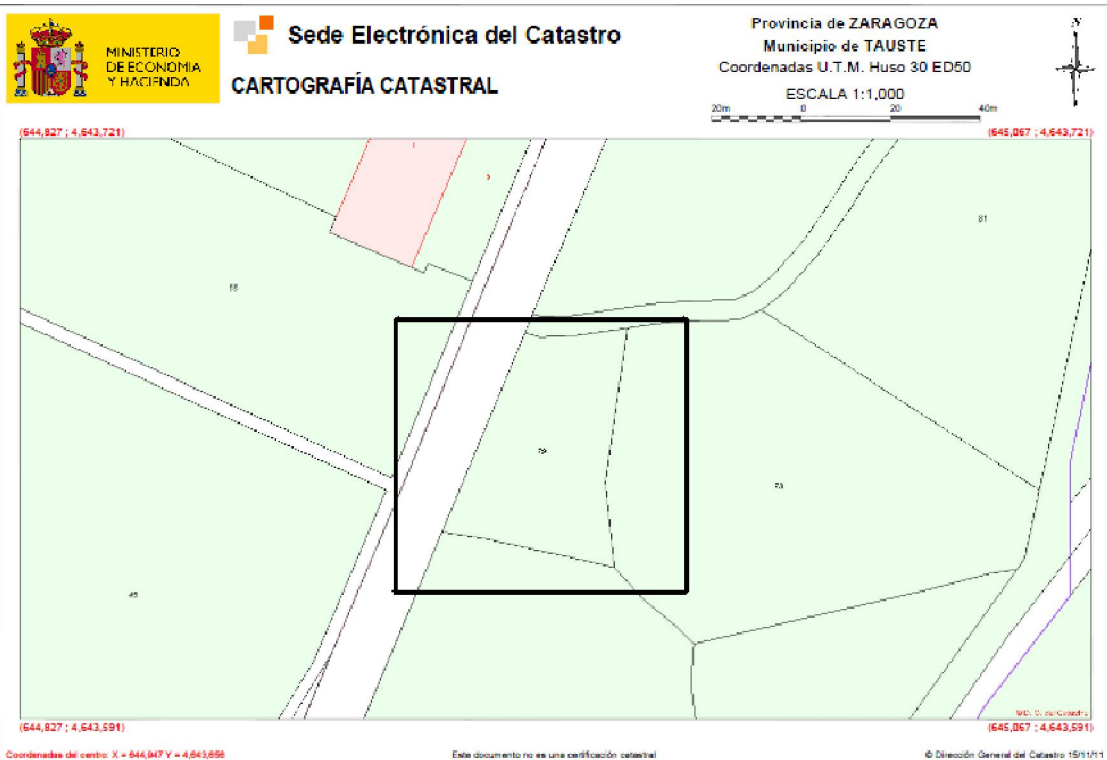
INDICE DE PLANOS

INDICE DE PLANOS	
Plano de situación	Plano 1
Plano de emplazamiento	Plano 2
Esquema unifilar simplificado	Plano 3
Esquema unifilar de los servicios auxiliares	Plano 4
Esquema unifilar del inversor	Plano 5
Planta general de la subestación	Plano 6
Plano eléctrico general de la subestación	Plano 7
Perfil general de la subestación	Plano 8
Perfil posición de línea	Plano 9
Perfil posición de trafo	Plano 10
Plano planta general de cimentaciones y canales	Plano 11
Red de tierras de la subestación	Plano 12
Vistas de la caseta de control	Plano 13
Disposición de los elementos eléctricos en la caseta de control	Plano 14
Plantas de la caseta de control. Cimentaciones y solera. Prefabricados y servicios auxiliares	Plano 15
Cortes de la caseta de control	Plano 16

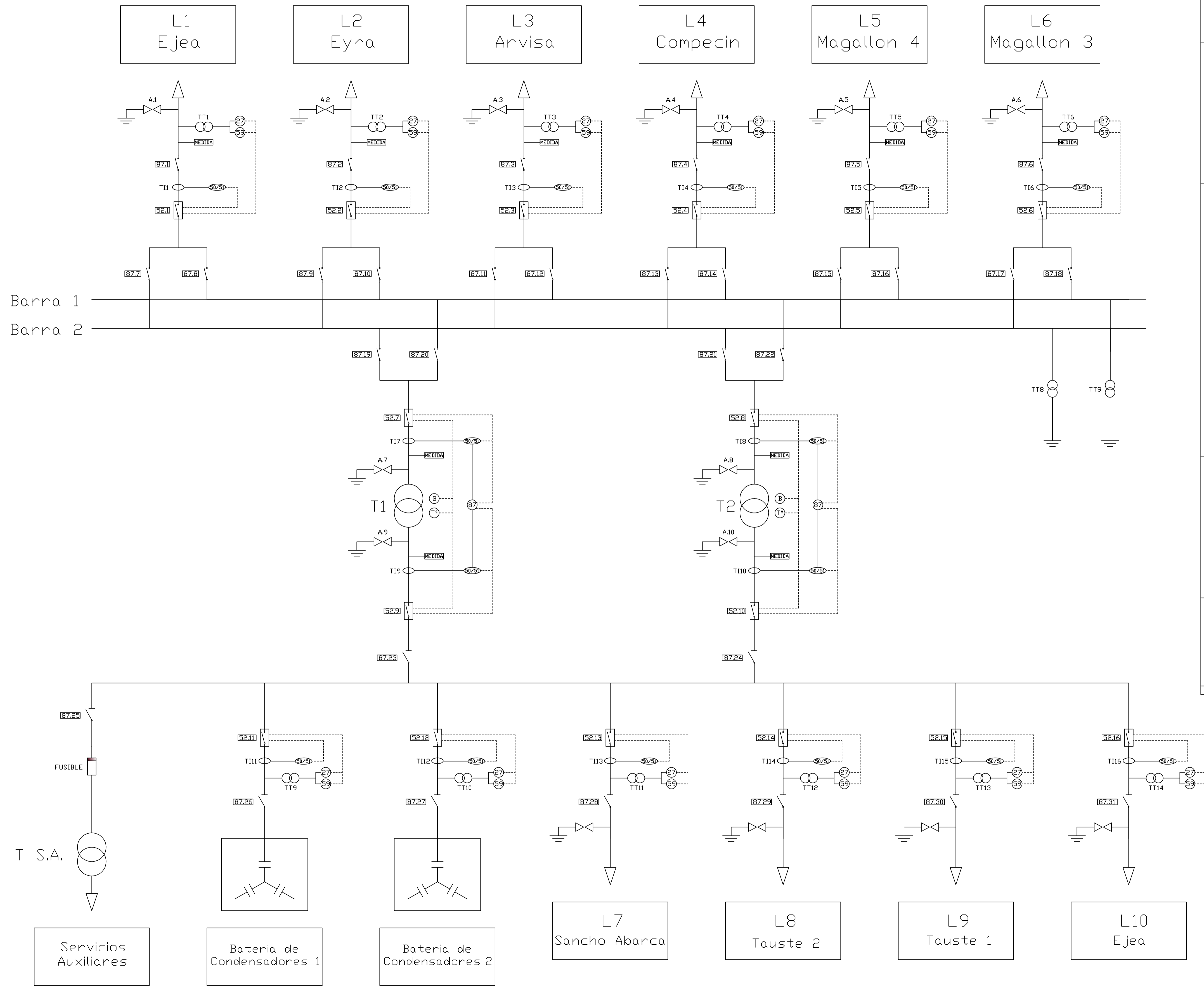
Plano de los cortes de las zanjas y canalizaciones	Plano 17
Vistas transformador de potencia	Plano 18
Vistas transformador de servicios auxiliares	Plano 19



	Fecha	Nombre	Firma	ESCUOLA UNIVERSITARIA DE INGENIERIA TECNICA INDUSTRIAL DE ZARAGOZA
Dibujado	10/11/11	Carlos Pola Ferrández		
Comprob.				
Escala:	Plano de situación			Plano: Plano 1
1/10000				Hoja: 1
				Especialidad: Electricidad

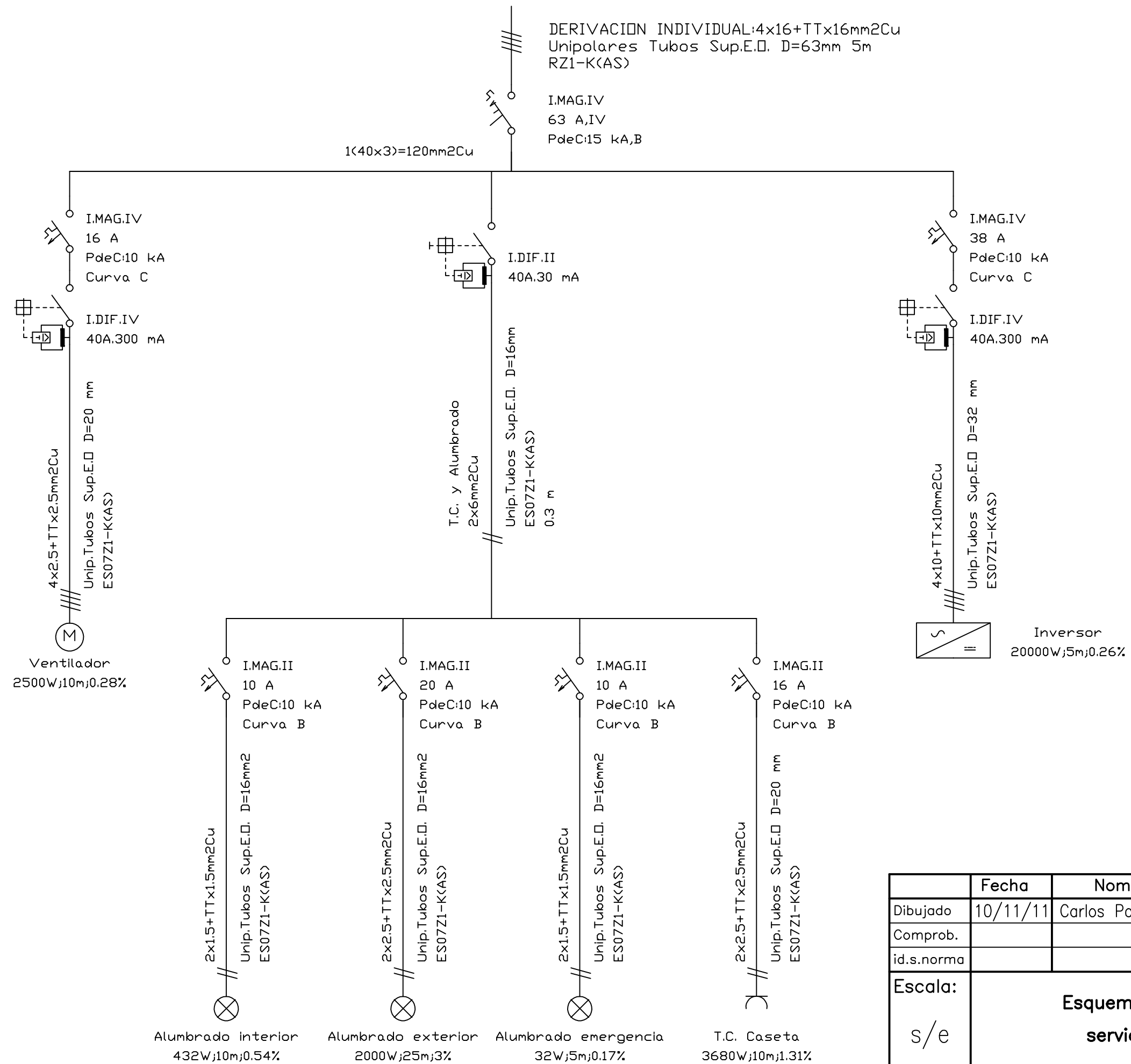


	Fecha	Nombre	Firma	ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERIA TECNICA INDUSTRIAL DE ZARAGOZA
Dibujado	10/11/11	Carlos Pola Ferrández		
Comprob.				
Escala:	Plano de emplazamiento			Plano: Plano 2
1/1000				Hoja: 2
				Especialidad: Electricidad

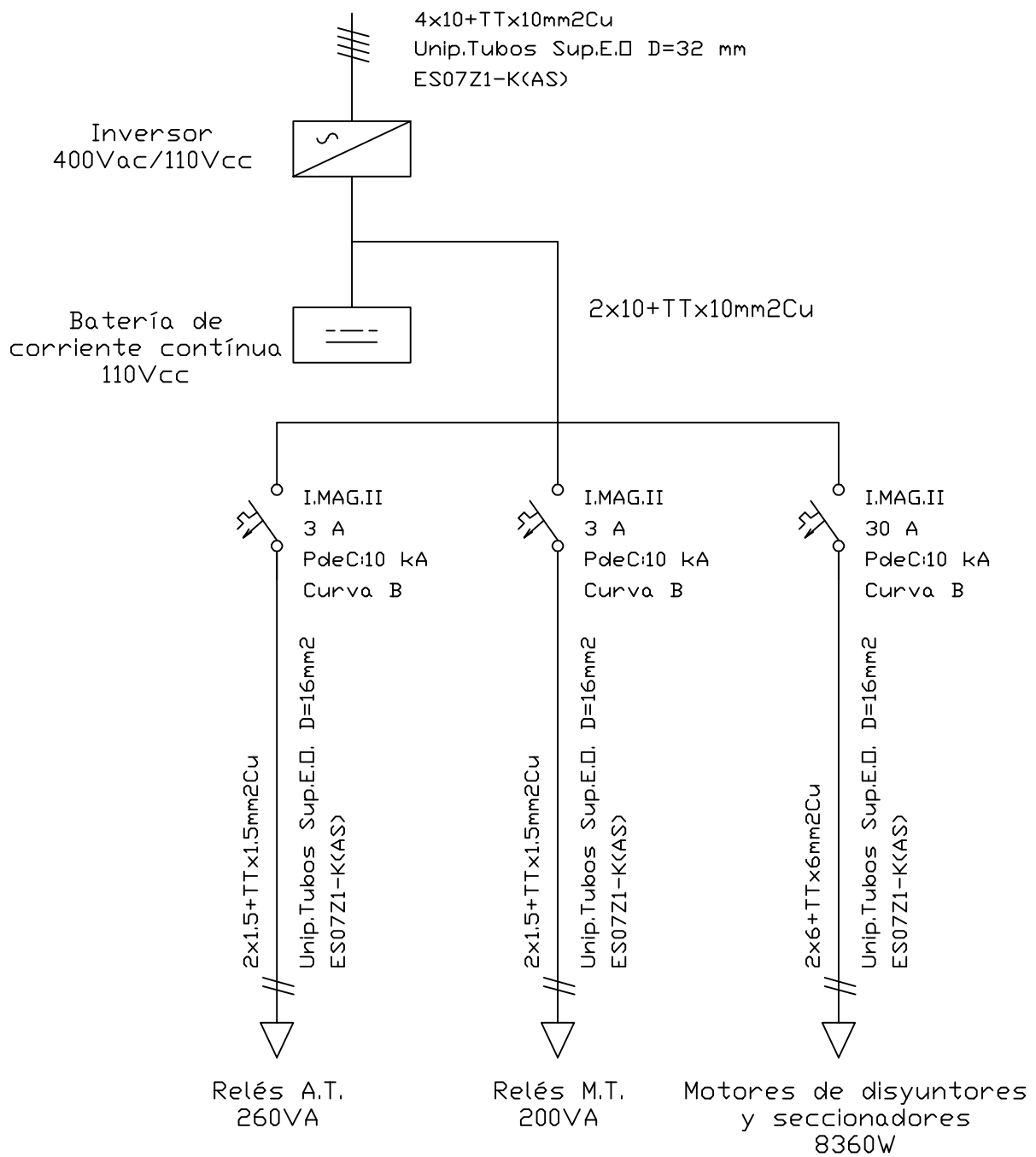


CODIGO	DESCRIPCION	CARACTERISTICAS	MODELO	FABRIC.
T1	Trafo 1 de potencia	10MVA rt=66/13.2KV		ALKARGO
T2	Trafo 2 de potencia	10MVA rt=66/13.2KV		ALKARGO
T.S.A.	Trafo de servicios auxiliares	50KVA rt=13.2/0.4KV		ALKARGO
TT1	Trafo de tensión línea 1	Rt 66000/110V	CPA-72.5	ABB
TT2	Trafo de tensión línea 2	Rt 66000/110V	CPA-72.5	ABB
TT3	Trafo de tensión línea 3	Rt 66000/110V	CPA-72.5	ABB
TT4	Trafo de tensión línea 4	Rt 66000/110V	CPA-72.5	ABB
TT5	Trafo de tensión línea 5	Rt 66000/110V	CPA-72.5	ABB
TT6	Trafo de tensión línea 6	Rt 66000/110V	CPA-72.5	ABB
TT7	Trafo de tensión barra 1	Rt 66000/110V	CPA-72.5	ABB
TT8	Trafo de tensión barra 2	Rt 66000/110V	CPA-72.5	ABB
TT9	Trafo de tensión bat. cond. 1	Rt 13200/110V	En celda CBGS-0	MESA
TT10	Trafo de tensión bat. cond. 2	Rt 13200/110V	En celda CBGS-0	MESA
TT11	Trafo de tensión línea 7	Rt 13200/110V	En celda CBGS-0	MESA
TT12	Trafo de tensión línea 8	Rt 13200/110V	En celda CBGS-0	MESA
TT13	Trafo de tensión línea 9	Rt 13200/110V	En celda CBGS-0	MESA
TT14	Trafo de tensión línea 10	Rt 13200/110V	En celda CBGS-0	MESA
TI1	Trafo de intensidad	Rt 300/5A	IMB2400	ABB
TI2	Trafo de intensidad	Rt 300/5A	IMB2400	ABB
TI3	Trafo de intensidad	Rt 300/5A	IMB2400	ABB
TI4	Trafo de intensidad	Rt 300/5A	IMB2400	ABB
TI5	Trafo de intensidad	Rt 300/5A	IMB2400	ABB
TI6	Trafo de intensidad	Rt 300/5A	IMB2400	ABB
TI7	Trafo de intensidad	Rt 300/5A	IMB2400	ABB
TI8	Trafo de intensidad	Rt 300/5A	IMB2400	ABB
TI9	Trafo de intensidad	Rt 600/5A	En celda CBGS-0	MESA
TI10	Trafo de intensidad	Rt 600/5A	En celda CBGS-0	MESA
TI11	Trafo de intensidad	Rt 600/5A	En celda CBGS-0	MESA
TI12	Trafo de intensidad	Rt 600/5A	En celda CBGS-0	MESA
TI13	Trafo de intensidad	Rt 600/5A	En celda CBGS-0	MESA
TI14	Trafo de intensidad	Rt 600/5A	En celda CBGS-0	MESA
TI15	Trafo de intensidad	Rt 600/5A	En celda CBGS-0	MESA
TI16	Trafo de intensidad	Rt 600/5A	En celda CBGS-0	MESA
87.1	Secc. de línea 1	In=1600A V=72.5KV	SGC-72/1600	MESA
87.2	Secc. de línea 2	In=1600A V=72.5KV	SGC-72/1600	MESA
87.3	Secc. de línea 3	In=1600A V=72.5KV	SGC-72/1600	MESA
87.4	Secc. de línea 4	In=1600A V=72.5KV	SGC-72/1600	MESA
87.5	Secc. de línea 5	In=1600A V=72.5KV	SGC-72/1600	MESA
87.6	Secc. de línea 6	In=1600A V=72.5KV	SGC-72/1600	MESA
87.7	Secc. de barra 2	In=1600A V=72.5KV	SGC-72/1600	MESA
87.8	Secc. de barra 1	In=1600A V=72.5KV	SGC-72/1600	MESA
87.9	Secc. de barra 2	In=1600A V=72.5KV	SGC-72/1600	MESA
87.10	Secc. de barra 1	In=1600A V=72.5KV	SGC-72/1600	MESA
87.11	Secc. de barra 2	In=1600A V=72.5KV	SGC-72/1600	MESA
87.12	Secc. de barra 1	In=1600A V=72.5KV	SGC-72/1600	MESA
87.13	Secc. de barra 2	In=1600A V=72.5KV	SGC-72/1600	MESA
87.14	Secc. de barra 1	In=1600A V=72.5KV	SGC-72/1600	MESA
87.15	Secc. de barra 2	In=1600A V=72.5KV	SGC-72/1600	MESA
87.16	Secc. de barra 1	In=1600A V=72.5KV	SGC-72/1600	MESA
87.17	Secc. de barra 2	In=1600A V=72.5KV	SGC-72/1600	MESA
87.18	Secc. de barra 1	In=1600A V=72.5KV	SGC-72/1600	MESA
87.19	Secc. de barra 2	In=1600A V=72.5KV	SGC-72/1600	MESA
87.20	Secc. de barra 1	In=1600A V=72.5KV	SGC-72/1600	MESA
87.21	Secc. de barra 2	In=1600A V=72.5KV	SGC-72/1600	MESA
87.22	Secc. de barra 1	In=1600A V=72.5KV	SGC-72/1600	MESA
87.23	Secc. de posición de trafo 1	In=1600A V=17KV	En celda CBGS-0	MESA
87.24	Secc. de posición de trafo 2	In=1600A V=17KV	En celda CBGS-0	MESA
87.25	Secc. de serv. aux.	In=1600A V=17KV	En celda CBGS-0	MESA
87.26	Secc. de bat. de cond. 1	In=1600A V=17KV	En celda CBGS-0	MESA
87.27	Secc. de bat. de cond. 2	In=1600A V=17KV	En celda CBGS-0	MESA
87.28	Secc. de línea 7	In=1600A V=17KV	En celda CBGS-0	MESA
87.29	Secc. de línea 8	In=1600A V=17KV	En celda CBGS-0	MESA
87.30	Secc. de línea 9	In=1600A V=17KV	En celda CBGS-0	MESA
87.31	Secc. de línea 10	In=1600A V=17KV	En celda CBGS-0	MESA
52.1	Int.-Disy. línea 1	In=1000A PaC=40KA	LTB D1 72.5	ABB
52.2	Int.-Disy. línea 2	In=1000A PaC=40KA	LTB D1 72.5	ABB
52.3	Int.-Disy. línea 3	In=1000A PaC=40KA	LTB D1 72.5	ABB
52.4	Int.-Disy. línea 4	In=1000A PaC=40KA	LTB D1 72.5	ABB
52.5	Int.-Disy. línea 5	In=1000A PaC=40KA	LTB D1 72.5	ABB
52.6	Int.-Disy. línea 6	In=1000A PaC=40KA	LTB D1 72.5	ABB
52.7	Int.-Disy. trafo 1 lado 66KV	In=1000A PaC=40KA	LTB D1 72.5	ABB
52.8	Int.-Disy. trafo 2 lado 66KV	In=1000A PaC=40KA	LTB D1 72.5	ABB
52.9	Int.-Disy. trafo 1 lado 13.2KV	In=1250A PaC=40KA	En celda CBGS-0	MESA
52.10	Int.-Disy. trafo 2 lado 13.2KV	In=1250A PaC=40KA	En celda CBGS-0	MESA
52.11	Int.-Disy. bat. de cond. 1	In=1250A PaC=40KA	En celda CBGS-0	MESA
52.12	Int.-Disy. bat. de cond. 2	In=1250A PaC=40KA	En celda CBGS-0	MESA
52.13	Int.-Disy. línea 7	In=1250A PaC=40KA	En celda CBGS-0	MESA
52.14	Int.-Disy. línea 8	In=1250A PaC=40KA	En celda CBGS-0	MESA
52.15	Int.-Disy. línea 9	In=1250A PaC=40KA	En celda CBGS-0	MESA
52.16	Int.-Disy. línea 10	In=1250A PaC=40KA	En celda CBGS-0	MESA
A.1	Autoválvulas línea 1	NA=325KV NP=117KV TA=54KV	PEXLIM R 72.5	ABB
A.2	Autoválvulas línea 2	NA=325KV NP=117KV TA=54KV	PEXLIM R 72.5	ABB
A.3	Autoválvulas línea 3	NA=325KV NP=117KV TA=54KV	PEXLIM R 72.5	ABB
A.4	Autoválvulas línea 4	NA=325KV NP=117KV TA=54KV	PEXLIM R 72.5	ABB
A.5	Autoválvulas línea 5	NA=325KV NP=117KV TA=54KV	PEXLIM R 72.5	ABB
A.6	Autoválvulas línea 6	NA=325KV NP=117KV TA=54KV	PEXLIM R 72.5	ABB
A.7	Autov. trafo lado 66KV	NA=325KV NP=117KV TA=54KV	PEXLIM R 72.5	ABB
A.8	Autov. trafo lado 66KV	NA=325KV NP=117KV TA=54KV	PEXLIM R 72.5	ABB
A.9	Autov. trafo lado 13.2KV	NA=95KV NP=36.4KV TA=15KV	PEXLIM R 17.5	ABB
A.10	Autov. trafo lado 13.2KV	NA=95KV NP=36.4KV TA=15KV	PEXLIM R 17.5	ABB
Fusilete	Fusibles para trafo S.A.	Icorte=200A	En celda CBGS-0	MESA

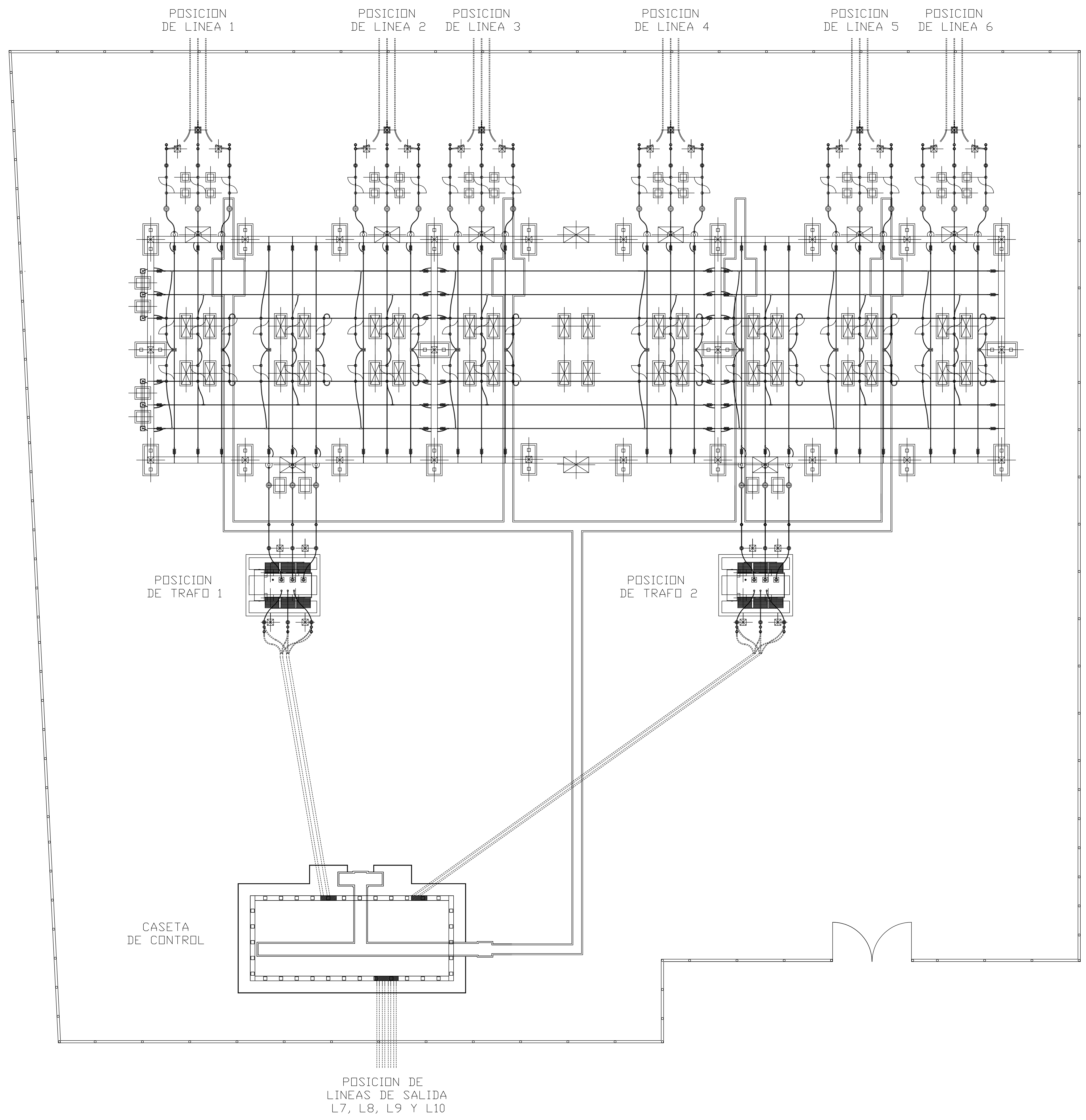
	Fecha	Nombre	Firma	ESCUOLA UNIVERSITARIA DE INGENIERIA TECNICA INDUSTRIAL DE ZARAGOZA
Dibujado	10/11/11	Carlos Pola Ferrández		
Comprob.				
Escala:	s/e			Plano: Plano 3
	Esquema unifilar simplificado			Hoja: 3
				Especialidad: Electricidad



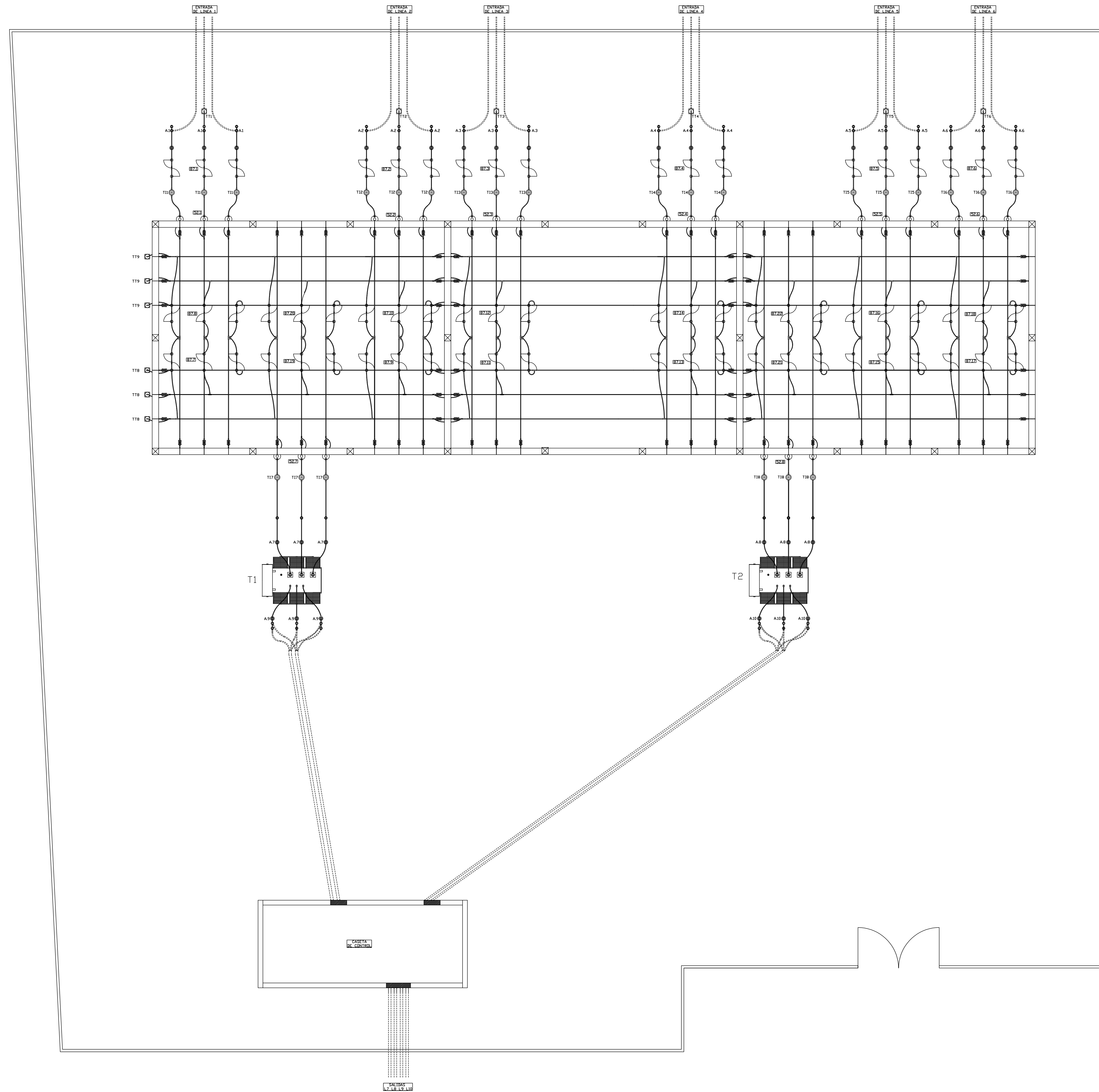
	Fecha	Nombre	Firma	ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERIA TECNICA INDUSTRIAL DE ZARAGOZA
Dibujado	10/11/11	Carlos Pola Ferrández		
Comprob.				
id.s.norma				
Escala:	Esquema unifilar de los servicios auxiliares			Plano: Plano 4
s/e				Hoja: 4
				Especialidad: Electricidad



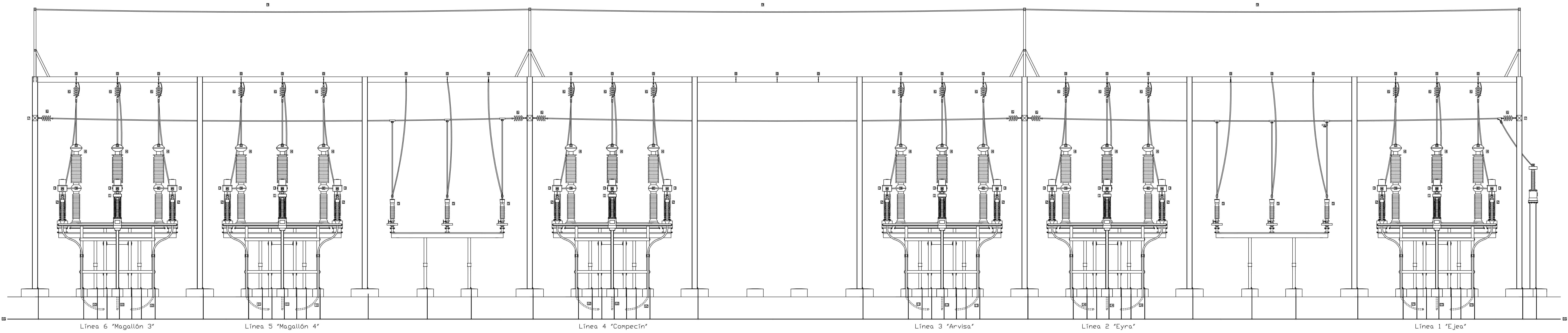
	Fecha	Nombre	Firma	ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERIA TECNICA INDUSTRIAL DE ZARAGOZA
Dibujado	10/11/11	Carlos Pola Ferrández		
Comprob.				
Escala:	Esquema unifilar del inversor			Plano: Plano 5
s/e				Hoja: 5
				Especialidad: Electricidad



Fecha	Nombre	Firma	ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERIA TECNICA INDUSTRIAL DE ZARAGOZA
Dibujado	10/11/11	Carlos Pala Ferrández	
Comprob.			
Id.s.norma			
Escala:	Planta general de la subestación		Plano: Plano 6
1/100			Hoja: 6
			Especialidad: Electricidad



CODIGO	DESCRIPCION	CARACTERISTICAS	MODELO	FABRIC.
T1	Trafo 1 de potencia	10MVA r=66/13.2KV		ALKARGO
T2	Trafo 2 de potencia	10MVA r=66/13.2KV		ALKARGO
T11	Trafo de tensión línea 1	Rt 66000/110V	CPA-72.5	ABB
T12	Trafo de tensión línea 2	Rt 66000/110V	CPA-72.5	ABB
T13	Trafo de tensión línea 3	Rt 66000/110V	CPA-72.5	ABB
T14	Trafo de tensión línea 4	Rt 66000/110V	CPA-72.5	ABB
T15	Trafo de tensión línea 5	Rt 66000/110V	CPA-72.5	ABB
T16	Trafo de tensión línea 6	Rt 66000/110V	CPA-72.5	ABB
T17	Trafo de tensión barra 1	Rt 66000/110V	CPA-72.5	ABB
T18	Trafo de tensión barra 2	Rt 66000/110V	CPA-72.5	ABB
T11	Trafo de intensidad	Rt 300/5A	IMB2400	ABB
T12	Trafo de intensidad	Rt 300/5A	IMB2400	ABB
T13	Trafo de intensidad	Rt 300/5A	IMB2400	ABB
T14	Trafo de intensidad	Rt 300/5A	IMB2400	ABB
T15	Trafo de intensidad	Rt 300/5A	IMB2400	ABB
T16	Trafo de intensidad	Rt 300/5A	IMB2400	ABB
T17	Trafo de intensidad	Rt 300/5A	IMB2400	ABB
T18	Trafo de intensidad	Rt 300/5A	IMB2400	ABB
T19	Trafo de intensidad	Rt 600/5A	En celda CBGS-0	MESA
87.1	Secc. de línea 1	In=1600A V=72.5KV	SGC-72/1600	MESA
87.2	Secc. de línea 2	In=1600A V=72.5KV	SGC-72/1600	MESA
87.3	Secc. de línea 3	In=1600A V=72.5KV	SGC-72/1600	MESA
87.4	Secc. de línea 4	In=1600A V=72.5KV	SGC-72/1600	MESA
87.5	Secc. de línea 5	In=1600A V=72.5KV	SGC-72/1600	MESA
87.6	Secc. de línea 6	In=1600A V=72.5KV	SGC-72/1600	MESA
87.7	Secc. de barra 2	In=1600A V=72.5KV	SGC-72/1600	MESA
87.8	Secc. de barra 1	In=1600A V=72.5KV	SGC-72/1600	MESA
87.9	Secc. de barra 2	In=1600A V=72.5KV	SGC-72/1600	MESA
87.10	Secc. de barra 1	In=1600A V=72.5KV	SGC-72/1600	MESA
87.11	Secc. de barra 2	In=1600A V=72.5KV	SGC-72/1600	MESA
87.12	Secc. de barra 1	In=1600A V=72.5KV	SGC-72/1600	MESA
87.13	Secc. de barra 2	In=1600A V=72.5KV	SGC-72/1600	MESA
87.14	Secc. de barra 1	In=1600A V=72.5KV	SGC-72/1600	MESA
87.15	Secc. de barra 2	In=1600A V=72.5KV	SGC-72/1600	MESA
87.16	Secc. de barra 1	In=1600A V=72.5KV	SGC-72/1600	MESA
87.17	Secc. de barra 2	In=1600A V=72.5KV	SGC-72/1600	MESA
87.18	Secc. de barra 1	In=1600A V=72.5KV	SGC-72/1600	MESA
87.19	Secc. de barra 2	In=1600A V=72.5KV	SGC-72/1600	MESA
87.20	Secc. de barra 1	In=1600A V=72.5KV	SGC-72/1600	MESA
87.21	Secc. de barra 2	In=1600A V=72.5KV	SGC-72/1600	MESA
87.22	Secc. de barra 1	In=1600A V=72.5KV	SGC-72/1600	MESA
S2.1	Int-Disy. línea 1	In=1000A PdC=40KA	LTB DI 72.5	ABB
S2.2	Int-Disy. línea 2	In=1000A PdC=40KA	LTB DI 72.5	ABB
S2.3	Int-Disy. línea 3	In=1000A PdC=40KA	LTB DI 72.5	ABB
S2.4	Int-Disy. línea 4	In=1000A PdC=40KA	LTB DI 72.5	ABB
S2.5	Int-Disy. línea 5	In=1000A PdC=40KA	LTB DI 72.5	ABB
S2.6	Int-Disy. línea 6	In=1000A PdC=40KA	LTB DI 72.5	ABB
S2.7	Int-Disy. trafo 1 lado 66KV	In=1000A PdC=40KA	LTB DI 72.5	ABB
S2.8	Int-Disy. trafo 2 lado 66KV	In=1000A PdC=40KA	LTB DI 72.5	ABB
A1	Autoválvulas línea 1	NA=325KV NP=117KV TA=54KV	PEXLM R 72.5	ABB
A2	Autoválvulas línea 2	NA=325KV NP=117KV TA=54KV	PEXLM R 72.5	ABB
A3	Autoválvulas línea 3	NA=325KV NP=117KV TA=54KV	PEXLM R 72.5	ABB
A4	Autoválvulas línea 4	NA=325KV NP=117KV TA=54KV	PEXLM R 72.5	ABB
A5	Autoválvulas línea 5	NA=325KV NP=117KV TA=54KV	PEXLM R 72.5	ABB
A6	Autoválvulas línea 6	NA=325KV NP=117KV TA=54KV	PEXLM R 72.5	ABB
A7	Autov. trafo lado 66KV	NA=325KV NP=117KV TA=54KV	PEXLM R 72.5	ABB
A8	Autov. trafo lado 66KV	NA=325KV NP=117KV TA=54KV	PEXLM R 72.5	ABB
A9	Autov. trafo lado 13.2KV	NA=95KV NP=36.4KV TA=15KV	PEXLM R 17.5	ABB
A10	Autov. trafo lado 13.2KV	NA=95KV NP=36.4KV TA=15KV	PEXLM R 17.5	ABB



Línea 6 "Magallón 3"

Línea 5 "Magallón 4"

Línea 4 "Comecín"

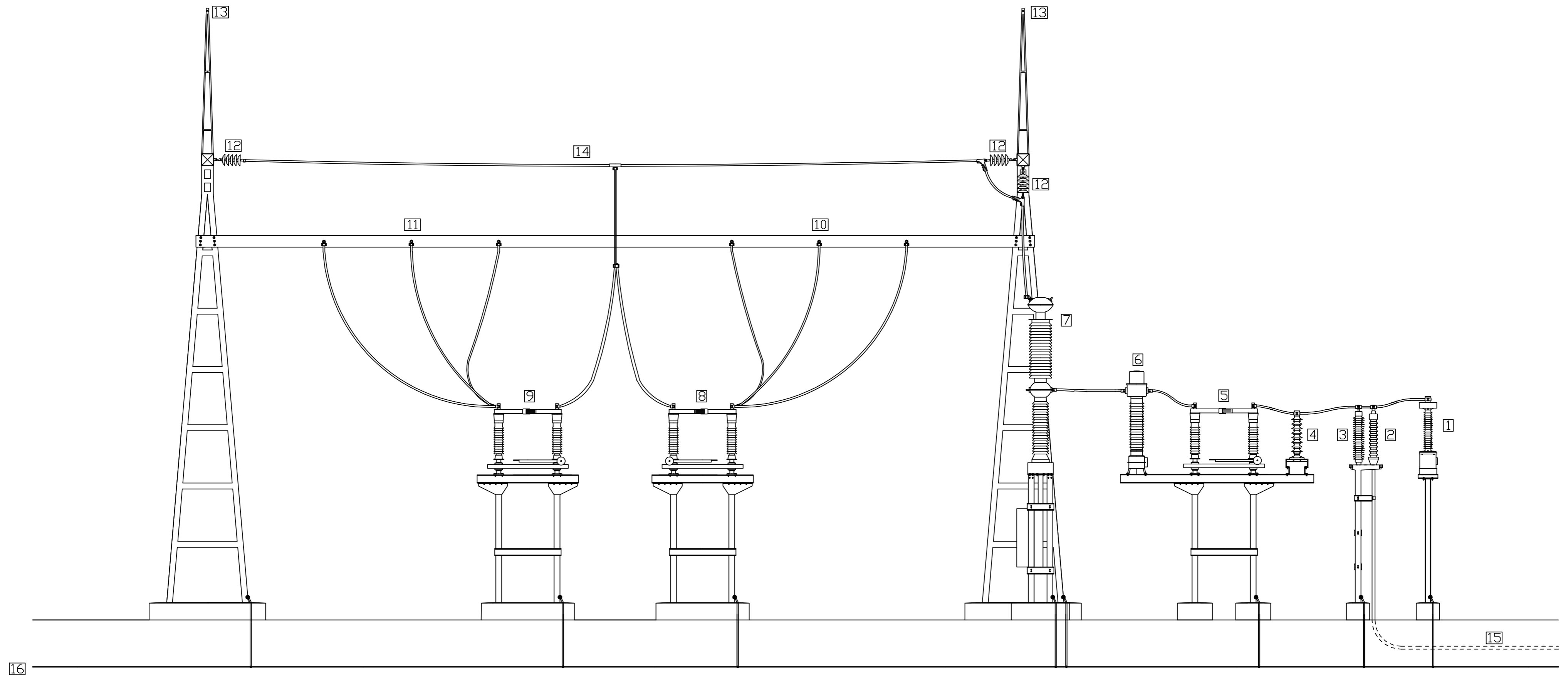
Línea 3 "Arvisa"

Línea 2 "Eyra"

Línea 1 "Ejea"

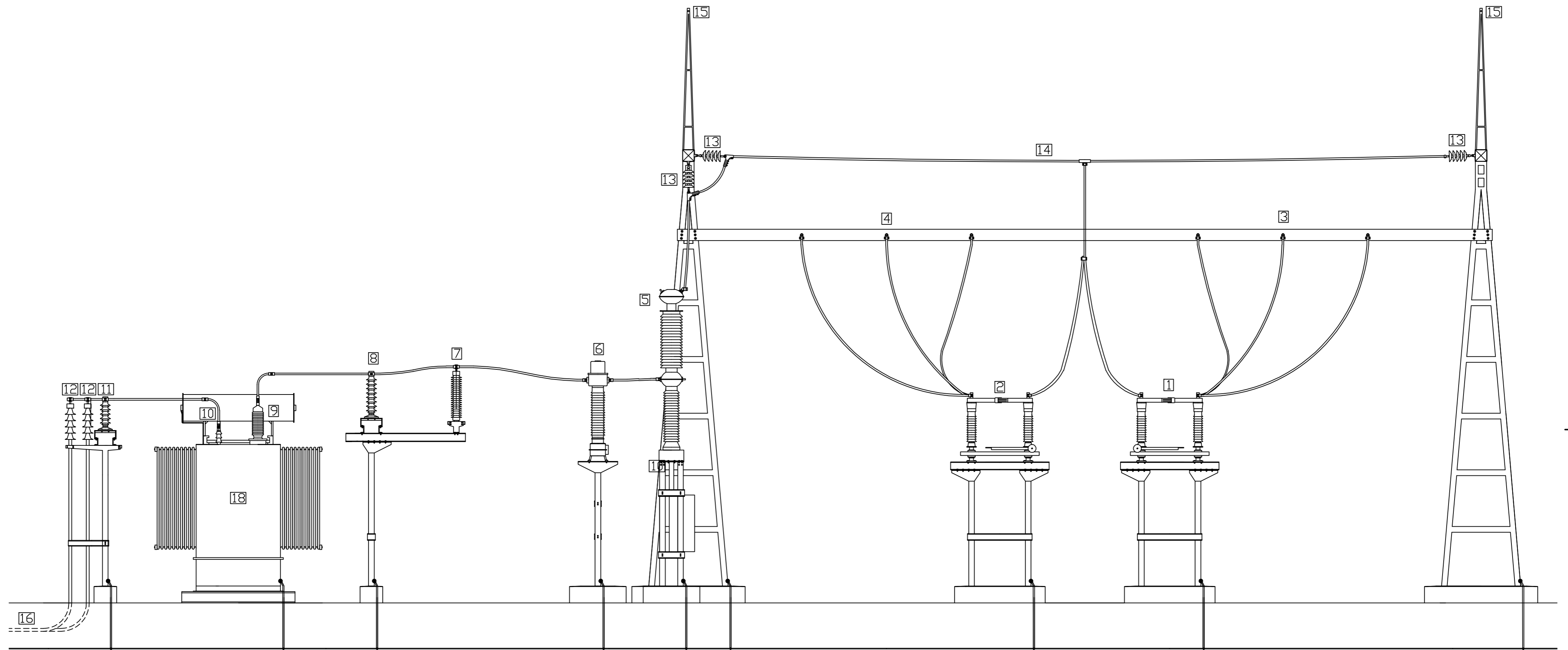
Número	Descripción	Modelo	Fabricante
1	Transformador de tensión 66000/110	CPA-72,5	ABB
2	Botellas terminales	APED 722	ABB
3	Transformador de intensidad 300/5	IMB2400	ABB
4	Interruptor disyuntor	LTB III 72,5	ABB
5	Seccionadores de barras	SGC-72/1600	MESA
6	Cadenas de aisladores	U100BL E-100-146	SGD
7	Embarrados principales longitudinales	Cable 242-AL1/39ST1A	
8	Embarrados secundarios transversales	Cable 242-AL1/39ST1A	
9	Hilos de guarda	Cable 242-AL1/39ST1A	
10	Cables subtr. de entrada Línea 6	Unip. XLPE 36/66KV	G.C.
11	Cables subtr. de entrada Línea 5	Unip. XLPE 36/66KV	G.C.
12	Cables subtr. de entrada Línea 4	Unip. XLPE 36/66KV	G.C.
13	Cables subtr. de entrada Línea 3	Unip. XLPE 36/66KV	G.C.
14	Cables subtr. de entrada Línea 2	Unip. XLPE 36/66KV	G.C.
15	Cables subtr. de entrada Línea 1	Unip. XLPE 36/66KV	G.C.
16	Línea de tierra 95mm ² Cu desnudo		

	Fecha	Nombre	Firma	
Dibujado	10/11/11	Carlos Pola Ferrández		ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERIA TECNICA INDUSTRIAL DE ZARAGOZA
Comprob.				
id.s.norma				
Escala:	1/50			Plano: Plano 8
	Perfil general de la subestación			Hoja: 8
				Especialidad: Electricidad



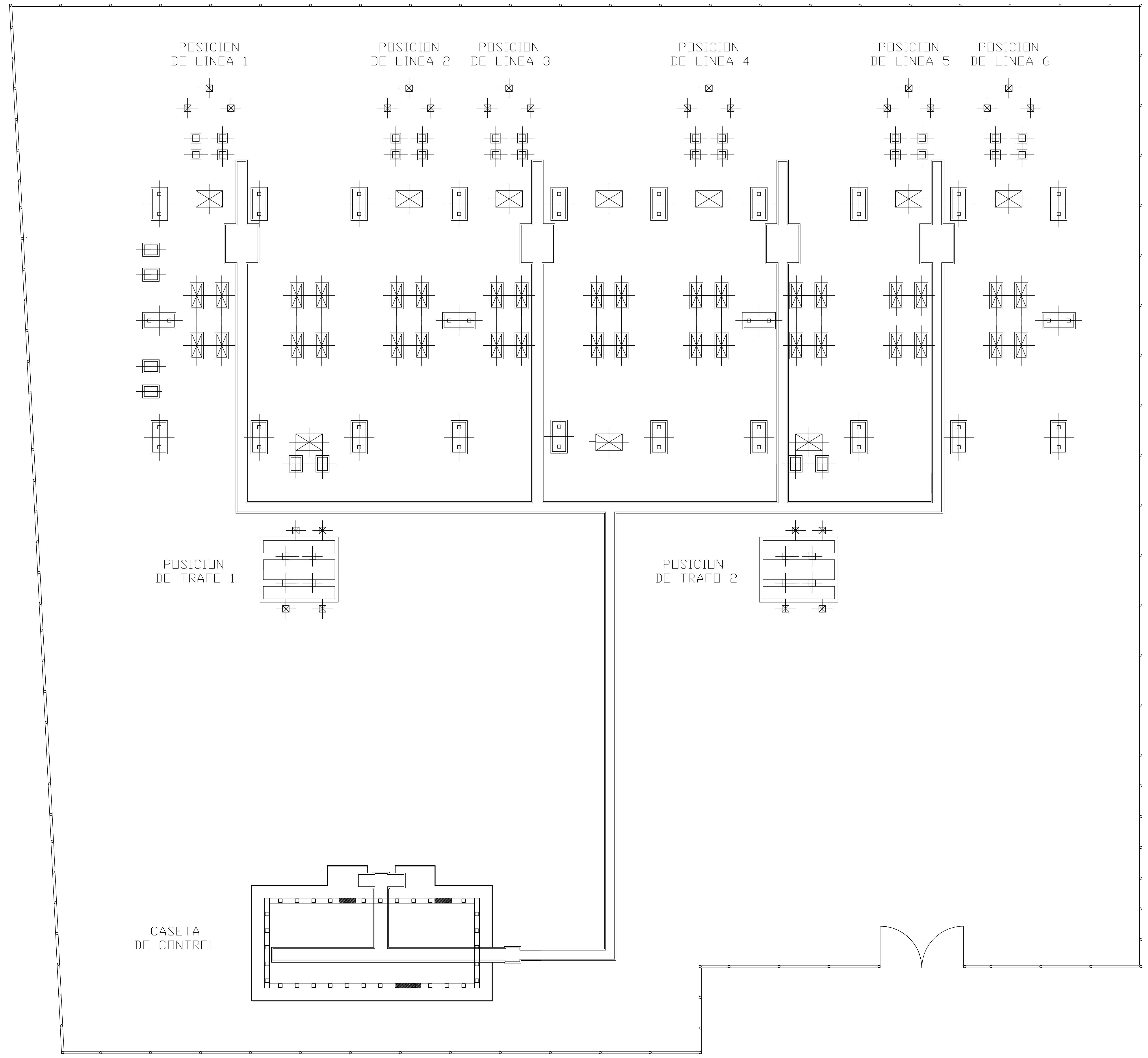
Número	Descripción	Modelo	Fabricante
1	Transformador de tensión 66000/110	CPA-72.5	ABB
2	Botellas terminales	APED 722	ABB
3	Autoválvulas pararrayos	PEXLIM R 72.5	ABB
4	Apoyo de aisladores		ABB
5	Seccionador de línea	SGC-72/1600	MESA
6	Transformador de intensidad 300/5A	IMB2400	ABB
7	Interruptor disyuntor	LTB D1 72.5	ABB
8	Seccionador de barra 1	SGC-72/1600	MESA
9	Seccionador de barra 2	SGC-72/1600	MESA
10	Embarrado barra 1	Cable 242-AL1/39ST1A	
11	Embarrado barra 2	Cable 242-AL1/39ST1A	
12	Cadenas de aisladores	U100BL E-100-146	SGD
13	Hilos de guarda	Cable 242-AL1/39ST1A	
14	Embarrado transversal	Cable 242-AL1/39ST1A	
15	Cable subtr. de entrada de línea s=400mm ²	Unip. XLPE 36/66KV	G.C.
16	Malla de tierra 95mm ² Cu desnudo		

	Fecha	Nombre	Firma	ESCUOLA UNIVERSITARIA DE INGENIERIA TECNICA INDUSTRIAL DE ZARAGOZA
Dibujado	10/11/11	Carlos Pola Ferrández		
Comprob. id.s.norma				
Escala: 1/50	Perfil posición de línea			Plano: Plano 9
				Hoja: 9
				Especialidad: Electricidad

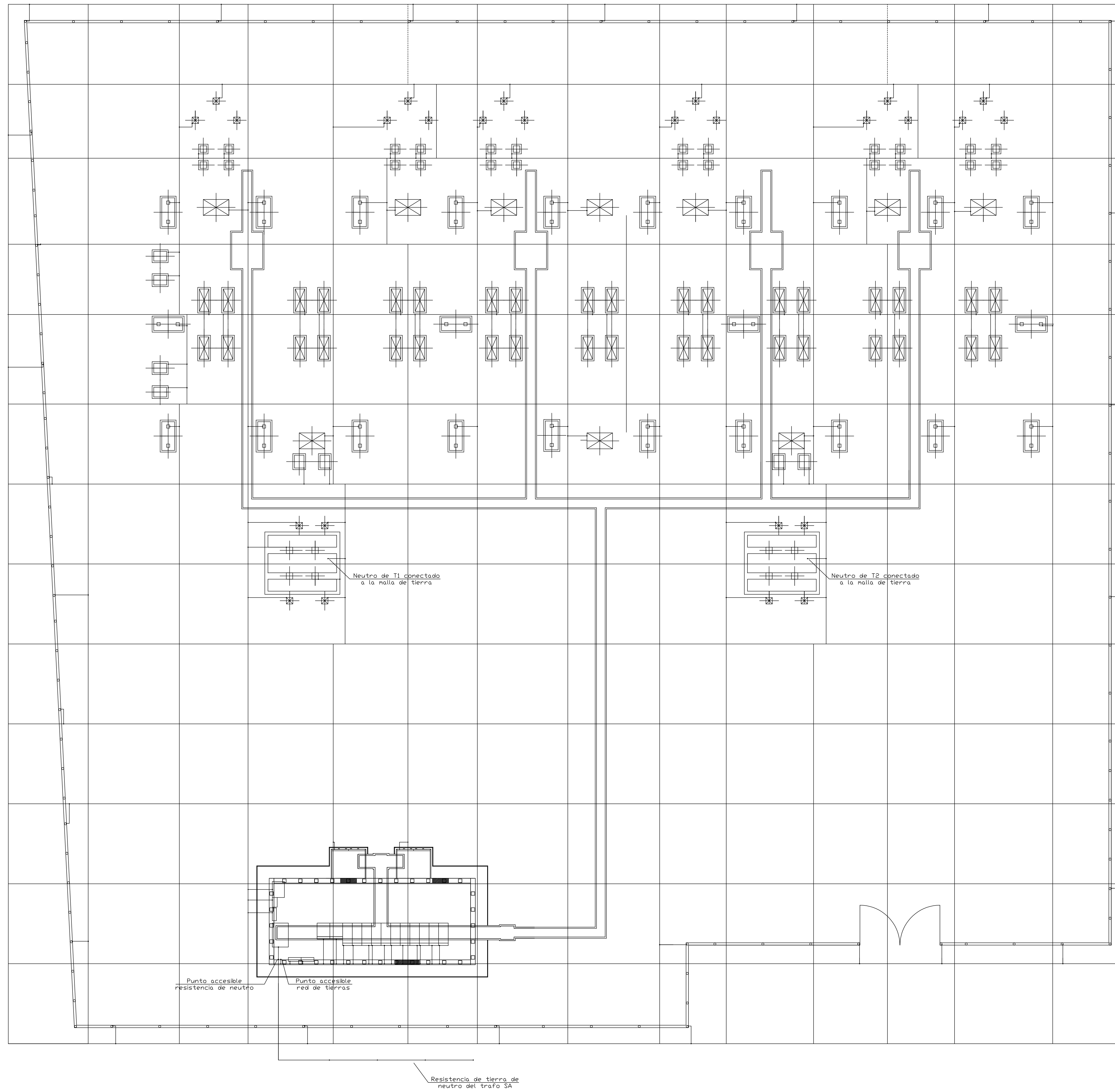


Número	Descripción	Modelo	Fabricante
1	Seccionador de barra 1	SGC-72/1600	ABB
2	Seccionador de barra	SGC-72/1600	ABB
3	Embarado de barra 1	Cable 242-AL1/39ST1A	
4	Embarado de barra 2	Cable 242-AL1/39ST1A	
5	Interruptor disyuntor	LTB D1 72.5	ABB
6	Transformador de intensidad 300/5A	IMB2400	ABB
7	Apoyo de aisladores		
8	Autoválvulas pararrayos	PEXLIM R 72.5	ABB
9	Bornas del nivel de 66KV del trafo		
10	Bornas del nivel de 13,2KV del trafo		
11	Autoválvulas pararrayos	PEXLIM R 17.5	ABB
12	Botellas terminales	APED 360	ABB
13	Cadenas de aisladores	U100BL E-100-146	SGD
14	Embarado transversal	Cable 242-AL1/39ST1A	
15	Hilos de guarda	Cable 242-AL1/39ST1A	
16	Cable subtr. entrada caseta s=400mm ²	RHZ1-DL 12/20KV	PRYSMIAN
17	Línea de tierra 95mm ² Cu desnudo		
18	Transformador de potencia 10MVA	10MVA 13.2/66KV	ALKARGO

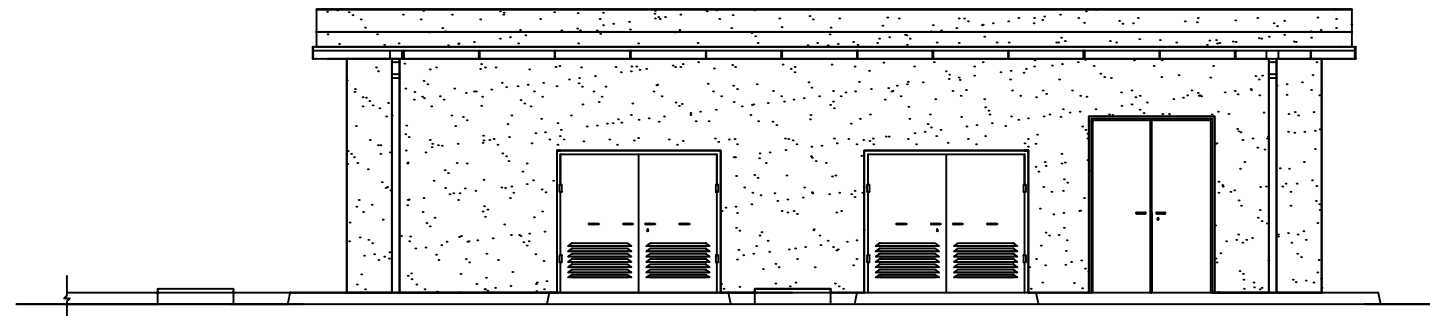
	Fecha	Nombre	Firma	ESCUOLA UNIVERSITARIA DE INGENIERIA TECNICA INDUSTRIAL DE ZARAGOZA
Dibujado	10/11/11	Carlos Pola Ferrández		
Comprob.				
id.s.norma				
Escala:	1/50			Plano: Plano 10
	Perfil posición de trafo			Hoja: 10
				Especialidad: Electricidad



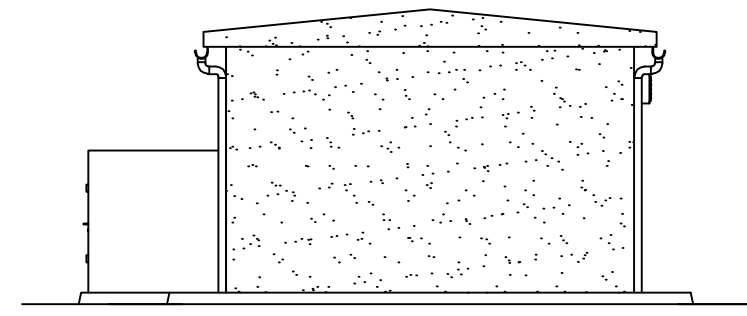
Dibujado	10/11/11	Nombre	Carlos Pala Ferrández	Firma		ESUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERIA TECNICA INDUSTRIAL DE ZARAGOZA
Comprob.						
Id.s.norma						
Escala:	Plano planta general de cimentaciones y canales				Plano: Plano 11	
1/100					Hoja: 11	Especialidad: Electricidad



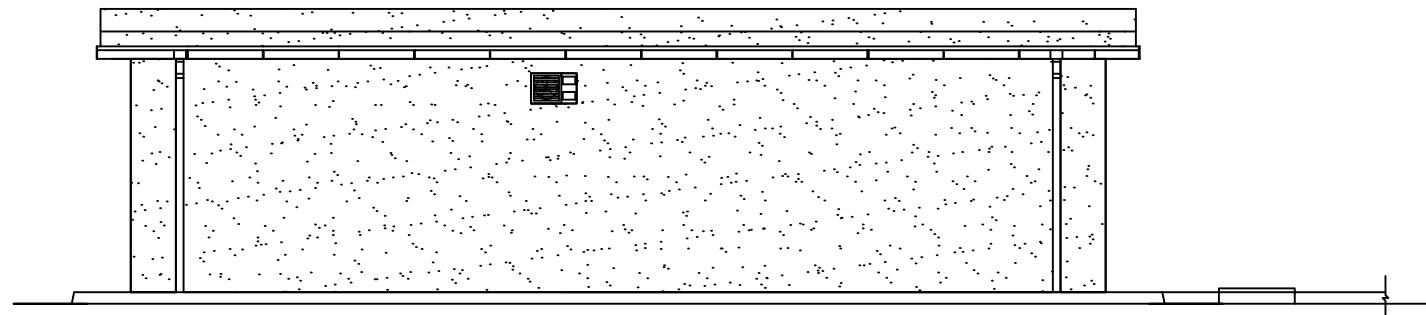
	Fecha	Nombre	Firma	
Dibujado	10/11/11	Carlos Pala Ferrández		ESUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERIA TECNICA INDUSTRIAL DE ZARAGOZA
Comprob.				
Id.s.norma				
Escola:	1/100			Plano: Plano 12
	Red de tierras de la subestación			Hoja: 12
				Especialidad: Electricidad



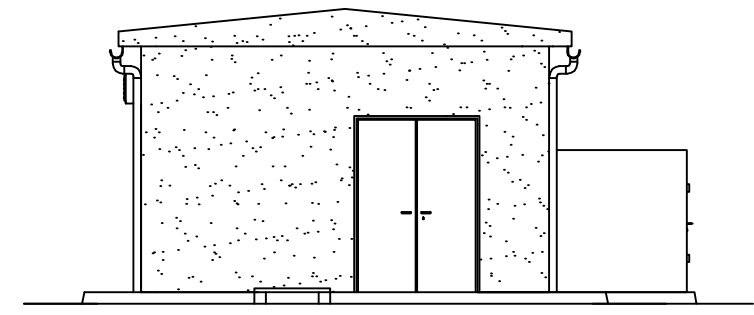
ALZADO A
Escala 1/100



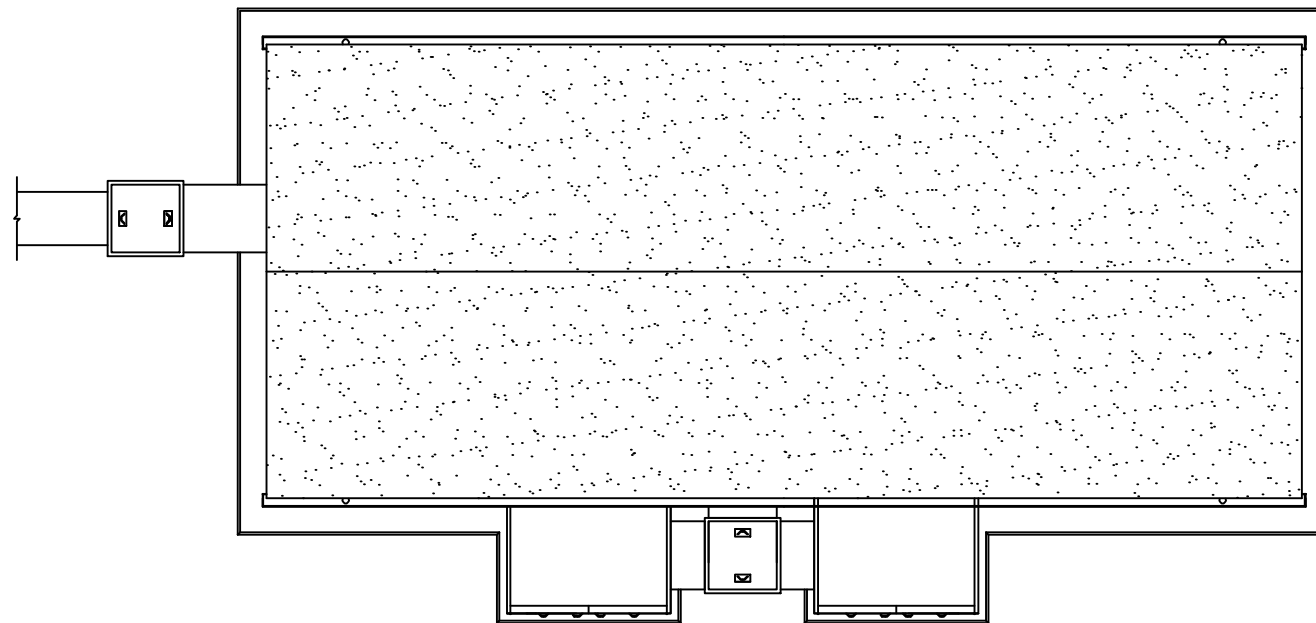
PERFIL A
Escala 1/100



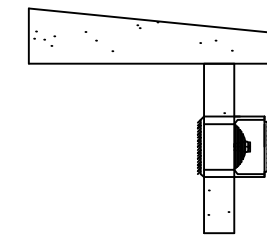
ALZADO B
Escala 1/100



PERFIL B
Escala 1/100

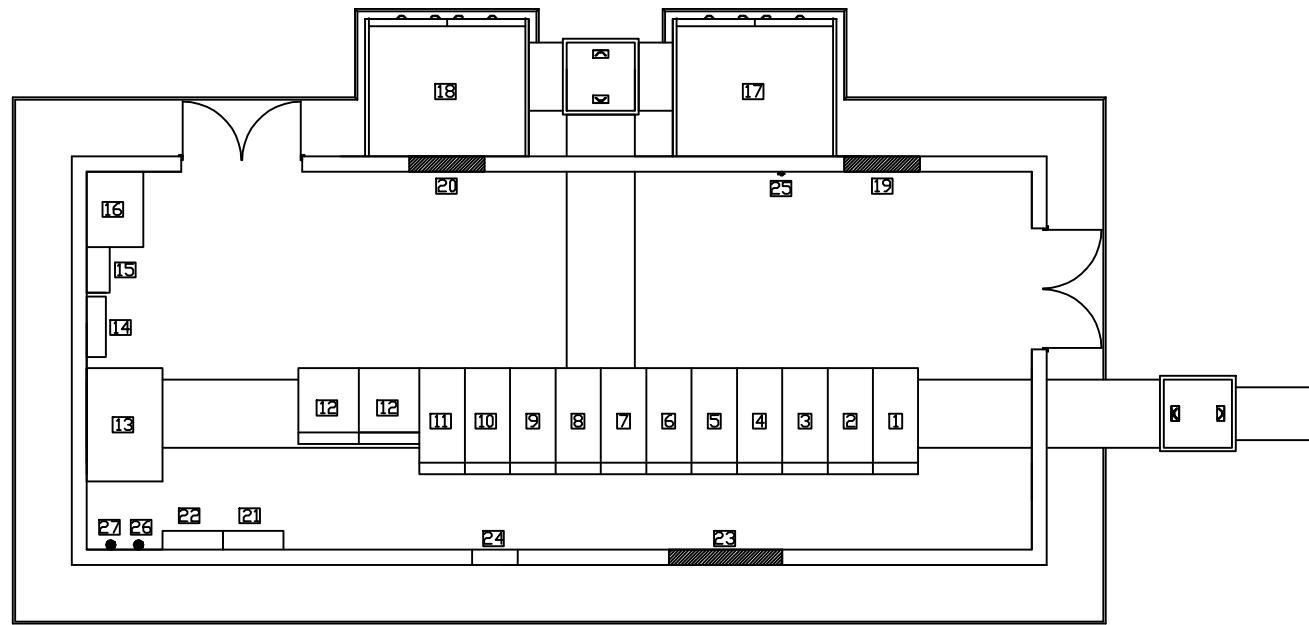


PLANTA
Escala 1/100



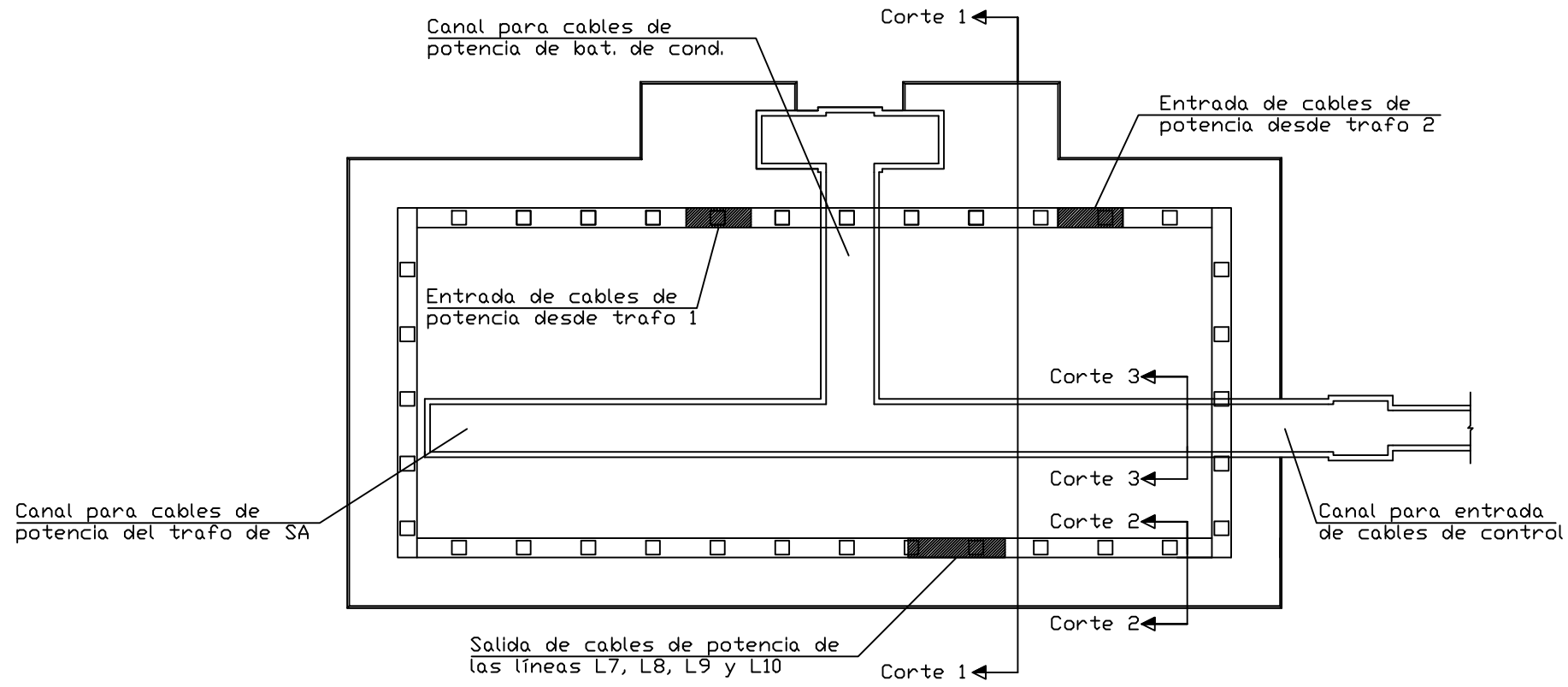
DETALLE DEL EXTRACTOR
Escala 1/50

	Fecha	Nombre	Firma	ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERIA TECNICA INDUSTRIAL DE ZARAGOZA	
Dibujado	10/11/11	Carlos Pola Ferrández			Plano: Plano 13
Comprob.					Hoja: 13
id.s.norma					Especialidad: Electricidad
Escala:	Vistas de la caseta de control				
s/e					

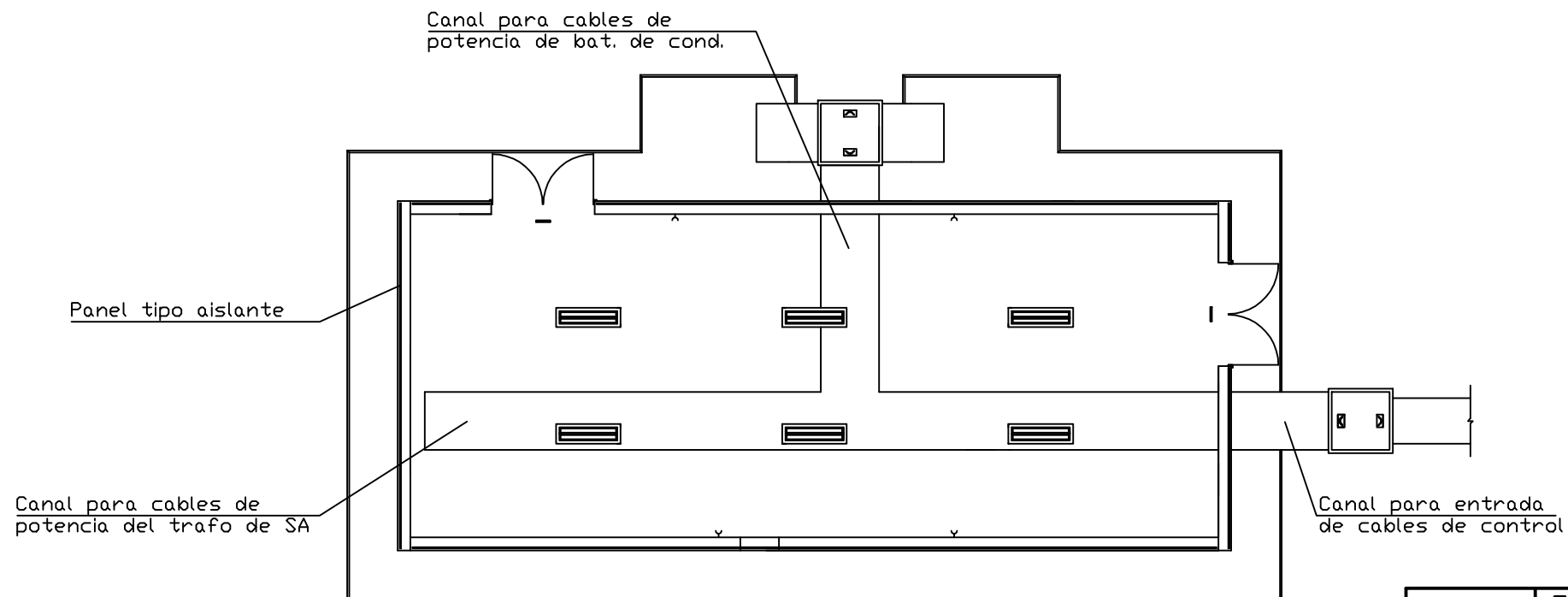


Número	Descripción	Modelo	Fabricante
1	Celda de medida de posición de trafa 2; 3T.I. 600/5; 3T.T. 13200/110; 3 voltímetros; 3 amperímetros; 1 frecuencímetro; 1 cosfímetro; 1 voltímetro; 1 contador de actica y 1 de reactiva	Celda de medida CBGS-0	MESA
2	Celda de seccionamiento, protección y acoplamiento de barras del transformador 2; 1 interruptor automático, 1 seccionador de tres posiciones; 3T.I. 600/5 y 3T.T. 13200/110	Celda de trafa CBGS-0	MESA
3	Celda de seccionamiento y protección de la línea L10; 1 interruptor automático, 1 seccionador de tres posiciones; 3T.I. 600/5 y 3T.T. 13200/110	Celda de línea CBGS-0	MESA
4	Celda de seccionamiento y protección de la línea L9; 1 interruptor automático, 1 seccionador de tres posiciones; 3T.I. 600/5 y 3T.T. 13200/110	Celda de línea CBGS-0	MESA
5	Celda de seccionamiento y protección de la línea L8; 1 interruptor automático, 1 seccionador de tres posiciones; 3T.I. 600/5 y 3T.T. 13200/110	Celda de línea CBGS-0	MESA
6	Celda de seccionamiento y protección de la línea L7; 1 interruptor automático, 1 seccionador de tres posiciones; 3T.I. 600/5 y 3T.T. 13200/110	Celda de línea CBGS-0	MESA
7	Celda de seccionamiento y protección de la batería de condensadores 2; 1 interruptor automático, 1 seccionador de tres posiciones; 3T.I. 600/5 y 3T.T. 13200/110	Celda de bat. de cond. CBGS-0	MESA
8	Celda de seccionamiento y protección de la batería de condensadores 1; 1 interruptor automático, 1 seccionador de tres posiciones; 3T.I. 600/5 y 3T.T. 13200/110	Celda de bat. de cond. CBGS-0	MESA
9	Celda de seccionamiento y protección del trafa de servicios auxiliares; 1 interruptor-seccionador de tres posiciones, fusibles de 200A, 3 T.T. 13200/110 y 3 T.I. 600/5	Celda de servicios aux. CBGS-0	MESA
10	Celda de seccionamiento, protección y acoplamiento de barras del transformador 1; 1 interruptor automático, 1 seccionador de tres posiciones; 3T.I. 600/5 y 3T.T. 13200/110	Celda de trafa CBGS-0	MESA
11	Celda de medida de posición de trafa 1; 3T.I. 600/5; 3T.T. 13200/110; 3 voltímetros; 3 amperímetros; 1 frecuencímetro; 1 cosfímetro; 1 voltímetro; 1 contador de actica y 1 de reactiva	Celda de medida CBGS-0	MESA
12	Armario de relés de protección de los elementos de alta tensión	Relés tipo SEPAM	SCHNEIDER
13	Transformador de servicios auxiliares 50KVA	Trafa 50KVA 13200/400V	ALKARGO
14	Armario de protecciones de los circuitos de corriente continua		
15	Rectificador o cargador de baterías 400AC/110DC	JEMA400/110	JEMA
16	Armario de baterías de corriente continua 2Vccx55unidades=110Vcc	Baterías 2V NGA6020420HS0FB	SHDNNENSCHN
17	Batería de condensadores 2 capacidad 2.75MVAR	Bat. ABATE1512700; Cond. AMEFA6151300	LIFASA
18	Batería de condensadores 1 capacidad 2.75MVAR	Bat. ABATE1512700; Cond. AMEFA6151300	LIFASA
19	Entrada de cables de potencia desde el transformador 2	Cable s=400mm2 RHZ1-DL 12/20KV	PRYSMIAN
20	Entrada de cables de potencia desde el transformador 1	Cable s=400mm2 RHZ1-DL 12/20KV	PRYSMIAN
21	Armario de protecciones de los servicios auxiliares de corriente alterna		
22	Armario de protecciones de los servicios auxiliares de corriente alterna		
23	Salida de cables de potencia de las líneas L7 "Sancho Abarca, L8 "Tauste 2", L9 "Tauste 1" y L10 "Ejea"	Cable s=400mm2 RHZ1-DL 12/20KV	PRYSMIAN
24	Hueco para el extractor de aire		
25	Extintor CO2 para fuegos eléctricos		
26	Punto accesible resistencia red de tierra		
27	Punto accesible resistencia de neutro		

	Fecha	Nombre	Firma	ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERIA TECNICA INDUSTRIAL DE ZARAGOZA
Dibujado	10/11/11	Carlos Pola Ferrández		
Comprob.				
id.s.norma				
Escala:	Disposición de los elementos eléctricos en la caseta de control			Plano: Plano 14
1/100				Hoja: 14
				Especialidad: Electricidad



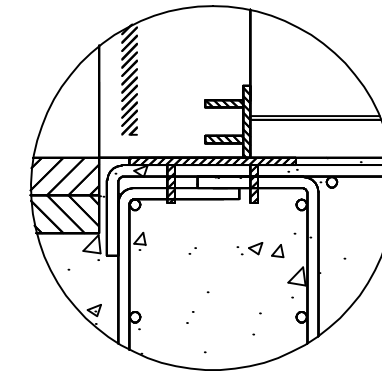
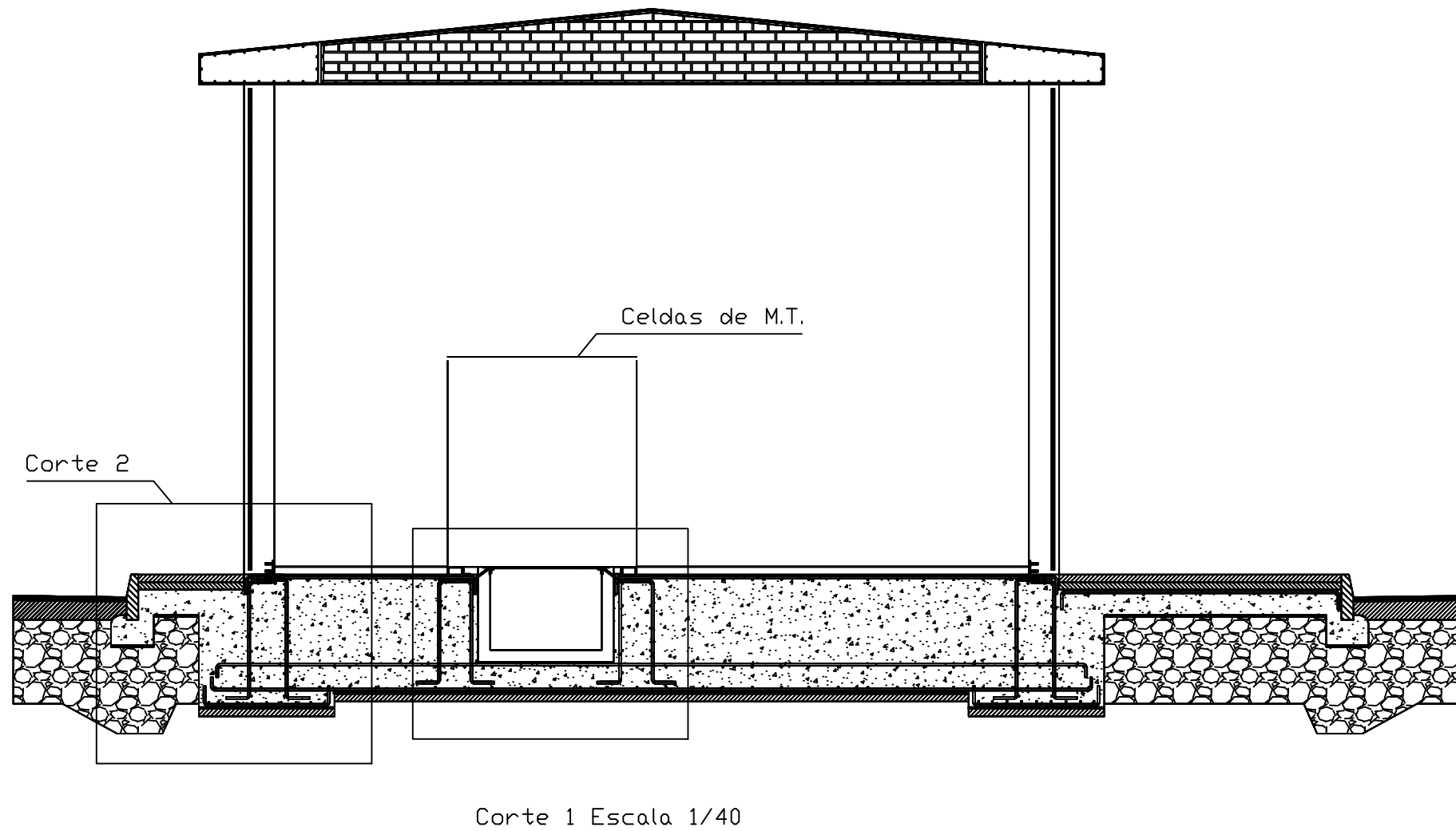
Planta de la caseta Cimentación y solera



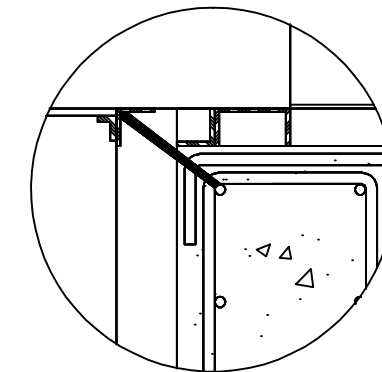
Planta de la caseta Prefabricados y servicios auxiliares

- Lámpara fluorescente 2x36W
- Lámpara de emergencia 12W
- Toma de corriente 16A

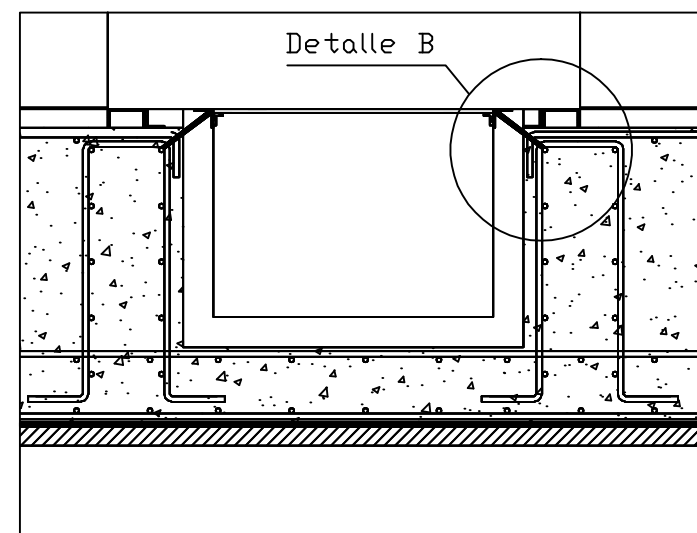
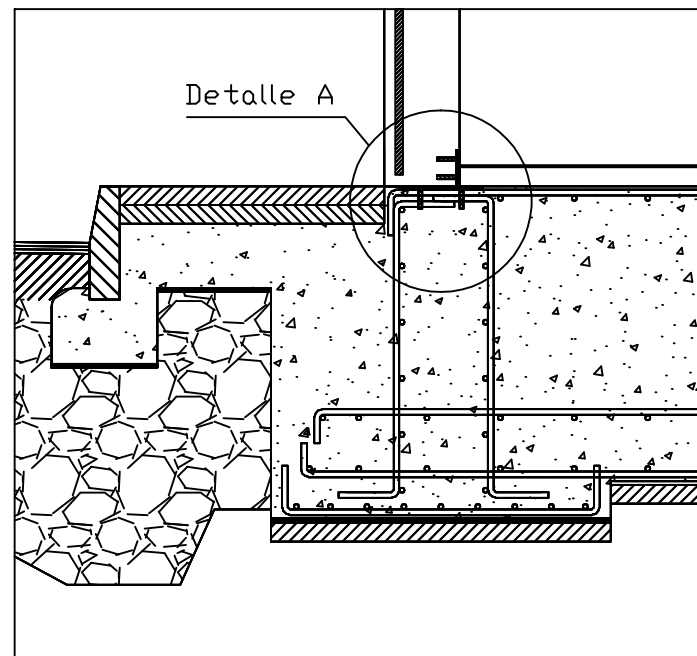
	Fecha	Nombre	Firma	ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERIA TECNICA INDUSTRIAL DE ZARAGOZA
Dibujado	11/08/11	Carlos Pola Ferrández		
Comprob.				
id.s.norma				
Escala:	Plantas de la caseta de control Cimentaciones y solera Prefabricados y servicios auxiliares			Plano: Plano 15
1/100				Hoja: 15
				Especialidad: Electricidad



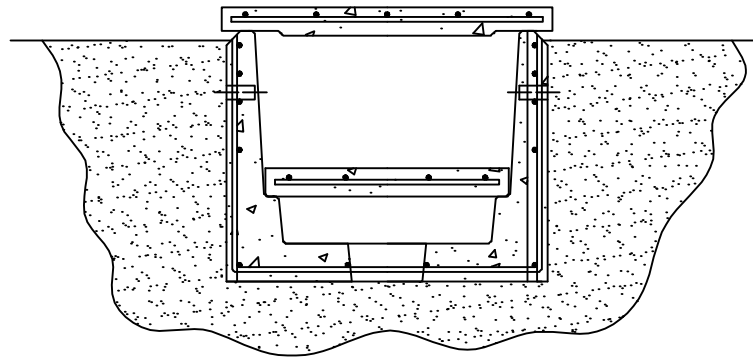
Detalle A Escala 1/10



Detalle B Escala 1/10



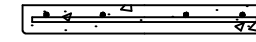
	Fecha	Nombre	Firma	ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERIA TECNICA INDUSTRIAL DE ZARAGOZA
Dibujado	10/11/11	Carlos Pola Ferrández		
Comprob.				
id.s.norma				
Escala:	Cortes de la caseta de control			Plano: Plano 16
s/e				Hoja: 16
				Especialidad: Electricidad



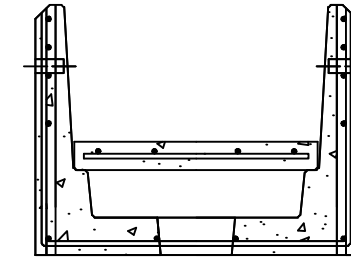
Canalización para cables de control



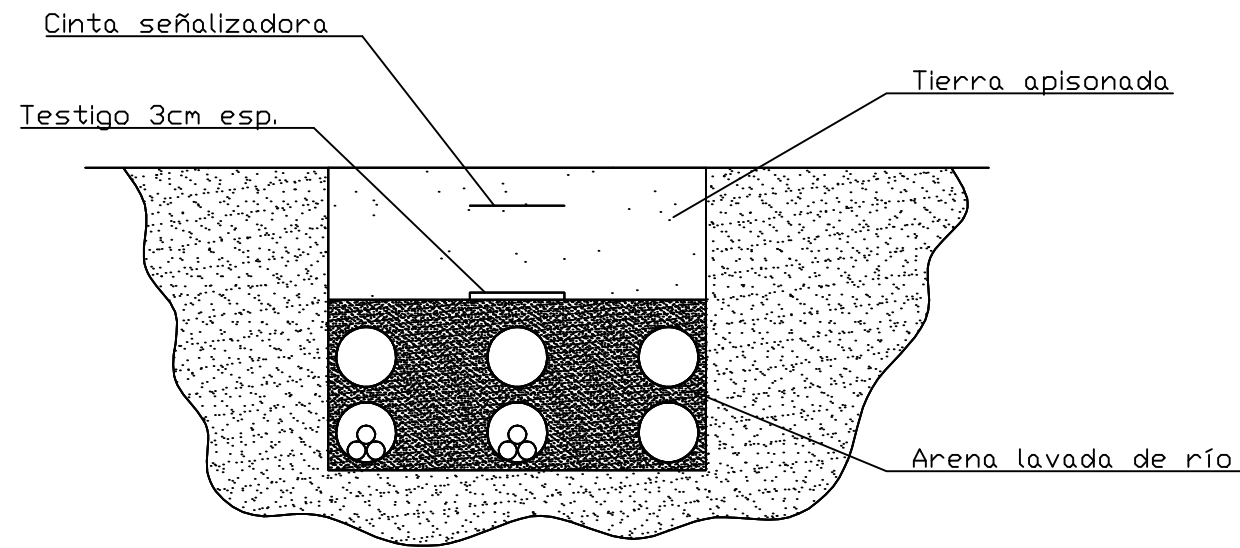
Tapa de la canalización



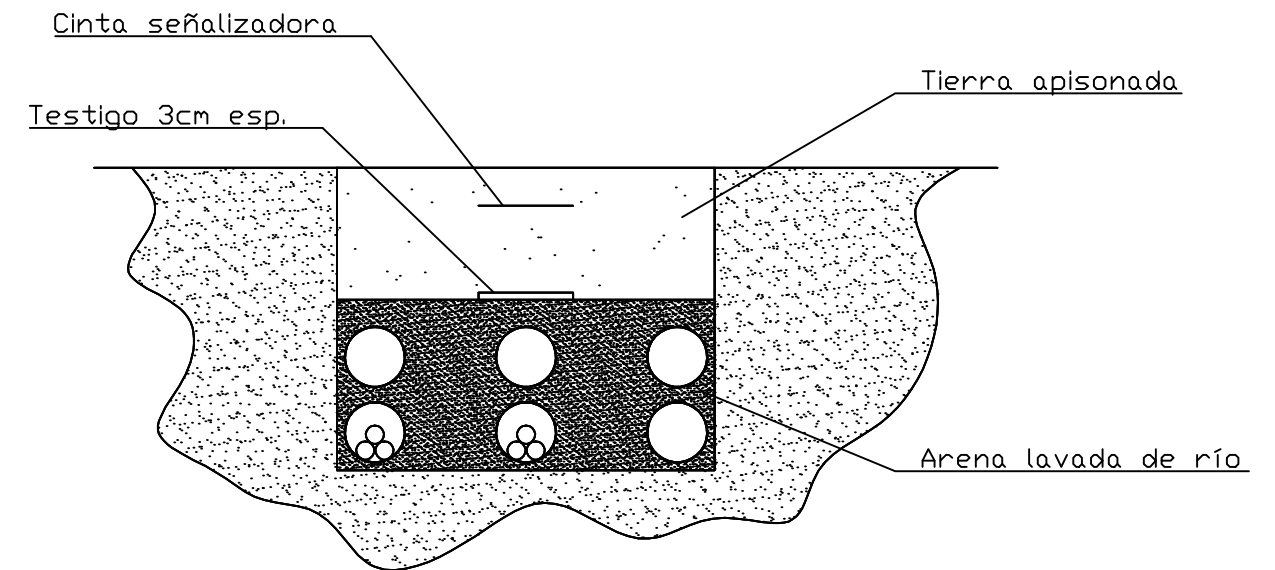
Bandeja de la canalización



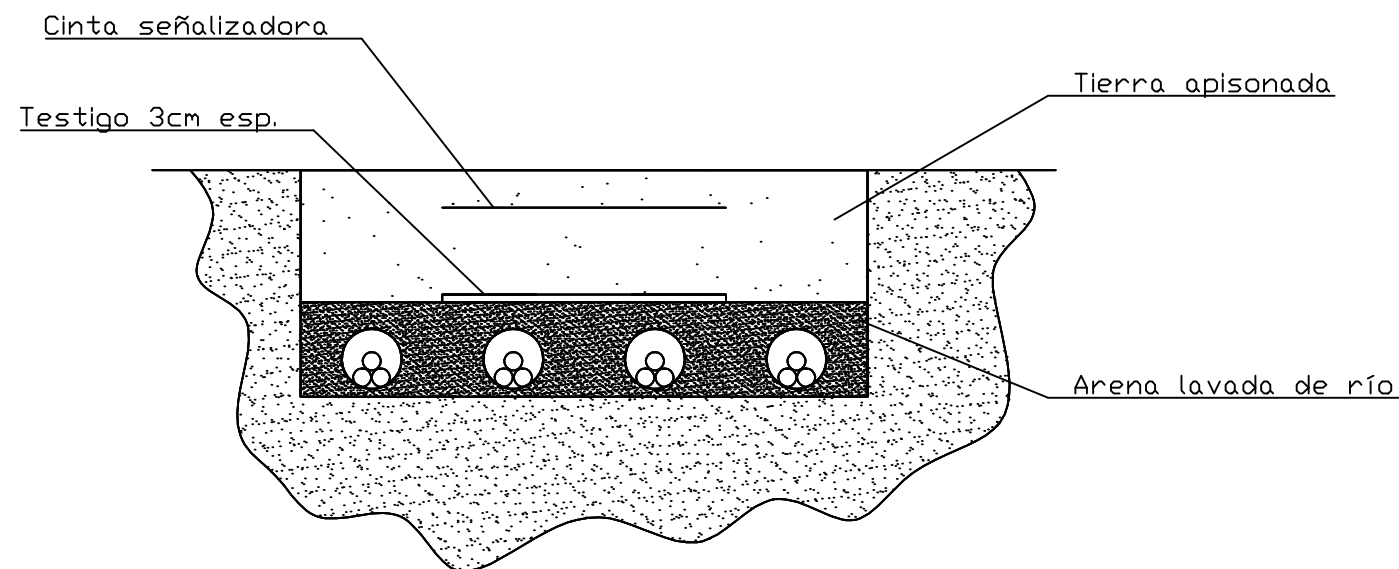
Estructura de la canalización



Zanja para cables de potencia del trafo 1

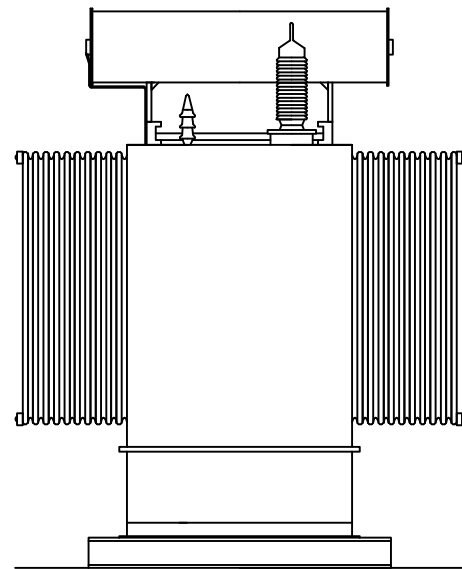


Zanja para cables de potencia del trafo 2

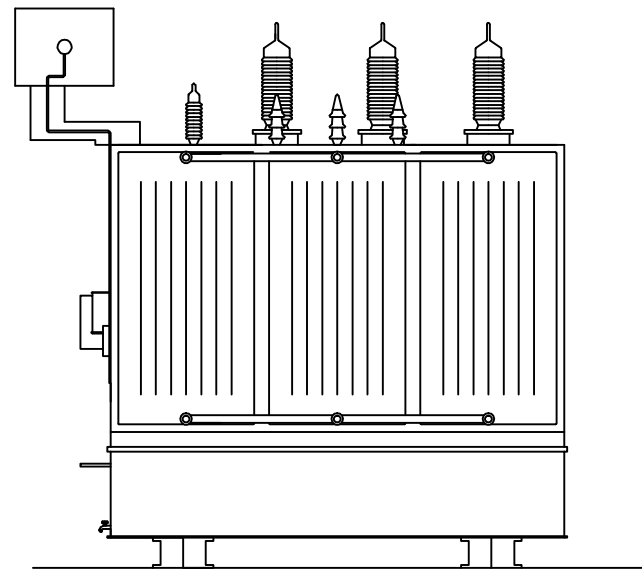


Zanja para cables de potencia de las líneas de salida

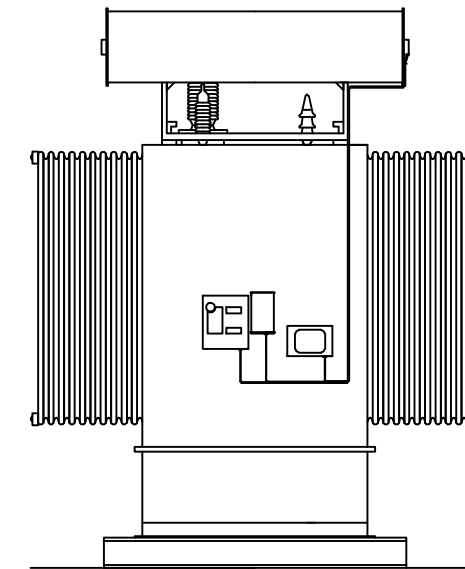
	Fecha	Nombre	Firma	ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERIA TECNICA INDUSTRIAL DE ZARAGOZA
Dibujado	10/11/11	Carlos Pola Ferrández		
Comprob.				
id.s.norma				
Escala:	Plano de los cortes de las zanjas y canalizaciones			Plano: Plano 17
1/20				Hoja: 17
				Especialidad: Electricidad



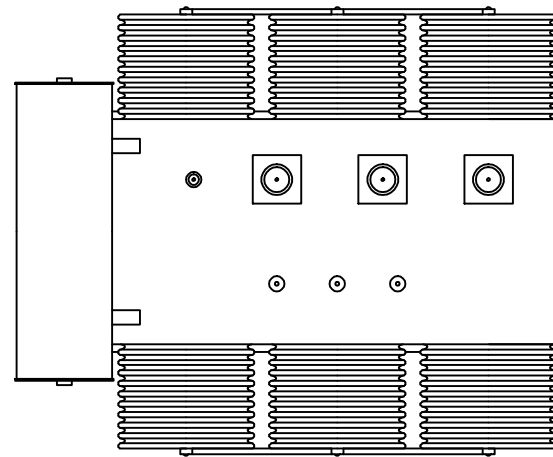
PERFIL A DEL TRANSFORMADOR DE POTENCIA 10MVA



ALZADO DEL TRANSFORMADOR DE POTENCIA 10MVA

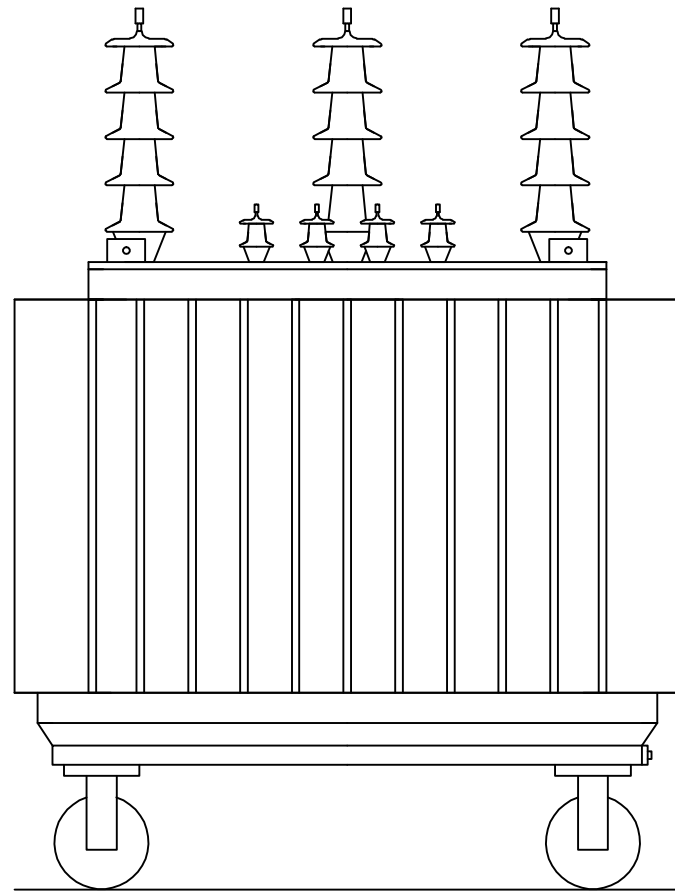


PERFIL B DEL TRANSFORMADOR DE POTENCIA 10MVA

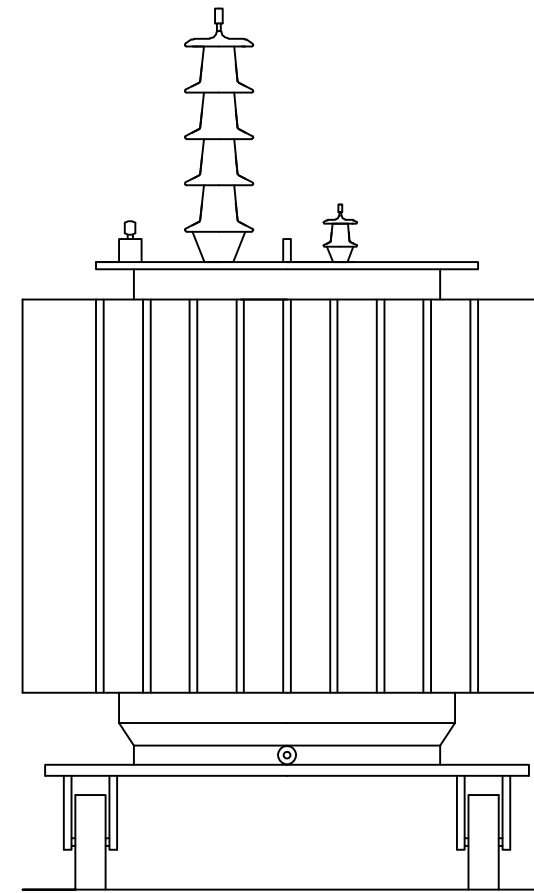


PLANTA DEL TRANSFORMADOR DE POTENCIA 10MVA

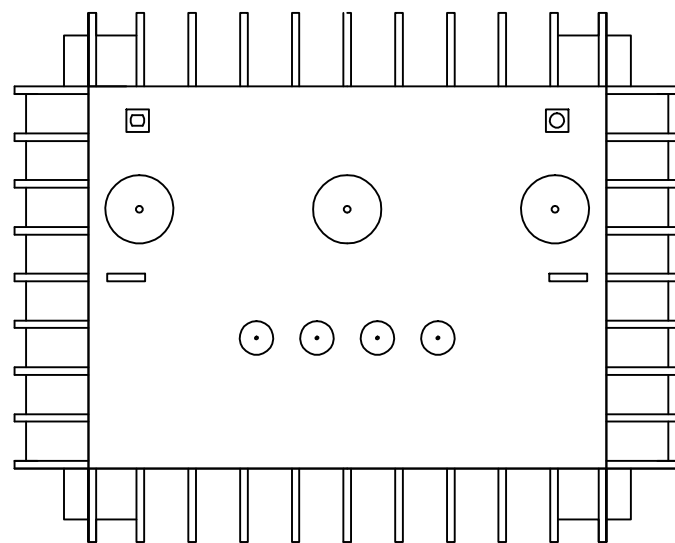
	Fecha	Nombre	Firma	ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERIA TECNICA INDUSTRIAL DE ZARAGOZA
Dibujado	10/11/11	Carlos Pola Ferrández		
Comprob.				
id.s.norma				
Escala:	Vistas transformador de potencia			Plano: Plano 18
1/50				Hoja: 18
				Especialidad: Electricidad



ALZADO DEL TRANSFORMADOR DE
SERVICIOS AUXILIARES 50KVA



PERFIL DEL TRANSFORMADOR DE
SERVICIOS AUXILIARES 50KVA



PLANTA DEL TRANSFORMADOR DE
SERVICIOS AUXILIARES 50KVA

	Fecha	Nombre	Firma	ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERIA TECNICA INDUSTRIAL DE ZARAGOZA
Dibujado	10/11/11	Carlos Pola Ferrández		
Comprob.				
id.s.norma				
Escala:	Vistas transformador de servicios auxiliares		Plano: Plano 19	
1/10			Hoja: 19	
			Especialidad: Electricidad	