

Trabajo Fin de Grado

DISEÑO DE UNA SUBESTACIÓN ELÉCTRICA PARA ABASTECER BARBASTRO Y ALREDEDORES

Autor/es

Pilar Subías Sin

Director/es

Antonio Montañés Espinosa

Escuela de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad de Zaragoza
2017/2018



RESUMEN: DISEÑO DE UNA SUBESTACIÓN ELÉCTRICA PARA ABASTECER BARBASTRO Y ALREDEDORES

Como supuesta demanda de energía en el la Comarca del Somontano de Barbastro y para una mejor gestión y mayor cobertura en la red eléctrica de la zona, se va a realizar la construcción de una nueva subestación transformadora de 132/45/15 kV.

La subestación dispone de dos líneas de alimentación a una tensión nominal entre fases de 132 kV, una de ellas proviene de Monzón y la otra de Perarrúa. Cuenta también con dos líneas aéreas de evacuación de energía a 45 kV que abastecerán a pueblos de los alrededores al núcleo urbano y con seis líneas subterráneas de 15 kV cuyo objetivo es alimentar la ciudad.

La subestación cuenta con dos transformadores de potencia 31,5 MVA de 132/45 kV y un transformador 15 MVA de 45/15 kV, todos ellos protegidos con la aparamenta necesaria seleccionada siguiendo las directrices y normas de los distintos reglamentos eléctricos y organismos, además de los propios de la compañía eléctrica Endesa, que será la operadora que gestionará la instalación.

Todo lo que se necesita para la comprensión de esta construcción queda detallado en el proyecto que se divide en los documentos básicos para un proyecto técnico: memoria, anexo de cálculos y de seguridad y salud, planos, pliego de condiciones y presupuesto.

La memoria explica de forma descriptiva la subestación en general y cada una de sus partes que la componen (aparamenta, protecciones, embarrado, edificaciones...). Los cálculos eléctricos sirven para defender lo expuesto en la memoria para correcta realización de la obra.

El estudio básico de seguridad y salud establece las directrices generales encaminadas a disminuir los riesgos de accidentes laborales.

El pliego de condiciones alberga las hojas de características de los elementos principales de la instalación.

El presupuesto muestra de forma desglosada y con porcentajes el montante de la realización del proyecto.

Para terminar, se explica en el último apartado de la memoria, las conclusiones obtenidas a la finalización de este y las posibles modificaciones que se podrían realizar.



DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y ORIGINALIDAD

(Este documento debe acompañar al Trabajo Fin de Grado (TFG)/Trabajo Fin de Máster (TFM) cuando sea depositado para su evaluación).

TRABAJOS DE FIN DE GRADO / FIN DE MÁSTER

D./D^a. PILAR SUBÍAS SIn

con nº de DNI 73209907-X en aplicación de lo dispuesto en el art.

14 (Derechos de autor) del Acuerdo de 11 de septiembre de 2014, del Consejo de Gobierno, por el que se aprueba el Reglamento de los TFG y TFM de la Universidad de Zaragoza,

Declaro que el presente Trabajo de Fin de (Grado/Máster)
INGENIERÍA ELÉCTRICA, (Título del Trabajo)

DISEÑO DE UNA SUBESTACIÓN ELÉCTRICA PARA ABAS -
TECER BARBASTRO

DESIGN OF AN ELECTRICAL SUBSTATION TO SUPPLY
BARBASTRO AND SURROUNDINGS

es de mi autoría y es original, no habiéndose utilizado fuente sin ser citada debidamente.

Zaragoza, 25 de junio de 2018

Fdo: PILAR SUBÍAS SIn



ÍNDICE DE DOCUMENTOS

DOCUMENTO I.....	MEMORIA
ANEXO I	CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS
ANEXO II	ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD
DOCUMENTO II.....	PLANOS
DOCUMENTO III	PLIEGO DE CONDICIONES
DOCUMENTO IV	PRESUPUESTO

Memoria

DISEÑO DE UNA SUBESTACIÓN ELÉCTRICA PARA ABASTECER BARBASTRO Y ALREDEDORES

Autor/es

Pilar Subías Sin

Director/es

Antonio Montañés Espinosa

Escuela de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad de Zaragoza
2017/2018



MEMORIA

MEMORIA DESCRIPTIVA	5
CAPÍTULO I: GENERALIDADES	6
1. ANTECEDENTES	6
2. OBJETO DEL PROYECTO	6
3. PETICIONARIO	6
4. NORMATIVA APLICABLE	7
5. TITULAR DE LA INSTALACIÓN	8
6. EMPLAZAMIENTO DE LAS INSTALACIONES	8
CAPÍTULO II: DESCRIPCIÓN GENERAL.....	9
1. DESCRIPCIÓN GENERAL.....	9
2. SISTEMA DE 132 kV INTEMPERIE	11
2.1 TRANSFORMADORES DE POTENCIA 132/45 kV	11
2.2 AUTOVÁLVULAS	13
2.3 SECCIONADORES	13
2.4 INTERRUPTORES AUTOMÁTICOS	14
2.5 TRANSFORMADORES DE INTENSIDAD	15
2.6 TRANSFORMADORES DE TENSIÓN	17
3. SISTEMA DE ALTA TENSIÓN 45 kV INTEMPERIE	18
3.1 TRANSFORMADOR DE POTENCIA 45/15 kV	18
3.2 AUTOVÁLVULAS	19
3.3 SECCIONADORES	19
3.4 INTERRUPTORES AUTOMÁTICOS	20
3.5 TRANSFORMADORES DE INTENSIDAD	22
3.6 TRANSFRMADORES DE TENSIÓN.....	23
4. SISTEMA DE MEDIA TENSIÓN 15 kV INTEMPERIE	24
4.1 AUTOVÁLVULAS	24
5. SISTEMA DE MEDIA TENSIÓN 15 kV INTERIOR.....	25
5.1 EDIFICIO DE CONTROL.....	25
5.2 UNIDADES FUNCIONALES O CELDAS.....	25
5.2.1 MEDIDA Y PROTECCIÓN DE LAS CELDAS	26
5.3 SERVICIOS AUXILIARES	27
5.4 BATERÍA DE CONDENSADORES	28



6. PUESTA A TIERRA	29
6.1 REQUERIMIENTOS DE LA PUESTA A TIERRA.....	29
6.2 INSTALACIÓN DE LA RED DE TIERRA	29
7. CANALIZACIONES ELÉCTRICAS	30
8. CONCLUSIÓN	31
<i>RESUMEN DE PRESUPUESTO.....</i>	<i>32</i>
RESUMEN DE PRESUPUESTO.....	33
<i>ANEXO DE CÁLCULOS</i>	<i>34</i>
CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS	35
1. OBJETO	35
2. CÁLCULO DE LOS VALORES NOMINALES DE INTENSIDAD DE LA APARATURA.....	35
3. CÁLCULO DE LAS CORRIENTES DE CORTOCIRCUITO	36
3.1 ESQUEMA UNIFILAR	36
3.2. DETERMINACIÓN DEL SISTEMA BASE	37
3.3 CÁLCULO DE REACTANCIAS POR UNIDAD.....	37
3.4 CÁLCULO DE LAS IMPEDANCIAS EQUIVALENTES EN CADA PUNTO	39
4. DISEÑO DE LAS PUESTAS A TIERRA DE LA SUBESTACIÓN	41
4.1. LONGITUD CABLES	41
4.2 RADIO	41
4.3 RESISTENCIA DEL ELECTRODO.....	42
4.4 TENSIONES DE PASO Y CONTACTO	42
4.4.1 Tensiones de paso y contacto para exterior	43
4.4.2 Tensiones de paso y contacto para interior	43
4.5 SECCIÓN MÍNIMA DE LA MALLA DE PUESTA A TIERRA	44
5. CÁLCULO DE AUTOVÁLVULAS	45
5.1 AUTOVÁLVULAS DE 132 kV	47
5.2 AUTOVÁLVULAS DE 45 kV	48
5.3 AUTOVÁLVULA DE 15 kV	49
6. SELECCIÓN DE LOS TRANSFORMADORES DE INTENSIDAD	51
7. COMPENSACIÓN DEL FACTOR DE POTENCIA.....	53
8. ALTURA MÍNIMA DE LOS HILOS DE GUARDA.....	55
8.1 ALTURA MÍNIMA DE LOS HILOS DE GUARDA EN EL LADO DE 132 kV.....	55
8.2 ALTURA MÍNIMA DE LOS HILOS DE GUARDA EN EL LADO DE 45 kV.....	56
<i>ANEXO DE SEGURIDAD Y SALUD</i>	<i>57</i>
ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD	58
1. OBJETO	58



2. NORMATIVA	58
3. ALCANCE	58
4. DATOS GENERALES	58
4.1 TIPO DE TRABAJO	58
4.2 ACTIVIDADES PRINCIPALES	59
4.3 CLIMATOLOGÍA	59
4.4 PLAZO DE EJECUCIÓN	59
4.5 NÚMERO DE OPERARIOS PREVISTOS	59
4.6 OFICIOS	60
4.7 MAQUINARIA Y MEDIOS AUXILIARES	60
4.8 INSTALACIONES ELÉCTRICAS PROVISIONALES	61
5. ANÁLISIS DE RIESGOS Y MEDIDAS PREVENTIVAS	61
5.1 RIESGOS GENERALES	62
5.1.1 Protecciones Colectivas	62
5.2 RIESGOS Y MEDIDAS ESPECÍFICAS	63
5.2.1 Trabajos con Ferralla	63
5.2.1.1 Riesgos más Comunes	63
5.2.1.2 Medidas Específicas	63
5.2.2 Trabajos de Encofrado y Desencofrado	63
5.2.2.1 Riesgos más Comunes	63
5.2.2.2 Medidas Específicas	64
5.2.3 Trabajos con Hormigón	64
5.2.3.1 Riesgos más Comunes	64
5.2.3.2 Medidas Específicas	64
5.2.4 Maniobras de Izado, Situación en Obra y Montaje de Equipos y Materiales.	65
5.2.4.1 Riesgos Específicos	65
5.2.4.2 Medidas Específicas	65
5.2.5 Máquinas y Medios Auxiliares	66
5.2.5.1 Máquinas fijas y herramientas eléctricas	66
5.2.5.2 Medios de Elevación	66
5.2.5.3 Andamios, Plataformas y Escaleras	67
5.2.5.4 Equipos de soldadura eléctrica y oxiacetilénica	67
5.2.5.5 Medidas específicas	67
5.2.6 Instalaciones Eléctricas Provisionales	69
5.2.6.1 Medidas específicas	69
6. PROTECCIONES PERSONALES	69



7. FORMACIÓN PERSONAL	70
7.1 CHARLA DE SEGURIDAD Y PRIMEROS AUXILIOS PARA PERSONAL DE INGRESO EN OBRA.....	70
7.2 CHARLAS SOBRE RIESGOS ESPECÍFICOS.....	71
8. MEDICINA ASISTENCIAL.....	71
8.1 CONTROL MEDICO	72
8.2 MEDIOS DE ACTUACIÓN Y PRIMEROS AUXILIOS	72
9. REVISIONES TÉCNICAS DE SEGURIDAD.....	72



MEMORIA DESCRIPTIVA

CAPÍTULO I: GENERALIDADES

1. ANTECEDENTES

La demanda de energía en el la Comarca del Somontano de Barbastro se ha visto incrementada en los últimos años, especialmente en las proximidades del núcleo urbano, debido entre otros al incremento de población, al establecimiento de nuevas PYMES y al proyecto de polígonos tanto residenciales como industriales.

La saturación de la red y la distancia de otras subestaciones eléctricas hacen poco rentable y con poca garantía de calidad el suministro de nuevas altas desde las otras subestaciones.

El dar un buen servicio a los clientes en un entorno cada vez más competitivo como es el Sector Eléctrico y la de poder suministrar la demanda de energía, justifica la inversión de realizar una nueva subestación transformadora de 132/45/15 kV. La nueva SET estará interconectada con la red actual de 132 kV.

El trabajo está pues basado en la construcción de una subestación transformadora de tensión 132/45/15 kV extramuros de la población de Barbastro.

2. OBJETO DEL PROYECTO

El objeto del presente proyecto es el de exponer ante los Organismos Competentes que la instalación 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 dicho proyecto.

3. PETICIONARIO

La elaboración de este proyecto ha sido realizada por la alumna Pilar Subías Sin a petición de la Escuela de Ingeniería y Arquitectura de Zaragoza.

4. NORMATIVA APLICABLE

En la confección del presente proyecto así como en la futura construcción de las instalaciones, se han tenido presente todas y cada una de las especificaciones contenidas en:

- Reglamento de Alta Tensión. Real Decreto 337/2014, de 9 de mayo, por el que se aprueban el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión y sus instrucciones técnicas complementarias ITC - RAT 01 A 23.
- Reglamento Electrotécnico de Líneas Eléctricas de Alta Tensión. Real Decreto 223/2008, de 15 de febrero, por el que se aprueban 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.
- Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión. Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión, así como las Ampliaciones y Modificaciones de sus Instrucciones Complementarias.
- Normalización Nacional (Normas UNE).
- Recomendaciones UNESA.
- Ley del Sector Eléctrico 24/2013 de 26 de Diciembre de 2013.
- Real Decreto 614/2001, de 8 de junio, sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico.
- 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.
- UNE-EN 60694. Estipulaciones comunes para las normas de aparamenta de alta tensión.
- UNE-EN 61869. Transformadores de medida.
- UNE-EN 61869-2. Transformadores de medida: Requisitos adicionales para los transformadores de intensidad.
- Norma SFZ00200.DOC de Endesa “Criterios de planificación para subestaciones eficientes de AT/MT” de febrero de 1999.
- Norma SFZ00100.DOC de Endesa “Criterios funcionales para subestaciones eficientes de AT/MT” de junio de 2000.
- Norma SDZ001.DOC de Endesa “Criterios de diseño del sistema de puesta a tierra en subestaciones de AT/MT del tipo exterior” de enero de 2000, la cual se basa en la IEEE Std 80.



- Especificaciones Particulares NRZ102 de Endesa “Instalaciones privadas conectadas a la red de distribución para consumidores en Alta y Media Tensión” de julio de 2017.
- Especificación Técnica GE SND010 de Endesa del 1 de junio de 1999 sobre baterías de condensadores.

5. TITULAR DE LA INSTALACIÓN

Se redacta el presente proyecto de Instalación eléctrica en media y alta tensión de una subestación eléctrica transformadora de 123/45/15 kV a petición de la Escuela de Ingeniería y Arquitectura de Zaragoza con C.I.F.: XXXXXXXX-G, y situada en el Término Municipal de Barbastro, y a instancia de la Conserjería de Trabajo e Industria, Delegación Provincial de Huesca y del Excmo. Ayuntamiento de Barbastro.

6. EMPLAZAMIENTO DE LAS INSTALACIONES

La subestación se localiza en el término municipal de Barbastro, provincia de Huesca, concretamente en la carretera de Fornillos – Barbastro (A-1226), número 15.

CAPÍTULO II: DESCRIPCIÓN GENERAL

1. DESCRIPCIÓN GENERAL

La subestación transformadora tiene una superficie total de 8.000 m^2 y dispone de dos líneas de alimentación a una tensión nominal entre fases de 132 kV, una de ellas proviene de Monzón y la otra de Perarrúa.

Mediante dos transformadores de potencia 31,5 MVA, se reducirá la tensión de entrada de 132 kV a 45 kV. Tanto las líneas de 132 kV como las de 45 kV están unidas mediante un doble embarrado.

Existe un tercer transformador de potencia, 15 MVA, que reduce la tensión a 15 kV. Además, hay otras dos líneas de salida de 45 kV que no inyectan potencia a la red y que están destinadas al suministro de energía por otros pueblos de alrededor de Barbastro.

A la salida del transformador de potencia de 45/15 kV nos encontramos una autoválvula pararrayos y un terminal de empalme que lleva la línea subterránea al edificio de control. Este edificio tiene una superficie de 450 m^2 y en él se encuentran, entre otras cosas, las celdas de media tensión. El lado de 15 kV también cuenta con un doble embarrado del que salen: una celda de salida de transformador, seis celdas de línea, una celda de servicios auxiliares y una con el transformador de servicios auxiliares, una celda de medida y una celda con el equipo de batería de condensadores de 4 MVAR

La celda de servicios auxiliares se encarga de suministrar energía a los servicios de ventilación e iluminación de la subestación, entre otros, y para eso necesita unas condiciones de tensión adecuadas por lo que llevará conectada un transformador auxiliar de 15/0,4 kV para disponer de la energía necesaria que alimente la subestación transformadora.

Las baterías de condensadores, que también se encuentran en una celda, son las encargadas de mejorar y corregir el factor de potencia de la energía que suministra la subestación.

En el edificio de control, además de la aparamenta de media tensión, se encontrarán los equipos de protección, medida y control del resto de aparamenta de alta tensión.

La SET contemplada en el presente proyecto consiste básicamente en los siguientes elementos:

- **Sistema de 132 kV (Intemperie)**

- Doble embarrado.
- Juego de transformadores de tensión (a la entrada en la líneas, en el embarrado y a la entrada de los transformadores de potencia).
- Juego de transformadores de intensidad (a la entrada en la líneas, en el acoplamiento de barras y a la entrada de los transformadores de potencia).
- Juego de pararrayos autoválvulas de protección de línea.
- Seccionadores trifásicos de línea y de barras.
- Un juego de seccionadores trifásicos a la entrada de las líneas con puesta a tierra.
- Juego de interruptores automáticos (en líneas, en el acoplamiento de barras y a la entrada al transformador).
- Juego de pararrayos autoválvulas de protección de transformador.
- Dos transformadores de 132/45 kV (de 31,5 MVA de potencia nominal).

- **Sistema de Alta Tensión 45 kV (Intemperie)**

- Doble embarrado.
- Juego de transformadores de tensión (a la salida de los transformadores de 132/45 kV, a la entrada del transformador de 45/15 kV, en barras y a las salidas de la líneas).
- Juego de transformadores de intensidad (distribuidos como los de tensión).
- Seccionadores trifásicos de línea y de barras.
- Seccionadores trifásicos con puesta a tierra para las salidas de líneas.
- Juego de pararrayos autoválvulas de protección para cada transformador.
- Juego de dos pararrayos autoválvulas de protección de línea.

- **Sistema de Media Tensión 15 kV (Intemperie e Interior)**

- Un pararrayo autoválvula de protección de transformador.
- 6 celdas de posición de línea.
- 1 celda de servicios auxiliares.
- 1 celda de transformador para servicios auxiliares.
- 1 celda de posición de batería de condensadores.
- 1 celda de acometida al embarrado principal.
- 1 celda de unión de barras.
- 1 celda de posición de medida.

La aparamenta a instalar cumple con los siguientes valores de tensión para cada uno de los niveles de tensión aplicables en la instalación:

Tabla 1. Valores de tensión para cada nivel de tensión

	132 kV	45 kV	15 kV
Tensión nominal (kV)	132	45	15
Tensión más elevada de material (kV)	145	52	17,5
Tensión soportada a impulso tipo rayo (kV)	650	250	95
Tensión de ensayo a frecuencia industrial (kV)	275	95	38

2. SISTEMA DE 132 kV INTEMPERIE

El sistema de 132 kV está compuesto por elementos localizados en el parque exterior.

Los elementos principales que constituyen este sistema son transformadores de potencia, autoválvulas, transformadores de intensidad, transformadores de tensión, seccionadores e interruptores automáticos.

La selección de estos elementos se realiza conforme a las características propias de la instalación, para la correcta operación tanto en condiciones normales como en situaciones de funcionamiento anormalmente extremas, ya sean faltas en la red o faltas en otros equipos.

La disposición espacial de la aparamenta se realizará de acuerdo a la reglamentación vigente y a otras consideraciones prácticas con objeto de facilitar las operaciones requeridas durante el montaje y mantenimiento.

2.1 TRANSFORMADORES DE POTENCIA 132/45 kV

La subestación dispone de dos transformadores de 31,5 MVA para reducir la tensión de entrada de 132 kV a una tensión de salida de 45 kV. Este transformador será de baño de aceite y estarán preparados para un servicio en intemperie. Tendrá las siguientes características:

Número de fases.....3
Frecuencia..... 50 Hz
Potencia nominal ONAN/ONAF:31,5 MVA
Tensión de cortocircuito:..... 12%
TipoEn baño de aceite mineral

Tensión primaria.....	132 kV
Tensión secundaria.....	45 kV
Servicio.....	Continuo
Instalación.....	Intemperie
Conexión.....	Estrella/triángulo
Grupo de conexión	YNd11
Temperatura ambiente (Máx / mín).....	40°C / -25°C

Adicionalmente, el transformador de potencia estará construido con:

- Tapa de acero laminada en caliente, reforzada con perfiles, resistente al vacío de 0,67 milibares y a una sobrepresión interna de 350 milibares.
- Radiadores galvanizados adosados a la cuba mediante válvulas de independización.
- Arrollamientos de cobre electrolítico de alta conductividad, independientes y aislados entre sí.
- Circuito magnético constituido por tres columnas y culatas en estrella, formadas por láminas de acero al silicio, laminadas en frío, de grano orientado y aisladas por 'CARLITE' por ambas caras. Todas las uniones realizadas a 45º solapadas.
- Circuito magnético puesto a tierra mediante conexiones de cobre, a través de la cuba.

Además deberán incorporar los siguientes accesorios:

- Regulador en carga MR telemandable y telecontrolable, con posición manual y automática y posibilidad de subir y bajar tomas por telecontrol y poder saber en que toma se encuentra de forma remota.
- Depósito de expansión de transformador.
- Depósito de expansión de cambiador de tomas.
- Desecadores de aire.
- Válvula de sobrepresión.
- Relé Buchholz.
- Relé de protección del cambiador de tomas bajo carga
- Dispositivo de recogida de gases.
- Termómetro.
- Termostato.
- Cambiador de tomas en primario en carga de 21 escalones.
- Placas de toma de tierra bimetálicas.
- Ruedas orientables en las dos direcciones principales.

- Soporte para apoyo de gatos hidráulicos.
- Elementos de elevación, arrastre, desencubado y fijación para el transporte.
- Sonda de medida de temperatura tipo PT-100.
- Caja de conexiones.
- Placa de características de acero inoxidable, grabada en bajo relieve con los datos principales del transformador, así como un esquema de conexiones.

2.2 AUTOVÁLVULAS

Para proteger la instalación de 132 kV, se instalarán autoválvulas, tanto para la protección de sobretensión de tipo rayo, como las producidas durante las maniobras.

Se instalará un juego de dos autoválvulas la entrada de la línea a la subestación y otras dos para la protección del transformador de 132 kV.

Las autoválvulas seleccionadas son del tipo PEXLIM R de la casa ABB y tienen las siguientes características:

Tipo	Óxido de Zinc
Tensión nominal	132 kV
Clase	3
Distancia de fuga mínima	20 mm/kV
Intensidad nominal de descarga (8/20 μ s)	10 kA
Servicio	Intemperie

Se instalará un contador de descargas individual para cada una de las autoválvulas. Los cálculos necesarios para la selección de autoválvulas se encuentran en el Anexo de Cálculos.

2.3 SECCIONADORES

Los seccionadores son dispositivos que sirven para conectar o desconectar partes de una instalación eléctrica que está aún bajo tensión y no se encuentra recorrida por una corriente, por tanto, antes de abrir un seccionador siempre deberá abrirse el interruptor correspondiente. La función del seccionador es aislar entre sí partes de una instalación de manera que el corte se aprecia a simple vista, poniendo fuera de servicio aquella parte de la instalación susceptible de mantenimiento o reparación.

El seccionador seleccionado para las líneas de 132 kV es el modelo SG3C-145/1600 de la casa Mesa. Se trata un seccionador de línea tripolar, equipado con cuchillas de puesta a tierra en la posición de línea.

Distinguiremos tres tipos de seccionadores: el de entrada a la subestación que incluye la puesta a tierra, el seccionador de línea y el seccionador de conexión en barras. En nuestro caso, las características técnicas son las mismas, simplemente que el de la entrada incluye la puesta a tierra.

La maniobra del seccionador será eléctrica para poder accionarlo de forma remota o mediante pulsadores en el interior de la sala de control. También será posible su accionamiento manual.

El seccionador tiene las siguientes características:

Construcción	Triple columna (central giratoria)
Tensión de servicio	132 kV
Tensión nominal	145 kV
Intensidad nominal	1.600 A
Intensidad máxima de corta duración (valor eficaz)	40 kA
Intensidad máxima de cresta.....	100 kA
Puesta a tierra.....	Sí

Tensión de ensayo a Tierra y Polos:

A frecuencia industrial bajo lluvia	275 kV
A impulso	650 kV

2.4 INTERRUPTORES AUTOMÁTICOS

La función de los interruptores automáticos es la de interrumpir el paso de la corriente eléctrica a través de un circuito cuando se produce un cortocircuito. También ofrece la posibilidad de abrir o cerrar el circuito bajo control en el caso de maniobras u operaciones de mantenimiento.

El interruptor seleccionado para las líneas que suministran potencia a 132 kV es el modelo LTB D1 72.5 – 170 de la casa ABB, siendo para todas las posiciones el mismo interruptor.

El interruptor tiene las siguientes características:

Tipo Tripolar
Instalación..... Intemperie
Servicio..... Continuo
Aislamiento interno y fluido extintor SF6
Temperatura ambiente (Max / min.) 50°C / -50°C
Tensión de servicio 132 kV
Frecuencia..... 50 Hz
Intensidad Nominal 3.150 A
Capacidad de interrupción 40 kA
Tensión de aislamiento a impulso tipo rayo..... 650 kV

Equipado con:

- Motor, una bobina de cierre y dos de apertura.
- Relés antibombeo y resistencia anticondensación.
- Manómetros y densímetros para vigilancia de presión (uno por polo con tres niveles de detección ajustables).
- Contactos auxiliares de posición de interruptor.
- Manivela para tensado manual del resorte de cierre de mando.
- Caja de centralización de señales.

2.5 TRANSFORMADORES DE INTENSIDAD

La función de un transformador de intensidad es la de adaptar los valores de intensidad que circula por la instalación a niveles lo suficientemente bajos para ser empleados por los relés de protección y los aparatos de medida.

Se conectarán con el primario en serie con el circuito a controlar y el secundario en serie con las bobinas de corriente de los aparatos de medición y de protección que requieran ser energizados.

Se instalará un transformador de intensidad por fase en las siguientes posiciones: líneas de 132 kV, acoplamiento de barras de 132 kV y entrada del transformador de potencia 132/45 kV. Estos constan de dos primarios y cuatro secundarios, que son dos de protecciones y dos de medida (medida y control). El modelo seleccionado es el CA-145 de la casa Arteche.

Los transformadores tienen las siguientes características:

Servicio..... Intemperie
Aislamiento Papel aceite
Tensión nominal 132 kV
Máxima tensión de servicio 145 kV
Línea de fuga estándar 3.625 mm

Tensiones de ensayo:

A frecuencia industrial 1 minuto 275 kV
A impulso 650 kV

TI en las líneas de 132 kV:

Relación de transformación..... 300-600/5-5-5-5 A
Potencia nominal 30 VA
Clase de precisión:
 Secundarios de protección 5P30
 Secundario de medida 0,2s FS5
 Secundario de control 0,5 FS5

TI a la entrada del transformador de potencia 132/45 kV:

Relación de transformación..... 300-600/5-5-5-5 A
Potencia nominal 30 VA
Clase de precisión:
 Secundarios de protección 5P30
 Secundario de medida 0,2s FS5
 Secundario de control 0,5 FS5

TI en el acoplamiento de barras de 132 kV:

Relación de transformación..... 1000-2000/5-5-5-5 A
Potencia nominal 30 VA
Clase de precisión:
 Secundarios de protección 5P30
 Secundario de medida 0,2s FS5
 Secundario de control 0,5 FS5

La selección de relaciones de transformación y clases de los secundarios está más detallada en el Anexo de Cálculos y las funciones que desarrolla cada secundario se encuentran en el documento de Planos.

2.6 TRANSFORMADORES DE TENSIÓN

La función de un transformador de tensión es la de adaptar los valores de la tensión de la instalación a niveles lo suficientemente bajos para ser utilizados por los relés de protección y los aparatos de medida.

Se conectarán con el primario en paralelo con el circuito a controlar y el secundario en paralelo con las bobinas de tensión de los aparatos de medición y de protección que requieran ser energizados.

Se instalará un transformador de tensión por fase en las posiciones de línea, de barras y de entrada al transformador. El modelo seleccionado es UTE-145 de la casa Arteche.

El transformador de tensión tiene las siguientes características generales:

Servicio.....	Intemperie
Aislamiento	Papel aceite
Tipo	Inductivo
Tensión nominal	132 kV
Máxima tensión de servicio	145 kV
Línea de fuga estándar	3.625 mm
Potencia térmica.....	3.500 VA
Relación de transformación.....	$\frac{132.000}{\sqrt{3}} / \frac{110}{\sqrt{3}} - \frac{110}{\sqrt{3}} \text{ V}$

Tensiones de ensayo:

A frecuencia industrial 1 minuto	275 kV
A impulso	650 kV

De acuerdo con las exigencias de Endesa elegiremos las siguientes clases de precisión:

Secundario de medida

Potencia nominal	30 VA
------------------------	-------

Clase de precisión cl 0,2

Secundario de protección

Potencia nominal 30 VA

Clase de precisión cl 3P

En determinadas posiciones, como en el embarrado y en la entrada al transformador de potencia, los transformadores de tensión instalados cuentan con tres secundarios. Esto facilita el sincronismo entre ambas posiciones. Las características que difieren de los de posición de línea son las siguientes:

Relación de transformación..... $\frac{132.000}{\sqrt{3}} / \frac{110}{\sqrt{3}} - \frac{110}{\sqrt{3}} - \frac{110}{\sqrt{3}} \text{ V}$

Un secundario de medida

Potencia nominal 30 VA

Clase de precisión cl 0,2

Dos secundarios de protección y medida

Potencia nominal 30 VA

Clase de precisión cl 0,5 - 3P

3. SISTEMA DE ALTA TENSIÓN 45 kV INTEMPERIE

3.1 TRANSFORMADOR DE POTENCIA 45/15 kV

La subestación dispone de un transformador de 15 MVA para reducir la tensión de entrada de 45 kV a una tensión de salida de 15 kV. Este transformador será de características similares a los otros, que son las siguientes:

Número de fases..... 3

Frecuencia..... 50 Hz

Potencia nominal ONAN/ONAF: 15 MVA

Tensión de cortocircuito:..... 12%

Tipo En baño de aceite mineral

Tensión primaria 45 kV

Tensión secundaria 15 kV

Servicio..... Continuo

Instalación..... Intemperie
Conexión..... Estrella/triángulo
Grupo de conexión YNd11
Temperatura ambiente (Máx / mín)..... 40°C / -25°C

3.2 AUTOVÁLVULAS

A la salida de los transformadores de potencia de 132/45 kV, a la entrada del transformador de 45/15 kV y a la salida de las líneas de 45 kV se instalará los juegos de pararrayos autoválvulas de óxidos metálicos para atenuar las sobretensiones de origen atmosférico.

Las autoválvulas seleccionadas son del tipo PEXLIM R de la casa ABB y tienen las siguientes características:

Tipo Óxido de Zinc
Tensión nominal 45 kV
Clase..... 3
Distancia de fuga mínima 20 mm/kV
Intensidad nominal de descarga (8/20 μ s) 10 kA
Servicio..... Intemperie

3.3 SECCIONADORES

Se instalará el seccionador PM6 52 kV de la casa Mesa. Se trata de un seccionador de aislamiento y corte en SF6 diseñado para ser montado exteriormente sobre poste. Está especialmente diseñado para las funciones de telemando, pero también puede utilizarse localmente de forma manual.

El mecanismo básico de operación es, a través de un sistema de apertura-cierre (con paso por punto muerto), operado mediante un resorte que permite realizar las maniobras independientemente de la velocidad del operador (sistema tipo Tumbler).

Al encontrarse todas estas partes en el interior de una envolvente con un alto grado de protección, podemos garantizar un excelente comportamiento en intemperie de nuestro equipo.

El mando eléctrico está constituido por un motor de 48 Vcc que realiza las maniobras de apertura y cierre eléctricamente, tanto desde el armario de control como a través del centro de control vía telemando.

Un dispositivo directamente ligado a la posición de los contactos del interruptor-seccionador: “abierto” o “cerrado”, nos asegura su posición. Junto con un indicador de posición fácilmente visible desde el suelo, responden al criterio de “diseño de los aparatos de indicación de posición” descrito en la norma CEI 62271-102.

El seccionador tiene las siguientes características:

Construcción	Triple columna (central giratoria)
Tensión nominal	45 kV
Intensidad nominal	630 A
Intensidad máxima de corta duración (valor eficaz)	12,5 kA
Intensidad máxima de cresta.....	31,5 kA
Puesta a tierra.....	Sí

3.4 INTERRUPTORES AUTOMÁTICOS

Se instalará un interruptor del tipo de “soplado” y que utiliza el gas SF6 como medio de corte y aislamiento. Se trata del interruptor automático CBGS-2 de la casa Mesa y tiene las siguientes características:

Tipo	Tripolar
Instalación.....	Intemperie
Servicio.....	Continuo
Aislamiento interno y fluido extintor	SF6
Temperatura ambiente (Max / min.)	40°C / -25°C
Tensión de servicio	52 kV
Frecuencia.....	50 Hz

Niveles de aislamiento:

Tensión más elevada para el material	52 kV
Tensión a frecuencia industrial (50 Hz, 1 min)	95 kV
Tensión soportada a impulsos tipo rayo (1,2/50 μ s).....	250 kV
Intensidad Nominal	2.000 A

Corriente asignada de corta duración 25 kA
Poder de cierre asignado en cortocircuito 63 kA cresta
Secuencia de maniobras O - 0.3s - CO - 3 min - CO

Accionamiento:

Uni / tripolar Tripolar
Tipo Electromecánico, tensado de resortes
Tensión motor 125 Vcc
Tensión mando 220 Vca
Línea de fuga ≥ 20 mm/kV

El mecanismo eléctrico de operación es siempre motorizado para su telemando y permite ciclos rápidos de reenganche. Por otro lado, el mantenimiento de este tipo de mandos es muy reducido, al utilizar componentes autolubricados.

El mando se compone de:

- Conjunto de muelles que almacenan la energía necesaria para las maniobras de apertura y cierre.
- Sistema manual de carga de muelles.
- Dispositivo eléctrico y motorizado de carga de muelles, que recarga los muelles de forma automática, en menos de 5 segundos tras el cierre de los contactos principales del interruptor.
- Pulsador mecánico de apertura con candado opcional en la parte frontal.
- Sistema eléctrico provisto de:
 - Bobina de cierre.
 - Relé de antibombeo.
 - Bobina doble de disparo.
 - Bobina de mínima tensión (opcional).
- Contador de maniobras.
- Contacto de señalización de carga de muelles.
- Contactos de señalización de finalización de carga de muelles.
- Indicador mecánico de posición de apertura o cierre.
- Indicador mecánico de señalización de la carga de los muelles.
- Cerradura (opcional) para enclavamiento en abierto del interruptor.

3.5 TRANSFORMADORES DE INTENSIDAD

Se instalará un transformador de intensidad por fase de dos primarios con cuatro secundarios. A la hora de elegir la clase distinguiremos entre protección, medida y control. El modelo seleccionado es el CA-52 de la casa Arteche.

El transformador tiene las siguientes características:

Servicio..... Intemperie
Aislamiento Papel aceite
Tensión nominal 45 kV
Máxima tensión de servicio 52 kV
Línea de fuga estándar 1.300 mm

Tensiones de ensayo:

A frecuencia industrial 1 minuto 95 kV
A impulso 250 kV

TI en las líneas de 45 kV:

Relación de transformación..... 400-800/5-5-5-5 A
Potencia nominal 25 VA
Clase de precisión:
 Secundarios de protección 5P30
 Secundario de medida..... 0,2s FS5
 Secundario de control 0,5 FS5

TI a la salida del transformador de potencia 132/45 kV:

Relación de transformación..... 400-800/5-5-5-5 A
Potencia nominal 25 VA
Clase de precisión:
 Secundarios de protección 5P30
 Secundario de medida..... 0,2s FS5
 Secundario de control 0,5 FS5

TI a la entrada del transformador de potencia 45/15 kV:

Relación de transformación..... 200-400/5-5-5-5 A

Potencia nominal 25 VA

Clase de precisión:

Secundarios de protección 5P30

Secundario de medida 0,2s FS5

Secundario de control 0,5 FS5

TI en el embarrado de 45 kV:

Relación de transformación 1000-2000/5-5-5-5 A

Potencia nominal 25 VA

Clase de precisión:

Secundarios de protección 5P30

Secundario de medida 0,2s FS5

Secundario de control 0,5 FS5

3.6 TRANSFORMADORES DE TENSIÓN

Se instalará un transformador de tensión por fase modelo UTE-52 de la casa Arteche en las posiciones de línea, de barras y de entrada y salidas de los transformadores de potencia.

El transformador de tensión tiene las siguientes características generales:

Servicio Intemperie

Aislamiento Papel aceite

Tipo Inductivo

Tensión nominal 45 kV

Máxima tensión de servicio 52 kV

Línea de fuga estándar 1.300 mm

Potencia térmica 1.500 VA

Potencia nominal 25 VA

Tensiones de ensayo:

A frecuencia industrial 1 minuto 95 kV

A impulso 250 kV

Los TT situados en líneas y a la entrada del transformador 45/15 kV cuentan con dos secundarios y por tanto la siguiente relación de transformación:

$$\frac{\frac{45.000}{\sqrt{3}}}{\frac{110}{\sqrt{3}} - \frac{110}{\sqrt{3}}} V$$

Ambas situaciones cuentan con un secundario de medida de clase 0,2, mientras que el otro secundario para el TT de línea es de protección clase 3P y para el TT de entrada al transformador de potencia es de medida y protección clase 0,5 y 3P.

Los TT situados en barras y a la salida del transformador 132/45 kV cuentan con tres secundarios y por tanto la siguiente relación de transformación:

$$\frac{\frac{45.000}{\sqrt{3}}}{\frac{110}{\sqrt{3}} - \frac{110}{\sqrt{3}} - \frac{110}{\sqrt{3}}} V$$

Ambas situaciones cuentan con un secundario de medida de clase 0,2, y dos secundarios de medida y protección clase 0,5 y 3P.

4. SISTEMA DE MEDIA TENSIÓN 15 kV INTEMPERIE

El nivel de media tensión de nuestra subestación se distribuye por líneas subterráneas por lo que se trata de una instalación de interior. No obstante, el transformador 45/15 kV está a intemperie y para su protección es necesario colocar autoválvulas antes de llevar las líneas al edificio de control.

4.1 AUTOVÁLVULAS

En el secundario del transformador de potencia, se instalará un juego de pararrayos autoválvulas de óxidos metálicos para atenuar las sobretensiones de origen atmosférico.

Las autoválvulas tienen las siguientes características:

Tipo Óxido de Zinc
Tensión nominal 15 kV
Clase..... 2
Distancia de fuga mínima 20 mm/kV
Intensidad nominal de descarga (8/20 μs) 10 kA
Servicio..... Intemperie

5. SISTEMA DE MEDIA TENSIÓN 15 kV INTERIOR

5.1 EDIFICIO DE CONTROL

El edificio de control de la subestación consta de seis salas principales que son las siguientes:

- Sala de cabinas o celdas de media tensión y baterías de condensadores, que se definirán con más detalle en los siguientes apartados.
- Sala de telemando en la que se encuentran todas las conexiones RTU (*Remote Terminal Unit*), que es un dispositivo de adquisición de datos y control en campo, que hace de interfaz entre los equipos de instrumentación y control local y el sistema de adquisición de datos y control supervisorio, es decir, obtiene señales independientes de las actuaciones de la subestación y envía la información a la central de control remota donde se procesa, que en nuestro caso sería en centro de control de Endesa de la división de Aragón.
- Sala de comunicaciones en la que se encuentra el sistema SCADA (*Supervisory Control And Data Acquisition*) que permite controlar y monitorizar la planta.
- Sala de baterías de corrientes continuas y sistema de ventilación.
- Sala de servicios auxiliares, donde se encuentra el cuadro general de baja tensión y el cuadro de distribución.
- Sala de mando, relés y alarmas.

Además el edificio cuenta con un despacho, un aseo y el pasillo.

5.2 UNIDADES FUNCIONALES O CELDAS

En el edificio de control se encuentran las celdas que están conectadas al doble embarrado de 15 kV: una celda de salida de transformador, seis celdas de línea, una celda de servicios auxiliares y una con el transformador de servicios auxiliares, una celda de medida y una celda con el equipo de batería de condensadores de 4 MVar

En nuestro caso, las celdas utilizadas serán del fabricante Mesa de tipo CBGS-0. Las celdas incorporan la aparamenta de maniobra para el nivel de tensión de 15 kV en el interior de recintos blindados en atmósfera de gas SF₆.

Las características técnicas de las celdas, según normas CEI y la Instrucción ITC-RAT 12, se describen a continuación:

Tensión de servicio	15 kV
Tensión nominal de aislamiento.....	24 kV
Nivel de aislamiento:	
A frecuencia industrial (50 Hz)	50 kV (eficaz)
A onda de choque tipo rayo	125 kV (cresta)
Intensidad nominal del embarrado (subbarras).....	630 A
Intensidad nominal del embarrado (principal).....	2000 A
Intensidad nominal de corte.....	25/31,5 kA
Capacidad de cierre en cortocircuito.....	63/80 kA
Presión nominal relativa de gas SF6 a 20°C.....	0,3 bar
Grado de protecc. circuitos principales de corriente	IP 65
Grado de protección frontal de operación.....	IP 30

El módulo dispondrá de un colector general de tierras ejecutado en cobre electrolítico, con una sección de 150 mm², al que se conectarán en general todas las partes metálicas no sometidas a tensión. También dispondrán de presostato de control de SF6 con contacto libre.

5.2.1 MEDIDA Y PROTECCIÓN DE LAS CELDAS

Como protección y medida del transformador 45/15 kV en el lado de 15 kV, la celda de trafo alberga un juego de transformadores de intensidad modelo IFH-6/A de la casa Artech con relación de transformación 1000-2000/5-5-5 A. Los secundarios son los siguientes:

Un secundario de medida

Potencia nominal.....	15 VA
Clase de precisión.....	0,2s FS5

Dos secundarios de protección

Potencia nominal.....	15 VA
Clase de precisión.....	5P20

Por otro lado, cada posición de salida de línea cuenta con un TI toroidal de relación 20/1 A que permite detectar las posibles faltas a tierra.

Además, cada celda de posición de línea cuenta con 3 TI modelo IFH-6/A de la casa Artech con relación de transformación 600/5 A y 15 VA.

Finalmente, hay una celda única de medida en la que se encuentran tres transformadores de tensión conectados a cada barra de 15 kV. Estos cuentan con dos secundarios de 25 VA, uno de medida de clase de precisión 0,2 y otro de protección de clase de precisión 3P.

5.3 SERVICIOS AUXILIARES

Estos servicios consisten:

- Un ventilador de 2.500 W, alimentado con un conductor unipolar ES07Z1 - K(AS) 4 x 2,5 + TT x 2,5 mm² Cu y protegido por un interruptor magnetotérmico tetrapolar de 16 A y un interruptor diferencial tetrapolar de 25 A con una sensibilidad de 300 mA.
- Alumbrado interior: compuesto por 30 lámparas fluorescentes de 4 x 36 W, alimentado con un conductor unipolar ES07Z1 - K(AS) 2 x 16 + TT x 16 mm² Cu y protegido por un interruptor magnetotérmico bipolar de 40 A.
- Alumbrado exterior: compuesto por 10 focos de intemperie de 500 W alimentados con conductores unipolar ES07Z1 - K(AS) 2 x 25 + TT x 16 mm² Cu y protegidos por un interruptor magnetotérmico bipolar de 40 A.
- Alumbrado emergencia interior: compuesto por 24 sistemas LED de emergencia de 3 W cada uno, alimentado con un conductor unipolar ES07Z1 - K(AS) 2 x 1,5 + TT x 1,5 mm² Cu y protegido por un interruptor magnetotérmico bipolar de 10 A.
- Alumbrado emergencia exterior: compuesto por dos lámparas halógenas de 2.000 W, alimentado con un conductor unipolar ES07Z1 - K(AS) 2 x 10 + TT x 10 mm² Cu y protegido por un interruptor magnetotérmico bipolar de 20 A.
- 18 tomas de corriente de 16 A y 230 V, divididas en tres circuitos de seis tomas cada uno, alimentadas por ES07Z1 - K(AS) 2 x 50 + TT x 25 mm² Cu y protegidas con un interruptor automático bipolar de intensidad nominal 125 A.
- Batería de corriente continua alimentada a través de un inversor de 20 kW, utilizando conductores unipolares ES07Z1 - K(AS) 4 x 10 + TT x 10 mm² Cu y protegido con un interruptor magnetotérmico tetrapolar de 40 A y un interruptor diferencial tetrapolar de 40 A con una sensibilidad de 300 mA. Esta batería será la responsable de alimentar a los relés instalados.

Estos servicios serán alimentados por un transformador cuya relación será 15/0,4 kV, el cual se encontrará en una celda el interior de la caseta. El transformador seleccionado es de la casa Imefy y tiene las siguientes características:

Potencia	100 kVA
Tensión más elevada	17,5 kV
Tensión en el devanado primario	15 kV
Tensión en el devanado secundario	400 V
Acoplamiento.....	Yzn11
Pérdidas en vacío	440 W
Pérdidas en carga.....	2.000 W
Impedancia de cortocircuito.....	6%

5.4 BATERÍA DE CONDENSADORES

Estas baterías son las encargadas de mejorar y corregir el factor de potencia de la energía que suministra la subestación. Se localizan en la caseta de control. Estarán protegidas con interruptor automático, seccionador de puesta a tierra y transformador de intensidad para la detección de posibles desequilibrios. Según especificación técnica de Endesa, nuestra batería de condensadores será de ABB y tiene las siguientes características:

Potencia asignada de la batería	4 MVar
Número de condensadores	12
Esquema de conexión.....	Doble estrella
Tensión asignada del condensador	7.940 V
Potencia asignada del condensador	333 kVar
Interruptor automático	24 kV, 630 A, 25 kA
Transformador I de fases.....	300-600/5-5 A 15 VA cl 5P30
Transformador I desequilibrio	5/5 A 10 VA cl FS10
Seccionador de puesta a tierra	16 kA, 1 s
Grado protección envolvente	IP 23
Reactancia adicional	50 uH, 16 kA 1 s
Nivel aislamiento	36/70/170 kV

6. PUESTA A TIERRA

6.1 REQUERIMIENTOS DE LA PUESTA A TIERRA

El diseño del sistema de tierras debe cumplir con los siguientes requisitos importantes:

- Proteger al equipo y personal, de potenciales peligrosos (de contacto, de paso y transferencia), en todas las condiciones de operación.
- Suministrar un camino de tierra a las corrientes debidas a las descargas atmosféricas.
- Proveer una trayectoria de baja impedancia para el regreso de las corrientes de falla, para que los dispositivos de protección de sobreintensidad puedan actuar rápidamente y limpiar el circuito fallado.
- Prever control de sobretensiones.
- Proporcionar una referencia de potencial a tierra a todos los equipos y sistemas que lo requieran para conducir las corrientes de cortocircuito que se presenten en cualquiera de éstos y descargar rápidamente las sobretensiones creadas por cualquier causa.
- Proporcionar una trayectoria de descarga de las sobretensiones provocadas por descargas atmosféricas y por maniobras de interruptores, en general todas aquellas que pongan en riesgo la seguridad del personal.

A la malla se conectarán todos los soportes metálicos y bornas de p. a t. del aparellaje a montar.

6.2 INSTALACIÓN DE LA RED DE TIERRA

Según lo establecido en el Reglamento de Alta Tensión de la ITC-RAT 13 los elementos metálicos de la instalación sometidos a tensión se conectarán a una red de tierras utilizando unas grapas convenientemente protegidas frente a la corrosión.

La instalación dispone de una malla de puesta a tierra formada por conductor de cobre desnudo de 95 mm² de sección y enterrada a 0,8 m de profundidad, ocupando toda la superficie del recinto de 8.364 m². Todas las uniones de cable, realizada en la malla de tierra, estarán ejecutadas con soldadura aluminotérmica.

A la malla de tierra se conectan todas las partes metálicas de la receptora y todos los bornes de puesta a tierra de los equipos A.T./B.T.

Para mejorar las tensiones de contacto desde el exterior de la valla metálica de la subestación, la malla general de tierras se extiende hasta 1 m por fuera de la valla, por lo que La

superficie de la red de tierra será de 102 metros de largo por 82 metros de ancho.

Para protección contra las descargas atmosféricas, hay instalados hilos de guarda situados en la parte superior de la estructura metálica. El cable utilizado es de acero recubierto de aluminio, tipo Guarda de 50 mm².

El neutro de baja tensión del transformador de servicios auxiliares, se conectará a tierra mediante un electrodo conformado por 6 picas, separadas entre ellas al menos a una distancia de 1,5 veces su longitud. Para evitar sobretensiones ocasionadas por descargas a tierra en la red de alta tensión, el electrodo de baja tensión se separará al menos 20 metros de la malla de tierra de la subestación.

Finalmente, el Anexo de Cálculos recoge los cálculos necesarios para el diseño de la puesta a tierra y garantiza que las tensiones de paso y de contacto en el interior del recinto o en sus proximidades estén dentro de los límites marcados en la Instrucción Técnica complementaria MIE RAT-13.

7. CANALIZACIONES ELÉCTRICAS

La recogida y distribución de señales a los distintos cuadros y/o apartamentas se realizará empleando cables que discurrirán por el interior de canales colocados bajo suelo técnico sobre la solera del edificio, o por canales prefabricados de hormigón cuando discurran por el parque de intemperie.

La sección de los conductores de señales será de 2,5 mm² de cobre, siendo los cables de tipo apantallado, con nivel de aislamiento 0,6/1 kV.

Por otra parte, las canalizaciones que se emplearán en el interior del edificio para dar suministro a los distintos receptores serán de los siguientes tipos:

- Bandeja metálica con conductores con nivel de aislamiento 0,6/1 kV.
- Tubo rígido o canal protector de montaje superficial con conductores de nivel de aislamiento 0,6/1 kV.
- Tubo corrugado empotrado en la construcción con conductores de nivel de aislamiento 0,6/1 kV.

Todos los conductores serán de tipo n propagadores de la llama según UNE-EN-50265-2-1.

8. 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 132/45/15 kV de la localidad de Barbastro, siguiendo las directrices y normas de los distintos reglamentos eléctricos y organismos, además de los propios de la compañía eléctrica Endesa, que será la operadora que gestionará la instalación.

Como conclusión sacada de la ejecución de este Trabajo Fin de Grado se puede destacar la complejidad que conlleva el diseño de una subestación. Hay que elegir una configuración y un diseño adecuados, de forma que se consiga seguridad en el servicio sin incurrir en notables pérdidas, se ofrezcan buenas condiciones para el mantenimiento y se realice un desembolso económico aceptable. Para que todo lo anteriormente mencionado se cumpla, se han realizado los cálculos eléctricos pertinentes para el diseño, así como los cálculos de la red de tierras y de los pararrayos necesarios para proteger a la apararamenta y operarios de sobretensiones exteriores a la subestación.

Por otro lado, por si se produjera alguna falta en la subestación, se ha provisto de sistemas de protección necesarios para proteger la integridad física de los operarios a la vez que minimizar los daños en la apararamenta instalada. No obstante en el caso de alguna incidencia, esta podrá ser tratada rápidamente gracias a los sistemas de telecontrol instalados.

Como futuras modificaciones, el diseño de la subestación eléctrica permite el aumento de líneas de salida en media tensión 15 kV si fuera necesario, ya que en el edificio de control se ha provisto de hueco suficiente para la colocación de sus celdas.

Con todo lo anteriormente expuesto y con los anexos y planos que se adjuntan, se considera suficientemente descrita la instalación a realizar, solicitando las autorizaciones administrativas previstas en la legislación vigente para su instalación y puesta en servicio.

Zaragoza, a 20 de junio de 2018.



Fdo. Subías Sin, Pilar



RESUMEN DE PRESUPUESTO

RESUMEN DE PRESUPUESTO

Capítulo	Importe
1. Equipos principales	2.324.900,00
2. Edificio y Obra Civil	350.000,00
3. Servicios Auxiliares	24.705,00
4. Estructura metálica y montaje	100.000,00
5. Sistema de comunicaciones	100.000,00
6. Seguridad y Salud	30.000,00
Presupuesto de ejecución material	2.929.605,00
13% de gastos generales	380.848,65
6% de beneficio industrial	175.776,30
Suma	3.486.229,30
21% IVA	732.108,29
Presupuesto de ejecución por contrata	4.218.338,24

Asciende el presupuesto de ejecución por contrata a la expresada cantidad de **CUATRO MILLONES DOSCIENTOS DIECIOCHO MIL TRESCIENTOS TREINTA Y OCHO EUROS Y VEINTICUATRO CENTÍMOS.**

La instalación eléctrica cumple con la normativa vigente, además se obtienen resultados coherentes en todos los aspectos.

Zaragoza, a 20 de junio de 2018.



Fdo. Subías Sin, Pilar



ANEXO DE CÁLCULOS

CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS

1. OBJETO

El objeto de este documento es justificar, desde el punto de vista técnico, las soluciones utilizadas en el proyecto para los elementos más críticos de las configuraciones adoptadas en la subestación. Este documento incluye la justificación de los siguientes elementos:

- Cálculo de las corrientes de la aparamenta de maniobra y corte
- Cálculo de las corrientes de cortocircuito.
- Diseño de las puestas a tierra.
- Selección de autoválvulas.
- Selección de los transformadores de intensidad.
- Compensación del factor de potencia.
- Altura de los hilos de guarda.

Cada apartado contiene la normativa aplicada en cada caso, así como las hipótesis de diseño, los cálculos justificativos y conclusiones necesarias.

2. CÁLCULO DE LOS VALORES NOMINALES DE INTENSIDAD DE LA APARAMENTA

Para conocer las intensidades que circulan por la aparamenta de maniobra y corte aplicamos la siguiente ecuación en cada tramo:

$$S = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \quad I = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot U}$$

- Líneas de 132 kV: $I = \frac{50000}{\sqrt{3} \cdot 132} = 218,69 \text{ A}$
- Líneas de 45 kV: $I = \frac{25000}{\sqrt{3} \cdot 45} = 320,75 \text{ A}$
- Líneas de 15 kV: $I = \frac{4500}{\sqrt{3} \cdot 15} = 173,2 \text{ A}$
- Transformador 132/45 kV en el lado de 132 kV: $I = \frac{31500}{\sqrt{3} \cdot 132} = 137,78 \text{ A}$
- Transformador 132/45 kV en el lado de 45 kV: $I = \frac{31500}{\sqrt{3} \cdot 45} = 404,14 \text{ A}$
- Transformador 45/15 kV en el lado de 45 kV: $I = \frac{15000}{\sqrt{3} \cdot 45} = 192,45 \text{ A}$
- Transformador 45/15 kV en el lado de 15 kV: $I = \frac{15000}{\sqrt{3} \cdot 15} = 577,35 \text{ A}$

3. CÁLCULO DE LAS CORRIENTES DE CORTOCIRCUITO

El fenómeno transitorio denominado cortocircuito es una conexión accidental entre dos puntos de un sistema eléctrico que se encuentran a distinto potencial, siendo la impedancia entre ambos nula o de pequeño valor. Cuando dicho contacto tiene lugar en instalaciones de Alta Tensión, ocasiona un arco eléctrico a través del cual se cierra el circuito.

Los cortocircuitos pueden originarse por las siguientes causas:

- **De origen eléctrico:** debidos a contactos directos entre dos conductores activos desnudos o aislados por defecto del aislamiento existente entre ellos.
- **De origen mecánico:** se deben a la caída de un objeto extraño sobre una línea aérea, una rotura de conductores o aisladores o bien, un golpe de pico o excavadora en un cable subterráneo.
- **Por falsas maniobras:** la apertura de un seccionador en carga o el conexionado de una línea que se encuentra puesta a tierra.
- **De origen atmosférico:** se deben a la caída de rayos sobre los conductores de una línea o bien otras inclemencias atmosféricas como viento, niebla, hielo, que originan la aproximación de los conductores o alteran la superficie exterior de los aisladores.

Con las intenciones de que esta instalación pueda resistir a los efectos que produce los cortocircuitos en ella, vamos a calcular las corrientes que supuestamente se producirían y diseñar dicha instalación con las medidas oportunas para poder soportar sus efectos sin llevar a cabo averías o las menores posibles.

3.1 ESQUEMA UNIFILAR

En este apartado estudiaremos las distintas corrientes de cortocircuito que se pueden producir en función de su localización en la instalación, dependiendo a su vez de la tensión de suministro.

Como se puede ver se muestran 5 puntos de cortocircuito distintos:

- A la entrada de las líneas de 132 kV (a)
- A la entrada de los transformadores de potencia de 132/45 kV (b)
- A la salida de los transformadores de potencia de 132/45 kV (c)
- A la entrada de los transformadores de potencia de 45/15 kV (d)
- A la salida de los transformadores de potencia de 45/15 kV (e)

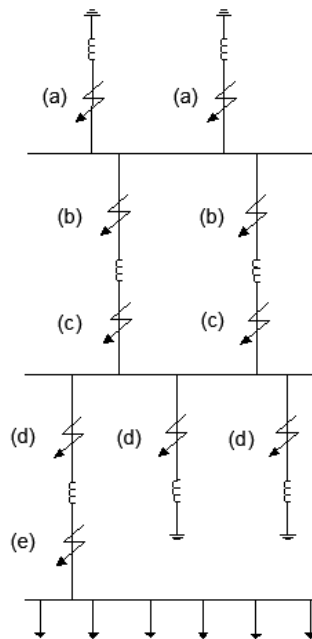


Imagen 1. Esquema unifilar con los distintos puntos de cortocircuito

3.2. DETERMINACIÓN DEL SISTEMA BASE

En primer lugar, para calcular las potencias de cortocircuito en cada punto es necesario conocer la potencia de cortocircuito a la entrada de una de las líneas. En este caso, la potencia de cortocircuito para una línea de 132 kV es de 3000 MVA.

En segundo lugar, nos hace falta determinar las reactancias por unidad de cada punto para poder determinar dichas potencias. Con el fin de determinar las reactancias por unidad utilizaremos una potencia base que coincidirá con la potencia de cortocircuito de la línea.

3.3 CÁLCULO DE REACTANCIAS POR UNIDAD

Partimos del sistema base U_B, S_B . Donde U_B son las tres tensiones de nuestra subestación y S_B es S_{cc} de la línea de alta, como se ha determinado anteriormente.

La expresión matemática que determina la reactancia en una línea es:

$$X_{LÍNEA} (pu) = \frac{100(\%)}{100} \cdot \frac{S_B}{S_{cc}}$$

Donde:

$X_{\text{LÍNEA}}$ es la reactancia de la línea expresada en por unidad.

S_B es la potencia base definida anteriormente.

S_{cc} es la potencia de cortocircuito de la línea.

De modo que para la línea de 132 kV obtendremos 1 p.u.

$$X_{132} (pu) = \frac{100(\%)}{100} \cdot \frac{S_B}{S_{cc}} = \frac{100(\%)}{100} \cdot \frac{3000}{3000} = 1 p.u.$$

La potencia de cortocircuito de la línea de 45 kV es 1000 MVA, por lo que obtendremos:

$$X_{45} (pu) = \frac{100(\%)}{100} \cdot \frac{S_B}{S_{cc}} = \frac{100(\%)}{100} \cdot \frac{3000}{1000} = 3 p.u.$$

Por otro lado, la expresión matemática que determina la reactancia en un transformador es:

$$X_{\text{TRAFO}} (pu) = \frac{U_{cc}(\%)}{100} \cdot \frac{S_B}{S}$$

Donde:

X_{TRAFO} es la reactancia del transformador expresada en por unidad.

$U_{cc}(\%)$ es la tensión de cortocircuito porcentual y que equivale al valor porcentual de la reactancia del transformador.

S_B es la potencia base definida anteriormente.

S es la potencia nominal del transformador.

Conociendo la potencia base que es 3000 MVA, las potencias nominales de los transformadores, que siguiendo las transformaciones AT/AT actualmente normalizadas en la red del Grupo Endesa, son 31,5 MVA y 15 MVA, y X_{cc} de los transformadores, que es igual al 12%, tenemos los siguientes valores:

$$X_{\text{TRAFO } 132/45} (pu) = \frac{U_{cc}(\%)}{100} \cdot \frac{S_B}{S} = \frac{12}{100} \cdot \frac{3000}{31,5} = 11,42 p.u.$$

$$X_{\text{TRAFO } 45/15} (pu) = \frac{U_{cc}(\%)}{100} \cdot \frac{S_B}{S} = \frac{12}{100} \cdot \frac{3000}{15} = 24 p.u.$$

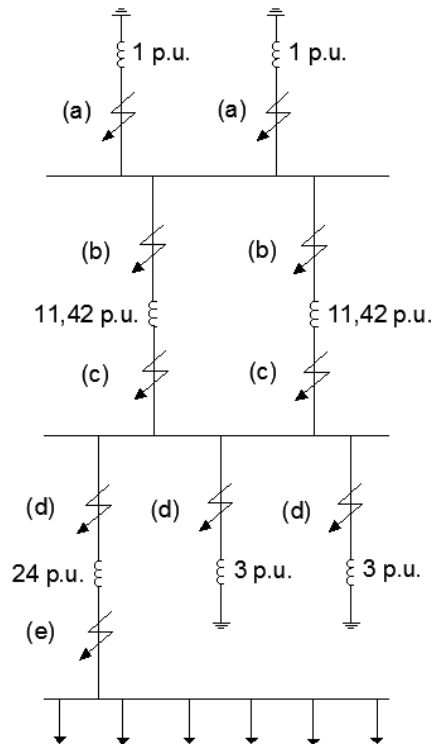
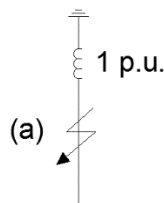


Imagen 2. Esquema unifilar con los valores de las reactancias en p.u.

3.4 CÁLCULO DE LAS IMPEDANCIAS EQUIVALENTES EN CADA PUNTO

Una vez determinadas las reactancias en valor por unidad, calcularemos las impedancias equivalentes distinguiendo entre elementos en serie o en paralelo, que nos permitirán obtener las potencias y las corrientes de cortocircuito. Para ello, aplicaremos el siguiente método en los 5 puntos de cortocircuito que estamos estudiando, pero para no desarrollarlo 5 veces, pondremos el ejemplo del cortocircuito en **a** y en **d**.

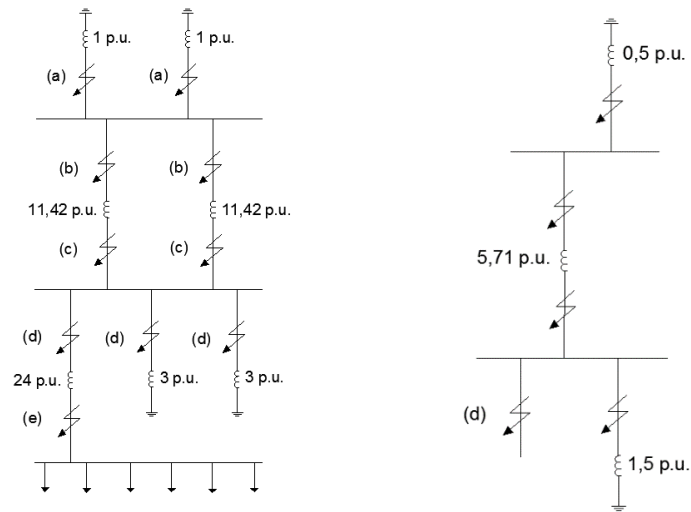
Para el punto a, el esquema eléctrico se nos queda en:



$$S_{(a)} = \frac{S_B}{X_{eq}} = \frac{3000}{1} = 3.000 \text{ MVA} = \sqrt{3} \cdot U \cdot I_{CC}$$

$$I_{CC(a)} = 13,12 \text{ kA}$$

Para el punto d, el esquema eléctrico aguas arriba es el siguiente:



$$X_{eq} = \frac{(0,5 + 5,71) \cdot 1,5}{(0,5 + 5,71) + 1,5} = 2,14 \text{ p. u.}$$

$$S_{(a)} = \frac{S_B}{X_{eq}} = \frac{3000}{2,14} = 1.402,58 \text{ MVA} = \sqrt{3} \cdot U \cdot I_{cc}$$

$$I_{cc(a)} = 17,99 \text{ kA}$$

Finalmente recogemos todos los resultados en la siguiente tabla:

Tabla 1. Potencias y corrientes de cortocircuito en cada punto

PUNTO DE CORTOCIRCUITO	TENSIÓN NOMINAL (kV)	POTENCIA DE CORTOCIRCUITO (MVA)	CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO (kA)
(a)	132	3.000	13,12
(b)	132	6.233,80	27,26
(c)	45	252,1	3,23
(d)	45	1.402,58	17,99
(e)	15	114,77	4,42

4. DISEÑO DE LAS PUESTAS A TIERRA DE LA SUBESTACIÓN

La instalación de la red de tierras evitará que una persona que se encuentre en la cercanía o en contacto con un equipo no sufra un golpe eléctrico. Además a través de ella se disiparán corrientes no deseadas. Así pues, según lo establecido en el Reglamento de Alta Tensión de la ITC-RAT 13 los elementos metálicos de la instalación sometidos a tensión se conectarán a una red de tierras utilizando unas grapas convenientemente protegidas frente a la corrosión.

En primer lugar, tendremos en cuenta la superficie de la subestación que es de 100 x 80 metros. La rejilla de la malla es de 4 x 4 metros y hay que tener en cuenta que la malla debe superar un metro por cada lado de las dimensiones de la subestación.

En segundo lugar, sabemos que la resistividad del terreno donde nos encontramos es de 150 $\Omega \cdot m$ y la resistividad superficial de la capa de hormigón es de 3000 $\Omega \cdot m$.

Por último, conocemos que el tiempo de actuación de los sistemas de protección es 0,5 s. Mientras que el tiempo de actuación para dimensionar la puesta a tierra es 1 s.

Habiendo puntualizado esto, pasamos a realizar los cálculos pertinentes.

4.1. LONGITUD CABLES

Suponiendo una malla de lados A x B el cálculo de la longitud de los cables se realiza con el siguiente procedimiento:

$$L_A = \frac{A + 2}{4} = \frac{100 + 2}{4} = 25,5 \text{ m}$$

$$L_B = \frac{B + 2}{4} = \frac{80 + 2}{4} = 20,5 \text{ m}$$

$$L_T = (L_A + 1) \cdot (B + 2) + (L_B + 1) \cdot (A + 2) = 4.182 \text{ m}$$

Donde: L_A , L_B y L_T son las longitudes de A, B y la total respectivamente

4.2 RADIO

Siguiendo el supuesto de una malla Ax B que en nuestro caso es 100x80, obtenemos:

$$S = (A + 2) \cdot (B + 2) = 102 \cdot 82 = 8.364 \text{ m}^2 = \pi \cdot r^2$$

$$r = \sqrt{\frac{S}{\pi}} = \sqrt{\frac{8364}{\pi}} = 51,6 \text{ m}$$

Donde:

S es la superficie total de la malla

R es el radio

4.3 RESISTENCIA DEL ELECTRODO

Podemos hallarla por dos métodos diferentes y observamos que ambos resultados son similares. Según el Reglamento de Alta Tensión de la ITC-RAT 13 la fórmula a seguir es:

$$R_E = \frac{\rho}{4 \cdot r} + \frac{\rho}{L_T} = \frac{150}{4 \cdot 51,6} + \frac{150}{4182} = 0,7626 \Omega$$

Donde:

R_E es la resistencia del electrodo

ρ es la resistividad del terreno

Utilizando la norma Utilizando la norma SDZ001.DOC de Endesa “Criterios de diseño del sistema de puesta a tierra en subestaciones de AT/MT del tipo exterior”, la cual se basa en la IEEE Std 80, obtenemos un valor aproximado:

$$R_E = \rho \cdot \left[\frac{1}{L_T} + \frac{1}{\sqrt{20 \cdot S}} \cdot \left(1 + \frac{1}{1 + h \cdot \sqrt{20/S}} \right) \right] = 0,7556 \Omega$$

Donde:

h es la profundidad a la que está enterrada la malla, que en nuestro caso es 0,8 m

4.4 TENSIONES DE PASO Y CONTACTO

Diferenciamos entre tensión de paso y de contacto. La tensión de paso es la diferencia de potencial que se produce durante un fallo entre dos puntos de la superficie del terreno, los cuales están separados una distancia de un paso (un metro aproximadamente). Mientras que la tensión de contacto es la diferencia de potencial que aparece durante una falta 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.

Para evitar que aparezcan tensiones superiores a estos valores se debe construir una red de tierras adecuada, de manera que cualquier punto accesible de la instalación quede protegido en caso de fallo en la instalación o red eléctrica.

Según lo establecido en el Reglamento obtenemos los siguientes valores de paso y contacto:

$$U_{Ca} = 107 \text{ V} \quad U_{Pa} = 10 \cdot U_{Ca} = 1.070 \text{ V}$$

Las ecuaciones que establecen las tensiones de paso y contacto son las siguientes:

$$U_P = U_{Pa} \cdot \left(1 + \frac{2 \cdot R_{a1} + 2 \cdot R_{a2}}{Z_B} \right)$$

$$U_C = U_{Ca} \cdot \left(1 + \frac{R_{a1}/2 + R_{a2}/2}{Z_B} \right)$$

Es necesario distinguir entre exterior e interior, de modo que las ecuaciones serán las mismas pero lo que cambiará serán los valores de las resistencias que en el interior se verán modificadas por la capa de hormigón.

4.4.1 Tensiones de paso y contacto para exterior

Tomamos los siguientes valores:

$$Z_B = 1.000 \, \Omega \quad R_{a1} = 2.000 \, \Omega \quad R_{a2} = 3 \cdot \rho = 450 \, \Omega$$

Y obtenemos las siguientes tensiones:

$$U_P = 1070 \cdot \left(1 + \frac{2 \cdot 2000 + 2 \cdot 450}{1000} \right) = 6313 \text{ V}$$

$$U_C = 107 \cdot \left(1 + \frac{2000/2 + 450/2}{1000} \right) = 238,075 \text{ V}$$

4.4.2 Tensiones de paso y contacto para interior

En este caso hay que calcular la resistividad superficial aparente ρ_s que es muy diferente a la anterior ya que el terreno recibe una capa adicional de elevada resistividad ρ_H (la del

hormigón). Como ya hemos mencionado anteriormente, la resistividad del hormigón es $3000 \Omega \cdot m$ y el espesor superficial h_s es $0,1 m$. A continuación hallamos el coeficiente reductor C_s , que nos permitirá obtener la resistividad superficial aparente.

$$C_s = 1 - 0,106 \cdot \frac{1 - \rho/\rho_H}{2 \cdot h_s + 0,106} = 0,67$$

$$\rho_s = \rho_H \cdot C_s = 3000 \cdot 0,67 = 2.012,75 \Omega \cdot m$$

$$R'_{a2} = 3 \cdot \rho_s = 6.038,235 \Omega$$

$$U_P = 1070 \cdot \left(1 + \frac{2 \cdot 2000 + 2 \cdot 6038,235}{1000} \right) = 18,271 kV$$

$$U_C = 107 \cdot \left(1 + \frac{2000/2 + 6038,235/2}{1000} \right) = 537,05 V$$

4.5 SECCIÓN MÍNIMA DE LA MALLA DE PUESTA A TIERRA

En primer lugar, hay que determinar la corriente máxima de puesta a tierra. Para ello utilizaremos la corriente de cortocircuito más desfavorable (calculada anteriormente) de toda la instalación, es decir, en el punto **d**.

$$I_{CC} = 27,26 kA$$

Finalmente, el valor de la sección de la malla **A** deberá superar el valor mínimo indicado por la siguiente fórmula recogida en la Standard 80 IEEE:

$$A = \frac{I \cdot \sqrt{tc \cdot \alpha_r \cdot \rho_r \cdot 1000}}{\sqrt{TCAP \cdot \ln \left(\frac{k_0 + T_m}{k_0 + T_a} \right)}}$$

Donde:

A es la sección mínima del conductor de la malla en mm^2

tc es el tiempo de duración de la falta en segundos

α_0 es el coeficiente térmico de resistividad a $0^\circ C$: $0,00427^\circ C^{-1}$

α_r es el coeficiente térmico de resistividad a temperatura de referencia: $0,00397^\circ C^{-1}$

k_0 es $1/\alpha_0$

ρ_r es la resistividad del conductor de tierra a la temperatura de referencia 1,72

$TCAP$ es el factor de capacidad térmica, para el Cu 3,42 J/cm³/°C

T_m es la temperatura máxima, en °C, se considera 200 °C

T_a es la temperatura ambiente, en °C, se considera 25 °C

I es la intensidad máxima hacia la red de tierras en valor eficaz en kA

Con todos estos datos obtenemos: $A = 53,61 \text{ mm}^2$, que es menor que la que recomienda Endesa en la norma citada anteriormente.

5. CÁLCULO DE AUTOVÁLVULAS

A la hora de determinar que autoválvula vamos a instalar en nuestra subestación hay que aclarar unos detalles. El primero, será que instalaremos una autoválvula por fase y línea lo más cerca posible del transformador de potencia, pues es el equipo más valioso que tenemos y el que más nos interesa proteger. También habrá una autoválvula a la entrada y salida de las líneas. El segundo, será que distinguiremos a la hora de hacer los cálculos dos apartados de cálculo: el parque de 132 kV, el parque de 45 kV y el parque de 15 kV.

Por otro lado, añadir que para seleccionar la autoválvula correcta para nuestra instalación, deben cumplir una serie de pasos y condiciones que se exponen a continuación:

- En primer lugar partimos de U_s y U_m , obtenidos de la siguiente tabla 1 de la ITC-RAT 04, que es la siguiente:

Tabla 2. Tensiones nominales normalizadas

TENSIÓN NOMINAL DE LA RED (U_n) kV	TENSIÓN MÁS ELEVADA DE LA RED (U_s) kV	TENSIÓN MÁS ELEVADA DEL MATERIAL (U_m) kV
3	3,6	3,6
6	7,2	7,2
10	12	12
15	17,5	17,5
20	24	24
25	30	36
30	36	36
45	52	52
66	72,5	72,5
110	123	123
132	145	145
220	245	245
400	420	420

- De la siguiente tabla, elegimos la **clase** y su I_n correspondiente:

Tabla 3. Clasificación de pararrayos según tensión e intensidad nominal

Tensión nominal del sistema U_n	Tensión máxima del sistema U_s	Clasificación del pararrayos (I_n)				
		5 kA	10 kA			20 kA
			Clase 1	Clase 2	Clase 3	
$U_n \leq 66 \text{ kV}$	$U_s \leq 72,5 \text{ kV}$	•	•	•		
$66 \text{ kV} < U_n \leq 220 \text{ kV}$	$72,5 \text{ kV} < U_s \leq 245 \text{ kV}$			•	•	
$220 \text{ kV} < U_n \leq 380 \text{ kV}$	$245 \text{ kV} < U_s \leq 420 \text{ kV}$				•	•
$U_n > 380 \text{ kV}$	$U_s > 420 \text{ kV}$					•

- Hallamos la **línea de fuga** con la siguiente ecuación:

$$L_f \geq U_s(kV) \cdot NA(mm/kV)$$

Donde U_s es la tensión más elevada de la red ya conocida y NA se obtiene de la siguiente tabla:

Tabla 4. Líneas de fuga recomendadas

Nivel de contaminación	Ejemplos de entornos típicos	Línea de fuga específica nominal mínima mm/kV ¹⁾
I Ligero	<ul style="list-style-type: none"> Zonas sin industrias y con baja densidad de viviendas equipadas con calefacción. Zonas con baja densidad de industrias o viviendas, pero sometidas a viento o lluvias frecuentes. Zonas agrícolas²⁾ Zonas montañosas Todas estas zonas están situadas al menos de 10 km a 20 km del mar y no están expuestas a vientos directos desde el mar³⁾ 	16,0
II Medio	<ul style="list-style-type: none"> Zona con industrias que no producen humo especialmente contaminante y/o con densidad media de viviendas equipadas con calefacción. Zonas con elevada densidad de viviendas y/o industrias pero sujetas a vientos frecuentes y/o lluvia. Zonas expuestas a vientos desde el mar, pero no muy próximas a la costa (al menos distantes bastantes kilómetros)³⁾. 	20,0
III Fuerte	<ul style="list-style-type: none"> Zonas con elevada densidad de industrias y suburbios de grandes ciudades con elevada densidad de calefacción generando contaminación. Zonas cercanas al mar o en cualquier caso, expuestas a vientos relativamente fuertes provenientes del mar³⁾. 	25,0
IV Muy fuerte	<ul style="list-style-type: none"> Zonas, generalmente de extensión moderada, sometidas a polvos conductores y a humo industrial que produce depósitos conductores particularmente espesos. Zonas, generalmente de extensión moderada, muy próximas a la costa y expuestas a pulverización salina o a vientos muy fuertes y contaminados desde el mar. Zonas desérticas, caracterizadas por no tener lluvia durante largos periodos, expuestas a fuertes vientos que transportan arena y sal, y sometidas a condensación regular. 	31,0

¹⁾ Línea de fuga mínima de aisladores entre fase y tierra relativas a la tensión más elevada de la red (fase-fase).
²⁾ Empleo de fertilizantes por aspiración o quemado de residuos, puede dar lugar a un mayor nivel de contaminación por dispersión en el viento.
³⁾ Las distancias desde la costa marina dependen de la topografía costera y de las extremas condiciones del viento.

En nuestro caso, tenemos un nivel de contaminación II que corresponde a $NA = 20 \text{ mm/kV}$.

- Hallamos la **tensión continua de operación**:

$$U_C \geq C \cdot \frac{U_S}{\sqrt{3}}$$

Donde **C** es un coeficiente de seguridad igual a 1,05

- Hallamos las **sobretensiones temporales** con la siguiente ecuación:

$$T_{OV}(10s) \geq C \cdot k \cdot \frac{U_S}{\sqrt{3}} \cdot \left(\frac{T_t}{10s}\right)^m$$

Donde **k** para nuestro caso de neutro aislado es 1,8, **m** es un valor empírico entre 0,018 y 0,022 y **T_t** es 1 s

- Finalmente, para asegurar que el transformador queda protegido, hallamos los **niveles de tensión de aislamiento**:

$$\frac{U_{BIL}}{U_{res}} \geq 1,2$$

Donde **U_{BIL}** son los kV de cresta obtenidos en función de **U_m**

U_{res} es la tensión residual en los bornes del transformador

5.1 AUTOVÁLVULAS DE 132 kV

Partimos de: $U_S = U_m = 145 \text{ kV}$

Elegimos la clase 3 que corresponde a 10 kA y por tanto obtenemos:

$$NA = 20 \text{ mm/kV}$$

$$L_f \geq U_S(\text{kV}) \cdot NA(\text{mm/kV}) = 145 \cdot 20 = 2.900 \text{ mm}$$

$$U_C \geq C \cdot \frac{U_S}{\sqrt{3}} = 1,05 \cdot \frac{145}{\sqrt{3}} = 87,90 \text{ kV}$$

$$T_{OV}(10s) \geq C \cdot k \cdot \frac{U_S}{\sqrt{3}} \cdot \left(\frac{T_t}{10s}\right)^m = 1,05 \cdot 1,8 \cdot \frac{145}{\sqrt{3}} \cdot \left(\frac{1s}{10s}\right)^{0,02} = 151,1 \text{ kV}$$

$$\frac{U_{BIL}}{U_{res}} \geq 1,2$$

Del Reglamento de Alta Tensión de la ITC-RAT 12 tomamos: $U_{BIL} = 650 \text{ kV}$ y por tanto, elegimos la autoválvula seleccionada en la siguiente tabla ya que es la que cumple con todos los requisitos.

Tabla 5. Características de funcionamiento de una autoválvula. Selección para 132 kV

Tensión Asignada Ur (kV eficaces)	Tensión Continua Uc* (kV eficaces)	STT ⁽¹⁾		Equivalente al frente de onda ** (kV cresta)	Máxima sobretensión de maniobra *** (kV cresta)	Tensión residual máxima (kV cresta) Usando una onda de corriente 8/20 µseg						
		1 s (kV eficaces)	10 s (kV eficaces)			1.5 kA	3 kA	5 kA	10 kA	15 kA	20 kA	40 kA
3	2.55	3.7	3.5	7.4	5.7	6.5	6.8	6.9	7.3	7.7	8.0	8.6
6	5.10	7.4	7.1	14.7	11.3	13.1	13.5	13.9	14.6	15.5	16.1	17.2
9	7.65	11.1	10.6	22.1	17.0	19.6	20.3	20.8	21.8	23.2	24.1	25.8
10	8.40	12.2	11.6	24.5	18.9	21.8	22.5	23.2	24.3	25.8	26.8	28.7
12	10.2	14.8	14.1	29.4	22.6	26.2	27.0	27.8	29.1	31.0	32.1	34.4
15	12.7	18.4	17.6	36.8	28.3	32.7	33.8	34.7	36.4	38.7	40.1	43.0
18	15.3	22.2	21.2	44.1	34.0	39.3	40.5	41.7	43.7	46.5	48.2	51.6
21	17.0	24.7	23.5	51.5	39.6	45.8	47.3	48.6	51.0	54.2	56.2	60.2
24	19.5	28.3	27.0	56.4	43.4	50.2	51.8	53.3	55.8	59.2	61.5	65.9
27	22.0	32.0	30.4	63.7	49.1	56.7	58.5	60.2	63.1	67.2	69.6	74.5
30	24.4	35.4	33.8	71.1	54.7	63.3	65.3	67.1	70.4	74.9	77.6	83.1
36	29.0	42.1	40.1	84.1	64.8	74.9	77.3	79.5	83.3	88.7	91.8	98.4
39	31.5	45.8	43.6	91.5	70.4	81.4	84.1	86.4	90.6	96.4	100	107
45	36.5	53.0	50.5	107	82.4	95.3	98.3	101	106	113	117	125
48	39.0	56.7	54.0	113	86.8	100	104	107	112	119	123	132
54	42.0	61.0	58.1	118	90.7	105	108	111	117	124	129	138
60	48.0	69.7	66.4	134	103	120	123	127	133	142	147	157
66	54.0	78.4	74.7	151	116	134	139	143	149	159	165	177
72	57.0	82.8	78.9	160	124	143	147	152	159	169	175	188
90	70.0	102	96.9	199	153	177	183	188	197	210	217	233
96	76.0	110	105	218	168	194	200	206	216	230	238	255
108	84.0	122	116	235	181	210	216	222	233	248	257	275
120	98.0	142	136	273	224	243	251	258	271	288	298	320
132	106	154	147	302	248	269	277	285	299	318	329	353
144	115	167	159	321	263	286	295	303	318	338	350	375
168	131	190	181	370	303	329	340	349	366	390	404	432
172	140	203	194	391	321	348	359	370	387	412	427	457
180	144	209	199	403	330	359	370	381	399	425	440	471
192	152	221	210	424	348	378	390	401	420	447	463	496
228	180	261	249	521	428	464	479	493	516	550	569	610
240	190	276	263	537	452	478	494	508	532	566	586	628

De este modo obtenemos: una tensión en bornes de la autoválvula de 167 kV (mayor que las sobretensiones temporales halladas), una tensión continua de operación de 115 kV y una tensión en los bornes del transformador de 318 kV que permite sobreprotegerlo ya que:

$$\frac{U_{BIL}}{U_{res}} = \frac{650}{318} = 2,04 \geq 1,2$$

5.2 AUTOVÁLVULAS DE 45 kV

Partimos de: $U_S = U_m = 52 \text{ kV}$

Elegimos la clase 3 que corresponde a 10 kA y por tanto obtenemos:

$$L_f \geq U_S(\text{kV}) \cdot NA(\text{mm/kV}) = 52 \cdot 20 = 1.040 \text{ mm}$$

$$U_c \geq C \cdot \frac{U_S}{\sqrt{3}} = 1,05 \cdot \frac{52}{\sqrt{3}} = 31,52 \text{ kV}$$

$$T_{OV}(10s) \geq C \cdot k \cdot \frac{U_S}{\sqrt{3}} \cdot \left(\frac{T_t}{10s}\right)^m = 1,05 \cdot 1,8 \cdot \frac{52}{\sqrt{3}} \cdot \left(\frac{1s}{10s}\right)^{0,02} = 54,18 \text{ kV}$$

$$\frac{U_{BIL}}{U_{res}} \geq 1,2$$

Tomamos: $U_{BIL} = 250 \text{ kV}$ y elegimos la autoválvula seleccionada en la siguiente tabla ya que es la que cumple con todos los requisitos.

Tabla 6. Características de funcionamiento de una autoválvula. Selección para 45 kV

Tensión Asignada U_r (kV eficaces)	Tensión Continua U_c (kV eficaces)	STT ⁽¹⁾		Equivalente al frente de onda U_{eq} (kV cresta)	Máxima sobretensión de maniobra U_m (kV cresta)	Tensión residual máxima (kV cresta) Usando una onda de corriente 8/20 μ seg						
		1 s (kV eficaces)	10 s (kV eficaces)			1.5 kA	3 kA	5 kA	10 kA	15 kA	20 kA	40 kA
3	2.55	3.7	3.5	7.4	5.7	6.5	6.8	6.9	7.3	7.7	8.0	8.6
6	5.10	7.4	7.1	14.7	11.3	13.1	13.5	13.9	14.6	15.5	16.1	17.2
9	7.65	11.1	10.6	22.1	17.0	19.6	20.3	20.8	21.8	23.2	24.1	25.8
10	8.40	12.2	11.6	24.5	18.9	21.8	22.5	23.2	24.3	25.8	26.8	28.7
12	10.2	14.8	14.1	29.4	22.6	26.2	27.0	27.8	29.1	31.0	32.1	34.4
15	12.7	18.4	17.6	36.8	28.3	32.7	33.8	34.7	36.4	38.7	40.1	43.0
18	15.3	22.2	21.2	44.1	34.0	39.3	40.5	41.7	43.7	46.5	48.2	51.6
21	17.0	24.7	23.5	51.5	39.6	45.8	47.3	48.6	51.0	54.2	56.2	60.2
24	19.5	28.3	27.0	56.4	43.4	50.2	51.8	53.3	55.8	59.2	61.5	65.9
27	22.0	32.0	30.4	63.7	49.1	56.7	58.5	60.2	63.1	67.2	69.6	74.5
30	24.4	35.4	33.8	71.1	54.7	63.3	65.3	67.1	70.4	74.9	77.6	83.1
36	29.0	42.1	40.1	84.1	64.8	74.9	77.3	79.5	83.3	88.7	91.8	98.4
39	31.5	45.8	43.6	91.5	70.4	81.4	84.1	86.4	90.6	96.4	100	107
45	36.5	53.0	50.5	107	82.4	95.3	98.3	101	106	113	117	125
48	39.0	56.7	54.0	113	86.8	100	104	107	112	119	123	132
54	42.0	61.0	58.1	118	90.7	105	108	111	117	124	129	138
60	48.0	69.7	66.4	134	103	120	123	127	133	142	147	157
66	54.0	78.4	74.7	151	116	134	139	143	149	159	165	177
72	57.0	82.8	78.9	160	124	143	147	152	159	169	175	188
90	70.0	102	96.9	199	153	177	183	188	197	210	217	233
96	76.0	110	105	218	168	194	200	206	216	230	238	255
108	84.0	122	116	235	181	210	216	222	233	248	257	275
120	98.0	142	136	273	224	243	251	258	271	288	298	320
132	106	154	147	302	248	269	277	285	299	318	329	353
144	115	167	159	321	263	286	295	303	318	338	350	375
168	131	190	181	370	303	329	340	349	366	390	404	432
172	140	203	194	391	321	348	359	370	387	412	427	457
180	144	209	199	403	330	359	370	381	399	425	440	471
192	152	221	210	424	348	378	390	401	420	447	463	496
228	180	261	249	521	428	464	479	493	516	550	569	610
240	190	276	263	537	452	478	494	508	532	566	586	628

Así obtenemos: una tensión en bornes de la autoválvula de 61 kV (mayor que las sobretensiones temporales halladas), una tensión continua de operación de 42 kV y una tensión en los bornes del transformador de 117 kV que permite sobreprotegerlo ya que:

$$\frac{U_{BIL}}{U_{res}} = \frac{250}{117} = 2,14 \geq 1,2$$

5.3 AUTOVÁLVULA DE 15 kV

Partimos de: $U_S = U_m = 17,5 \text{ kV}$

Elegimos la clase 2 que corresponde a 10 kA y por tanto obtenemos:

$$L_f \geq U_S(\text{kV}) \cdot NA(\text{mm/kV}) = 17,5 \cdot 20 = 350 \text{ mm}$$

$$U_c \geq C \cdot \frac{U_S}{\sqrt{3}} = 1,05 \cdot \frac{17,5}{\sqrt{3}} = 10,61 \text{ kV}$$

$$T_{OV}(10s) \geq C \cdot k \cdot \frac{U_S}{\sqrt{3}} \cdot \left(\frac{T_t}{10s}\right)^m = 1,05 \cdot 1,8 \cdot \frac{17,5}{\sqrt{3}} \cdot \left(\frac{1s}{10s}\right)^{0,02} = 18,24 \text{ kV}$$

$$\frac{U_{BIL}}{U_{res}} \geq 1,2$$

Tomamos: $U_{BIL} = 95 \text{ kV}$ y elegimos la autoválvula seleccionada en la siguiente tabla ya que es la que cumple con todos los requisitos.

Tabla 7. Características de funcionamiento de una autoválvula. Selección para 15 kV

Tensión Asignada Ur (kV eficaces)	Tensión Continua Uc ^a (kV eficaces)	STT ^(b)		Equivalente al frente de onda ** (kV cresta)	Máxima sobretensión de maniobra *** (kV cresta)	Tensión residual máxima (kV cresta) Usando una onda de corriente 8/20 µseg						
		1 s (kV eficaces)	10 s (kV eficaces)			1.5 kA	3 kA	5 kA	10 kA	15 kA	20 kA	40 kA
3	2.55	3.7	3.5	7.4	5.7	6.5	6.8	6.9	7.3	7.7	8.0	8.6
6	5.10	7.4	7.1	14.7	11.3	13.1	13.5	13.9	14.6	15.5	16.1	17.2
9	7.65	11.1	10.6	22.1	17.0	19.6	20.3	20.8	21.8	23.2	24.1	25.8
10	8.40	12.2	11.6	24.5	18.9	21.8	22.5	23.2	24.3	25.8	26.8	28.7
12	10.2	14.8	14.1	29.4	22.6	26.2	27.0	27.8	29.1	31.0	32.1	34.4
15	12.7	18.4	17.6	36.8	28.3	32.7	33.8	34.7	36.4	38.7	40.1	43.0
18	15.3	22.2	21.2	44.1	34.0	39.3	40.5	41.7	43.7	46.5	48.2	51.6
21	17.0	24.7	23.5	51.5	39.6	45.8	47.3	48.6	51.0	54.2	56.2	60.2
24	19.5	28.3	27.0	56.4	43.4	50.2	51.8	53.3	55.8	59.2	61.5	65.9
27	22.0	32.0	30.4	63.7	49.1	56.7	58.5	60.2	63.1	67.2	69.6	74.5
30	24.4	35.4	33.8	71.1	54.7	63.3	65.3	67.1	70.4	74.9	77.6	83.1
36	29.0	42.1	40.1	84.1	64.8	74.9	77.3	79.5	83.3	88.7	91.8	98.4
39	31.5	45.8	43.6	91.5	70.4	81.4	84.1	86.4	90.6	96.4	100	107
45	36.5	53.0	50.5	107	82.4	95.3	98.3	101	106	113	117	125
48	39.0	56.7	54.0	113	86.8	100	104	107	112	119	123	132
54	42.0	61.0	58.1	118	90.7	105	108	111	117	124	129	138
60	48.0	69.7	66.4	134	103	120	123	127	133	142	147	157
66	54.0	78.4	74.7	151	116	134	139	143	149	159	165	177
72	57.0	82.8	78.9	160	124	143	147	152	159	169	175	188
90	70.0	102	96.9	199	153	177	183	188	197	210	217	233
96	76.0	110	105	218	168	194	200	206	216	230	238	255
108	84.0	122	116	235	181	210	216	222	233	248	257	275
120	98.0	142	136	273	224	243	251	258	271	288	298	320
132	106	154	147	302	248	269	277	285	299	318	329	353
144	115	167	159	321	263	286	295	303	318	338	350	375
168	131	190	181	370	303	329	340	349	366	390	404	432
172	140	203	194	391	321	348	359	370	387	412	427	457
180	144	209	199	403	330	359	370	381	399	425	440	471
192	152	221	210	424	348	378	390	401	420	447	463	496
228	180	261	249	521	428	464	479	493	516	550	569	610
240	190	276	263	537	452	478	494	508	532	566	586	628

Así obtenemos: una tensión en bornes de la autoválvula de 21,2 kV (mayor que las sobretensiones temporales halladas), una tensión continua de operación de 15,3 kV y una tensión en los bornes del transformador de 43,7 kV que permite sobreprotegerlo ya que:

$$\frac{U_{BIL}}{U_{res}} = \frac{95}{43,7} = 2,17 \geq 1,2$$

6. SELECCIÓN DE LOS TRANSFORMADORES DE INTENSIDAD

Para la selección de TI vamos a necesitar las secciones y longitudes de los cables que van desde cada transformador hasta el relé que se encuentra en el centro de control. Todos los cables tienen una misma sección de 6 mm². La siguiente tabla recoge las distancias:

Tabla 8. Longitudes de los cables de los TIs a sus respectivos relés

Posición de TI y TT	Longitud cable
Líneas 132 kV	120 m
Embarrado 132 kV	110 m
Entrada a transformadores 132/45 kV	110 m
Salida de transformadores 132/45 kV	100 m
Embarrado 45 kV	100 m
Líneas 45 kV	100 m
Entrada a transformadores 45/15 kV	80 m

A continuación realizamos el cálculo de los TI en las líneas de 132 kV. Partimos de las corrientes nominales y de cortocircuito en las líneas:

$$I_n = 218,69 \text{ A}$$

$$I_{CC} = 13,12 \text{ kA}$$

El TI tendrá una doble relación primaria, de cara a futuras ampliaciones o modificaciones de las líneas. Para hallar dicha transformación se deben cumplir los siguientes puntos:

1. El 120% de la intensidad nominal del TI debe ser mayor que la intensidad del cable.

$$1,2 \cdot I_{n TI} > I_{n cable}$$

2. La intensidad de la carga debe estar entre el 10% y el 120% de la intensidad nominal del TI.

$$0,1 \cdot I_{n TI} < I_{carga} < 1,2 \cdot I_{n TI}$$

3. La intensidad de cortocircuito debe ser menor que la relación del TI por el límite de saturación.

$$I_{CC} < rel_{TI} \cdot FS$$

Así para este caso, la relación de transformación de nuestro transformador será: 300-600/5-5-5-5 A. Los cuatro secundarios son dos de protección y dos de medida (medida y control).

- **SECUNDARIOS DE PROTECCIÓN:**

Para todos los transformadores de protección vamos a elegir un tipo 5P. El 5 porque presenta un error menor que si eligiéramos el 10 y la P porque es protección sin límite de flujo remanente, a diferencia PR.

En primer lugar hallamos ALF (factor límite de protección) y Kr que debemos superar:

$$ALF = \frac{I_{CC}}{I_{primario}} = \frac{13120}{300} = 43,7$$

$$k_r \geq C \cdot \frac{8 \cdot I_{línea}}{I_n} = 2 \cdot \frac{8 \cdot 218,69}{300} = 11,66$$

Hallamos las pérdidas teniendo en cuenta un cable de 6 mm² de sección y de 120 m de longitud:

$$P = I^2 \cdot R = I^2 \cdot 2 \cdot \frac{\rho \cdot l}{S} = 5^2 \cdot 2 \cdot \frac{0,01786 \cdot 120}{6} = 17,86 \text{ VA}$$

Como en los relés tenemos una carga de 0,2 VA:

$$S_B = 17,86 + 0,2 = 18,06 \text{ VA}$$

Podemos elegir una potencia S_N de 20, 25 ó 30 VA. Teniendo en cuenta la UNE-EN 61869 “Transformadores de medida” la potencia debe estar entre un 25% y un 75%, por lo que elegiremos la potencia de 30 VA.

$$k_r = 30 \cdot \frac{0,2 \cdot 30 + 30}{0,2 \cdot 30 + 18,06} = 44,88$$

Por lo que elegimos un tipo **5P30 de 30 VA**.

- **SECUNDARIOS DE MEDIDA Y CONTROL:**

Para proteger los aparatos alimentados por el transformador se tiene en cuenta el Factor de Seguridad FS, que se define como la relación de intensidad primaria límite asignada y la intensidad primaria asignada.

$$FS = \frac{I_{pl}}{I_{pn}}$$

Para nuestra subestación se va a elegir FS5 ya que al no ser muy elevado nos proporciona protección contra sobrecargas. Además, en el caso de haber un cortocircuito en la red en que está intercalado el circuito primario, la seguridad de los aparatos alimentados por el transformador es mayor que para un FS superior.

Ahora realizaremos el cálculo de los TI situados a la entrada de los transformadores de 132/45 kV. Partimos de las corrientes nominales y de cortocircuito a la entrada del transformador:

$$I_n = 137,78 \text{ A}$$

$$I_{CC} = 27,26 \text{ kA}$$

La relación de transformación de nuestro TI será: 300-600/5-5-5-5 A.

- **SECUNDARIOS DE PROTECCIÓN:**

Para todos los transformadores de protección vamos a elegir un tipo 5P.

En primer lugar hallamos ALF y Kr que debemos superar:

$$ALF = \frac{I_{CC}}{I_{primario}} = \frac{27260}{600} = 45,43$$

$$k_r \geq C \cdot \frac{8 \cdot I_{línea}}{I_n} = 2 \cdot \frac{8 \cdot 137,78}{600} = 3,67$$

Hallamos las pérdidas teniendo en cuenta un cable de 6 mm² de sección y de 110 m de longitud:

$$P = I^2 \cdot R = I^2 \cdot 2 \cdot \frac{\rho \cdot l}{S} = 5^2 \cdot 2 \cdot \frac{0,01786 \cdot 110}{6} = 16,37 \text{ VA}$$

Como en los relés tenemos una carga de 0,2 VA:

$$S_B = 16,37 + 0,2 = 17,57 \text{ VA}$$

Podemos elegir una potencia S_N de 20, 25 ó 30 VA. Teniendo en cuenta lo citado en el caso anterior, elegiremos de nuevo la potencia de 30 VA.

$$k_r = 30 \cdot \frac{0,2 \cdot 30 + 30}{0,2 \cdot 30 + 16,37} = 48,27$$

Por lo que elegimos un tipo **5P30 de 30 VA**.

Finalmente, se recoge en la siguiente tabla todos los TI de la subestación, calculados con los mismos criterios que los anteriores.

Tabla 9. Características y valores de los TIs seleccionados

Posición TI	Relación de transformación	Potencia nominal	Clase de precisión		
			Protección	Medida	Control
Líneas 132 kV	300-600/5-5-5-5	30 VA	5P30	0,2s FS5	0,5 FS5
Embarrado 132 kV	1000-2000/5-5-5-5	30 VA	5P30	0,2s FS5	0,5 FS5
TR 132/45 kV lado 132 kV	300-600/5-5-5-5	30 VA	5P30	0,2s FS5	0,5 FS5
TR 132/45 kV lado 45 kV	400-800/5-5-5-5	25 VA	5P30	0,2s FS5	0,5 FS5
Embarrado 45 kV	1000-2000/5-5-5-5	25 VA	5P30	0,2s FS5	0,5 FS5
Líneas 45 kV	400-800/5-5-5-5	25 VA	5P30	0,2s FS5	0,5 FS5
TR 45/15 kV lado 45 kV	200-400/5-5-5-5	25 VA	5P30	0,2s FS5	0,5 FS5

7. COMPENSACIÓN DEL FACTOR DE POTENCIA

La mayoría de equipos que se conectan a la red, contienen bobinas que consumen potencia reactiva de la línea. Esto hace que las líneas contengan además de potencia activa, potencia reactiva y que esta ocupe un espacio en las líneas de transporte que no se puede aprovechar para transportar más energía activa. Con el fin de disminuir la potencia reactiva de las líneas y mejorar el factor de potencia se instalan las baterías de condensadores.

La instalación de una batería de condensadores ayuda a reducir el nivel de pérdidas en una línea de distribución porque supone una disminución directa de la potencia reactiva y aparente solicitada al sistema.

Para nuestro caso en concreto, tenemos unas baterías de condensadores de 4 MVar y consideraremos que en el caso más desfavorable, la subestación tendrá un factor de potencia de 0,8.

Estudiaremos el triángulo de potencias que se da para la potencia suministrada por el transformador de 15 MVA.

$$P = S \cdot \cos\varphi = 15 \cdot 0,8 = 12 \text{ MW}$$

$$Q = S \cdot \sin\varphi = 15 \cdot 0,6 = 9 \text{ MVar}$$

Donde:

P es la potencia activa, en MW

Q es la potencia reactiva, en MVar

S es la potencia aparente, en MVA

φ es el ángulo de desfase

Teniendo en cuenta que la potencia reactiva que va a absorber las baterías de condensadores es de 3 MVar, la potencia reactiva total en la línea ahora será:

$$Q_F = Q_0 - Q_C = 9 - 4 = 5 \text{ MVar}$$

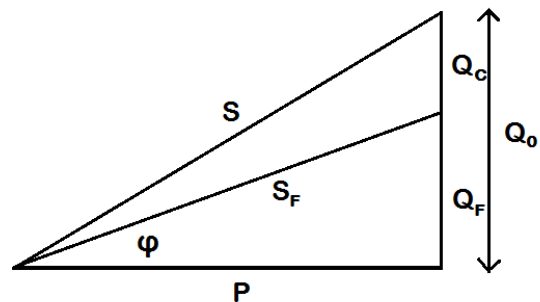
Por tanto la nueva potencia aparente consumida será:

$$S_F = \sqrt{P^2 + Q_F^2} = 13 \text{ MVA}$$

$$\varphi = \arctg \frac{Q}{P} = \arctg \frac{5}{12} = 22,62^\circ$$

$$fp = \cos\varphi = \cos 22,62 = 0,99$$

Esto permitirá un mayor aprovechamiento de la potencia activa, puesto que nuestra subestación está diseñada para 15 MVA.



Para reducir la sección de los conductores y el tamaño de las celdas, pondremos 12 condensadores de 333 kVAr en configuración de doble estrella.

8. ALTURA MÍNIMA DE LOS HILOS DE GUARDA

En una subestación transformadora, suele haber varios de estos pórticos, por lo que se hace imprescindible poder determinar la zona de protección que determinan los hilos de guardia situados en la parte superior de cada extremo del mismo. Para verificar que los elementos y equipos dentro y en las adyacencias del pórtico están debidamente protegidos de las descargas atmosféricas, aplicamos el método Langrehr, basado en la siguiente ecuación:

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

Donde:

H es la altura de los hilos de guarda

h es la altura de los conductores o equipos al terreno = 5,3 + Del + 1 m

a es la anchura de la calle = 7 + 2·d

R es el radio de la distancia que protege

De la ITC 12 – RAT obtenemos:

d es la distancia mínima de aislamiento que es 1,3 m para 132 kV y 0,48 m para 45 kV,

Del es la distancia eléctrica que es 1,2 m para 132 kV y 0,6 m para 45 Kv

8.1 ALTURA MÍNIMA DE LOS HILOS DE GUARDA EN EL LADO DE 132 kV

Nuestra calle es de 7 m por lo que:

$$a = 7 + 2 \cdot 1,3 = 9,6 \text{ m} \approx 10 \text{ m}$$

$$h = 5,3 + Del + 1 \text{ m} = 7,5 \text{ m} \approx 8 \text{ m}$$

$$H \geq \frac{4 \cdot 8 + \sqrt{16 \cdot 8^2 - 12 \cdot 8 \cdot (10^2 - 8^2)}}{6} = 16,48 \text{ m}$$

Por lo que se va a colocar unos hilos de guarda de 17,5 m en el lado de 132 kV.



8.2 ALTURA MÍNIMA DE LOS HILOS DE GUARDA EN EL LADO DE 45 kV

$$a = 7 + 2 \cdot 0,48 = 7,96 \approx 8 \text{ m}$$

$$h = 5,3 + Del + 1 \text{ m} = 6,9 \approx 7 \text{ m}$$

$$H \geq \frac{4 \cdot 7 + \sqrt{16 \cdot 7^2 - 12 \cdot 7 \cdot (8^2 - 7^2)}}{6} = 12,2 \text{ m}$$

Por lo que se va a colocar unos hilos de guarda de 14 m en el lado de 45 kV.



ANEXO DE SEGURIDAD Y SALUD

ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD

1. OBJETO

El presente Estudio Básico de Seguridad y Salud tiene por objeto establecer las directrices generales encaminadas a disminuir en lo posible, los riesgos de accidentes laborales y enfermedades profesionales así como la minimización de las consecuencias de los accidentes que se produzcan durante la ejecución de los trabajos del proyecto objeto de estudio.

2. NORMATIVA

Para la realización del presente estudio se ha tenido en cuenta la siguiente Normativa:

- Ley 31/1995, de 8 de Noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales.
- Real Decreto 1627/1997 de 24 de Octubre sobre los criterios de planificación, control y desarrollo de los medios y medidas de Seguridad y Salud que deben tenerse presentes en la Ejecución de los Proyectos de Construcción.
- Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el Trabajo (O.M. 9 de Marzo de 1971), en los Capítulos y Artículos no derogados por la Ley 31/95.
- Notificación de accidentes de trabajo (O.M. 16 de Diciembre de 1987)

3. ALCANCE

Las medidas contempladas en este Estudio Básico de Seguridad y Salud alcanzan a todos los trabajos a realizar en el citado proyecto, y aplica la obligación de su cumplimiento a todas las personas que intervengas en la ejecución de los mismos

4. DATOS GENERALES

4.1 TIPO DE TRABAJO

El trabajo en la ejecución del Proyecto de una SET 132/45/15 kV consiste básicamente en el desarrollo de las siguientes fases principales de construcción.

- Pequeña Obra Civil.
- Montaje de estructuras metálicas.
- Montaje de contenedores prefabricados.
- Montaje de la instalación eléctrica B.T.



- Montaje de Cuadros, cableado y conexionado.
- Pruebas y Puesta en Marcha de los distintos Equipos y Sistemas.

4.2 ACTIVIDADES PRINCIPALES

Las actividades principales a ejecutar en el desarrollo de los trabajos detallados son, básicamente, las siguientes:

- Replanteo, Excavación y Cimentación.
- Manipulación de materiales.
- Transporte de materiales y equipos dentro de la obra.
- Montaje de estructuras y cerramientos.
- Maniobra de izado, situación en obra y montaje de equipos y materiales.
- Tendido y conexionado de cables.
- Montaje de Instalaciones.
- Suelos y Acabados.

Más adelante analizaremos los riesgos previsibles inherentes mismos, y describiremos las medidas de protección previstas en cada caso.

4.3 CLIMATOLOGÍA

La climatología de la zona es de tipo continental, con inviernos fríos y veranos calurosos.

4.4 PLAZO DE EJECUCIÓN

El periodo de tiempo estimado para la ejecución de las obras del citado Proyecto es de 10 días.

4.5 NÚMERO DE OPERARIOS PREVISTOS

El número aproximado de trabajadores totales previstos, para realizar las distintas actividades del Proyecto, serán unos 8, estimándose una punta máxima de 6.

4.6 OFICIOS

La mano de obra directa prevista la compondrán trabajadores de los siguientes oficios:

- Jefes de Equipo, Mandos de Brigada.
- Albañiles.
- Montadores de estructuras metálicas.
- Montadores de equipos e instalaciones eléctricas.
- Soldadores.
- Cableadores y Conexionistas.
- Pintores.
- Gruistas y Maquinistas.
- Especialistas de acabados diversos.
- Ayudantes.

La mano de obra indirecta estará compuesta por:

- Jefes de Obra.
- Técnicos de ejecución/Control de Calidad/Seguridad.
- Encargados.
- Administrativos.

4.7 MAQUINARIA Y MEDIOS AUXILIARES

La maquinaria y los medios auxiliares más significativos que se prevé utilizar para la ejecución de los trabajos objeto del presente Estudio, son los que se relacionan a continuación.

- Equipo de soldadura eléctrica.
- Equipo de soldadura oxiacetilénica -oxicorte.
- Camión de transporte.
- Grúa móvil.
- Camión grúa.
- Cablestante de izado.
- Pistolas de fijación.
- Taladradoras de mano.
- Cortatubos.
- Curvadoras de tubos.
- Radiales y esmeriladoras.

- Tracteles, poleas, aparejos, eslingas, grilletes, etc.
- Martillo rompedor y picador, etc.

Entre los medios auxiliares cabe mencionar los siguientes:

- Andamios sobre borriquetas.
- Andamios metálicos modulares.
- Escaleras de tijera.
- Cuadros eléctricos auxiliares.
- Instalaciones eléctricas provisionales.
- Herramientas de mano.
- Bancos de trabajo. Equipos de medida.
- Comprobador de secuencia de fases.
- Medidor de aislamiento.
- Medidor de tierras.
- Pinzas amperimétricas.

4.8 INSTALACIONES ELÉCTRICAS PROVISIONALES

Para el suministro de energía a las máquinas y herramientas eléctricas propias de los trabajos objeto del presente Estudio, los contratistas instalarán cuadros de distribución con toma de corriente en las instalaciones de la propiedad o alimentados mediante grupos electrógenos.

5. ANÁLISIS DE RIESGOS Y MEDIDAS PREVENTIVAS

Analizamos a continuación los riesgos previsibles inherentes a las actividades de ejecución previstas, así como las derivadas del uso de maquinaria, medios auxiliares y manipulación de instalaciones, máquinas o herramientas eléctricas.

Siempre que sea posible se dará prioridad al uso de protecciones colectivas, ya que su efectividad es muy superior a la de las protecciones personales. Sin excluir el uso de estas últimas, las protecciones colectivas previstas, en función de los riesgos enunciados, son los siguientes:

5.1 RIESGOS GENERALES

Entendemos como riesgos generales aquellos que pueden afectar a todos los trabajadores, independientemente de la actividad concreta que realicen.

Se prevé que puedan darse los siguientes:

- Caídas de objetos o componentes sobre personas.
- Caídas de personas a distinto nivel.
- Caídas de personas al mismo nivel.
- Proyecciones de partículas a los ojos.
- Conjuntivitis por arco de soldadura u otros.
- Heridas en manos o pies por manejo de materiales.
- Sobreesfuerzos.
- Golpes y cortes por manejo de herramientas.
- Golpes contra objetos.
- Atrapamiento entre objetos.
- Quemaduras por contactos térmicos.
- Exposición a descargas eléctricas.
- Incendios y explosiones.
- Atrapamiento por vuelco de máquinas, vehículos o equipos.
- Atropellos o golpes por vehículos en movimiento.

5.1.1 Protecciones Colectivas

Se montará Protección Mecánica en los huecos por los que pudiera producirse caída de personas.

En cada tajo de trabajo, se dispondrá de, al menos, un extintor portátil de polvo polivalente.

Se mantendrán ordenados los materiales, cables y mangueras para evitar el riesgo de golpes o caídas al mismo nivel por esta causa.

Los restos de materiales generados por el trabajo se periódicamente para mantener limpias las zonas de trabajo.

Si algún puesto de trabajo generase riesgo de proyecciones (de partículas, o por arco de soldadura) a terceros se colocarán mamparas opacas de material ignífugo.

Si se realizasen trabajos con proyecciones incandescentes en proximidad de materiales combustibles, se retirarán estos o se protegerán con lona ignífuga.

5.2 RIESGOS Y MEDIDAS ESPECÍFICAS

Nos referimos aquí a los riesgos propios de actividades concretas que afectan solo al personal que realiza trabajos en las mismas.

Este personal estará expuesto a los riesgos generales indicados en el punto 5.1., más los específicos de su actividad.

A tal fin analizamos a continuación las actividades más significativas.

5.2.1 Trabajos con Ferralla

5.2.1.1 Riesgos más Comunes

- Cortes y heridas en el manejo de las barras o alambres.
- Atrapamientos en las operaciones de carga y descarga de paquetes de barras o en la colocación de las mismas.
- Torcedura de pies, tropiezos y caídas al mismo nivel al caminar sobre las armaduras.
- Roturas eventuales de barras durante el doblado.

5.2.1.2 Medidas Específicas

- Los paquetes de redondos se acopiarán en posición horizontal, separando las capas con durmientes de madera y evitando alturas de pilas superiores a 1.50m.
- No se permitirá trepar por las armaduras se colocarán tableros para circular por las armaduras de ferralla.
- No se emplearán elementos o medios auxiliares (escaleras, ganchos, etc.) hechos con trozos de ferralla soldada.
- Diariamente se limpiará la zona de trabajo, recogiendo y retirando los recortes y alambres del armado.

5.2.2 Trabajos de Encofrado y Desencofrado

5.2.2.1 Riesgos más Comunes

- Desprendimiento de tableros.
- Pinchazos con objetos punzantes.
- Caída de materiales (tableros, tablones, puntales, etc.)

- Caída de elementos del encofrado durante las operaciones de desencofrado.
- Cortes y heridas en manos por manejo de herramientas (sierras, cepillos, etc.) y materiales.

5.2.2.2 Medidas Específicas

- El ascenso y descenso a los encofrados se hará con escaleras de mano reglamentarias.
- No permanecerán operarios en la zona de influencia de las cargas durante las operaciones de izado y traslado de tableros, puntales, etc.
- Se sacarán o remacharán todos los clavos o puntas existentes en la madera usada.
- El desencofrado se realizará siempre desde el lado en que no puedan desprenderse los tableros y arrastrar al operario.

5.2.3 Trabajos con Hormigón

5.2.3.1 Riesgos más Comunes

- Salpicaduras de hormigón a los ojos.
- Hundimiento, rotura o caída de encofrados.
- Torceduras de pies, pinchazos, tropiezos y caídas al mismo y a distinto nivel, al moverse sobre las estructuras.
- Dermatitis en la piel.
- Aplastamiento o atropellamiento por fallo de entibaciones.
- Lesiones musculares por el manejo de vibradores.
- Electrocución por ambientes húmedos.

5.2.3.2 Medidas Específicas

- Vertidos mediante canaleta:
 - Instalar topes de final de recorrido de los camiones hormigonera para evitar vuelcos.
 - No situarse ningún operario detrás de los camiones hormigonera en las maniobras de retroceso.
- Vertidos mediante cubo con grúa:

- Señalizar con pintura el nivel máximo de llenado del cubo para no sobrepasar la carga admisible de la grúa.
- No permanecer ningún operario bajo la zona de influencia del cubo durante las operaciones de izado y transporte de este con la grúa.
- La apertura del cubo para vertido se hará exclusivamente accionando la palanca prevista para ello. Para realizar tal operación se usarán, obligatoriamente, guantes, gafas y, cuando exista riesgo de caída, cinturón de seguridad.
- El guiado del cubo hasta su posición de vertido se hará siempre a través de cuerdas guía

5.2.4 Maniobras de Izado, Situación en Obra y Montaje de Equipos y Materiales.

5.2.4.1 Riesgos Específicos.

- Caída de materiales, equipos o componentes de los mismos por fallo de los medios de elevación o error en la maniobra.
- Caída de pequeños objetos o materiales sueltos (cantoneras, herramientas, etc.) sobre personas.
- Caída de personas desde altura en operaciones de estrobado o desestrobado de las piezas.
- Atrapamientos de manos o pies.
- Aprisionamiento o aplastamiento de personas por movimientos incontrolados de la carga.
- Golpes de equipos, en su izado y transporte, contra otras instalaciones (estructuras, líneas eléctricas, viviendas, etc.)
- Caída o vuelco de los medios de elevación.

5.2.4.2 Medidas Específicas

- No se permitirá, bajo ningún concepto, el acceso de cualquier persona a la zona señalizada y acotada en la que realicen maniobras con cargas suspendidas.
- El guiado de las cargas o equipos para su ubicación definitiva, se hará siempre mediante cuerdas guía manejadas desde lugares fuera de la zona de influencia de su posible caída, y no se accederá a dicha zona hasta el momento justo de efectuar su acople o posicionamiento.



- Se taparán o protegerán con medios mecánicos los huecos que se generen en el proceso de montaje.
- Se ensamblarán a nivel de suelo, en la medida que lo permita la zona de montaje y capacidad de las grúas, los módulos de estructuras con el fin de reducir en lo posible el número de horas de trabajo en altura y sus riesgos.
- La zona de trabajo, sea de taller o de campo, se mantendrá siempre limpia y ordenada.
- Los equipos y estructuras permanecerán arriostradas, durante toda la fase de montajes hasta que no se efectúe la sujeción definitiva, para garantizar su estabilidad en las peores condiciones previsibles.
- Los andamios que se utilicen cumplirán los requerimientos y condiciones mínimas definidas en la O.G.S.H.T.
- Se instalarán cuerdas o cables fiadores para sujeción de los cinturones de seguridad en aquellos casos en que no sea posible montar plataformas de trabajo con barandilla, o sea necesario el desplazamiento de operarios sobre la estructura. En estos casos se utilizarán cinturones de caída, con arnés provistos de absorción de energía.

5.2.5 Máquinas y Medios Auxiliares

Analizamos en este apartado los riesgos que además de los generales, pueden presentarse en el uso de la maquinaria y medios auxiliares. Diferenciamos estos riesgos clasificándolos de la forma siguiente.

5.2.5.1 Máquinas fijas y herramientas eléctricas

- Accidentes por contactos, tanto directos como indirectos.
- Caídas de personal al mismo, o distinto nivel por desorden de mangueras.
- Lesiones por uso inadecuado, o malas condiciones de máquinas giratorias o de corte.
- Proyecciones de partículas.

5.2.5.2 Medios de Elevación

- Caída de la carga por deficiente estrobo o maniobra.
- Rotura de cable, gancho, grillete, o cualquier otro medio auxiliar de elevación.

- Golpes o aplastamientos por movimientos de la carga.
- Exceso de carga con la consiguiente rotura, o vuelco, del medio correspondiente.
- Fallo de elementos mecánicos o eléctricos.
- Caída de personas a distinto nivel durante las operaciones de movimiento de cargas.

5.2.5.3 Andamios, Plataformas y Escaleras

- Caídas de personas a distinto nivel.
- Caída del andamio por vuelco.
- Vuelcos o deslizamientos de escaleras.
- Los derivados de padecimiento de enfermedades, no detectadas (epilepsia, vértigo, etc.).

5.2.5.4 Equipos de soldadura eléctrica y oxiacetilénica

- Incendios.
- Quemaduras.
- Los derivados de la inhalación de vapores metálicos.
- Explosión de botellas de gases.
- Proyecciones incandescentes, o de cuerpos extraños.
- Contacto con la energía eléctrica.

5.2.5.5 Medidas específicas

Para evitar la caída de objetos:

- Coordinar los trabajos de forma que no se realicen trabajos superpuestos.
- Ante la necesidad de trabajos en la misma vertical, poner las oportunas protecciones (redes, marquesinas, etc.).
- Controlar la zona donde se realicen maniobras con cargas suspendidas, hasta que estas se encuentren totalmente apoyadas.
- Emplear cuerdas para el guiado de cargas suspendidas, que serán manejadas desde fuera de la zona sólo cuando la carga esté prácticamente arriada.

Para evitar la caída de personas:

- Colocarán protecciones mecánicas en los huecos existentes en forjados, así como en paramentos verticales si estos son accesibles o están a menos de 1,5 m. del suelo.
- Las barandillas que se quiten o huecos que se destapen para introducción de equipos, etc., se mantendrán prácticamente controlados y señalizados durante la maniobra, reponiéndose las correspondientes protecciones nada mas finalizar estas.
- Los andamios que se utilicen (molduras o tubulares) cumplirán los requerimientos y condiciones mínimas definidas en la O.G.S.H.T., destacando entre otras:
 - Superficie de apoyo horizontal y resistente.
 - Si son móviles, las ruedas estarán bloqueadas y no se trasladarán con personas sobre las mismas.
 - No sobrecargar las plataformas de trabajo y mantenerlas limpias y libres de obstáculos.
- En altura (más de 2 m) es obligatorio utilizar cinturón de seguridad, siempre que no existan protecciones (barandillas) que impidan la caída, el cual estará anclado a elementos, fijos, móviles, definitivos o provisionales, de suficiente resistencia.
- Se instalarán cuerdas o cables fijadores para sujeción de los cinturones de seguridad en aquellos casos en que no sea posible montar barandillas de protección, o bien sea necesario el desplazamiento de los operarios sobre estructuras o cubiertas. En este caso se utilizarán cinturones de caída, con arnés provistos de absorción de energía.

Las escaleras de mano cumplirán, como mínimo, las siguientes condiciones:

- No tendrán rotos ni astillados largueros o peldaños. Dispondrán de zapatas antideslizantes.
- La superficie de apoyo inferior y superior serán planas y resistentes.
- Fijación o amarre por su cabeza en casos especiales y usar el cinturón de seguridad anclado a un elemento ajeno a esta.
- Colocarla con la inclinación adecuada.
- Con las escaleras de tijera, ponerle tope o cadena para que no se abran, no usarlas plegadas y no ponerse a caballo en ellas.

5.2.6 Instalaciones Eléctricas Provisionales

La acometida eléctrica general alimentará una serie de cuadros de distribución de los distintos contratistas, los cuales se colocarán estratégicamente para el suministro de corriente a sus correspondientes instalaciones, equipos y herramientas propias de los trabajos.

Los riesgos implícitos a estas instalaciones son los característicos de los trabajos y manipulación de elementos (cuadros, conductores, conductores, etc) y herramientas eléctricas que puedan producir accidentes por contacto tanto directos como indirectos.

5.2.6.1 Medidas específicas

Serán estancos, y estarán dotados de las siguientes protecciones:

- Protecciones contra sobrecargas y cortocircuitos.
- Diferencial de 30 mA para las tomas monofásicas que alimentan herramientas o útiles portátiles.
- Los conductores aislados utilizados tanto para acometidas como para instalaciones, serán de 1.000 voltios de tensión nominal como mínimo.
- Los prolongadores, clavijas y conexiones serán de tipo intemperie con tapas de seguridad en tomas de corriente hembras y de características tales que aseguren el aislamiento, incluso en el momento de conectar y desconectar.
- Los cables eléctricos serán del tipo intemperie sin presentar fisuras y de suficiente resistencia a esfuerzos mecánicos.
- Los empalmes y aislamientos en cables se harán con manguitos y cintas aislantes vulcanizadas.
- Las zonas de paso se protegerán contra daños mecánicos.

6. PROTECCIONES PERSONALES

Como complemento de las protecciones colectivas será obligatorio el uso de las protecciones personales. Los mandos intermedios y el personal de seguridad vigilarán y controlarán la correcta utilización de estas prendas de protección.

Se prevé el uso, en mayor o menor grado, de las siguientes protecciones personales:

- Casco.
- Pantalla facial transparente.

- Pantalla de soldador con visor abatible y cristal inactivo.
- Mascarillas faciales según necesidades.
- Mascarillas desechables de papel.
- Guantes de varios tipos (montador, soldador, aislante, goma, etc.).
- Cinturón de seguridad.
- Absorbedores de energía.
- Chaqueta, peto, manguitos y polainas de cuero.
- Gafas de varios tipos (contraimpactos, sopletero, etc.).
- Calzado de seguridad, adecuado a cada uno de los trabajos.
- Protecciones auditivas (cascos o tapones).
- Ropa de trabajo.

Todas las protecciones personales cumplirán la Normativa Europea (CE) relativa a Equipos de Protección Individual (EPI).

Todos los equipos de Protección Individual (EPI) cumplirán lo establecido en el R.D. 1470/92 de 20 de Noviembre, y modificaciones posteriores, por el que se adoptan en Todos los Equipos de Protección Individual (EPI) cumplirán lo establecido en el R.I. España los criterios de la Normativa Europea (Directiva 89/656/CE).

Dispondrán del consiguiente certificado y contendrá de forma visible el sello (CE) correspondiente.

7. FORMACIÓN PERSONAL

Su objetivo es informar a los trabajadores de los riesgos propios de los trabajos que van a realizar, darles a conocer las técnicas preventivas y mantener el espíritu de seguridad de todo el personal.

7.1 CHARLA DE SEGURIDAD Y PRIMEROS AUXILIOS PARA PERSONAL DE INGRESO EN OBRA

Todo el personal, antes de comenzar sus trabajos, deberá asistir a una charla en la que será informado de los riesgos generales de la obra, de las medidas previstas para evitarlos, de

las Normas de Seguridad de obligado cumplimiento y de aspectos generales de Primeros Auxilios.

7.2 CHARLAS SOBRE RIESGOS ESPECÍFICOS

Dirigidas a los grupos de trabajadores sujetos a riesgos concretos en función de las actividades que desarrollen. Serán impartidas por los Mandos directos de los trabajos o Técnicos de Seguridad.

Si, sobre la marcha de los trabajos, se detectasen situaciones de especial riesgo en determinadas profesiones o fases de trabajo, se programarían Charlas Específicas, impartidas por el Técnico de Seguridad encaminadas a divulgar las medidas de protección necesarias en las actividades a que se refieran.

Entre los temas más importantes a desarrollar en estas charlas estarán los siguientes:

- Riesgos eléctricos.
- Trabajos en altura.
- Riesgos de soldadura eléctrica y oxicorte.
- Uso de máquinas, manejo de herramientas.
- Manejo de cargas de forma manual y con medios mecánicos.
- Empleo de andamios, plataformas, escaleras y líneas de vida.

8. MEDICINA ASISTENCIAL

Partiendo de la imposibilidad humana de conseguir el nivel de riesgo cero, es necesario prever las medidas que disminuyan las consecuencias de los accidentes que, inevitablemente puedan producirse. Esto se llevará a cabo a través de tres situaciones:

- Control médico de los empleados.
- La organización de medios de actuación rápida y primeros auxilios a accidentados.
- La medicina asistencial en caso de accidente o enfermedad profesional.

8.1 CONTROL MEDICO

Tal como establece la legislación Vigente, todos los trabajadores que intervengan en la construcción de las obras objeto de este Estudio, pasarán los reconocimientos médicos previstos en función del riesgo a que, por su oficio u ocupación, vayan a estar sometidos.

8.2 MEDIOS DE ACTUACIÓN Y PRIMEROS AUXILIOS

La primera asistencia médica a los posibles accidentados será realizada por los Servicios Médicos de la Mutua Laboral concertada por cada contratista o, cuando la gravedad o tipo de asistencia lo requiera por los Servicios de Urgencia de los Hospitales Públicos o Privados más próximos.

En la obra se dispondrá, en todo momento, de un vehículo para hacer una evacuación inmediata, y de un Botiquín y, además, habrá personal con unos conocimientos básicos de Primeros Auxilios, con el fin de actuar en casos de urgente necesidad.

Así mismo se dispondrá, igualmente, en obra de una “nota” escrita, colocada en un lugar visible y de la que se informará y dará copia a contratistas, que contendrá una relación con las direcciones y teléfonos de los hospitales, ambulancias y médicos locales.

9. REVISIONES TÉCNICAS DE SEGURIDAD

Con el fin de comprobar la correcta aplicación del Plan de Seguridad, el Coordinador de Seguridad durante la Obra realizará cuantas visitas e inspecciones considere oportunas.

En el caso de efectuarse alguna anotación en el libro de incidencias el Coordinador de Seguridad estará obligado a remitir en el plazo de 24 horas una copia a la Inspección de Trabajo y Seguridad Social de la provincia en que se realice la Obra.



**Universidad
Zaragoza**

Planos

DISEÑO DE UNA SUBESTACIÓN ELÉCTRICA PARA ABASTECER BARBASTRO Y ALREDEDORES

Autor/es

Pilar Subías Sin

Director/es

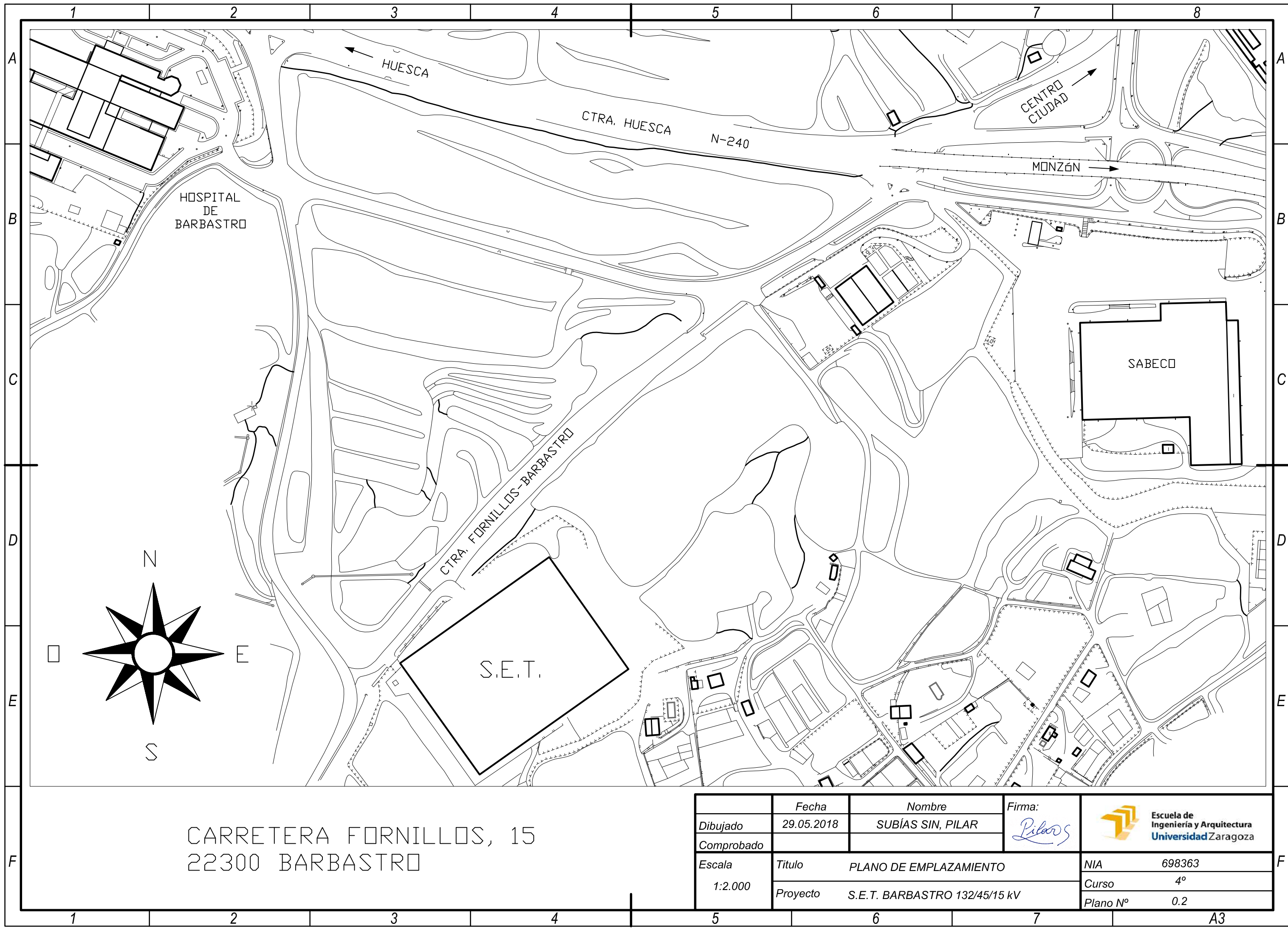
Antonio Montañés Espinosa

Escuela de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad de Zaragoza
2017/2018





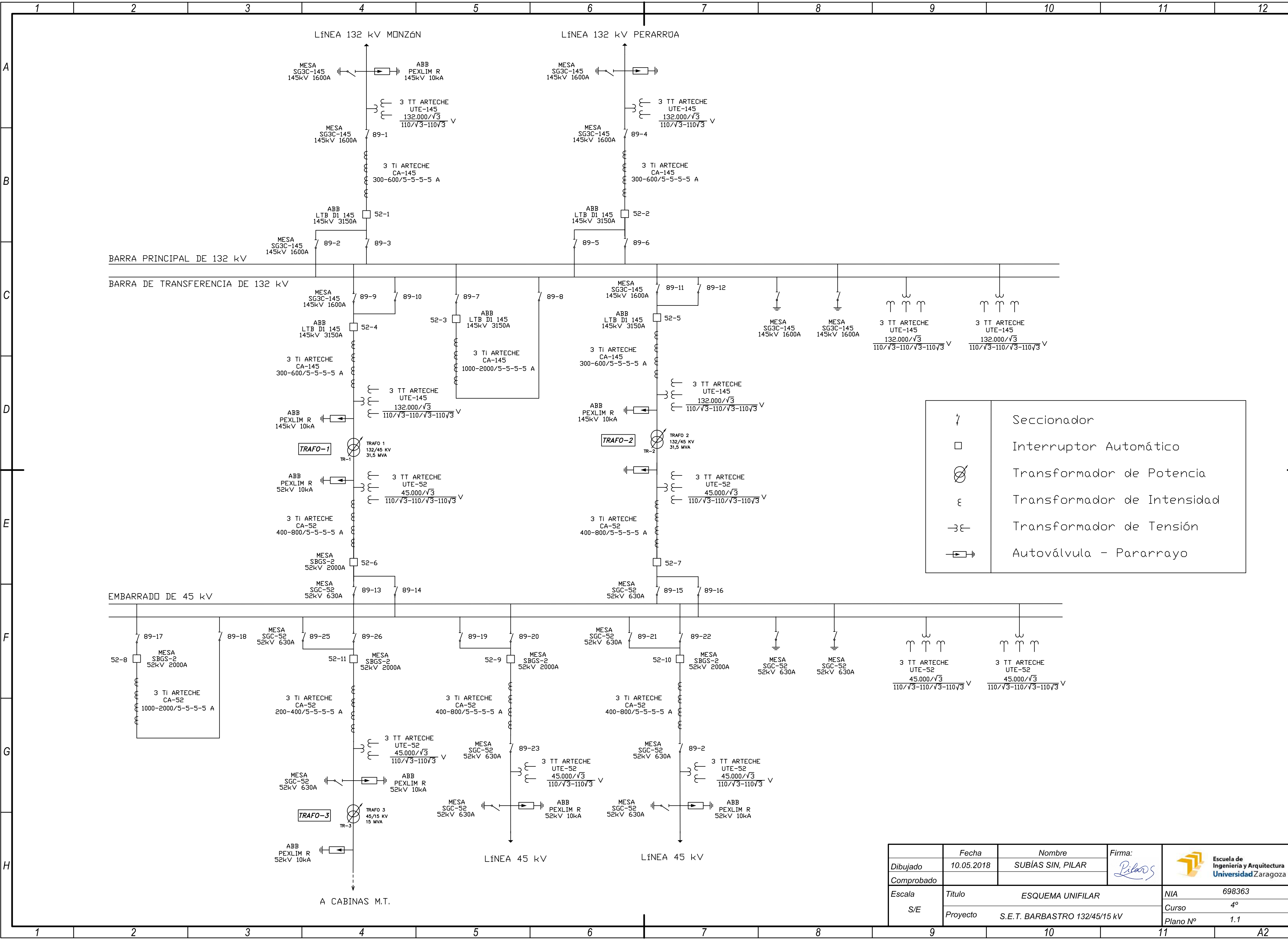
PLANOS

<i>0. PLANOS DE LOCALIZACIÓN</i>	1
0.1 PLANO DE SITUACIÓN	1
0.2 PLANO DE EMPLAZAMIENTO	2
<i>1. ESQUEMAS UNIFILARES Y FUNCIONALES</i>	3
1.1 UNIFILAR INTEMPERIE	3
1.2 UNIFILAR INTERIOR	4
1.3 UNIFILAR BAJA TENSIÓN DE SISTEMAS AUXILIARES	5
1.4 ESQUEMA FUNCIONAL LÍNEAS 132 KV	6
1.5 ESQUEMA FUNCIONAL BARRAS 132 KV	7
1.6 ESQUEMA FUNCIONAL TRANSFORMADOR 132/45 KV	8
1.7 ESQUEMA FUNCIONAL LÍNEAS 45 KV	9
1.8 ESQUEMA FUNCIONAL BARRAS 132 KV	10
1.9 ESQUEMA FUNCIONAL TRANSFORMADOR 45/15 KV	11
<i>2. VISTAS DE LA SUBESTACIÓN</i>	12
2.1 PLANTA DE LA SUBESTACIÓN	12
2.2 PERFIL DE LA SUBESTACIÓN CORTE A-A'	13
2.3 PERFIL DE LA SUBESTACIÓN CORTE B-B'	14
2.4 PERFIL DE LA SUBESTACIÓN CORTE C-C'	15
2.5 PERFIL DE LA SUBESTACIÓN CORTE D-D'	16
<i>3. EDIFICIO DE CONTROL</i>	17
3.1 PLANTA EDIFICIO DE CONTROL	17
3.2 ALUMBRADO DE INTERIOR	18
3.3 ALUMBRADO DE EMERGENCIA	19
3.4 TOMAS DE CORRIENTE	20
<i>4. OTROS</i>	21
4.1 CANALIZACIONES DE EXTERIOR	21
4.2 ESQUEMA DE CANALIZACIONES	22
4.3 ESQUEMA DE PUESTA A TIERRA	23



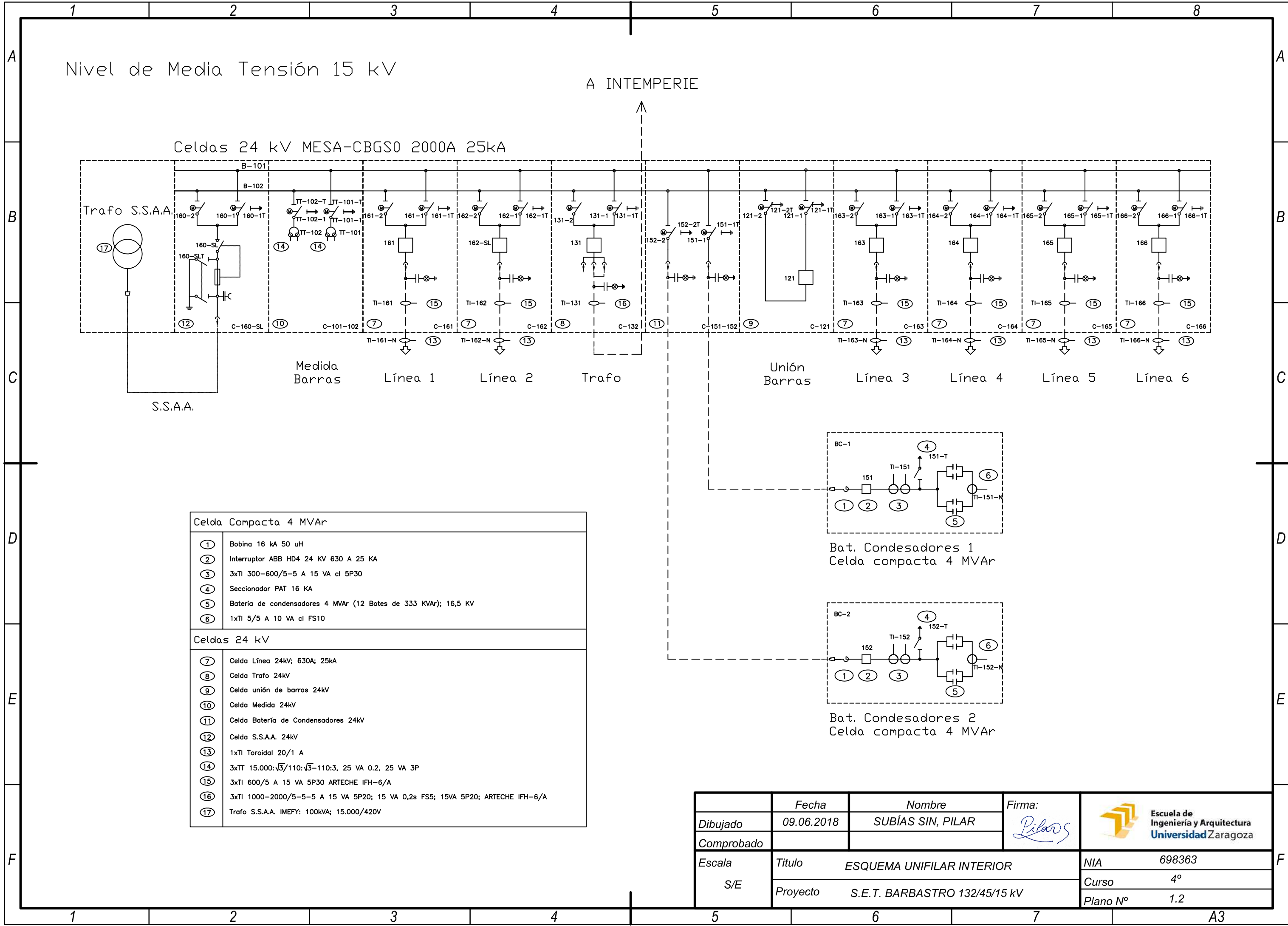
CARRETERA FORNILLOS, 15
22300 BARBASTRO

	Fecha	Nombre	Firma: 	 Escuela de Ingeniería y Arquitectura Universidad Zaragoza
Dibujado	29.05.2018	SUBÍAS SIN, PILAR		
Comprobado				
Escala	Título PLANO DE EMPLAZAMIENTO		NIA	698363
1:2.000	Proyecto S.E.T. BARBASTRO 132/45/15 kV		Curso	4º
			Plano Nº	0.2

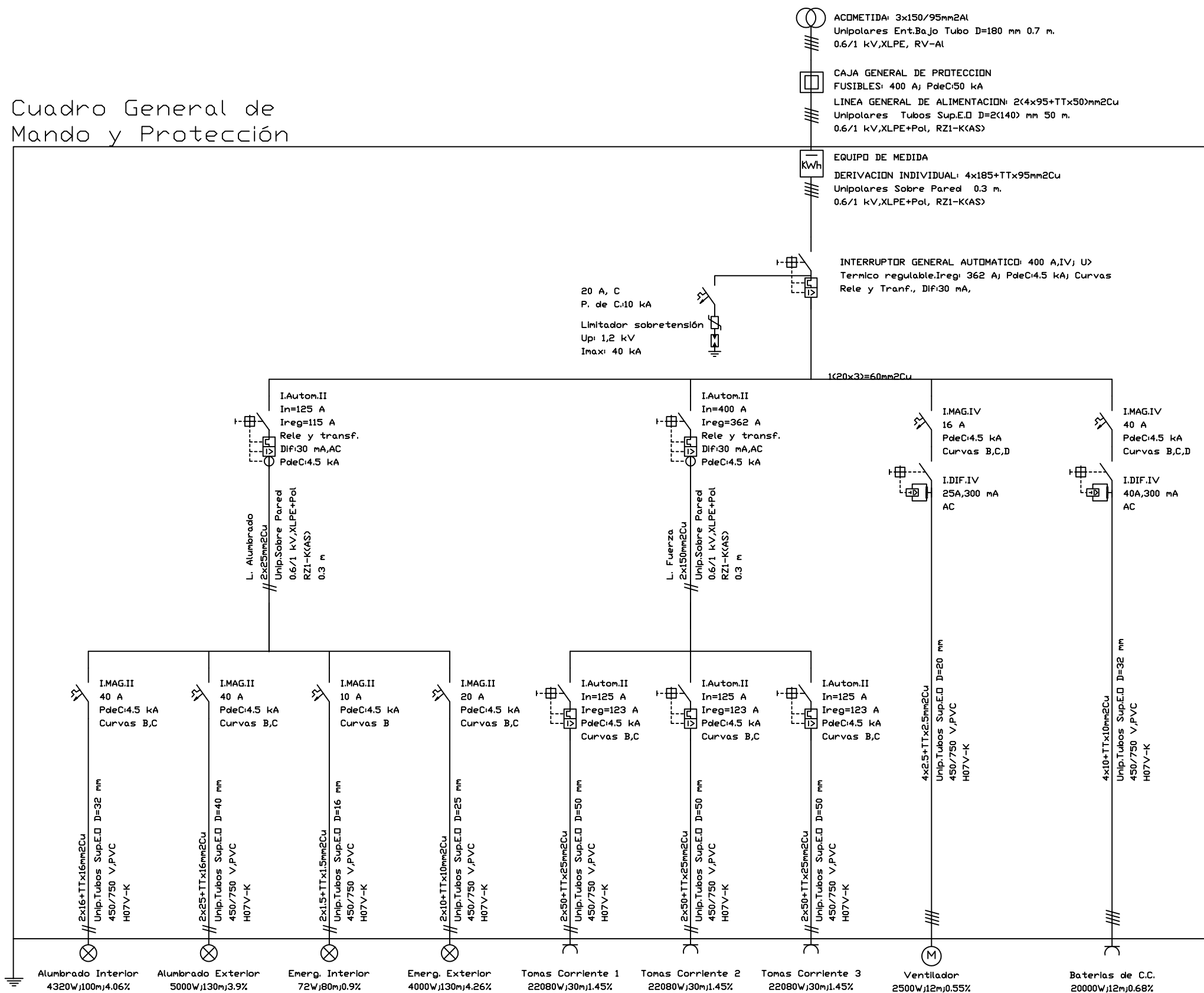




	Seccionador
	Interruptor Automático
	Transformador de Potencia
	Transformador de Intensidad
	Transformador de Tensión
	Autoválvula - Pararrayo

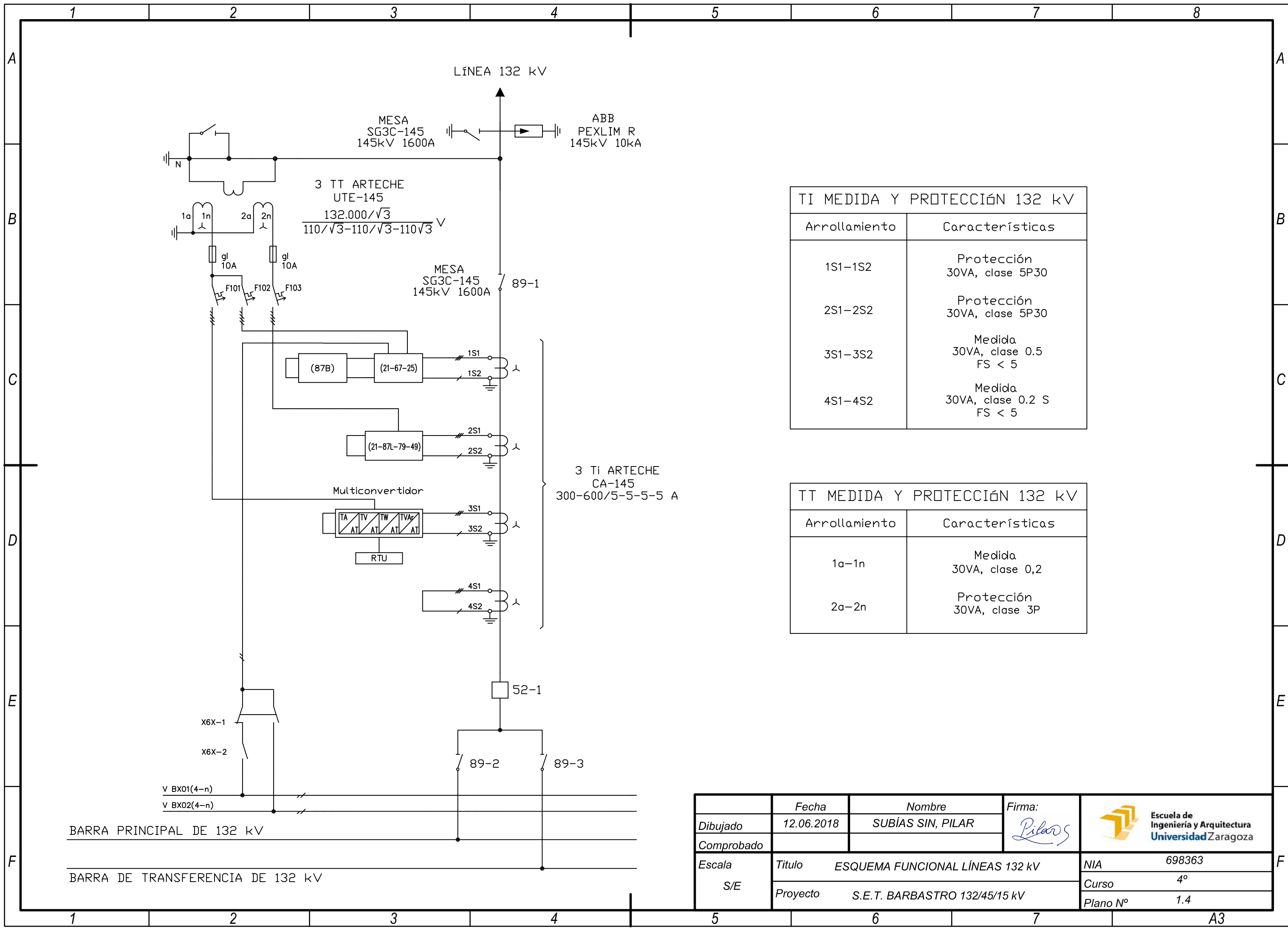
	Fecha	Nombre	Firma:	
Dibujado	10.05.2018	SUBÍAS SIN, PILAR		
Comprobado				
Escala	Título ESQUEMA UNIFILAR			NIA 698363
S/E	Proyecto S.E.T. BARBASTRO 132/45/15 kV			Curso 4º
				Plano N° 1.1



Cuadro General de Mando y Protección





	Fecha	Nombre	Firma:	 Escuela de Ingeniería y Arquitectura Universidad Zaragoza
Dibujado	12.06.2018	SUBÍAS SIN, PILAR		
Comprobado				
Escala	Titulo	ESQUEMA UNIFILAR S.S.A.A		NIA 698363
S/E	Proyecto	S.E.T. BARBASTRO 132/45/15 kV		Curso 4º
				Plano Nº 1.3



TI MEDIDA Y PROTECCIÓN 132 kV	
Arrollamiento	Características
1S1-1S2	Protección 30VA, clase 5P30
2S1-2S2	Protección 30VA, clase 5P30
3S1-3S2	Medida 30VA, clase 0.5 FS < 5
4S1-4S2	Medida 30VA, clase 0.2 S FS < 5

TT MEDIDA Y PROTECCIÓN 132 kV	
Arrollamiento	Características
1a-1n	Medida 30VA, clase 0,2
2a-2n	Protección 30VA, clase 3P

	Fecha	Nombre	Firma:	 Escuela de Ingeniería y Arquitectura Universidad Zaragoza
Dibujado	12.06.2018	SUBÍAS SIN, PILAR		
Comprobado				
Escala S/E	Titulo ESQUEMA FUNCIONAL LÍNEAS 132 kV			NIA 698363
	Proyecto S.E.T. BARBASTRO 132/45/15 kV			Curso 4º
				Plano Nº 1.4

BARRA PRINCIPAL DE 132 kV

BARRA DE TRANSFERENCIA DE 132 kV

89-9 89-10

52-4

3 TI ARTECHE
CA-145
300-600/5-5-5 A

3 TT ARTECHE
UTE-145
 $\frac{132.000/\sqrt{3}}{110/\sqrt{3}-110/\sqrt{3}-110\sqrt{3}} V$
1a-1n: 30VA cl. 0,2
2a-2n: 30VA cl. 0,5-3P
3a-3n: 30VA cl. 0,5-3P

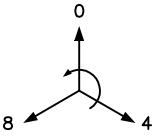
TRAFO 1
132/45 kV
31,5 MVA

3 TT ARTECHE
UTE-52
 $\frac{45.000/\sqrt{3}}{110/\sqrt{3}-110\sqrt{3}} V$
1a-1n: 25VA clase 0,2
2a-2n: 25VA clase 0,5-3P
3a-3n: 25VA clase 0,5-3P

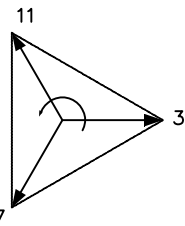
3 TI ARTECHE
CA-52
400-800/5-5-5 A

89-13 89-14

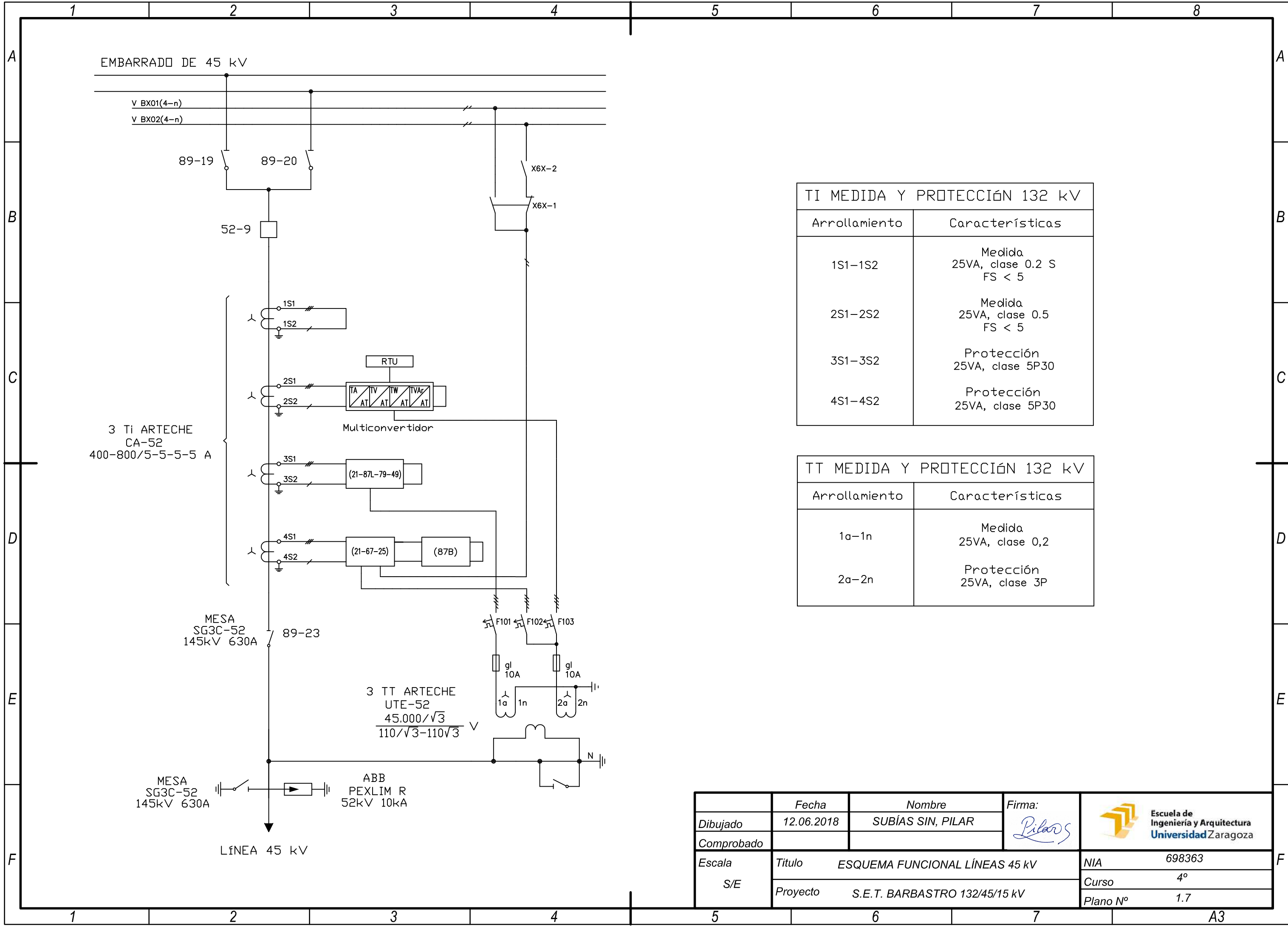
EMBARRADO DE 45 kV



30' 70'
(62) (62)
ATT
T60
(50 Vent. Tr.)
(50-51 F/N)
(87T)
(21TACON)
(50-51 F/N)
AT2





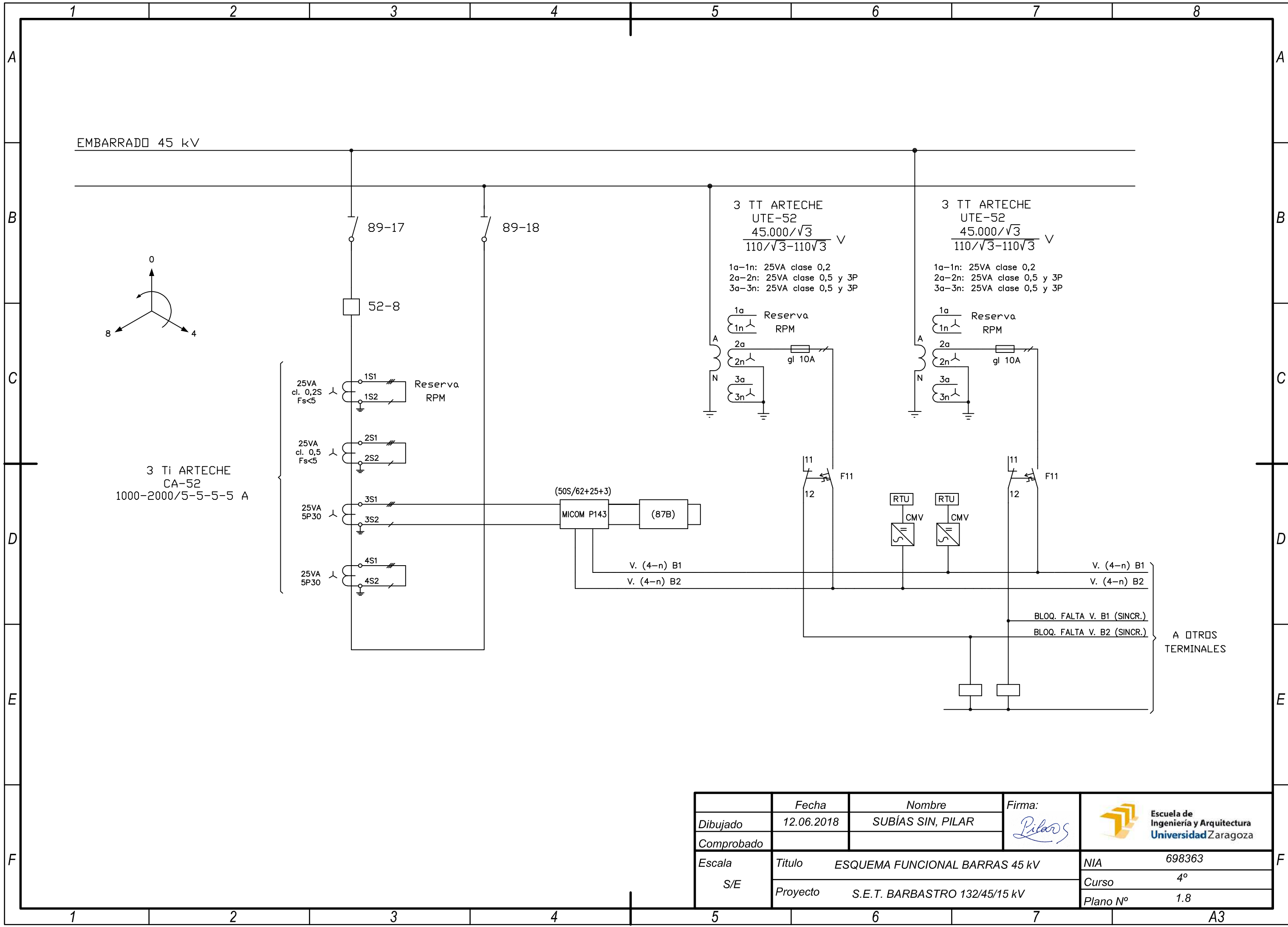
	Fecha	Nombre	Firma:	
Dibujado	12.06.2018	SUBÍAS SIN, PILAR	<i>Pilar</i>	
Comprobado				
Escala	Título	ESQUEMA FUNCIONAL TR 132/45 kV	NIA	698363
S/E	Proyecto	S.E.T. BARBASTRO 132/45/15 kV	Curso	4º
			Plano Nº	1.6





TI MEDIDA Y PROTECCIÓN 132 kV	
Arrollamiento	Características
1S1-1S2	Medida 25VA, clase 0.2 S FS < 5
2S1-2S2	Medida 25VA, clase 0.5 FS < 5
3S1-3S2	Protección 25VA, clase 5P30
4S1-4S2	Protección 25VA, clase 5P30

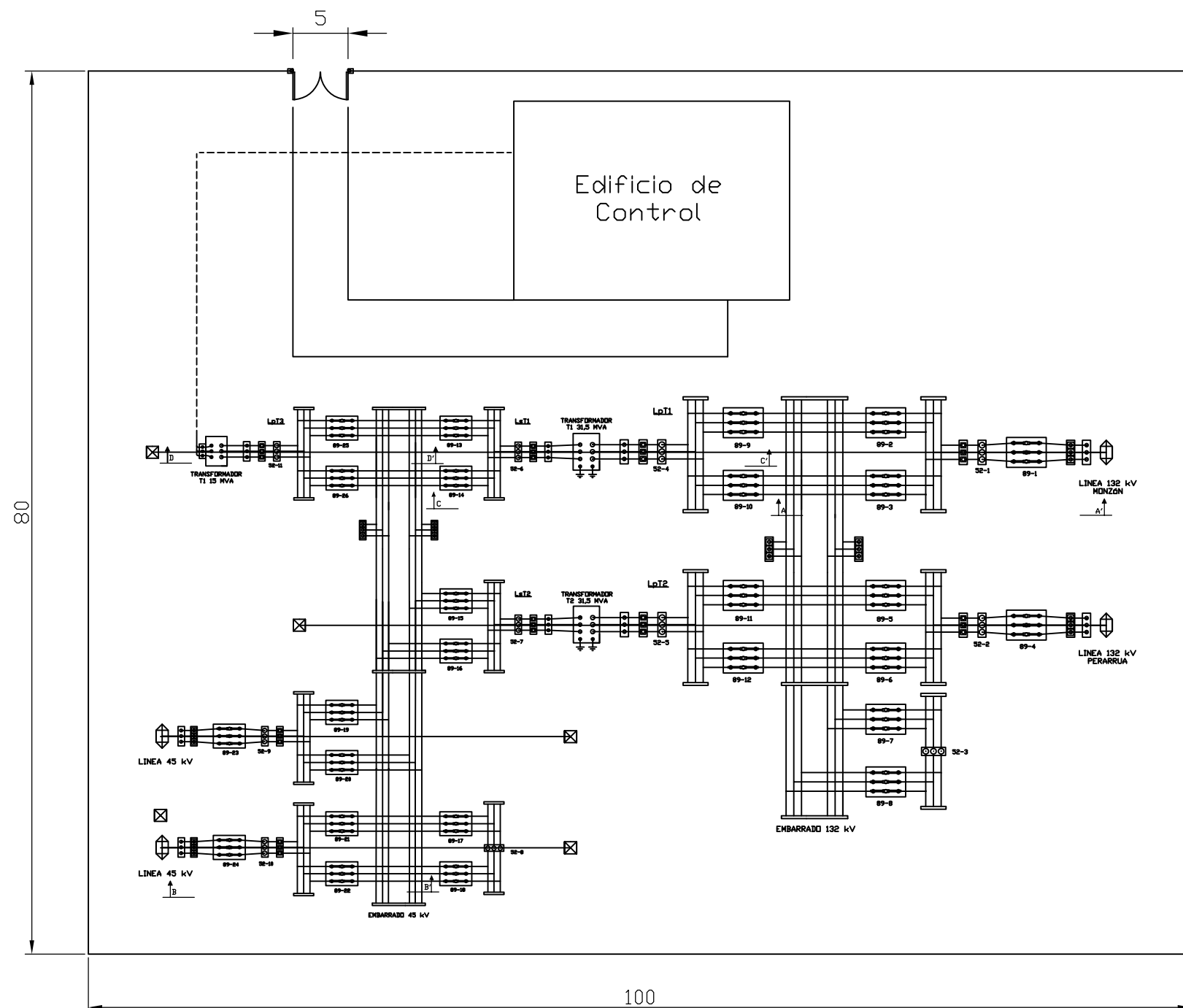
TT MEDIDA Y PROTECCIÓN 132 kV	
Arrollamiento	Características
1a-1n	Medida 25VA, clase 0,2
2a-2n	Protección 25VA, clase 3P

	Fecha	Nombre	Firma:	 Escuela de Ingeniería y Arquitectura Universidad Zaragoza
Dibujado	12.06.2018	SUBÍAS SIN, PILAR		
Comprobado				
Escala S/E	Titulo ESQUEMA FUNCIONAL LÍNEAS 45 kV			NIA 698363
	Proyecto S.E.T. BARBASTRO 132/45/15 kV			Curso 4º
				Plano Nº 1.7



	Fecha	Nombre	Firma:	 Escuela de Ingeniería y Arquitectura Universidad Zaragoza
Dibujado	12.06.2018	SUBÍAS SIN, PILAR		
Comprobado				
Escala S/E	Titulo	ESQUEMA FUNCIONAL BARRAS 45 kV		NIA 698363
	Proyecto	S.E.T. BARBASTRO 132/45/15 kV		Curso 4º
				Plano Nº 1.8





 Seccionador

 Interruptor Automático

 Autoválvula

 Transformador de Intensidad

 Transformador de Tensión



 Transformador 132/45 kV

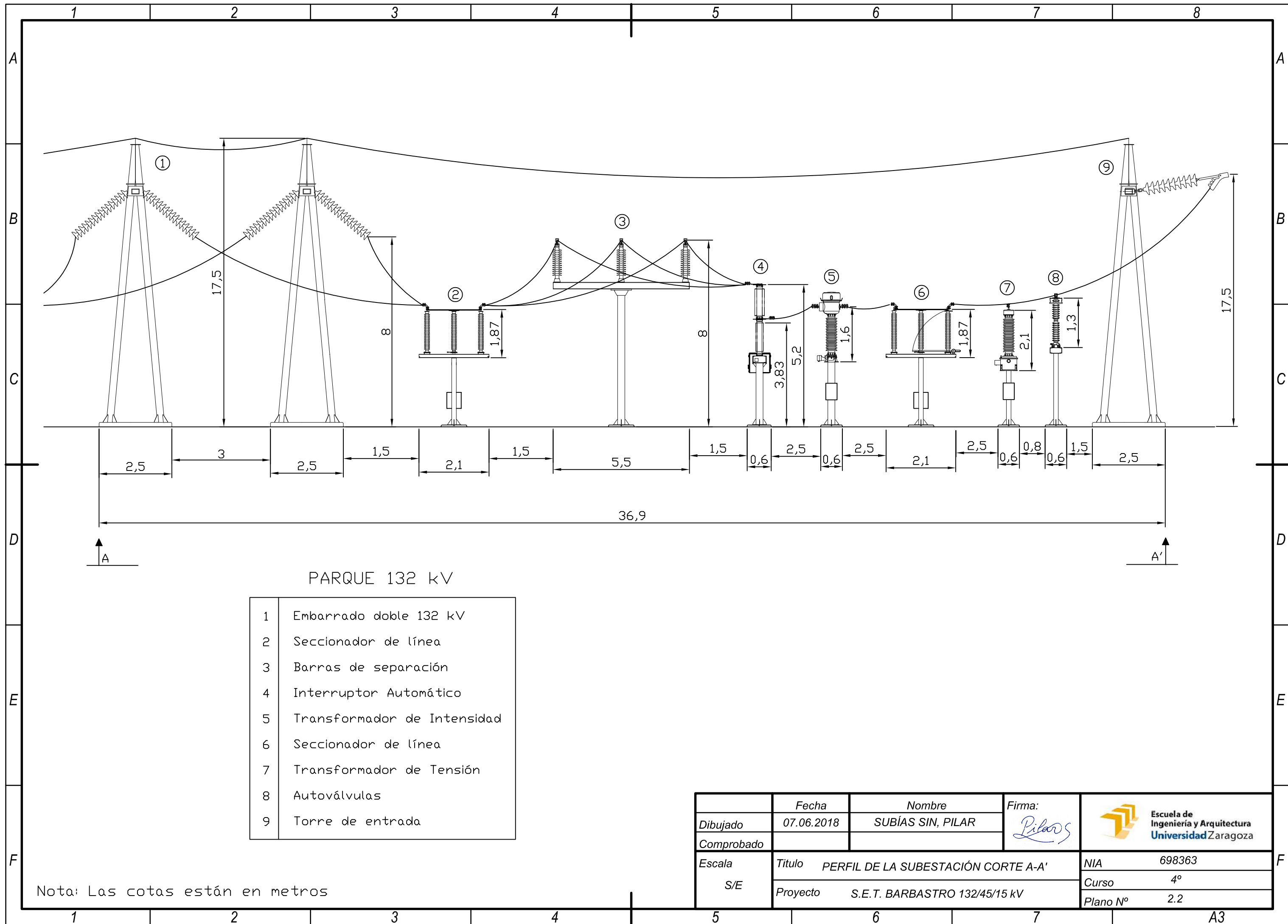
 Transformador 45/15 kV + Autoválvulas

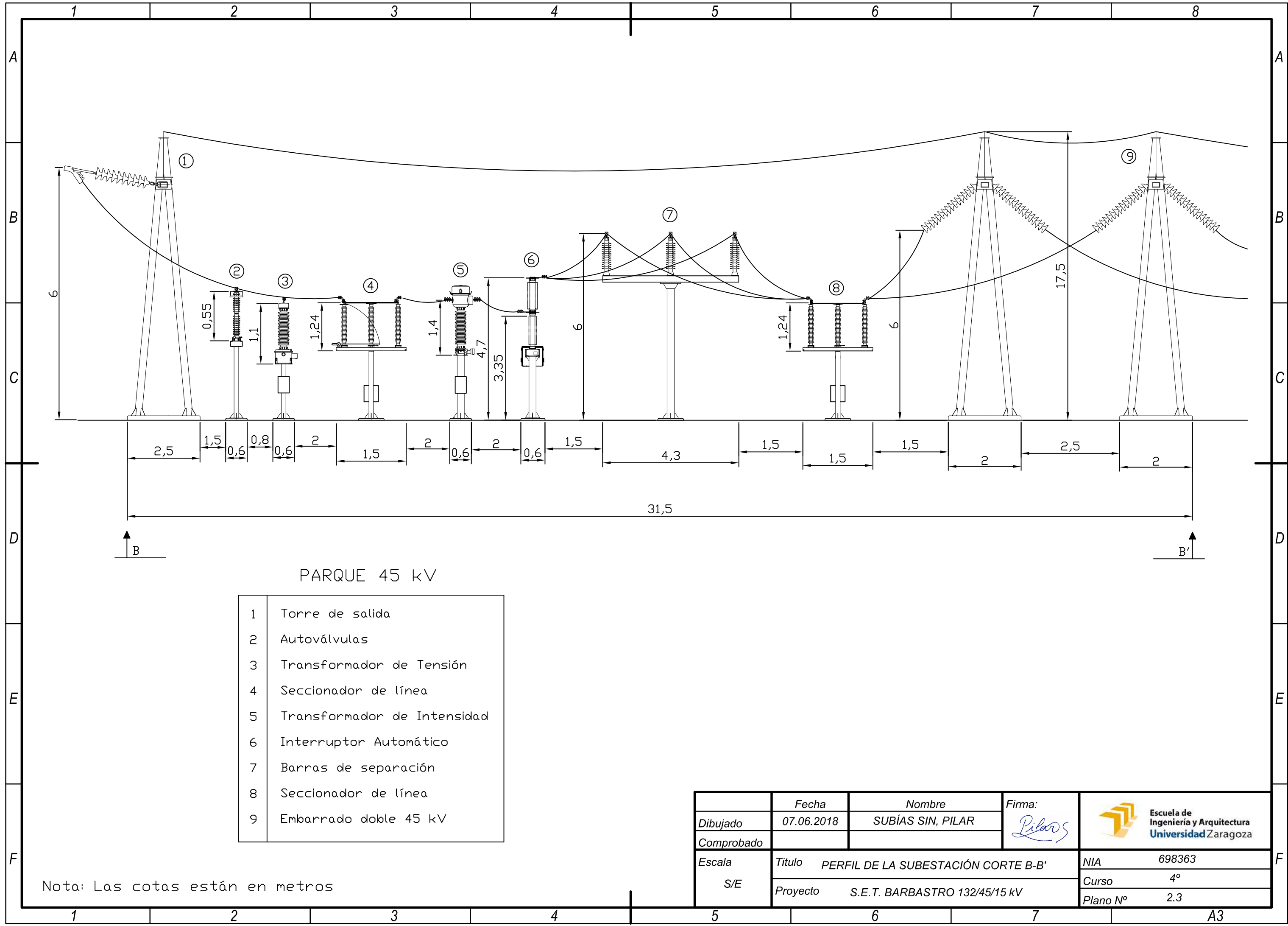
SUBESTACIÓN TRANSFORMADORA

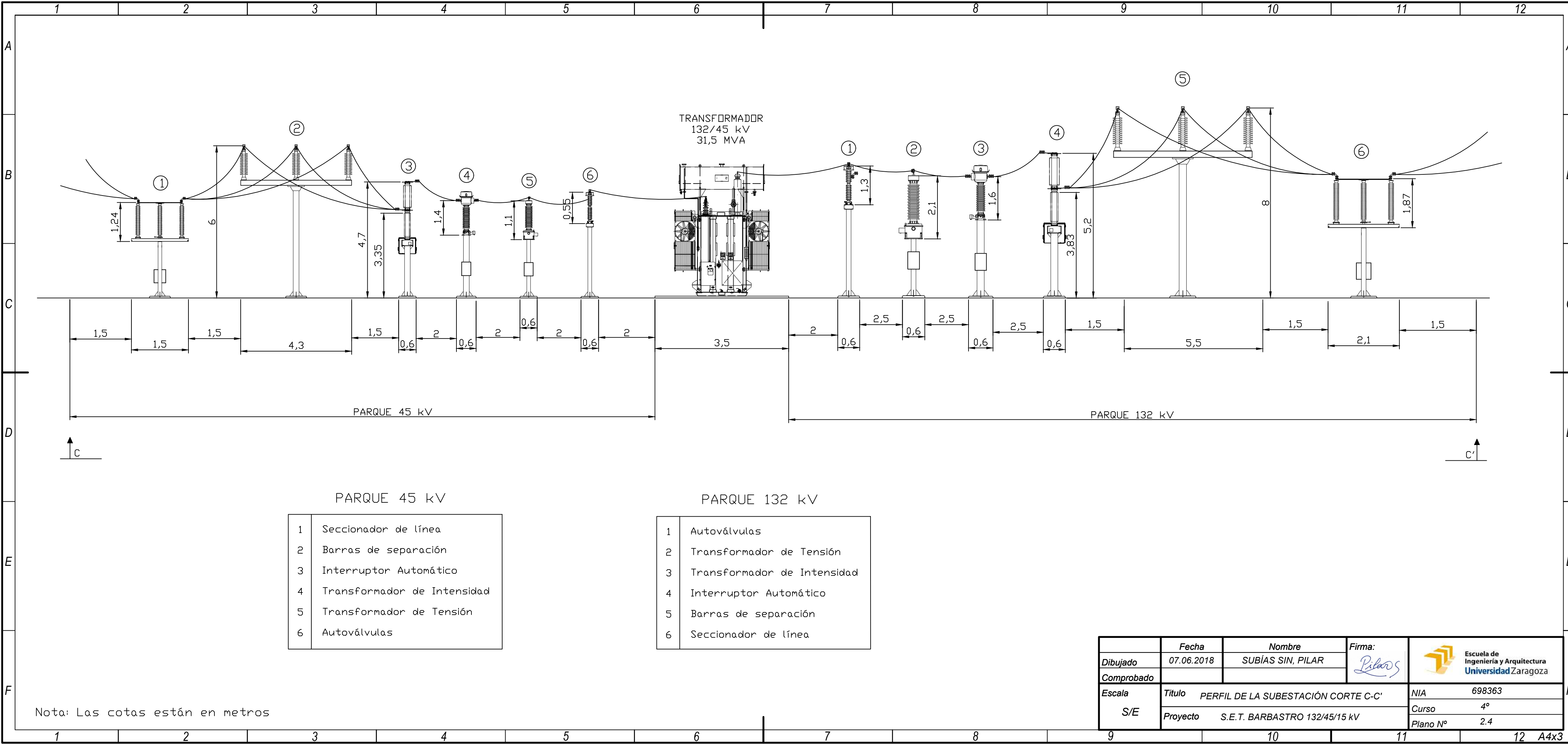
Dimensiones: 100 x 80 m
Superficie total: 8.000 m²

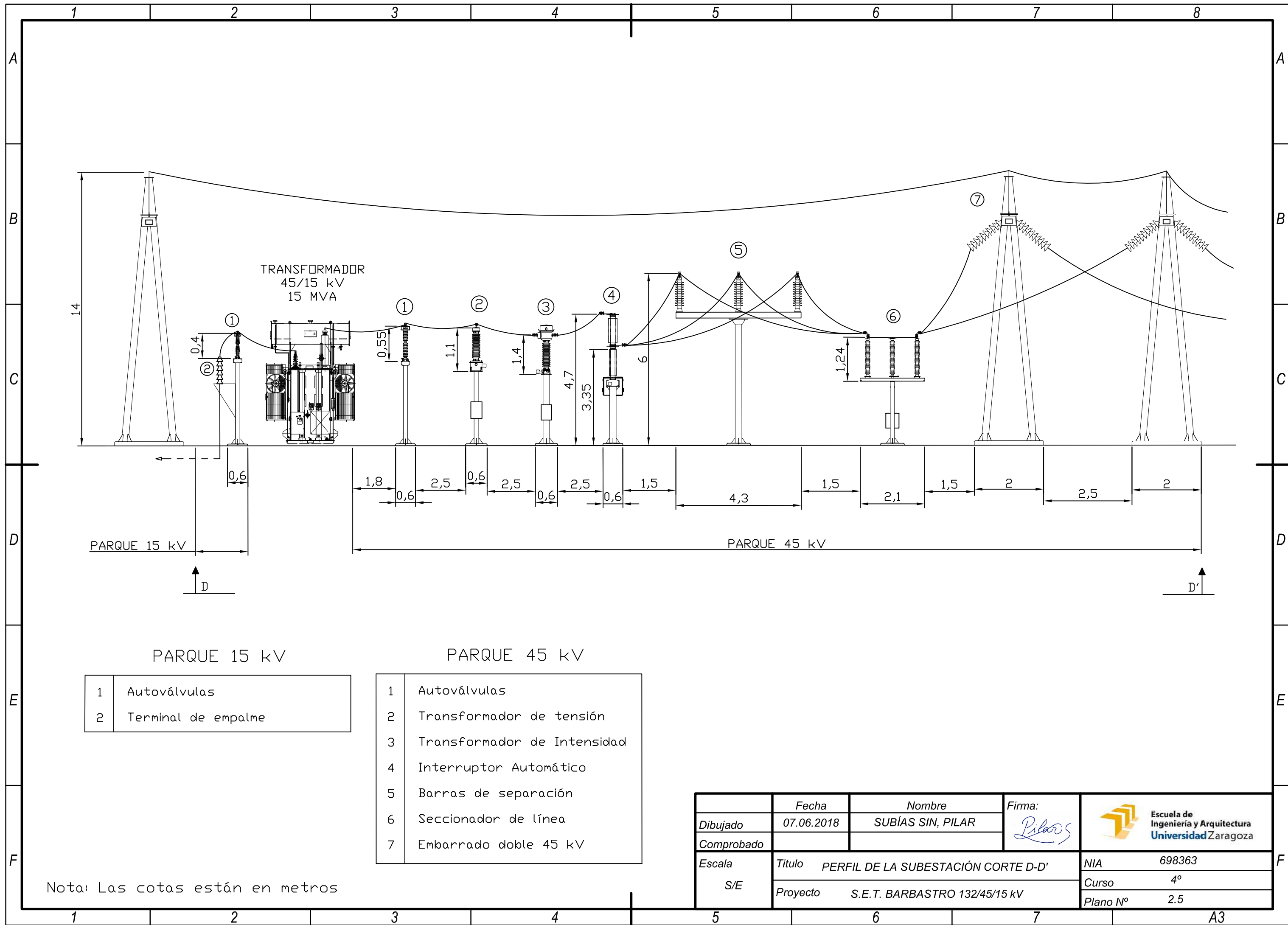
Nota: Las cotas están en metros

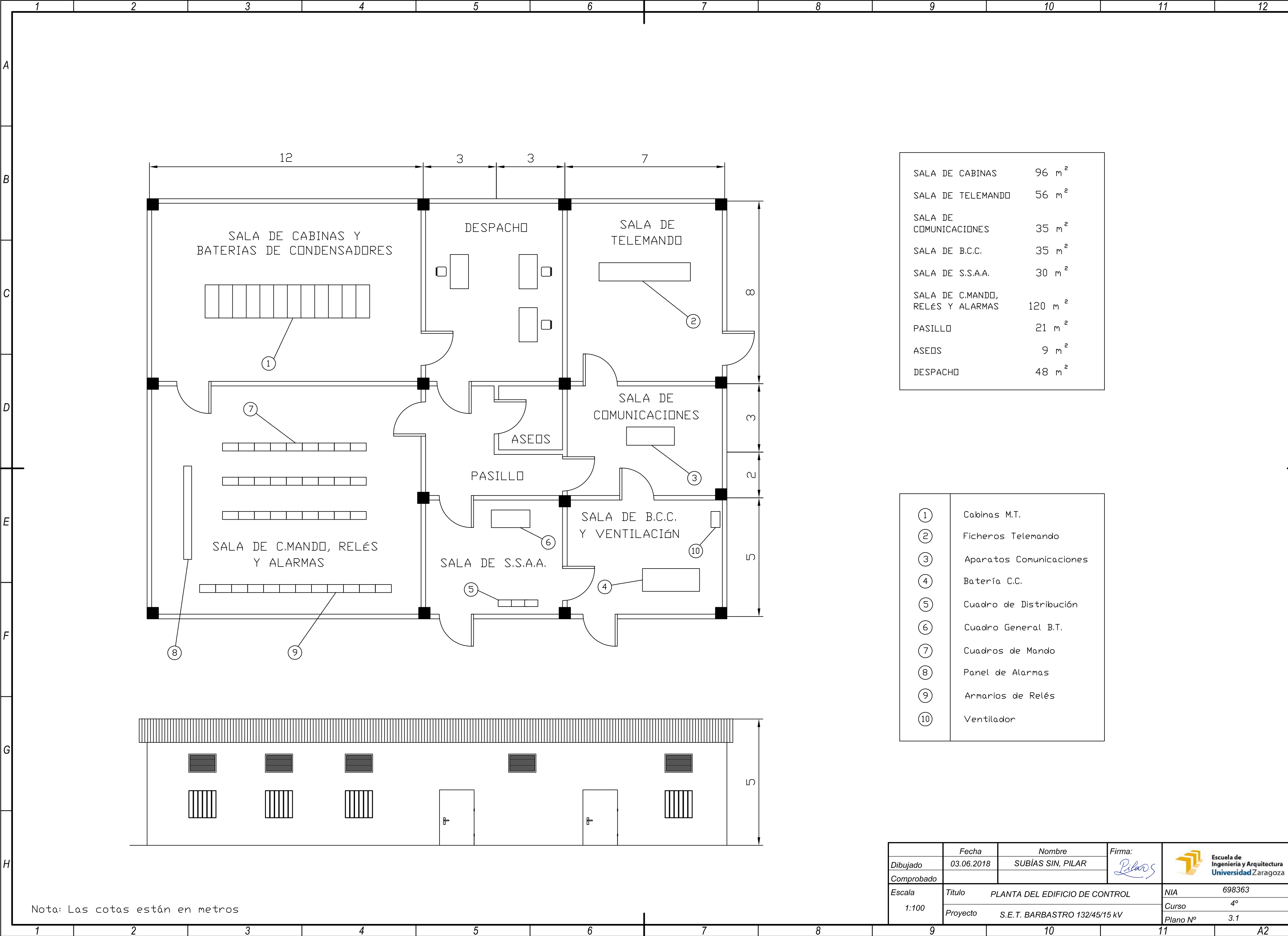
	Fecha	Nombre	Firma:	 Escuela de Ingeniería y Arquitectura Universidad Zaragoza
Dibujado	03.06.2018	SUBÍAS SIN, PILAR		
Comprobado				
Escala 1:500	Titulo PLANTA DE LA SUBESTACIÓN			NIA 698363
	Proyecto S.E.T. BARBASTRO 132/45/15 kV			Curso 4º
				Plano Nº 2.1









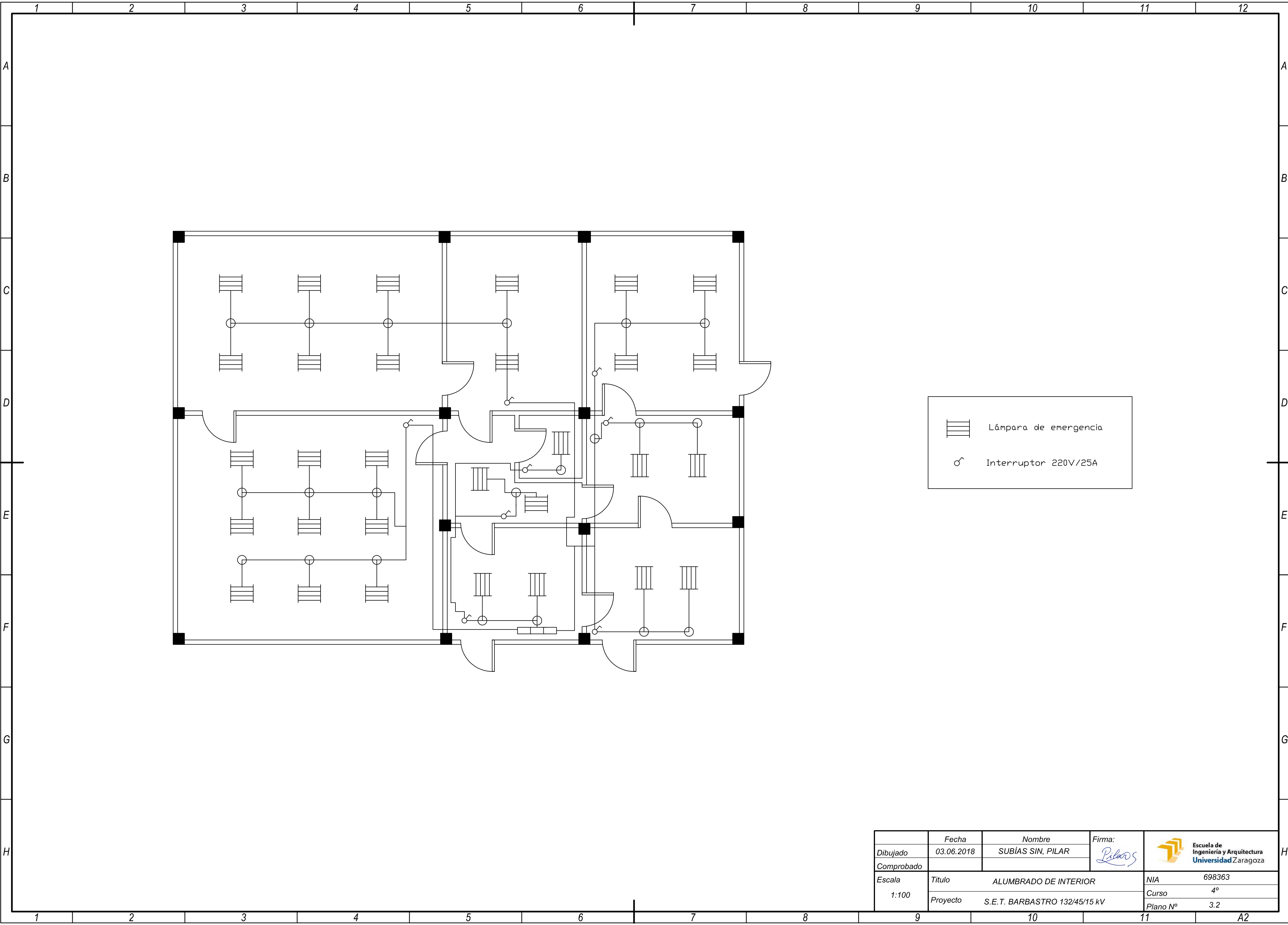



SALA DE CABINAS	96 m ²
SALA DE TELEMANDO	56 m ²
SALA DE COMUNICACIONES	35 m ²
SALA DE B.C.C.	35 m ²
SALA DE S.S.A.A.	30 m ²
SALA DE C.MANDO, RELÉS Y ALARMAS	120 m ²
PASILLO	21 m ²
ASEOS	9 m ²
DESPACHO	48 m ²


①	Cabinas M.T.
②	Ficheros Telemando
③	Aparatos Comunicaciones
④	Batería C.C.
⑤	Cuadro de Distribución
⑥	Cuadro General B.T.
⑦	Cuadros de Mando
⑧	Panel de Alarmas
⑨	Armarios de Relés
⑩	Ventilador


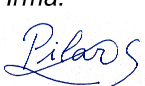
Nota: Las cotas están en metros

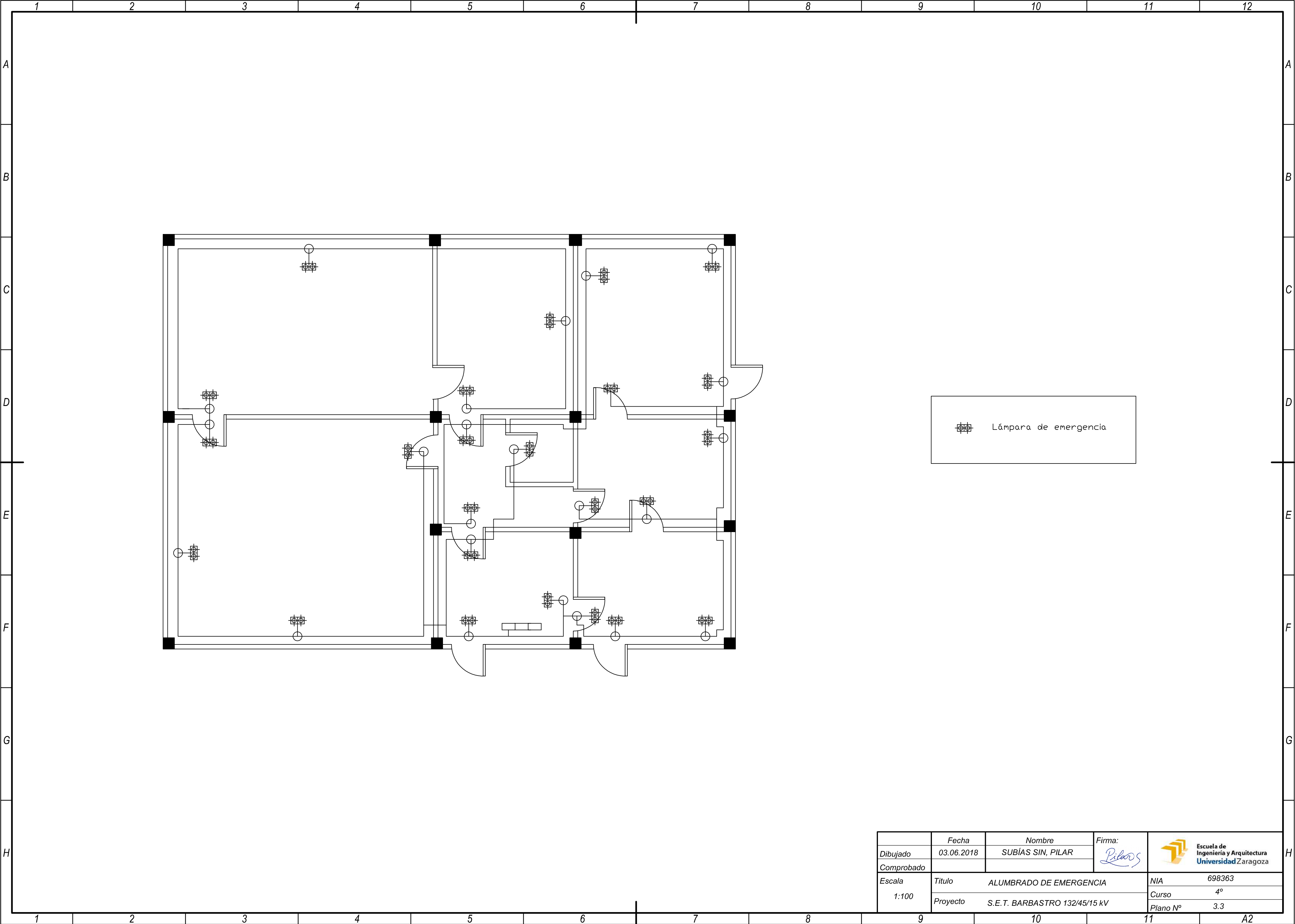
	Fecha	Nombre	Firma:	
Dibujado	03.06.2018	SUBÍAS SIN, PILAR	<i>Pilar</i>	
Comprobado				
Escala	Título	PLANTA DEL EDIFICIO DE CONTROL		
1:100	Proyecto	S.E.T. BARBASTRO 132/45/15 kV		
	NIA	698363	Curso	4º
	Plano Nº	3.1		

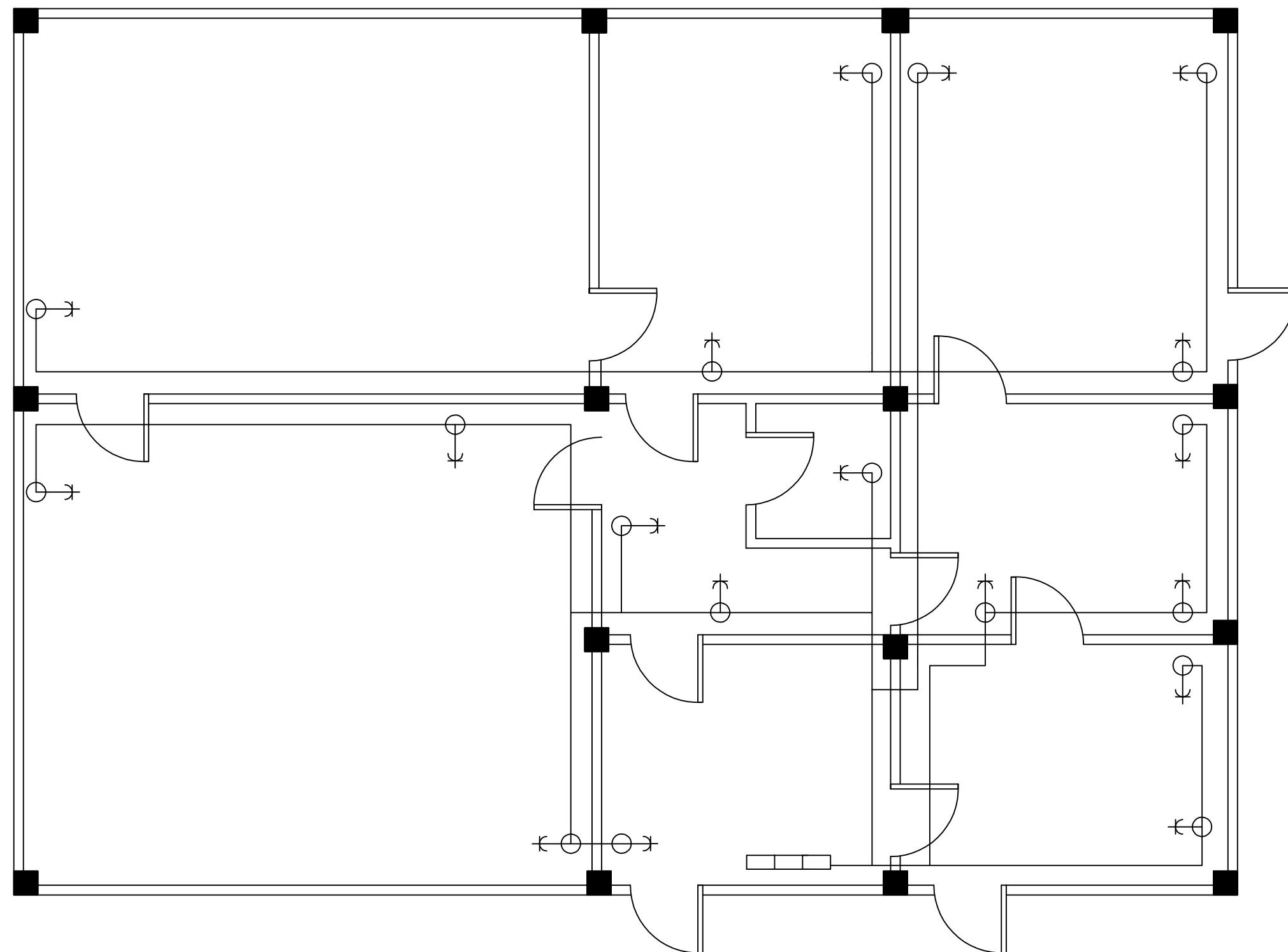


Lámpara de emergencia

Interruptor 220V/25A

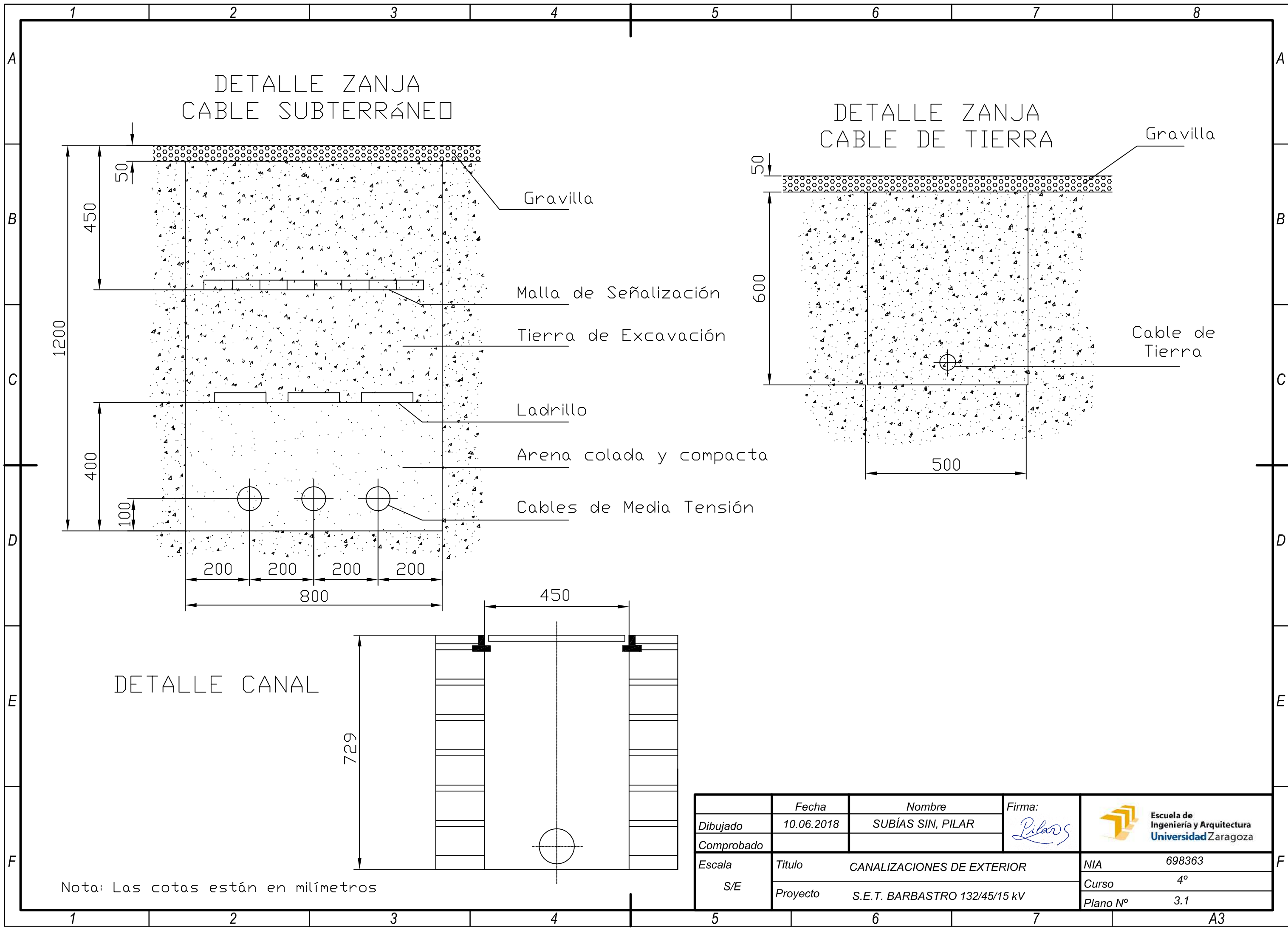
	Fecha	Nombre	Firma:		Escuela de Ingeniería y Arquitectura Universidad Zaragoza
Dibujado	03.06.2018	SUBÍAS SIN, PILAR			
Comprobado					
Escala 1:100	Título			NIA	698363
	Proyecto			Curso	4º
				Plano Nº	3.2

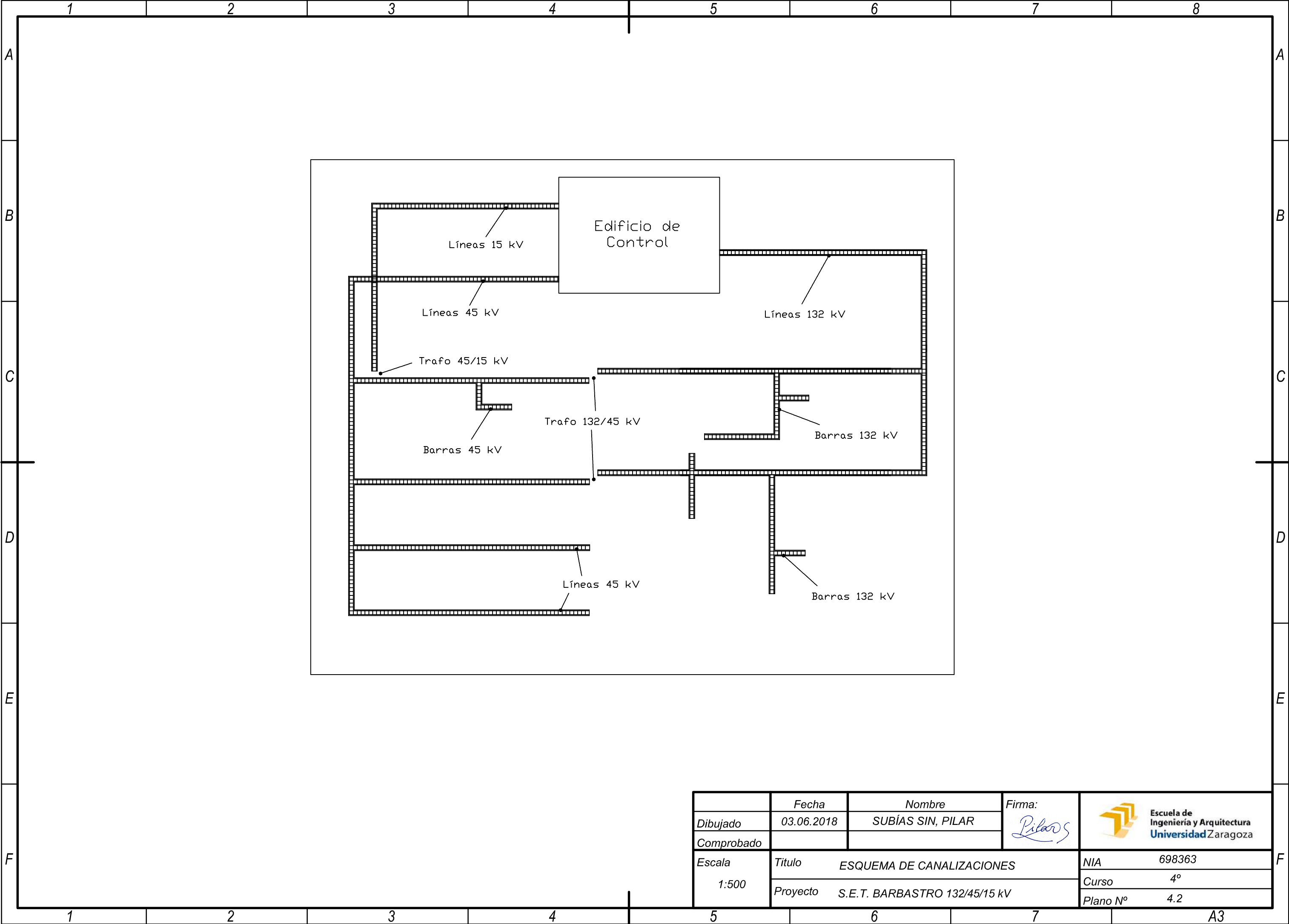




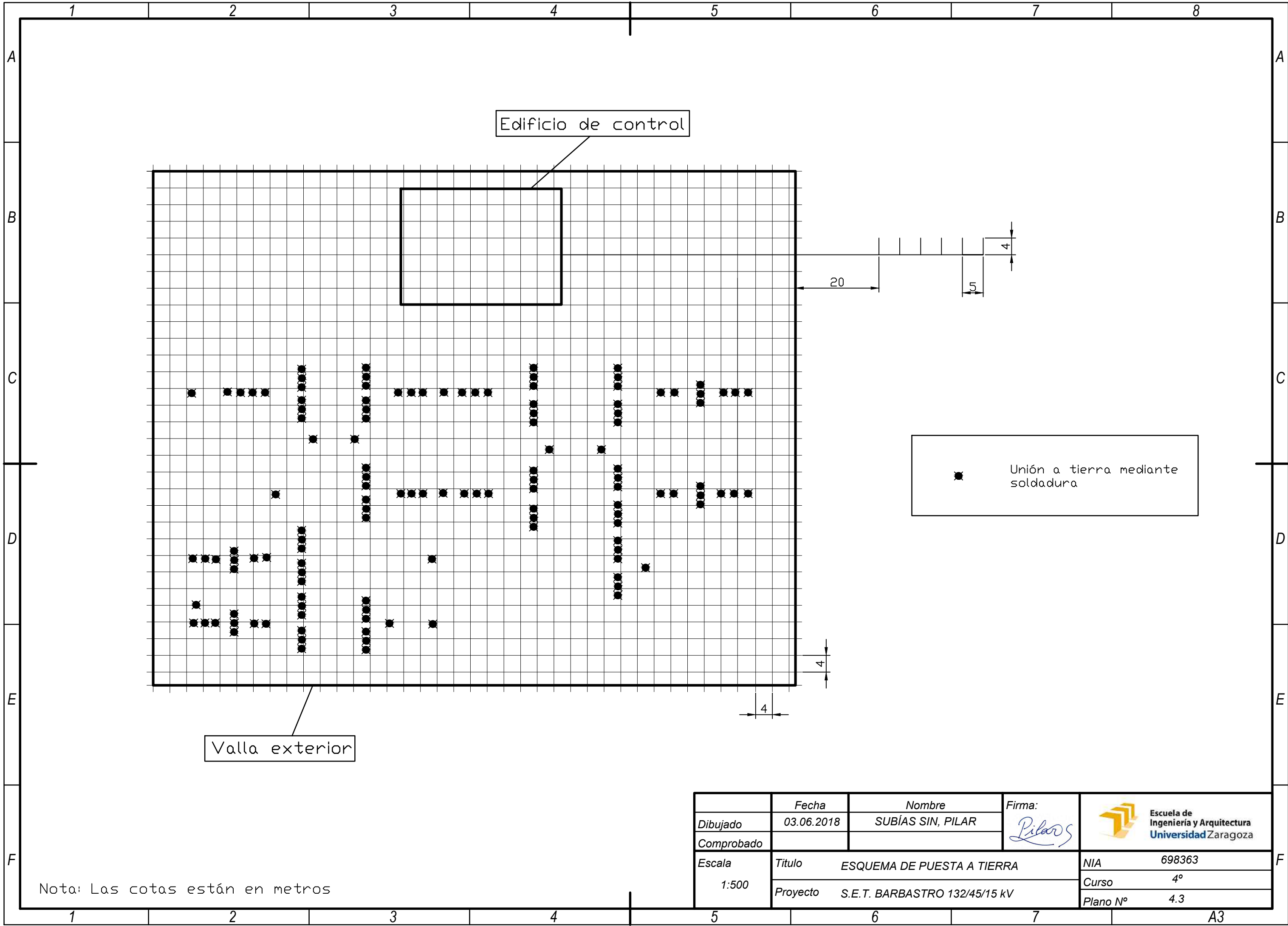
⌚ Tomas de Corriente 230 V

	Fecha	Nombre	Firma:	 Escuela de Ingeniería y Arquitectura Universidad Zaragoza
Dibujado	03.06.2018	SUBÍAS SIN, PILAR		
Comprobado				
Escala 1:100	Título TOMAS DE CORRIENTE			NIA 698363
	Proyecto S.E.T. BARBASTRO 132/45/15 kV			Curso 4º
				Plano Nº 3.4
0	10	11	42	





	Fecha	Nombre	Firma:	 Escuela de Ingeniería y Arquitectura Universidad Zaragoza
Dibujado	03.06.2018	SUBÍAS SIN, PILAR		
Comprobado				
Escala	Titulo		NIA	
1:500	ESQUEMA DE CANALIZACIONES		698363	
	Proyecto		Curso	
	S.E.T. BARBASTRO 132/45/15 kV		4º	
			Plano Nº	
			4.2	



Nota: Las cotas están en metros

	Fecha	Nombre	Firma:	 Escuela de Ingeniería y Arquitectura Universidad Zaragoza
Dibujado	03.06.2018	SUBÍAS SIN, PILAR		
Comprobado				
Escala	Titulo ESQUEMA DE PUESTA A TIERRA		NIA	698363
1:500	Proyecto S.E.T. BARBASTRO 132/45/15 kV		Curso	4º
			Plano Nº	4.3

Pliego de Condiciones

DISEÑO DE UNA SUBESTACIÓN ELÉCTRICA PARA ABASTECER BARBASTRO Y ALREDEDORES

Autor/es

Pilar Subías Sin

Director/es

Antonio Montañés Espinosa



PLIEGO DE CONDICIONES

1. OBJETO	3
2. DISPOSICIONES GENERALES	3
2.1 CONDICIONES FACULTATIVAS LEGALES	3
2.2 SEGURIDAD EN EL TRABAJO	4
2.3 SEGURIDAD PÚBLICA.....	5
3. ORGANIZACIÓN DEL TRABAJO	5
3.1 DATOS DE LA OBRA	5
3.2 REPLANTEO DE LA OBRA	6
3.3 MEJORAS Y VARIACIONES DEL PROYECTO	6
3.4 RECEPCIÓN DEL MATERIAL.....	6
3.5 ORGANIZACIÓN	7
3.6 EJECUCIÓN DE LAS OBRAS.....	7
3.7 SUBCONTRATACIÓN DE LAS OBRAS.....	8
3.8 PLAZO DE EJECUCIÓN	8
3.9 RECEPCIÓN PROVISIONAL	9
3.10 PERIODOS DE GARANTÍA.....	9
3.11 RECEPCIÓN DEFINITIVA	10
3.12 PAGO DE OBRAS.....	10
3.13 ABONO DE MATERIALES ACOPIADOS	10
4. SUBESTACIÓN ELÉCTRICA.....	11
4.1 OBRAS COMPRENDIDAS	11
4.2 CONDICIONES DE LOS MATERIALES	12
4.2.1 CONDICIONES GENERALES	12
4.2.2 EDIFICIOS.....	12
4.2.3 OBRA CIVIL.....	12
4.2.4 EQUIPOS	13
4.3 CONDICIONES DE LA EJECUCIÓN DE LAS OBRAS.....	15
4.3.1 EXCAVACIONES.....	16
4.3.2 HORMIGONES.....	16
4.3.3 ENCOFRADOS	16
4.3.4 ESTRUCTURA METÁLICA.....	17
La presentación de los anclajes se efectuará con las plantillas previstas para este fin.....	17



4.3.5 APARELLAJE	17
4.3.6 EMBARRADOS Y CONEXIONES	17
4.3.7 TIERRAS	18
4.3.8 TRANSFORMADORES.....	18
4.3.9 CABLES DE FUERZA Y CONTROL	18
4.3.10 CUADROS ELÉCTRICOS	18
4.3.11 CONSTRUCCIONES AUXILIARES Y PROVISIONALES	20
5. EDIFICIO INTERIOR	20
5.1 OBJETO	20
5.2 ESTRUCTURA ENVOLVENTE DEL EDIFICIO INTERIOR	21
5.2.1 EMPLAZAMIENTO.....	21
5.2.2 EXCAVACIÓN	21
5.2.3 DESCRIPCIÓN Y COMPONENTES DEL EDIFICIO.....	21
5.2.4 VENTILACIÓN.....	22
5.2.5 PUERTAS.....	22
5.3. INSTALACIÓN ELÉCTRICA.....	23
5.3.1 ALIMENTACIÓN SUBTERRÁNEA	23
5.3.2 ALUMBRADO	23
5.3.3 CELDAS DE M.T.....	23
5.3.4 PUESTA A TIERRA	24
5.4. MATERIALES	24
5.4.1 RECONOCIMIENTO Y ADMISIÓN DE MATERIALES	24
5.4.2 CONDUCTORES.....	25
5.4.3 CELDAS PREFABRICADAS.....	25
5.4.4 TRANSFORMADORES.....	25
5.4.5 MATERIALES VARIOS	25
5.4.6 RESPONSABILIDAD DEL CONTRATISTA.....	26
5.5 RECEPCIÓN DE LA OBRA.....	26
5.5.1 AISLAMIENTO	26
5.5.2 ENSAYO DIELECTRICO.....	26
5.5.3 INSTALACIÓN DE PUESTA A TIERRA	26
5.5.4 REGULACIÓN Y PROTECCIONES.....	27
5.5.5 TRANSFORMADORES.....	27
6. NORMAS DE LA EMPRESA SUMINISTRADORA DE ENERGÍA	27
7. CONCLUSIÓN, FECHA Y FIRMA	27

1. OBJETO

El presente Pliego de Condiciones determina los requisitos a que se debe ajustar la instalación de los elementos de protección y control de la subestación eléctrica, cuyas características técnicas están especificadas en los documentos conforman el Proyecto.

La instalación se ejecutará con estricta sujeción al presente Proyecto, el cual consta de los documentos preceptivos: Memoria con Anexo de Cálculos y de Seguridad y Salud, Planos, Pliego de Prescripciones Técnicas y Presupuesto.

2. DISPOSICIONES GENERALES

El Contratista está obligado al cumplimiento de la Reglamentación del Trabajo correspondiente, la contratación del Seguro Obligatorio, Subsidio familiar y de vejez, Seguro de Enfermedad y todas aquellas reglamentaciones de carácter social vigentes o que en lo sucesivo se dicten. En particular, deberá cumplir lo dispuesto en la Norma UNE 24042 “Contratación de Obras”, siempre que no lo modifique el presente Pliego de Condiciones.

El Contratista deberá estar clasificado, según Orden del Ministerio de Hacienda, en el Grupo, Subgrupo y Categoría correspondientes al Proyecto y que se fijará en el Pliego de Condiciones Particulares, en caso de que proceda.

2.1 CONDICIONES FACULTATIVAS LEGALES

Las obras del Proyecto, además de lo prescrito en el Pliego de Condiciones Generales y en el presente de Condiciones Particulares, se regirán por lo especificado en:

- Reglamento de Verificaciones Eléctricas y Regularidad en el Suministro de Energía según Real Decreto 724/1979 de 20 de Febrero y modificación a dicho Reglamento según Real Decreto 1725/1984 de 18 de Julio (B.O.E. de 25-9-84).
- Reglamento sobre Líneas Eléctricas Aéreas de Alta Tensión aprobado por Decreto 3151 de 28 de Noviembre de 1968 (B.O.E. número 311 de 27-12-68 y B.O.E. número 58 de 8-3-69)
- Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión, aprobado por Decreto 842/2002 de 20 de Septiembre (B.O.E. de 18-09-02) e Instrucciones Complementarias a dicho Reglamento (MIE-BT).

- Reglamento de Estaciones de Transformación según Orden Ministerial del 23-2- 49 (B.O.E. del 10-4-49) y Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación según Real Decreto 3275/1982 de 12 de Noviembre (B.O.E. nº 288 de 1 de Diciembre de 1982) e Instrucciones Técnicas Complementarias al Reglamento anterior (MIE-RAT) aprobadas por Orden Ministerial de 6 de Julio de 1984 (B.O.E. de 1-8-84) y complementadas y actualizadas por Ordenes posteriores.
- Real Decreto 8/6/2001 (BOE nº 148 de 21 de Junio de 2001) sobre las Condiciones mínimas para la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico.
- 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.

2.2 SEGURIDAD EN EL TRABAJO

El Contratista está obligado a cumplir las condiciones que se indican en el último punto del apartado anterior y cuantas en esta materia fueran de pertinente aplicación.

Asimismo, deberá proveer cuanto fuese preciso para el mantenimiento de las máquinas, herramientas, materiales y útiles de trabajo en debidas condiciones de seguridad.

Mientras los operarios trabajen en circuitos o equipos en tensión o en su proximidad, usarán ropa sin accesorios metálicos y evitarán el uso innecesario de objetos de metal; los metros, reglas, mangos de aceiteras, útiles limpiadores, etc. que se utilicen no deben ser de material conductor. Se llevarán las herramientas o equipos en bolsas y se utilizará calzado aislante o al menos sin herrajes ni clavos en suelas.

El personal de la Contrata viene obligado a usar todos los dispositivos y medios de protección personal, herramientas y prendas de seguridad exigidos para eliminar o reducir los riesgos profesionales tales como casco, gafas, banqueta aislante, etc. pudiendo el Director de Obra suspender los trabajos, si estima que el personal de la Contrata está expuesto a peligros que son corregibles.

El Director de Obra podrá exigir del Contratista, ordenándolo por escrito, el cese en la obra de cualquier empleado u obrero que, por imprudencia temeraria, fuera capaz de producir accidentes que hicieran peligrar la integridad física del propio trabajador o de sus compañeros.

El Director de Obra podrá exigir del Contratista en cualquier momento, antes o después de la iniciación de los trabajos, que presente los documentos acreditativos de haber formalizado los regímenes de Seguridad Social de todo tipo (afiliación, accidente, enfermedad, etc.) en la forma legalmente establecida.

2.3 SEGURIDAD PÚBLICA

El Contratista deberá tomar todas las precauciones máximas en todas las operaciones y usos de equipos para proteger a las personas, animales y cosas de los peligros procedentes del trabajo, siendo de su cuenta las responsabilidades que por tales accidentes se ocasionen.

El Contratista mantendrá póliza de Seguros que proteja suficientemente a él y a sus empleados u obreros frente a las responsabilidades por daños, responsabilidad civil, etc. que en uno y otro pudieran incurrir para el Contratista o para terceros, como consecuencia de la ejecución de los trabajos.

3. ORGANIZACIÓN DEL TRABAJO

El Contratista ordenará los trabajos en la forma más eficaz para la perfecta ejecución de los mismos y las obras se realizarán siempre siguiendo las indicaciones del Director de Obra, al amparo de las condiciones siguientes:

3.1 DATOS DE LA OBRA

Se entregará al Contratista una copia de los planos y pliegos de condiciones del Proyecto, así como cuantos planos o datos necesite para la completa ejecución de la Obra.

El Contratista podrá tomar nota o sacar copia a su costa de la Memoria, Presupuesto y Anexos del Proyecto, así como segundas copias de todos los documentos.

El Contratista se hace responsable de la buena conservación de los originales de donde obtenga las copias, los cuales serán devueltos al Director de Obra después de su utilización.

Por otra parte, en un plazo máximo de dos meses, después de la terminación de los trabajos, el Contratista deberá actualizar los diversos planos y documentos existentes, de acuerdo con las características de la obra terminada, entregando al Director de Obra dos expedientes completos relativos a los trabajos realmente ejecutados.

No se harán por el Contratista alteraciones, correcciones, omisiones, adiciones o variaciones sustanciales en los datos fijados en el Proyecto, salvo aprobación previa por escrito del Director de Obra.

3.2 REPLANTEO DE LA OBRA

El Director de Obra, una vez que el Contratista esté en posesión del Proyecto y antes de comenzar las obras, deberá hacer el replanteo de las mismas, con especial atención en los puntos singulares, entregando al Contratista las referencias y datos necesarios para fijar completamente la ubicación de los mismos.

Se levantará por duplicado Acta, en la que constarán, claramente, los datos entregados, firmado por el Director de Obra y por el representante del Contratista.

Los gastos de replanteo serán de cuenta del Contratista.

3.3 MEJORAS Y VARIACIONES DEL PROYECTO

No se considerarán como mejoras ni variaciones del Proyecto más que aquellas que hayan sido ordenadas expresamente por escrito por el Director de Obra y convenido precio antes de proceder a su ejecución.

Las obras accesorias o delicadas, no incluidas en los precios de adjudicación, podrán ejecutarse con personal independiente del Contratista.

3.4 RECEPCIÓN DEL MATERIAL

El Director de Obra de acuerdo con el Contratista dará a su debido tiempo su aprobación sobre el material suministrado y confirmará que permite una instalación correcta.

La vigilancia y conservación del material suministrado será por cuenta del Contratista.

3.5 ORGANIZACIÓN

El Contratista actuará de patrono legal, aceptando todas las responsabilidades correspondientes y quedando obligado al pago de los salarios y cargas que legalmente están establecidas, y en general, a todo cuanto se legisle, decrete u ordene sobre el particular antes o durante la ejecución de la obra.

Dentro de lo estipulado en el Pliego de Condiciones, la organización de la Obra, así como la determinación de la procedencia de los materiales que se empleen, estará a cargo del Contratista a quien corresponderá la responsabilidad de la seguridad contra accidentes.

El Contratista deberá, sin embargo, informar al Director de Obra de todos los planes de organización técnica de la Obra, así como de la procedencia de los materiales y cumplimentar cuantas órdenes le de éste en relación con datos extremos.

En las obras por administración, el Contratista deberá dar cuenta diaria al Director de Obra de la admisión de personal, compra de materiales, adquisición o alquiler de elementos auxiliares y cuantos gastos haya de efectuar.

Para los contratos de trabajo, compra de material o alquiler de elementos auxiliares, cuyos salarios, precios o cuotas sobrepasen en más de un 5% de los normales en el mercado, solicitará la aprobación previa del Director de Obra, quien deberá responder dentro de los ocho días siguientes a la petición, salvo casos de reconocida urgencia, en los que se dará cuenta posteriormente.

3.6 EJECUCIÓN DE LAS OBRAS

Las obras se ejecutarán conforme al Proyecto y a las condiciones contenidas en este Pliego de Condiciones y en el Pliego Particular si lo hubiera y de acuerdo con las especificaciones señaladas en el de Condiciones Técnicas.

El Contratista, salvo aprobación por escrito del Director de Obra, no podrá hacer ninguna alteración o modificación de cualquier naturaleza tanto en la ejecución de la obra en relación con el Proyecto como en las Condiciones Técnicas especificadas, sin perjuicio de lo que en cada momento pueda ordenarse por el Director de Obra.

El Contratista no podrá utilizar en los trabajos personal que no sea de su exclusiva cuenta y cargo, salvo lo indicado en reglamento.

Igualmente, será de su exclusiva cuenta y cargo aquel personal ajeno al propiamente manual y que sea necesario para el control administrativo del mismo.

El Contratista deberá tener al frente de los trabajos un técnico suficientemente especializado a juicio del Director de Obra.

3.7 SUBCONTRATACIÓN DE LAS OBRAS

Salvo que el contrato disponga lo contrario o que de su naturaleza y condiciones se deduzca que la Obra ha de ser ejecutada directamente por el adjudicatario, podrá éste concertar con terceros la realización de determinadas unidades de obra.

La celebración de los subcontratos estará sometida al cumplimiento de los siguientes requisitos:

- a) Que se dé conocimiento por escrito al Director de Obra del subcontrato a celebrar, con indicación de las partes de obra a realizar y sus condiciones económicas, a fin de que aquél lo autorice previamente.
- b) Que las unidades de obra que el adjudicatario contrate con terceros no exceda del 50% del presupuesto total de la obra principal.

En cualquier caso el Contratista no quedará vinculado en absoluto ni reconocerá ninguna obligación contractual entre él y el subcontratista y cualquier subcontratación de obras no eximirá al Contratista de ninguna de su obligación respecto al Contratante.

3.8 PLAZO DE EJECUCIÓN

Los plazos de ejecución, total y parciales, indicados en el contrato, se empezarán a contar a partir de la fecha de replanteo.

El Contratista estará obligado a cumplir con los plazos que se señalen en el contrato para la ejecución de las obras y que serán improrrogables.

No obstante lo anteriormente indicado, los plazos podrán ser objeto de modificaciones cuando así resulte por cambios determinados por el Director de Obra debidos a exigencias de la realización de las obras y siempre que tales cambios influyan realmente en los plazos señalados en el contrato.

Si por cualquier causa, ajena por completo al Contratista, no fuera posible empezar los trabajos en la fecha prevista o tuvieran que ser suspendidos una vez empezados, se concederá por el Director de Obra, la prórroga estrictamente necesaria.

3.9 RECEPCIÓN PROVISIONAL

Una vez terminadas las obras y a los quince días siguientes a la petición del Contratista se hará la recepción provisional de las mismas por el Contratante, requiriendo para ello la presencia del Director de Obra y del representante del Contratista, levantándose la correspondiente Acta, en la que se hará constar la conformidad con los trabajos realizados, si este es el caso.

Dicho Acta será firmada por el Director de Obra y el representante del Contratista, dándose la obra por recibida si se ha ejecutado correctamente de acuerdo con las especificaciones dadas en el Pliego de Condiciones Técnicas y en el Proyecto correspondiente, comenzándose entonces a contar el plazo de garantía.

En el caso de no hallarse la Obra en estado de ser recibida, se hará constar así en el Acta y se darán al Contratista las instrucciones precisas y detalladas para remediar los defectos observados, fijándose un plazo de ejecución. Expirado dicho plazo, se hará un nuevo reconocimiento. Las obras de reparación serán por cuenta y a cargo del Contratista. Si el Contratista no cumpliera estas prescripciones podrá declararse rescindido el contrato con pérdida de la fianza.

La forma de recepción se indica en el Pliego de Condiciones Técnicas correspondiente.

3.10 PERIODOS DE GARANTÍA

El periodo de garantía será el señalado en el contrato y empezará a contar desde la fecha de aprobación del Acta de Recepción.

Hasta que tenga lugar la recepción definitiva, el Contratista es responsable de la conservación de la Obra, siendo de su cuenta y cargo las reparaciones por defectos de ejecución o mala calidad de los materiales.

Durante este periodo, el Contratista garantizará al Contratante contra toda reclamación de terceros, fundada en causa y por ocasión de la ejecución de la Obra.

3.11 RECEPCIÓN DEFINITIVA

Al terminar el plazo de garantía señalado en el contrato o en su defecto a los seis meses de la recepción provisional, se procederá a la recepción definitiva de las obras, con la concurrencia del Director de Obra y del representante del Contratista levantándose el Acta correspondiente, por duplicado (si las obras son conformes), que quedará firmada por el Director de Obra y el representante del Contratista y ratificada por el Contratante y el Contratista.

3.12 PAGO DE OBRAS

El pago de obras realizadas se hará sobre Certificaciones parciales que se practicarán mensualmente. Dichas Certificaciones contendrán solamente las unidades de obra totalmente terminadas que se hubieran ejecutado en el plazo a que se refieran.

La relación valorada que figure en las Certificaciones, se hará con arreglo a los precios establecidos, reducidos en un 10% y con la cubicación, planos y referencias necesarias para su comprobación.

Serán de cuenta del Contratista las operaciones necesarias para medir unidades ocultas o enterradas, si no se ha advertido al Director de Obra oportunamente para su medición.

La comprobación, aceptación o reparos deberán quedar terminados por ambas partes en un plazo máximo de quince días.

El Director de Obra expedirá las Certificaciones de las obras ejecutadas que tendrán carácter de documentos provisionales a buena cuenta, rectificables por la liquidación definitiva o por cualquiera de las Certificaciones siguientes, no suponiendo por otra parte, aprobación ni recepción de las obras ejecutadas y comprendidas en dichas Certificaciones.

3.13 ABONO DE MATERIALES ACOPIADOS

Cuando a juicio del Director de Obra no haya peligro de que desaparezca o se deterioren los materiales acopiados y reconocidos como útiles, se abonarán con arreglo a los precios descompuestos de la adjudicación. Dicho material será indicado por el Director de Obra que lo reflejará en el Acta de recepción de Obra, señalando el plazo de entrega en los lugares previamente indicados.

El Contratista será responsable de los daños que se produzcan en la carga, transporte y descarga de este material.

La restitución de las bobinas vacías se hará en el plazo de un mes, una vez que se haya instalado el cable que contenían. En caso de retraso en su restitución, deterioro o pérdida, el Contratista se hará también cargo de los gastos suplementarios que puedan resultar.

4. SUBESTACIÓN ELÉCTRICA

4.1 OBRAS COMPRENDIDAS

Para la correcta realización de los trabajos, se ha considerado discriminar en distintas fases las actuaciones más relevantes del desarrollo de la Construcción y Ejecución de las Instalaciones. Estas fases incluyen aquellas actividades homogéneas y con entidad propia que tienen un plazo de ejecución específico.

Las fases que se han considerado son:

a) Fase inicial de especificaciones de detalle. Esta fase comprende, sin carácter limitativo, las siguientes actividades:

- Recopilación de documentación existente (técnica, administrativa, etc.).
- Revisión de la ingeniería de proyecto Civil, Electromecánica, Eléctrica y de Control y elaboración de ingeniería de detalle en aquellos aspectos que se considere necesario.
- Realización de Especificaciones Técnicas de Materiales y Equipos.
- Emisión de órdenes de compra.
- Fase de Construcción.

En esta fase y con carácter general se contemplarán las siguientes actividades, sin carácter limitativo:

- Supervisión del seguimiento del diseño de ingeniería.
- Supervisión y recepción de la compra de equipos y suministros.
- Ejecución de Obra Civil.
- Ejecución de la Obra Electromecánica.
- Ejecución de la Obra Eléctrica y de Control.
- Medición y control de Unidades de Construcción.
- Ejecución de la Puesta en Servicio.

- Finalización de la construcción y montaje.

4.2 CONDICIONES DE LOS MATERIALES

4.2.1 CONDICIONES GENERALES

Todos los materiales serán nuevos, suministrados por fabricantes autorizados y el acabado deberá ser apropiado a las condiciones de servicio en que van a ser instalados, es decir, temperatura, humedad, corrosión y montaje interior e intemperie.

Se someterán a la aprobación de la Dirección de obra, si no se llevará a cabo este procedimiento, podrán ser rechazados aún después de colocados pudiendo ser reemplazados si la Dirección así lo estimara.

4.2.2 EDIFICIOS

Los Edificios, locales o recintos destinados a alojar en su interior la instalación eléctrica descrita en el presente documento serán de tipo prefabricado y estarán diseñados y contruidos de forma específica para albergar instalaciones eléctricas de media y alta tensión.

Cumplirán las Condiciones Generales prescritas en las Instrucciones del MIE-RAT 14 del Reglamento de Seguridad en Centrales Eléctricas, referentes a su situación, inaccesibilidad, pasos y accesos, conducciones y almacenamiento de fluidos combustibles y de agua, alcantarillado y canalizaciones, etc. Los Edificios estarán contruidos enteramente con materiales no combustibles.

Los muros del Centro deberán tener entre sus paramentos una resistencia mínima de 100.000 Ω al mes de su realización. La medición de esta resistencia se realizará aplicando una tensión de 500 V entre dos placas de 100 cm² cada una.

Ninguna de las aberturas del Centro será tal que permita el paso de cuerpos sólidos de más de 12 mm de diámetro. Las aberturas próximas a partes en tensión no permitirán el paso de cuerpos sólidos de más de 2,5 mm de diámetro y, además existirá una disposición laberíntica que impida tocar el objeto o parte, en tensión.

4.2.3 OBRA CIVIL

Se indica a continuación la calidad y preparación de los materiales a utilizar.

- Rellenos: Los rellenos se realizarán con zahorras seleccionadas, en capas que no superarán los 0,30 m de espesor, compactados hasta conseguir el 95 % del Ensayo Proctor modificado según el Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para obras de Carreteras y Puentes (PG-3).
- Hormigones: Será aplicable a la ejecución de los hormigones el contenido de la Instrucción para el proyecto y la ejecución de Obras de Hormigón en masa o armado EHE (Real Decreto 2661, de 1998), debiendo ser la resistencia característica a los 28 días de 150 y 200 Kg/cm², entendiéndose por resistencia característica la indicada en dicha Instrucción EHE.
- Aceros: El acero para armaduras para la ejecución de hormigón serán del tipo B-500-S y cumplirá las características geométricas y mecánicas en el artículo de la EHE.

4.2.4 EQUIPOS

Todos los equipos serán nuevos y de última generación, suministrados por fabricantes autorizados y el acabado deberá ser apropiado a las condiciones de servicio en que van a ser instalados.

Todos los equipos y componentes internos serán de primera calidad. Si hubiera variación en calidad a lo previsto se someterán a la aprobación de la Dirección de obra, si no se llevará a cabo este procedimiento, podrán ser rechazados aún después de colocados pudiendo ser reemplazados si la Dirección así lo estimara.

Todos los equipos cumplirán las normas del proyecto que les sean de su competencia.

4.2.4.1 Identificación de equipos

Todos los equipos deberán tener una placa de identificación de aluminio anodizado, con rotulación en letras de altura de 30 mm aproximadamente.

Además de la placa de características especificada anteriormente, cada uno de los componentes principales deberá estar provisto de una placa interna de identificación con la designación del mismo. Incluyéndose la referencia de cableado, para guardar concordancia.

Los colores de la placa de identificación deberán ajustarse al siguiente código de colores:

Placa / Inscripción: Negra / Blanco

4.2.4.2 Documentación a entregar con los equipos

La documentación de los equipos estará supeditada al desarrollo y avance del Proyecto. La misma estará relacionada y será dependiente de la documentación general del Proyecto y de los condicionantes que rijan para el desarrollo de Ingeniería.

Será responsabilidad del Contratista vigilar, que los fabricantes y suministradores entreguen los equipos y suministros, con el mayor grado de documentación descriptiva y técnica de los mismos que sea posible. En cualquier caso, siempre se incluirá toda aquella necesaria para su montaje e integración en el conjunto de la instalación, junto con el resto de equipos.

No obstante, como norma general junto con los equipos deberán incluirse:

- Suministro de al menos dos (2) copias del protocolo de ensayos del equipo y la hoja de ajustes del mismo.
- Se deberá entregar planos y documentación de:
 - Esquemas desarrollados eléctricos.
 - Diagramas cableado interior.
 - Frentes, vistas y planos constructivos con detalles de accesos de cables, cotas, pesos.
 - Listas de materiales.
 - Diagramas de interconexión.
 - Listas de cables asociados.
 - Lista de repuestos recomendada.
 - Instrucciones y recomendaciones de montaje.
 - Instrucciones y recomendaciones de almacenamiento en obra.
 - Instrucciones y recomendaciones de operación y mantenimiento.
 - Protocolos de puesta en servicio, así como de verificación de ajustes.
 - Manuales de programación y configuración de los distintos equipos.
 - Cálculos justificativos varios de ajuste y configuración, y aquellos que sean requeridos.
 - Catálogos de los componentes más significativos.
 - Documentación y dossier final de calidad.

4.2.4.3 Estructura metálica

Toda la estructura metálica prevista así como los herrajes y tornillería auxiliares para sujeción de cables y otros elementos accesorios será sometida a un proceso de galvanizado en caliente, una vez construida, con objeto de asegurar una eficaz protección contra la corrosión.

4.2.4.4 Embarrados

Se diseñarán de forma que las temperaturas máximas previstas no provoquen calentamientos por encima de 40º C sobre la temperatura ambiente. Asimismo, soportarán los esfuerzos electrodinámicos y térmicos de las corrientes de cortocircuito previstas, sin que se produzcan deformaciones permanentes.

Para su unión a las bornas del aparellaje se utilizarán piezas de conexión de cobre con tornillería de acero inoxidable y dimensionadas de tal forma que soporten sin deformaciones los esfuerzos electrodinámicos y térmicos y cuyo calentamiento será siempre menor que el de los conductores a conectar.

Los embarrados de las celdas admitirán igualmente las condiciones de diseño. Las características de las celdas pueden consultarse en el apartado correspondiente.

4.2.4.5 Dispositivos de transformación, protección y control

Todos los elementos a instalar en la Subestación están totalmente definidos y detallados mediante sus características técnicas en la Memoria.

4.3 CONDICIONES DE LA EJECUCIÓN DE LAS OBRAS

El Contratista deberá confrontar todos los planos y documentación que han sido realizados en la fase de Ingeniería, desarrollar la documentación necesaria para las fases de adquisición de material, montaje y construcción y someterla a la aprobación del Director de Obra antes de comenzar dichas fases. Deberá informar de cualquier contradicción o discrepancia que observe, de no hacerlo será responsable de cualquier error que hubiera podido evitar.

Las facilidades e instalaciones provisionales de obra serán en todo momento por cuenta del Contratista.

4.3.1 EXCAVACIONES

Para la realización de las excavaciones se seguirán las normas establecidas a tenor de las características particulares de la cimentación del terreno.

Los productos sobrantes de las excavaciones tras realizar los rellenos deberán ser depositados en vertederos de inertes autorizados.

4.3.2 HORMIGONES

Antes de verter hormigón sobre hormigón endurecido se limpiará la superficie de contacto mediante chorro de agua y aire a presión, y/o picado. El hormigón se compactará por vibraciones hasta asegurar que se han llenado todos los huecos, se ha eliminado el aire de la masa y refluye la lechada en la superficie.

Durante el primer período de endurecimiento, no se someterá al hormigón a cargas estáticas o dinámicas que puedan provocar su fisura y la superficie se mantendrá húmeda durante 7 días; como mínimo, protegiéndola de la acción directa de los rayos solares.

No se podrá colocar hormigón cuando la temperatura baje de 2º C, ni cuando siendo superior se prevea que puede bajar de 0º C durante las 48 horas siguientes, ni cuando la temperatura ambiente alcance los 40º C.

Se suspenderá el hormigonado cuando el agua de lluvia pueda producir deslavado del hormigón.

4.3.3 ENCOFRADOS

Los encofrados de madera o metálicos, serán estancos y estarán de acuerdo con las dimensiones previstas en el proyecto, será indeformable bajo la carga para la que están previstos y no presentarán irregularidades bruscas superiores a 2 mm ni suaves superiores a 6 mm medidos sobre la regla patrón de 1 m de longitud.

Su desplazamiento final, respecto a las líneas teóricas de replanteo, no podrá exceder de los 6 mm.

4.3.4 ESTRUCTURA METÁLICA

La presentación de los anclajes se efectuará con las plantillas previstas para este fin.

Una vez clasificada la estructura y comprobado que las dimensiones (incluso taladros) corresponden a las medidas indicadas en el Proyecto, se procederá al izado de la misma.

Las tolerancias admitidas son:

- Alineación ± 5 mm
- Nivelación ± 5 mm
- Aplomado $\pm h/1000$ (h = altura)

En los elementos que tengan que soportar aparatos no se admitirán errores superiores a $\pm 2,5$ mm de nivelación.

4.3.5 APARELLAJE

4.3.5.1 Interruptores

Los interruptores, una vez nivelada su celda, se regulan y ajustan comprobándose también la presión y densidad del gas a través del densímetro. El constructor de las celdas debe aprobar la bondad del montaje.

4.3.5.2 Seccionadores

Se cuidará especialmente la regulación, ajuste del mando y engrase finales, así como la penetración de las cuchillas, durante la construcción de las celdas.

4.3.5.3 Resto de aparellaje

Se procederá a la situación, nivelación y fijación a los soportes correspondientes y, en donde proceda, se instalarán las conducciones necesarias hasta las cajas de centralización.

4.3.6 EMBARRADOS Y CONEXIONES

Los embarrados de tubo se prepararán y ejecutarán en el suelo, incluyendo el doblado con máquina, empalmes si son necesarios, y taladros. En el caso de los tubos de aluminio, se prevé un equipo de soldadura para la unión de las palas de conexión.

Posteriormente se izarán y montarán los diferentes tramos.

4.3.7 TIERRAS

Cualquier elemento que no soporte tensión deberá estar conectado a la malla de tierra. El contacto de los conductores de tierra deberá hacerse de forma que quede completamente limpio y sin humedad, con contacto firme y seguro. No obstante las tomas de tierra deberán humedecerse con frecuencia.

Al final de la ejecución de la Obra se deberá realizar una comprobación de la validez de las tensiones de paso y contacto.

4.3.8 TRANSFORMADORES

Las cubas estarán preparadas para efectuar el vacío completo y serán del tipo convencional.

4.3.9 CABLES DE FUERZA Y CONTROL

Los cables se fijarán en los extremos mediante prensaestopas o grapas de presión.

Todos los cables estarán identificados y marcados. Cada hilo será igualmente identificado en sus dos extremos y marcado con la numeración correspondiente. Esta numeración quedará reflejada en la documentación que se genere finalmente para la entrega de la instalación por parte del contratista.

4.3.10 CUADROS ELÉCTRICOS

Todo el cableado se llevará por el interior de cajetines debidamente ranurados para la ventilación del mismo y será ejecutado con cable de cobre, con aislamiento plástico en diferentes colores, agrupándose en mazos debidamente fijados a la estructura del cuadro.

Todas las salidas de cable, salvo excepciones, estarán previstas por la parte inferior para los armarios de suelo y por la parte superior para los armarios de pared, llegando los cables exteriores hasta las regletas de bornas.

El conexionado se realizará con terminales y trozos de plástico con el color distintivo de la tensión y fase correspondiente. Asimismo, cada conductor llevará un numerador de plástico

con el número correspondiente a su circuito según los esquemas desarrollados que deberán entregarse con cada cuadro antes de la recepción de la obra.

En todos los casos se respetarán estrictamente tanto las prescripciones de los fabricantes de cada aparato como la normativa en vigor respecto a emisión e interferencias electromagnéticas.

Todos los aparatos situados en los frentes llevarán un rótulo de identificación construido en placa de plástico, con las letras grabadas en blanco sobre fondo negro y fijados mediante tornillos o pegamento de la suficiente calidad.

Para su emplazamiento en obra, los armarios de tipo suelo instalados sobre superficies no registrables llevarán un zócalo metálico de robustez suficiente para poder soportar su propio peso y poder ser anclado, mediante pernos, en la obra civil, construida al efecto. Para los armarios de suelo en instalación intemperie y para los de interior que carezcan de zócalo adecuado se construirá una fundación de hormigón que tendrá como mínimo 15 cm de altura sobre el nivel del suelo.

Al preparar esta fundación se dejarán los tubos o taladros necesarios para el posterior tendido de los cables, colocándolos con la mayor inclinación posible para conseguir que la entrada de cables a los tubos quede siempre 50 cm como mínimo por debajo de la rasante del suelo.

Las pruebas a que se someterán los cuadros en taller una vez terminados y en presencia del Ingeniero Director de las Obras si lo estima oportuno, serán las siguientes:

- Pruebas de tensión
- Pruebas de aislamiento
- Pruebas de circuitos
- Pruebas de cableado
- Pruebas de funcionamiento y puesta a punto

Una vez realizadas estas pruebas en taller, los cuadros llegarán a obra en perfecto estado de funcionamiento de forma que solamente se tenga que efectuar el conexionado a bornas de los conductores exteriores. Los cuadros eléctricos cumplirán en todos sus detalles con el reglamento electrotécnico español para baja tensión y normas UNE y DIN.

4.3.11 CONSTRUCCIONES AUXILIARES Y PROVISIONALES

El Contratista queda obligado a construir por su cuenta y a retirar al fin de las obras todas las edificaciones auxiliares para oficinas, almacén, cobertizos, caminos para acceso, silos, etc.

Todas estas obras estarán sometidas a la aprobación del Director de las Obras en lo que se refiere a su ubicación, cotas, etc. y en su caso en cuanto al aspecto de las mismas cuando la obra principal así lo exija.

Sin previo aviso y en un plazo de treinta días a partir de la recepción de las obras, si la Contrata no hubiese procedido a la retirada de todas las instalaciones, herramientas, materiales, etc. después de la terminación de la obra, la Administración puede mandarlas retirar por cuenta del Contratista.

5. EDIFICIO INTERIOR

5.1 OBJETO

Este apartado determina las condiciones mínimas aceptables para la ejecución de las obras de construcción y montaje del edificio para la parte de interior de la Subestación.

En general todos los componentes del edificio, embarrado, celdas de 132 kV, armarios de protección y control, etc; deberán ajustarse a las normas de la Compañía Suministradora de la energía eléctrica.

Igualmente serán de aplicación todas las normas UNE y las prescripciones fijadas en las recomendaciones UNESA, referentes a estos temas.

Para cualquier cuestión no especificada concretamente en las normas antes aludidas, serán también de aplicación las normas CEI.

No obstante, los componentes eléctricos no se considerarán recibidos hasta tanto no consiga el Instalador correspondiente, el visto bueno y autorización de puesta en servicio de la Delegación Provincial del Ministerio de Industria.

Igualmente el Contratista vendrá obligado a diligenciar, cuantos proyectos parciales y documentos requiera dicha Delegación del Ministerio de Industria.; quedando entendido que

sólo podrán ser objeto de cobro los recibos suplidos y justificados, no así las modificaciones, si las hubiera, de las obras o componentes que exija dicha Delegación.

5.2 ESTRUCTURA ENVOLVENTE DEL EDIFICIO INTERIOR

Corresponde al Contratista la responsabilidad en la ejecución de los trabajos que deberán realizarse conforme a las reglas del arte.

5.2.1 EMPLAZAMIENTO

El lugar elegido para la construcción del edificio debe permitir la colocación y la reposición de todos los elementos del mismo, concretamente los que son pesados y grandes, la subestación de interior tipo GIS. Los accesos al edificio deben tener las dimensiones adecuadas para permitir el paso de dichos elementos.

El emplazamiento del edificio debe ser tal que esté protegido de inundaciones y filtraciones.

En el caso de terrenos inundables el suelo del centro debe estar, como mínimo 0,20 metros por encima del máximo nivel de aguas conocido, o si no al centro debe proporcionársele una estanqueidad perfecta hasta dicha cota.

La división que contiene el edificio debe estar construido en su totalidad con materiales incombustibles.

5.2.2 EXCAVACIÓN

Para su ubicación se realizará una excavación de las dimensiones que se reflejan en el plano y un lecho de arena compactada y nivelada para la perfecta colocación del equipo prefabricado.

La carga y transporte a vertedero de las tierras sobrantes será por cuenta del Contratista.

5.2.3 DESCRIPCIÓN Y COMPONENTES DEL EDIFICIO

Se compondrá de un reducido número de piezas de hormigón que, básicamente, serán:

- Placa base.

- Placa solera principal para el asentamiento de celdas y paso del personal sustentada sobre apoyos que la separen de la placa base formando el compartimento para el paso de cables.
- Losetas para cierre de troneras no usadas en la solera.
- Cerramientos exteriores (paneles ciegos y con huecos para ventilación y puertas de personal).
- Cubierta.
- Puerta de personal con apertura hacia el exterior y cerradura con dos puntos de anclaje.
- Puerta de acceso de aparellaje con apertura hacia el exterior y cerradura con dos puntos de anclaje.
- Subdivisión interior para albergar la zona de control.

Las piezas estarán construidas en hormigón armado, vibrado y secado al vapor, de forma que le confieran las adecuadas propiedades mecánicas y de acabado.

La cubierta estará debidamente impermeabilizada, de forma que no quede comprometida su estanqueidad, ni haya riesgo de filtraciones. No se efectuará en ella ningún empotramiento que comprometa su estanqueidad. Tendrá la pendiente necesaria para permitir el deslizamiento de las aguas de lluvia.

5.2.4 VENTILACIÓN

El local, tal como se ha apuntado estará provisto de ventilación para la refrigeración de celdas, armarios y subestación de interior GIS.

Se recurrirá a la ventilación forzada compuesta por máquinas de refrigeración de 1 CV, situadas en un lateral los laterales.

5.2.5 PUERTAS

Las puertas de acceso al centro desde el exterior serán incombustibles y suficientemente rígidas; abrirán hacia afuera de forma que puedan abatirse sobre el muro de fachada.

5.3. INSTALACIÓN ELÉCTRICA

5.3.1 ALIMENTACIÓN SUBTERRÁNEA

Los cables de alimentación subterránea entrarán en el edificio, alcanzando la celda que corresponda, por un canal o tubo. Las secciones de estos canales o tubos permitirán la colocación de los cables con la mayor facilidad posible. Los tubos serán de superficie interna lisa, siendo su diámetro como mínimo 1,6 veces el diámetro del cable. La disposición de los canales y tubos será tal que los radios de curvatura a que deban someterse los cables serán como mínimo igual a 10 veces su diámetro, con un mínimo de 0,60 m.

Después de colocados los cables se obstruirá el orificio de paso por un tapón al que, para evitar la entrada de roedores, se incorporarán materiales duros que no dañen el cable.

5.3.2 ALUMBRADO

El centro de control estará dotado de alumbrado artificial de funcionamiento normal.

Los focos luminosos estarán colocados sobre soportes rígidos y dispuestos de manera que los aparatos de seccionamiento no queden en una zona de sombra; permitirán además la lectura correcta de los aparatos de medida. Se situarán de tal manera que la sustitución de lámparas pueda efectuarse sin necesidad de interrumpir la medida tensión y sin peligro para el operario.

Los interruptores de alumbrado se situarán en la proximidad de las puertas de acceso.

5.3.3 CELDAS DE M.T

El conjunto de celdas prefabricadas estará constituido por módulos individuales, ensamblados entre sí. La tensión máxima de servicio será 145 kV y estará de acuerdo a las Normas UNE 20099 y 21339 y la Recomendación UNESA 6407.

Se tratará de un conjunto de celdas modulares de Media Tensión, con aislamiento y corte en SF₆, cuyos embarrados se conectan utilizando unos elementos de uso específico, consiguiendo una unión totalmente apantallada, e insensible a las condiciones externas.

Serán del tipo ALSTOM B-65 o similar con todo el aparellaje en ambiente de hexafluoruro de azufre.

Están debidamente explicados en la memoria.

5.3.4 PUESTA A TIERRA

Las puestas a tierra se realizarán en la forma indicada en el Proyecto, debiendo cumplirse estrictamente lo referente a separación de circuitos, forma de constitución y valores deseados para las puestas a tierra. En todos los casos, le será de aplicación, la vigente norma MIE-RAT-013.

5.4. MATERIALES

5.4.1 RECONOCIMIENTO Y ADMISIÓN DE MATERIALES

No se procederá al empleo de los materiales sin que antes sean examinados y aceptados en los términos y forma que prescriba el Ingeniero Director o persona en quien delegue.

Las pruebas y ensayos ordenados se llevarán a cabo por el Ingeniero Director o por la persona en quién éste delegue.

La Dirección se reserva el derecho de controlar y aprobar, antes de su empleo, la calidad de los materiales deteriorables, tales como los aglomerantes hidráulicos. Por consiguiente, el Ingeniero Director podrá pedir al Contratista que envíe, por cuenta de éste, al Laboratorio que aquel designe, una cantidad suficiente de dichos materiales para ser ensayados.

El Contratista deberá montar las instalaciones, silos y almacenes necesarios, con la suficiente amplitud, a fin de que el material pueda estar en ellos retenidos cuatro (4) días, para poder efectuar los ensayos necesarios, sin que se interrumpa el ritmo normal de trabajo antes de su empleo.

Cuando los materiales no fueran de la calidad prescrita en este Pliego o no tuvieran la preparación exigida o cuando, por falta de prescripciones, se reconociera o demostrara que no eran adecuados para su objeto, el Ingeniero Director dará orden al Contratista para que a su costa los reemplace por otros que satisfagan las condiciones o llenen el objeto a que se destinen.

Los materiales rechazados deberán ser inmediatamente retirados de la obra por cuenta y riesgo del Contratista o vertidos en los lugares indicados por el Ingeniero Director o no prescritos por él.

5.4.2 CONDUCTORES

Los conductores desnudos de cobre se ajustarán a las Recomendaciones UNESA 3405, 3406 Y 3407. El tipo de sección y aislamiento de los cables, será el indicado en el Proyecto.

5.4.3 CELDAS PREFABRICADAS

Las celdas prefabricadas se ajustarán a la Norma UNE 20099 y a la recomendación UNESA 6404-A.

5.4.4 TRANSFORMADORES

Los aisladores de primario y secundario de los transformadores estarán contruidos y ensayados según norma UNE 20138 y Recomendación UNESA 5201-D. Se ajustarán a las normas particulares de la Compañía Suministradora.

En todo caso los valores de tensión nominal, regulación, etc. serán conformes con la Normativa de la Empresa Suministradora.

Se preverá la presencia de la Dirección de la Dirección Técnica en los preceptivos ensayos del transformador en fábrica. Si se desean completar el número y tipo de ensayos con otros no incluidos en la oferta del fabricante deberá consultarse a la Dirección Técnica, corriendo los costes a cargo del contratista y no menoscabándose las condiciones de la garantía por el hecho de que se decida no realizarlos.

5.4.5 MATERIALES VARIOS

Todos los materiales a emplear para la ejecución de las obras proyectadas deberán ser adecuados al fin a que se destinan, y habiéndose tenido en cuenta en las bases de precios y formación de presupuestos, se considera que serán de la mejor calidad dentro de su clase entre los existentes en el mercado.

Por esta razón, aunque por sus características singulares o menor importancia relativa no hayan merecido ser objeto de definición más explícita, su utilización en obra quedará condicionada a la aprobación del Ingeniero Director de la misma, el cual podrá determinar y exigir las pruebas o ensayos de recepción que estén adecuados al efecto.

En cualquier caso, los materiales serán de igual o mejor calidad que la que pudiera deducirse de su procedencia, valoración o características, citadas en algún documento del proyecto. Además deberán atenerse a las normas oficiales y criterios de buena fabricación en su ramo, pudiendo exigir en consecuencia el Ingeniero Director de obra su suministro por firma que ofrezca las adecuadas garantías y las pruebas y ensayos de control que considere más pertinentes al efecto.

5.4.6 RESPONSABILIDAD DEL CONTRATISTA

La recepción de los materiales no excluye la responsabilidad del contratista por la calidad de los mismos, la cual subsistirá hasta el momento en que se reciban definitivamente las obras en las que se han utilizado dichos materiales.

5.5 RECEPCIÓN DE LA OBRA

En la recepción de la instalación se incluirán los siguientes conceptos:

5.5.1 AISLAMIENTO

Consistirá en la medición de la resistencia de aislamiento del conjunto de la instalación y de los aparatos más importantes.

5.5.2 ENSAYO DIELECTRICO

Todo el material que forma parte del equipo eléctrico del centro deberá soportarlo por separado las tensiones de prueba a frecuencia industrial y a impulso tipo rayo.

Los ensayos se realizarán aplicando la tensión entre cada fase y masa, quedando las fases no ensayadas conectadas a masa.

5.5.3 INSTALACIÓN DE PUESTA A TIERRA

Se comprobará la medida de las resistencias de tierra, las tensiones de contacto y de paso, la separación de los circuitos de tierra y el estado y resistencia de los circuitos de tierra.

5.5.4 REGULACIÓN Y PROTECCIONES

Se comprobará el buen estado de funcionamiento de los relés de protección y su correcta regulación, así como los calibres de los fusibles.

5.5.5 TRANSFORMADORES

Se medirá la acidez y rigidez del aceite de los transformadores. Se comprobará que dispone de la documentación preceptiva de ensayos en fábrica, libro de instalación y mantenimiento, etc. convenientemente cumplimentados.

6. NORMAS DE LA EMPRESA SUMINISTRADORA DE ENERGÍA

El presente Proyecto ha sido redactado teniendo en cuenta las normas de la Empresa suministradora de energía, no obstante, el Contratista se obliga a mantener con ella el debido contacto a través del Director de Obra, para evitar, siempre que sea posible, criterios dispares y complicaciones posteriores.

7. CONCLUSIÓN, FECHA Y FIRMA

Conforme a lo expuesto, se entiende que todos los apartados quedan totalmente definidos.

El presente Pliego de Condiciones ha sido realizado por Pilar Subías Sin, en Zaragoza a día 19 de Junio de 2018.



Fdo. Subías Sin, Pilar

Presupuesto

DISEÑO DE UNA SUBESTACIÓN ELÉCTRICA PARA ABASTECER BARBASTRO Y ALREDEDORES

Autor/es

Pilar Subías Sin

Director/es

Antonio Montañés Espinosa

PRESUPUESTO

1. EQUIPOS PRINCIPALES	2
2. EDIFICIO Y OBRA CIVIL.....	5
3. SERVICIOS AUXILIARES	6
4. ESTRUCTURA METÁLICA.....	7
5. SISTEMA DE COMUNICACIONES	8
6. SEGURIDAD Y SALUD	8
7. RESUMEN DE PRESUPUESTO.....	9

1. EQUIPOS PRINCIPALES

Cantidad	Detalle	Precio Unitario	Importe
	Dos posiciones de línea de 132 kV		193.800,00 €
6 ud.	Autoválvulas - pararrayos ABB PEXLIM R 145 kV 10 kA	1.800,00	10.800,00
2 ud.	Seccionadores trifásicos con puesta a tierra MESA SG3C-145	12.000,00	24.000,00
2 ud.	Seccionadores trifásicos de línea MESA SG3C-145	12.000,00	24.000,00
6 ud.	Transformadores de Tensión ARTECHE UTE-145	4.500,00	27.000,00
6 ud.	Transformadores de Intensidad ARTECHE CA-145	8.000,00	48.000,00
2 ud.	Interruptores automáticos trifásicos ABB LTB-D1-145	30.000,00	60.000,00
	Doble embarrado 132 kV		225.000,00 €
2 ud.	Seccionadores trifásicos con puesta a tierra MESA SG3C-145	12.000,00	24.000,00
10 ud.	Seccionadores trifásicos de línea MESA SG3C-145	12.000,00	120.000,00
3 ud.	Transformadores de Intensidad ARTECHE CA-145	8.000,00	24.000,00
6 ud.	Transformadores de Tensión ARTECHE UTE-145	4.500,00	27.000,00
1 ud.	Interruptor automático trifásico ABB LTB-D1-145	30.000,00	30.000,00
	Dos posiciones línea - transformador 132/45 kV lado 132 kV		1.045.800,00 €
6 ud.	Autoválvulas - pararrayos ABB PEXLIM R 145 kV 10 kA	1.800,00	10.800,00

6 ud.	Transformadores de Intensidad ARTECHE CA-145	8.000,00	48.000,00
6 ud.	Transformadores de Tensión ARTECHE UTE-145	4.500,00	27.000,00
2 ud.	Interruptores automáticos trifásicos ABB LTB-D1-145	30.000,00	60.000,00
2 ud.	Transformador de potencia 132/45 kV 31,5 MVA	450.000,00	900.000,00
Dos posiciones línea - transformador 132/45 kV lado 45 kV			100.000,00 €
6 ud.	Autoválvulas - pararrayos ABB PEXLIM R 52 kV 10 kA	1.500,00	9.000,00
6 ud.	Transformadores de Intensidad ARTECHE CA-52	5.000,00	30.000,00
6 ud.	Transformadores de Tensión ARTECHE UTE-52	3.500,00	21.000,00
2 ud.	Interruptores automáticos trifásicos MESA CBGS-2 52 kV	20.000,00	40.000,00
Dos posiciones de línea de 45 kV			140.000,00 €
6 ud.	Autoválvulas - pararrayos ABB PEXLIM R 52 kV 10 kA	1.500,00	9.000,00
2 ud.	Seccionadores trifásicos con puesta a tierra MESA SGC-52	10.000,00	20.000,00
2 ud.	Seccionadores trifásicos de línea MESA SGC-52	10.000,00	20.000,00
6 ud.	Transformadores de Tensión ARTECHE UTE-52	3.500,00	21.000,00
6 ud.	Transformadores de Intensidad ARTECHE CA-52	5.000,00	30.000,00
2 ud.	Interruptores automáticos trifásicos MESA CBGS-2 52 kV	20.000,00	40.000,00

	Doble embarrado 45 kV		196.000,00 €
2 ud.	Seccionadores trifásicos con puesta a tierra MESA SGC-52	10.000,00	20.000,00
12 ud.	Seccionadores trifásicos de línea MESA SGC-52	10.000,00	120.000,00
3 ud.	Transformadores de Intensidad ARTECHE CA-52	5.000,00	15.000,00
6 ud.	Transformadores de Tensión ARTECHE UTE-52	3.500,00	21.000,00
1 ud.	Interruptor automático trifásico MESA CBGS-2 52 kV	20.000,00	20.000,00
	Una posición línea - transformador 45/15 kV lado 45 kV		210.500,00 €
3 ud.	Autoválvulas - pararrayos ABB PEXLIM R 52 kV 10 kA	1.500,00	4.500,00
3 ud.	Transformadores de Intensidad ARTECHE CA-52	5.000,00	15.000,00
6 ud.	Transformadores de Tensión ARTECHE UTE-52	3.500,00	21.000,00
1 ud.	Interruptor automático trifásicos MESA CBGS-2 52 kV	20.000,00	20.000,00
1 ud.	Transformador de potencia 45/15 kV 15 MVA	150.000,00	150.000,00
	Una posición línea - transformador 45/15 kV lado 15 kV		3.300,00 €
3 ud.	Autoválvulas - pararrayos ABB PEXLIM R 52 kV 10 kA	1.100,00	3.300,00
	Posición de Media Tensión 15 kV en interior		210.500,00 €
6 ud.	Celdas de línea MESA CBGS-0 24 kV	30.000,00	180.000,00
1 ud.	Celda de medida	10.000,00	10.000,00

1 ud.	Celda de union de barras	6.000,00	6.000,00
1 ud.	Celda con el transformador de Servicios Auxiliares IMEFY 15/0,4 kV	10.000,00	10.000,00
1 ud.	Celda de baterías de condensadores ABB 4 MVar	4.500,00	4.500,00
TOTAL		2.324.900,00 €	

2. EDIFICIO Y OBRA CIVIL

Cantidad	Detalle	Precio Unitario	Importe
1 ud.	Edificio de control y cabinas MT Edificio prefabricado para ubicar los equipos de control y las celdas de media y alta tensión, incluida la obra civil, instalaciones de fontanería, alumbrado, detección de incendios, antiintrusismo, etc...	200.000,00	200.000,00 €
1 ud.	Cimentaciones y urbanización Movimientos de tierra, excavaciones para soportes, cimentaciones poco profundas, cerramientos, viales, canalizaciones para cables, malla de tierras, iluminación, señalización, sistema de seguridad, etc...	150.000,00	150.000,00 €
TOTAL		350.000,00 €	

3. SERVICIOS AUXILIARES

Cantidad	Detalle	Precio Unitario	Importe
	Elementos		18.280,00
1 ud.	Ventilador 2500 W	3.500,00	3.500,00
30 ud.	Lámparas fluorescentes 4 x 36 W	120,00	3.600,00
10 ud.	Focos de intemperie 500 W	600,00	6.000,00
24 ud.	Alumbrado de emergencia interior: sistema LED 3 W	20,00	480,00
2 ud.	Alumbrado de emergencia exterior: lámpara halógena 2000 W	100,00	200,00
1 ud.	Batería de corriente continua	4.500,00	4.500,00
	Cables		5.741,00
12 m	ES07Z1 - K(AS) 4 x 2,5 + TT x 2,5 mm ² Cu	25,00	625,00
100 m	ES07Z1 - K(AS) 2 x 16 + TT x 16 mm ² Cu	32,00	1.120,00
130 m	ES07Z1 - K(AS) 2 x 25 + TT x 16 mm ² Cu	32,00	1.120,00
80 m	ES07Z1 - K(AS) 2 x 1,5 + TT x 1,5 mm ² Cu	24,00	576,00
142 m	ES07Z1 - K(AS) 2 x 10 + TT x 10 mm ² Cu	30,00	900,00
90 m	ES07Z1 - K(AS) 2 x 50 + TT x 25 mm ² Cu	35,00	1.400,00
	Interruptores		684,00
1 ud.	Interruptor magnetotérmico tetrapolar de 16 A	75,00	75,00
1 ud.	Interruptor magnetotérmico tetrapolar de 40 A	75,00	75,00
1 ud.	Interruptor magnetotérmico bipolar de 10 A	32,00	32,00
1 ud.	Interruptor magnetotérmico bipolar de 20 A	32,00	32,00

2 ud.	Interruptor magnetotérmico bipolar de 40 A	35,00	70,00
1 ud.	Interruptor diferencial tetrapolar de 25 A 300 mA	150,00	150,00
1 ud.	Interruptor diferencial tetrapolar de 40 A 300 mA	150,00	150,00
1 ud.	Interruptor automático bipolar de In 125 A	100,00	100,00
		TOTAL	24.705,00 €

4. ESTRUCTURA METÁLICA

Cantidad	Detalle	Precio Unitario	Importe
1 ud.	Estructura metálica y montajes Montaje de equipos de potencia AT,MT, transformadores, correspondientes al capítulo 1 y montaje general de potencia, montaje de sistema integrado de control y protecciones	100.000,00	100.000,00 €
		TOTAL	100.000,00 €

5. SISTEMA DE COMUNICACIONES

Cantidad	Detalle	Precio Unitario	Importe
1 ud.	Sistema de Comunicaciones y Telecontrol Conjunto de ordenadores y softwares que permiten el telecontrol y las telecomunicaciones de la subestación, como SCADA y RTUs	100.000,00	100.000,00 €
		TOTAL	100.000,00 €

6. SEGURIDAD Y SALUD

Cantidad	Detalle	Precio Unitario	Importe
1 ud.	Seguridad y Salud Estudio de seguridad y salud Asistencia técnica y coordinación de seguridad	30.000,00	30.000,00 €
		TOTAL	30.000,00 €



7. RESUMEN DE PRESUPUESTO

Capítulo	Importe
1. Equipos principales	2.324.900,00
2. Edificio y Obra Civil	350.000,00
3. Servicios Auxiliares	24.705,00
4. Estructura metálica y montaje	100.000,00
5. Sistema de comunicaciones	100.000,00
6. Seguridad y Salud	30.000,00
Presupuesto de ejecución material	2.929.605,00
13% de gastos generales	380.848,65
6% de beneficio industrial	175.776,30
Suma	3.486.229,30
21% IVA	732.108,29
Presupuesto de ejecución por contrata	4.218.338,24

Asciende el presupuesto de ejecución por contrata a la expresada cantidad de **CUATRO MILLONES DOSCIENTOS DIECIOCHO MIL TRESCIENTOS TREINTA Y OCHO EUROS Y VEINTICUATRO CENTÍMOS.**

La instalación eléctrica cumple con la normativa vigente, además se obtienen resultados coherentes en todos los aspectos.

Zaragoza, a 20 de junio de 2018.

Fdo. Subías Sin, Pilar