

## Trabajo Fin de Grado

Diseño de una subestación eléctrica de 400/220 kV  
en la provincia de Teruel

Autor/es

Meriem Lamgayaze

Director/es

Antonio Montañés Espinosa

Escuela de Ingeniería y Arquitectura  
2018



## 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<sup>a</sup>. \_\_\_\_\_,

con nº de DNI \_\_\_\_\_ 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)  
\_\_\_\_\_, (Título del Trabajo)

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

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

Zaragoza, \_\_\_\_\_

Fdo: \_\_\_\_\_



# Diseño de una subestación eléctrica transformadora de 400/220 kV en la provincia de Teruel

---

## RESÚMEN

El presente proyecto consiste en diseñar una subestación eléctrica transformadora de 400/220 kV, en la localidad de Mezquita de Jarque de la provincia de Teruel, comunidad autónoma de Aragón, con el fin de desarrollar las infraestructuras de transporte y garantizar los suministros necesarios y la calidad de servicio de la provincia. La subestación proyectada será el núcleo principal de un mallado eléctrico, que se conecta con Zaragoza, Castellón, y Valencia.

La subestación transformadora constará de dos parques de distintos niveles de tensión 400 kV, y 220 kV, conectados entre sí por un transformador de potencia de 600 MVA, la aparamenta a utilizar sería del tipo convencional y estará situada a intemperie.

El parque de 400 kV, estará formado por 4 líneas de entrada: Platea, Morella, Muniesa, Fuentetodos, otra línea de reserva para una posible ampliación en un futuro, y una sexta línea que alimentará el transformador de potencia de 600 MVA. Se optará por una configuración de un interruptor y medio.

El parque de 220 kV, dispondrá de dos líneas de salida: Calamocha y Valdeconejos; y una línea del transformador. La configuración escogida es de doble barra.

El proyecto presente constará de cuatro documentos para la comprensión y la justificación de su ejecución:

- Documento de la memoria:
  - Anexo I: Estudio de seguridad y Salud.
  - Anexo II: Cálculo eléctrico.
- Documento de planos.
- Documento de pliego de condiciones.
- Documento de presupuesto.

En la memoria se hará una descripción general de la subestación: la aparamenta utilizada en cada parte, con las protecciones correspondientes, los tipos de conductores, obra civil,...etc.

En el anexo de cálculo se encuentra todas operaciones numéricas realizadas para justificar la elección de: Aparamenta, Conductores, Red de tierra, Distancias,...etc.

En el documento plano constará de todos los planos necesarios de la subestación transformadora como: planos unifilares, planos generales, planos de protección, planos de secciones, planos de edificio control,...etc.

En el pliego de condiciones incluirá el material, la descripción general de las obras, las condiciones que han de cumplir los materiales, las instrucciones para la ejecución,...etc.

Por último el documento de presupuesto mostrará el coste aproximado de la realización de la subestación eléctrica transformadora 400/220 kV.

# *TABLA DE CONTENIDO*

---

## **DOCUMENTO Nº 1: MEMORIA**

- ANEXO I: ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD
- ANEXO II: CÁLCULO ELÉCTRICO

## **DOCUMENTO Nº 2: PLANOS**

## **DOCUMENTO Nº 3: PLIEGO DE CONDICIONES**

## **DOCUMENTO Nº 4: PRESUPUESTO**



Universidad  
Zaragoza

# DOCUMENTO Nº1

## MEMORIA

UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA

ESCUELA DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

2018

MERIEM LAMGAYAZE



## Contenido

1. ANTECEDENTES, JUSTIFICACIÓN Y FINALIDAD DE LA INSTALACIÓN.....	5
2. OBJETO DEL PROYECTO.....	5
3. ADMINISTRACIONES, ORGANISMOS, QUE INFLUYEN EN LA INSTALACIÓN.....	5
4. EMPLAZAMIENTO.....	6
5. NORMATIVA Y DOCUMENTOS TECNICOS .....	6
5.1. LEGISLACIÓN Y REGLAMENTO.....	6
5.2 Bibliografía:.....	7
6. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA SUBESTACIÓN TRANSFORMADORA 400/220 kV.....	8
7. CONFIGURACIÓN GENERAL DE LA INSTALACIÓN.....	10
7.1. Parque de 400 kV .....	10
7.1.1. Aparellaje de líneas de entrada.....	10
7.1.2. Aparellaje del transformador .....	11
7.1.3. Aparellaje del embarrado.....	11
7.2. Parque de 220 kV .....	11
7.2.1. Aparellaje de líneas de salida .....	11
7.2.2. Aparellaje de transformador .....	12
7.2.3. Aparellaje de unión de barras .....	12
7.2.4. Aparellaje del embarrado.....	12
8. DESCRIPCION DE OBRA CIVIL Y EDIFICACIONES.....	13
8.1 movimiento de tierra .....	13
8.2. Cimentaciones.....	13
8.3. Vallado.....	13
8.4. Edificios y casetas.....	14
8.4.1. Edificio de control .....	14
8.4.2 casetas de relés .....	14
9. APARAMENTA DE ALTA TENSIÓN.....	15
9.1. Generalidades .....	15
9.2. Autoválvulas .....	15
9.2.1 Autoválvulas del nivel de 400 kV.....	15
9.2.2. Autoválvulas del nivel de 220 kV.....	17
9.3. Aisladores .....	20



9.3.1. Aisladores para el nivel de 400 kV .....	20
9.3.2. Aisladores para el nivel de 220 kV: .....	22
9.4. Interruptores automáticos o disyuntores .....	23
9.4.1. Disyuntores para el nivel de 400 kV .....	23
9.4.2. Disyuntores para el nivel de 220 kV .....	25
9.5. Transformador de tensión.....	27
9.5.1. Transformador de tensión de nivel de 400 kV .....	27
9.5.2. Transformador de tensión de nivel de 220 kV .....	29
9.6. Transformadores de intensidad .....	31
9.6.1. Transformador de intensidad del nivel de 400 kV .....	31
9.6.2. Transformador de intensidad del nivel de 220 kV .....	32
9.7. Seccionadores .....	34
9.7.1. Seccionadores el nivel de 400 kV .....	34
10. TRANSFORMADOR DE POTENCIA.....	42
10.1 Generalidades .....	42
10.2. Ensayos.....	43
11. CONDUCTORES.....	44
11.1 conductores desnudos de alta tensión .....	44
11.1.1. Conductores del nivel de 400 kV.....	44
11.1.2. Conductores del nivel de 220 kV.....	45
11.2. Tubos de aluminio .....	46
11.3. Conductores de tierra .....	48
11.3.1. Malla de tierra.....	48
11.3.2. Hilo de guarda .....	48
11.3.3. Neutro de los transformadores.....	48
11. PROTECCIONES.....	49
12.1. Protección de barras .....	49
12.1.1. Protección de barra 400 kV .....	49
12.1.2. Protección de barra 220 kV .....	49
12.2. Protección de líneas .....	49
12.2.1. Protección de la línea de 400 kV .....	49
12.2.2. Protección de la línea de 220 kV .....	50
12.3. Protección de transformador de potencia .....	50



12.3.1. Protección propia .....	50
12.3.2. Protección externa .....	50
13. RED DE TIERRA .....	51
14. ESTRUCTURAS METALICAS Y SOPORTES .....	52
15. SERVICIOS AUXILIARES .....	53
15.1. Alumbrado.....	53
15.1.1. Alumbrado en el exterior .....	53
15.1.2 Alumbrado en el interior.....	53
15.1.3. Alumbrado de emergencia.....	53
15.2 Sistema de control de incendios e intrusos .....	54
15.2.1. Sistema de detección de incendios.....	54
15.2.2. Sistema de extinción de incendios .....	54
15.2.3. Sistema de anti intrusos.....	54
16. RESUMEN DE PRESUPUESTO.....	55
17. CONCLUSIÓN, LUGAR, FECHA Y FIRMA.....	56



## ***1. ANTECEDENTES, JUSTIFICACIÓN Y FINALIDAD DE LA INSTALACIÓN***

Para el desarrollo de las infraestructuras de transporte de energía en la provincia Teruel, se ha proyectado la construcción de una nueva instalación eléctrica destinada a apoyar la distribución de energía eléctrica y garantizar los suministros necesarios y la calidad de servicio de la provincia. de esta forma, la subestación representará el núcleo central para un mallado eléctrico, ya que permitirá la conexión con Zaragoza a través de la línea Fuentetodos, además de la conexión con Castellón y con Valencia a través de las líneas Morella, y Platea, así como otras conexiones con la red 220 kV existentes.

La subestación eléctrica transformadora constará de dos parques de distintos niveles de tensión, uno de 400 kV en configuración de interruptor y medio y otro de 220 kV en configuración de doble barra con acoplamiento, los dos parques estarán conectados por un transformador potencia de 600 MVA.

## ***2. OBJETO DEL PROYECTO***

El objetivo del proyecto presente es informar de las características de la subestación transformadora proyectada, además de mostrar su adaptación a lo establecido sobre las condiciones y garantías mínimas exigidas por el reglamento vigente en centrales, subestaciones y centros de transformación, con el fin de obtener la autorización administrativa necesaria para la ejecución de la instalación, así como servir de base a la hora de proceder a la ejecución de dicho proyecto.

## ***3. ADMINISTRACIONES, ORGANISMOS, QUE INFLUYEN EN LA INSTALACIÓN***

- Ayuntamiento de Mezquita de Jarque.
- Dirección General de Industria, departamento de Industria, Comercio y Turismo. Diputación General de Aragón.
- Instituto Aragonés de Gestión Ambiental.
- Instituto Geográfico de Aragón.



## **4. EMPLAZAMIENTO**

La Subestación eléctrica transformadora se situará en la localidad de Mezquita de Jarque de la provincia de Teruel, comunidad autónoma de Aragón:

Carretera N420, km 262, 44169 Mezquita de Jarque (Teruel).

La localización de la subestación eléctrica transformadora se verá con más detalles en el anexo de planos: plano de localización (01.00) y el plano de situación (01.01).

## **5. NORMATIVA Y DOCUMENTOS TECNICOS**

### **5.1. LEGISLACIÓN Y REGLAMENTO**

- 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.
- Real Decreto 1627/1997 de 24 de octubre de 1.997, sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras.
- Criterios de protección de Red eléctrica de España REE.
- 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.
- 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.
- Ley 7/1994, de 18 de mayo, de Protección Ambiental
- Normas UNE
- Condiciones impuestas por los Organismos Públicos afectados





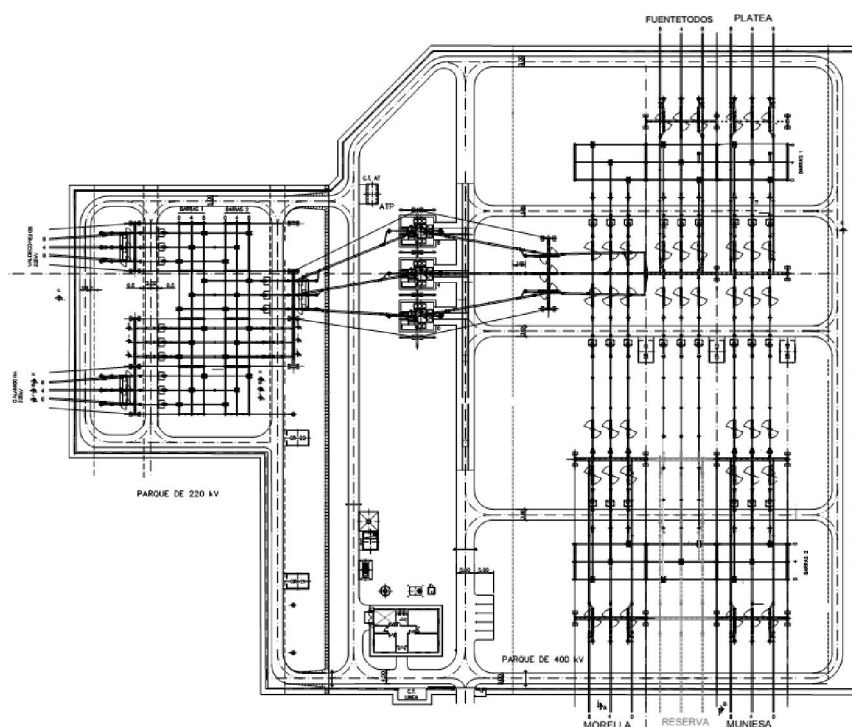
## 5.2 Bibliografía:

En el documento presente constará de todas las fuentes de apoyo y información que han servido de ayuda para diseñar la subestación transformadora 400/220 kV, proyectada.

- Reglamento de instalaciones eléctricas de alta tensión.
- Reglamento de líneas eléctricas.
- BOLETÍN OFICIAL DEL ESTADO NÚMERO 48: Miércoles 25 de febrero de 2009
- BOLETÍN OFICIAL DEL ESTADO NÚMERO 30: Jueves 4 de febrero de 2016
- BOLETÍN OFICIAL DEL ESTADO NÚMERO 196: Jueves 16 de agosto de 2012
- ARTECHE, [www.artech.com](http://www.artech.com)
- ABB España, [www.abb.es](http://www.abb.es)
- MESA, [www.mesa.es](http://www.mesa.es)
- Catálogos de conductores de **ACSR**.
- SGD LA GRANJA VIDRIERÍA.
- Catálogo de valgañon.
- Antonio montañés Espinosa: "Apuntes de instalaciones eléctricas de media y alta tensión" del curso 2015-2016.
- Libro de "Subestaciones eléctrica" de Jesús Trashorras Montecelos.
- Criterios de ajustes y coordinaciones de Protecciones en la red peninsular de alta tensión de transporte y distribución.
- Trabajo fin de grado : IMPLANTACIÓN DE UN PARQUE EÓLICO DE 21,25 MW Y SU CONEXIÓN A LA RED DE 132 KV, Universidad Sevilla (Pliego de condiciones)
- Trabajo fin de grado de "SUBESTACIÓN ELÉCTRICA TRANSFORMADORA 220/132 / 20kV" del autor PÉREZ SÁNCHEZ, PABLO.
- Proyecto de ejecución de la Subestación transformadora "GOZON", de la red eléctrica de España R.E.E.
- Trabajo fin de grado de "Subestación transformadora 220/132/45kV" del autor: Adrián Gómez Pérez.
- Trabajo fin de grado de "AMPLIACIÓN DE UNA SUBESTACIÓN" Universidad de Zaragoza, autor: Alejandro Lamiel.
- Trabajo fin de grado "Subestación eléctrica de transporte" de Carlos III-Víctor Falcó.

## 6. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA SUBESTACIÓN TRANSFORMADORA 400/220 kV

La subestación de Mezquita, tendrá unas dimensiones de 212 x 175 metros, una superficie de 37100 m<sup>2</sup>, dos parques de 400 kV y de 220 kV, interconectados por un transformador 400/220 kV de 600 MVA que tendrán aparamenta convencional y estarán situados a intemperie, tal como se muestra en la figura:



El parque de 400 kV, estará alimentado por 4 líneas de entrada: Platea, Morella, Muniesa, Fuentetodos, dejando una línea de reserva para una posible ampliación en un futuro, y una línea que alimenta el transformador, optará por una configuración de un interruptor y medio, de esta forma utilizando solo los interruptores en condiciones normales, se podrá llevar a cabo el mantenimiento para cada uno de las barras de esta instalación.

En resumen el parque de 400 KV, en la subestación de Mezquita responde a las siguientes características principales:

- Tensión nominal: ..... 400 kV
- Tensión más elevada para el material:..... 420 kV
- Tecnología: ..... Convencional
- Instalación: ..... Intemperie
- Configuración: ..... Interruptor y medio
- Intensidad de cortocircuito de corta duración: ..... 63 kA



Sin embargo en el parque de 220 kV, adoptará una configuración de doble barra con acoplamiento, y constará de dos líneas de salida: Calamocha y Valdeconejos, y una línea del transformador, la configuración de embarrado escogida en este caso permitirá una rápida transferencia de energía de una barra a otra procedente del parque de 400 kV, además poder aislar las barras entre sí, para realizar el mantenimiento.

En resumen, el parque de 220 kV en la subestación de Mezquita responde a las siguientes características principales:

- Tensión nominal: ..... 220 kV
- Tensión más elevada para el material:..... 245 kV
- Tecnología: ..... Convencional
- Instalación: ..... Intemperie
- Configuración: ..... Doble barra
- Intensidad de cortocircuito de corta duración: ..... 50 kA



## 7. CONFIGURACIÓN GENERAL DE LA INSTALACIÓN

A partir del esquema unifilar general de la subestación: anexo de planos 02.02, se describirá todos los elementos utilizados para cada una de las partes de la subestación, y la conexión principal entre cada nivel de tensión existente.

### 7.1. Parque de 400 kV

Se ha adoptado para este nivel una configuración de un interruptor y medio, equipado por 6 calles, cada una con sus debidas protecciones.

- Calle 1: la línea de Platea.
- Calle 2: la línea de Muniesa.
- Calle 3: la línea de fuentetodos.
- Calle 4: reservada a una futura línea de incorporación.
- Calle 5: la línea de transformador hacia el nivel de 220 kV.
- Calle 6: la línea de Morella.

#### 7.1.1. Aparellaje de líneas de entrada

Las cuatro líneas de entrada de este nivel tendrán las mismas características mecánicas y eléctricas, estarán hechas por conductores aéreos desnudos de aluminio con alma de acero galvánico de dominación **GULL LA380**, justificados en el anexo de cálculo en el apartado 6.4.

Cada línea Tendrá la siguiente aparamenta:

- Tres autoválvulas por línea con una denominación de **PY3-1/ PY3-2/ PY4-1/ PY4-2**
- Tres transformadores de intensidades, con una denominación de **TIB-.../TI01-...**
- Tres transformadores de tensión inductivos. con una denominación de **DE TT -...**
- Un disyuntor tripolar, con una denominación de **52 -...**
- Un seccionador de tres columnas giratorias de apertura central, con puesta a tierra de 4000 A Y 420 kV, con una denominación de **893 B - ...**
- Un seccionador pantógrafo de mando unipolar de 4000 A Y 420 kV, con una denominación de **89 B...-..**
- Dos seccionadores de tres columnas de apertura central de 4000 A, y 420 kV, con una denominación de **8920-....**



### **7.1.2. Aparellaje del transformador**

La línea del transformador hacia el nivel de 220 kV, estaría hecha por un conductor de aluminio con alma de acero galvánico de dominación **GULL LA380**, y con la siguiente aparamenta es:

- Tres autoválvulas por línea con una denominación de **PY3-1...**
- Tres transformadores de tensión inductivos. con una denominación de **TT3-3**
- Tres transformadores de intensidades, con una denominación de **TIB1-3**
- Un seccionador de tres columnas giratorias de apertura central, con puesta a tierra de 4000 A Y 420 kV.
- Un seccionador pantógrafo de mando unipolar, con una denominación de **89B-3.**
- Dos seccionadores de tres columnas de apertura central de 4000 A, y 420 kV, con una denominación de **8910-3/8901-3.**

### **7.1.3. Aparellaje del embarrado**

En cada barra se colocará un transformador de tensión inductivo con dominación: **TT-B1/TT-B2**

## **7.2. Parque de 220 kV**

Para este nivel se ha adoptado una configuración de doble barra, el parque estará equipado por 3 calles, cada una con sus debidas protecciones.

- Calle 1: la línea del transformador.
- Calle 2: la línea de Valdeconejos.
- Calle 3: la línea de Calamocha.

### **7.2.1. Aparellaje de líneas de salida**

Las dos líneas de salida de este nivel tendrán las mismas características mecánicas y eléctricas, están hechas por conductores aéreos desnudos de aluminio con alma de acero galvánico de dominación **CONDOR LA 455**, justificados en el anexo de cálculo en el apartado 6.4.

Cada línea Tendrá la siguiente aparamenta:

- Tres autoválvulas por línea con una denominación de **PY5.-PY6**
- Tres transformadores de intensidades, con una denominación de **T13-T15.**



- Tres transformadores de tensión inductivos. con una denominación de **DE 3TT-4,3TT-4**
- Un disyuntor tripolar, con una denominación de **52-3,52-5**
- Un seccionador de tres columnas giratorias de apertura central, con puesta a tierra de 4000A Y 420 kV, con una denominación de **57-3,57-5**
- Dos seccionadores de tipo pantógrafo de 4000 A, y 245 kV, con una denominación de **89B1-3, 89B2-3,....**

#### ***7.2.2. Aparellaje de transformador***

La línea del transformador hacia el nivel de 220 kV, estaría hecha por un conductor de aluminio con alma de acero galvanizado de dominación **CONDOR LA 455**, y con la siguiente aparamenta es:

- Tres autoválvulas por línea con una denominación de **PY-4**
- Tres transformadores de tensión inductivos. con una denominación de **DE TT-2**
- Tres transformadores de intensidades, con una denominación de **TI-2.**
- Un disyuntor tripolar, con una denominación de **52-2**
- Un seccionador de tres columnas giratorias de apertura central, con puesta a tierra de 4000 A Y 420 kV, con una denominación de **89-2**
- Dos seccionadores de tipo pantógrafo de 4000 A, y 245 kV, con una denominación de **89B1-2, 89B2-2.**

#### ***7.2.3. Aparellaje de unión de barras***

- Dos seccionadores de tipo pantógrafo de 4000 A, y 420 KV, con una denominación de **89B1-4, 89B2-4.**
- Un disyuntor tripolar, con una denominación de **52-4**
- Tres transformadores de intensidades, con una denominación de **TI-4.**

#### ***7.2.4. Aparellaje del embarrado***

En el embarrado se colocará seis transformadores de tensión inductivos en los extremos para cada uno de ellos, es decir 3 transformadores de tensión inductivos en el extremo de cada barra.



## **8. DESCRIPCION DE OBRA CIVIL Y EDIFICACIONES**

### **8.1 movimiento de tierra**

El movimiento de tierra consiste en todas las acciones destinadas a explanación, compactación de suelo, y desbroce superficial con el fin de eliminar los obstáculos del terreno, realizando zanjas, pozos de cimentación.

Para ello se utilizará una plataforma con una amplitud suficiente, para los dos parques existentes, el parque de 400 kV de 6 calles y el parque de 220 kV de 2 calles, y para una implantación de edificio control. Los movimientos de tierras se llevarán a cabo de acuerdo al Pliego de Condiciones Técnicas.

Se colocará sobre el terreno una capa de 0,10 m de grava con el fin de conseguir una mayor seguridad eléctrica contra la tensión de paso y contacto, además del filtrado de agua, y se formará una pequeña pendiente respecto al suelo para evitar el encharcamiento de agua en la superficie del terreno.

Para cada transformador de potencia se colocará un foso con el fin de recoger todo el aceite de la cuba en caso de fuga o incidente.

A la terminación de la plataforma final se hará el estudio de la resistividad del terreno.

### **8.2. Cimentaciones**

Para la sujeción y soporte de los elementos a instalar en la subestación transformadora, se dispondrá de la cimentación adecuada a tal efecto, que en función de las características de del terreno y de las estructuras a cimentar podría ser de:

- Hormigón en masa.
- hormigón armado.

Para dimensionar la cimentación se atenderán las recomendaciones de los fabricantes homologados de estructuras y los catálogos para determinar el tamaño de cimentación necesario.

### **8.3. Vallado**

Toda la superficie de la subestación transformadora (212x175 metros) ha sido vallada perimetralmente con materiales metálicos de acero galvanizado forzado de altura de 2,5 metros con señales de advertencia de peligro por alta tensión y puesta a tierra cada pocos metros, con el fin de evitar el acceso a todo personal no autorizado.



Para acceder al interior de la subestación se ha dejado una puerta de 1 metros de ancho para los peatones con cerradura, y otra puerta de 6 metros de ancho tipo corredera para los vehículos autorizados.

### ***8.4. Edificios y casetas***

#### ***8.4.1. Edificio de control***

Para la ubicación de los equipos de control, protección, comunicaciones y servicios auxiliares, se construirá un edificio control cuyas dimensiones son: 20,4 x14,4 metros, se construirá a partir de paneles de hormigón prefabricado y contiene los siguientes cuartos :

- sala de mando y control
- sala de comunicaciones
- sala multiusos
- sala de servicio auxiliares
- almacén
- vestuario
- aseos

#### ***8.4.2 casetas de relés***

Se colocará 5 casetas de relés en total en la subestación transformadora, tres en el nivel de 400 kV, y otros dos en el nivel de 220 kV, cuyas dimensiones exteriores serian de 3 x 6 metros cada una, serian de tipo prefabricado de paneles de hormigón armado.

En las casetas presentes se ubicará:

- armarios de comunicaciones.
- cuadros de servicios auxiliares.
- bastidores de protección.



## 9. APARAMENTA DE ALTA TENSIÓN

### 9.1. Generalidades

Se designa habitualmente como aparamenta eléctrica de alta tensión a aquellos aparatos o dispositivos para maniobra, control, regulación, seguridad y canalización en instalaciones eléctricas, siendo considerados para alta tensión cuando trabajan con tensión alterna superior a 1000 V. No se incluyen en tal concepto los dispositivos o sistemas de generación, transformación, transporte y utilización de la energía eléctrica.

Los aparatos que se destinan a tal fin son muy diferentes y variados, siendo necesario el realizar una clasificación de los mismos para una mejor visión de conjunto.

A continuación se describirá detalladamente la elección de la aparamenta a utilizar en la subestación transformadora.

### 9.2. Autoválvulas

Las autovalvulas son los dispositivos destinados a absorber las sobretensiones producidas por descargas atmosféricas, por maniobras o por otras causas que, en otro caso, se descargarían sobre aisladores o perforando el aislamiento, ocasionando interrupciones en el sistema eléctrico y, en muchos casos, desperfectos en los generadores, transformadores. En general se colocan en los lados del transformador de potencia y en las entradas de líneas en la subestación.

Todas las autovalvulas a instalar deben estar puestas a tierra, y poseen un contador de descargas para proporcionar los datos estadísticos de las condiciones atmosféricas para prevenir y mejorar las protecciones de la instalación.

Para los dos niveles de tensión existente en la subestación, se ha optado a utilizar autoválvulas de oxido de cinc de los fabricantes ABB, de distintos tipos.

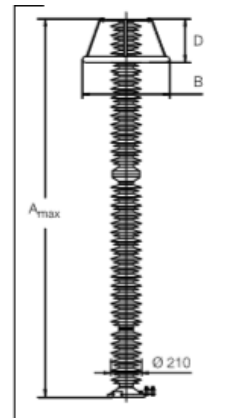
#### 9.2.1 Autoválvulas del nivel de 400 kV

- Tensión máxima de la red: 420 kV.
- Tensión asignada Ur: 302,4 kV.
- Tensión de funcionamiento continuo Uc: 245,615 kV.
- Tensión de aislamiento a onda tipo rayo: 1425 kV
- Tensión de aislamiento a onda tipo maniobra: 1050 kV
- Línea de fuga: 10500 mm
- Intensidad de descarga nominal a impulso tipo maniobra: 2 kA
- Intensidad de descarga nominal a impulso tipo rayo: 20 kA



Dimensiones en milímetros:

- A= 3216
- B= 1400
- C= 800
- D= 700



Tensión máxima de red	Tensión nomi- nal	Tensión de trabajo continuo máxima 1)		Capacidad de sobretensiones temporales 2)		Tensión residual máxima con onda de corriente						
		según IEC	según ANSI/IEEE			30/60 μs			8/20 μs			
						1 kA	2 kA	3 kA	5 kA	10 kA	20 kA	40 kA
U <sub>m</sub> kV <sub>rms</sub>	U <sub>r</sub> kV <sub>rms</sub>	U <sub>C</sub> kV <sub>rms</sub>	MCOV kV <sub>rms</sub>	1 s kV <sub>rms</sub>	10 s kV <sub>rms</sub>	1 kA kV <sub>pico</sub>	2 kA kV <sub>pico</sub>	3 kA kV <sub>pico</sub>	5 kA kV <sub>pico</sub>	10 kA kV <sub>pico</sub>	20 kA kV <sub>pico</sub>	40 kA kV <sub>pico</sub>
300	216	173	174	250	237	422	437	448	467	492	539	590
	228	182	182	264	250	445	461	473	493	519	568	623
	240	191	191	278	264	468	485	497	519	546	598	656
	258	191	209	299	283	504	522	535	558	587	643	705
	264	191	212	306	290	515	534	547	571	601	658	721
362	258	206	209	299	283	504	522	535	558	587	643	705
	264	211	212	306	290	515	534	547	571	601	658	721
	276	221	221	320	303	539	558	572	597	628	688	754
	288	230	230	334	316	562	582	597	623	656	718	787
420	330	264	267	382	363	644	667	684	714	751	823	901
	336	267	272	389	369	656	679	696	727	765	838	918
	360	267	291	417	396	702	728	746	779	819	897	983
	372	267	301	431	409	726	752	771	804	847	927	1021
	378	267	306	438	415	737	764	783	817	860	942	1037
	381	267	308	441	419	743	770	789	824	867	950	1045
	390	267	315	452	429	761	788	808	843	888	972	1070
	396	267	318	459	435	773	800	820	856	901	987	1086
	420	267	336	487	462	819	849	870	908	956	1051	1152

Tensión máxima de red	Tensión nominal	Revesti- miento	Distanc- cia de fuga	Aislamiento externo *)				Dimensiones					
				1,2/50 $\mu$ s seco	50 Hz húmedo (60s)	60 Hz húmedo (10s)	250/2.500 $\mu$ s húmedo	Masa	A <sub>máx.</sub>	B	C	D	Fig.
U <sub>m</sub> kV <sub>rms</sub>	U <sub>r</sub> kV <sub>rms</sub>		mm	kV <sub>pico</sub>	kV <sub>rms</sub>	kV <sub>rms</sub>	kV <sub>pico</sub>	kg					
24	18-24	XV024	1363	283	126	126	242	18	481	-	-	-	1
	30-36	XV036	1363	283	126	126	242	18	481	-	-	-	1
36	39	XV036	2270	400	187	187	330	29	736	-	-	-	1
52	42-72	XV052	2270	400	187	187	330	29	736	-	-	-	1
72	54-72	XV072	2270	400	187	187	330	28	736	-	-	-	1
	75-84	XV072	3625	578	293	293	462	43	1080	-	-	-	1
100	75-96	XV100	3625	578	293	293	462	43	1080	-	-	-	1
123	90-120	XH123	3625	578	293	293	462	42	1080	-	-	-	1
	90-144	XV123	4540	800	374	374	660	53	1397	-	-	-	2
	150	XV123	4988	861	419	419	704	54	1486	-	-	-	2
145	108-120	XH145	3625	578	293	293	462	41	1080	-	-	-	1
	108-144	XV145	4540	800	374	374	660	52	1397	-	-	-	2
	150	XV145	4988	861	419	419	704	54	1486	-	-	-	2
	162-168	XV145	5895	978	480	480	792	65	1741	-	-	-	2
170	132-144	XH170	4540	800	374	374	660	52	1417	400	-	160	3
	150	XH170	4988	861	419	419	704	56	1506	400	-	160	3
	132-192	XV170	5895	978	480	480	792	69	1761	400	-	160	3
245	192	XM245	5895	978	480	480	792	65	1761	400	-	160	3
	180-228	XH245	7250	1156	586	586	924	82	2105	400	-	160	3
	180-198	XV245	8613	1439	712	712	1166	100	2617	800	600	400	5
	210-228	XV245	8613	1439	712	712	1166	97	2617	600	-	300	4
300	216-264	XH300	8613	1439	712	712	1166	101	2617	900	600	500	5
	276	XH300	8613	1439	712	712	1166	97	2617	900	600	500	6
	216-276	XV300	9520	1556	773	773	1254	109	2872	900	600	500	5
362	258-288	XH362	9520	1556	773	773	1254	117	2872	1200	800	600	5
	258-288	XV362	11790	1956	960	960	1584	146	3533	1400	800	700	7
420	330-360	XH420	10875	1734	879	879	1386	130	3216	1400	800	700	5

El tipo de autoválvulas que se colocará en la subestación eléctrica transformadora en este nivel de tensión sería **EXLIM P330-XH420** de ABB o un tipo con características similares que cumpla las mismas condiciones

### 9.2.2. Autoválvulas del nivel de 220 kV

- Tensión máxima de la red: 245 kV.
- Tensión asignada U<sub>r</sub>: 176,4 kV.
- Tensión de funcionamiento continuo U<sub>c</sub>: 148,53 kV.
- Tensión de aislamiento a onda tipo rayo: 1050 kV
- Línea de fuga: 6125 mm
- Intensidad de descarga nominal a impulso tipo maniobra: 2 kA
- Intensidad de descarga nominal a impulso tipo rayo: 10 kA



➤ Dimensiones en milímetros:

- A= 3216
- B= 1400
- C= 800
- D= 700

Tensión máxima de red	Tensión nominal	Tensión de trabajo continuo máxima 1)		Capacidad de sobretensiones temporales 2)		Tensión residual máxima con onda de corriente							
		$U_C$	MCOV	1 s	10 s	1 kA	2 kA	3 kA	5 kA	10 kA	20 kA	40 kA	
$U_m$	$U_r$	$U_C$	MCOV	1 s	10 s	1 kA	2 kA	3 kA	5 kA	10 kA	20 kA	40 kA	
kV <sub>rms</sub>	kV <sub>rms</sub>	kV <sub>rms</sub>	kV <sub>rms</sub>	kV <sub>rms</sub>	kV <sub>rms</sub>	kV <sub>pico</sub>	kV <sub>pico</sub>	kV <sub>pico</sub>	kV <sub>pico</sub>	kV <sub>pico</sub>	kV <sub>pico</sub>	kV <sub>pico</sub>	
36 <sup>3</sup>	30	24.0	24.4	34.8	33.0	58.5	60.7	62.2	64.9	68.3	74.8	81.9	
	33	26.4	26.7	38.2	36.3	64.4	66.7	68.4	71.4	75.1	82.3	90.1	
	36	28.8	29.0	41.7	39.6	70.2	72.8	74.6	77.9	81.9	89.7	98.3	
	39	31.2	31.5	45.2	42.9	76.1	78.8	80.8	84.3	88.8	97.2	107	
52	42	34	34.0	48.7	46.2	81.9	84.9	87.0	90.8	95.6	105	115	
	48	38	39.0	55.6	52.8	93.6	97.0	99.4	104	110	120	132	
	54	43	43.0	62.6	59.4	106	110	112	117	123	135	148	
	60	48	48.0	69.6	66.0	117	122	125	130	137	150	164	
72	54	43	43.0	62.6	59.4	106	110	112	117	123	135	148	
	60	48	48.0	69.6	66.0	117	122	125	130	137	150	164	
	66	53	53.4	76.5	72.6	129	134	137	143	151	165	181	
	72	58	58.0	83.5	79.2	141	146	150	156	164	180	197	
	75	60	60.7	87.0	82.5	147	152	156	163	171	187	205	
	78	62	63.1	90.4	85.8	153	158	162	169	178	195	213	
	84	67	68.0	97.4	92.4	164	170	174	182	192	210	230	
100	84	67	68.0	97.4	92.4	164	170	174	182	192	210	230	
	90	72	72.0	104	99.0	176	182	187	195	205	225	246	
	96	77	77.0	111	105	188	194	199	208	219	240	263	
123	90	72	72.0	104	99.0	176	182	187	195	205	225	246	
	96	77	77.0	111	105	188	194	199	208	219	240	263	
	108	78	84.0	125	118	211	219	224	234	246	270	295	
	120	78	98.0	139	132	234	243	249	260	273	299	328	
	132	78	106	153	145	258	267	274	286	301	329	361	
	138	78	111	160	151	270	279	286	299	314	344	377	
145	108	86	86.0	125	118	211	219	224	234	246	270	295	
	120	92	98.0	139	132	234	243	249	260	273	299	328	
	132	92	106	153	145	258	267	274	286	301	329	361	
	138	92	111	160	151	270	279	286	299	314	344	377	
	144	92	115	167	158	281	291	299	312	328	359	394	
170	132	106	106	153	145	258	267	274	286	301	329	361	
	144	108	115	167	158	281	291	299	312	328	359	394	
	150	108	121	174	165	293	304	311	325	342	374	410	
	162	108	131	187	178	316	328	336	351	369	404	443	
	168	108	131	194	184	328	340	348	364	383	419	459	
245	180	144	144	208	198	351	364	373	390	410	449	492	
	192	154	154	222	211	375	388	398	415	437	479	525	
	198	156	160	229	217	387	400	410	428	451	494	541	
	210	156	170	243	231	410	425	435	454	478	524	574	
	216	156	174	250	237	422	437	448	467	492	539	590	
	219	156	177	254	240	427	443	454	474	499	546	598	
	228	156	180	264	250	445	461	473	493	519	568	623	

Tensión máxima de red	Tensión nominal	Revesti- miento	Distan- cia de fuga	Aislamiento externo *)				Dimensiones					
				1,2/50 $\mu$ s seco	50 Hz húmedo (60s)	60 Hz húmedo (10s)	250/2.500 $\mu$ s húmedo	Masa	A <sub>máx.</sub>	B	C	D	Fig.
U <sub>m</sub> kV <sub>rms</sub>	U <sub>r</sub> kV <sub>rms</sub>		mm	kV <sub>pico</sub>	kV <sub>rms</sub>	kV <sub>rms</sub>	kV <sub>pico</sub>	kg					
24	18-24	XV024	1363	283	126	126	242	18	481	-	-	-	1
36	30-36	XV036	1363	283	126	126	242	18	481	-	-	-	1
	39	XV036	2270	400	187	187	330	29	736	-	-	-	1
52	42-72	XV052	2270	400	187	187	330	29	736	-	-	-	1
72	54-72	XV072	2270	400	187	187	330	28	736	-	-	-	1
	75-84	XV072	3625	578	293	293	462	43	1080	-	-	-	1
100	75-96	XV100	3625	578	293	293	462	43	1080	-	-	-	1
123	90-120	XH123	3625	578	293	293	462	42	1080	-	-	-	1
	90-144	XV123	4540	800	374	374	660	53	1397	-	-	-	2
	150	XV123	4988	861	419	419	704	54	1486	-	-	-	2
145	108-120	XH145	3625	578	293	293	462	41	1080	-	-	-	1
	108-144	XV145	4540	800	374	374	660	52	1397	-	-	-	2
	150	XV145	4988	861	419	419	704	54	1486	-	-	-	2
	162-168	XV145	5895	978	480	480	792	65	1741	-	-	-	2
170	132-144	XH170	4540	800	374	374	660	52	1417	400	-	160	3
	150	XH170	4988	861	419	419	704	56	1506	400	-	160	3
	132-192	XV170	5895	978	480	480	792	69	1761	400	-	160	3
245	192	XM245	5895	978	480	480	792	65	1761	400	-	160	3
	180-228	XH245	7250	1156	586	586	924	82	2105	400	-	160	3
	180-198	XV245	8613	1439	712	712	1166	100	2617	800	600	400	5
	210-228	XV245	8613	1439	712	712	1166	97	2617	600	-	300	4
300	216-264	XH300	8613	1439	712	712	1166	101	2617	900	600	500	5
	276	XH300	8613	1439	712	712	1166	97	2617	900	600	500	6
	216-276	XV300	9520	1556	773	773	1254	109	2872	900	600	500	5
362	258-288	XH362	9520	1556	773	773	1254	117	2872	1200	800	600	5
	258-288	XV362	11790	1956	960	960	1584	146	3533	1400	800	700	7
420	330-360	XH420	10875	1734	879	879	1386	130	3216	1400	800	700	5

El tipo de autoválvulas que se colocará en la subestación eléctrica transformadora en este nivel de tensión sería **EXLIM P198-XH245** de ABB o un tipo con características similares que cumpla las mismas condiciones.



### 9.3. Aisladores

La misión fundamental del aislador es evitar el paso de la corriente del conductor a la estructura metálica de la subestación, tanto en condiciones normales como durante sobretensiones y cortocircuitos.

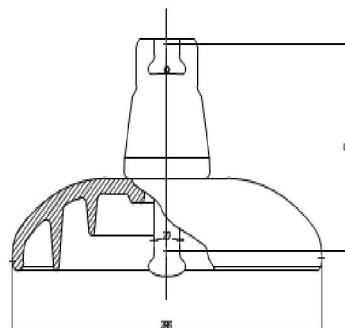
Los aisladores deben ser diseñados, seleccionados y ensayados para que cumplan los requisitos eléctricos y mecánicos determinados en los parámetros de diseño de las líneas aéreas.

Para los dos niveles de tensión existentes de la subestación se instalará aisladoras de Verescence La Granja, en el anexo de cálculo se ha justificado el número y las características nominales de los aisladores escogidos en cada parque.

#### 9.3.1. Aisladores para el nivel de 400 kV

De acuerdo con lo realizado en el anexo de cálculo, para este nivel de la instalación se optado a colocar una cadena de 29 aisladores de longitud de 4,234 metros, de tipo caperuza-vástago, tipo **E-160-146 (U 160 BS)**, con las siguientes características:

- Peso neto aproximado 3,4 kg
- Línea de fuga 380 mm
- Pasó 146 mm
- Tensión de perforación en aceite 130 kV
- Carga de rotura electromecánica 160 kN
- Carga de rotura



- Tensión soportada de aislamiento a los impulsos tipo rayo: 1425 kV
- Tensión soportada de aislamiento a frecuencias industriales (50 Hz): 950 kV.
- Tensión soportada de aislamiento a los impulsos tipo rayo 1,2/50: 2650 kV.
- Tensión soportada de aislamiento a frecuencias industriales en seco: 1355KV

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

Norma IEC

Aisladores estándar

Carga mínima de rotura mecánica

KN

100

120

160

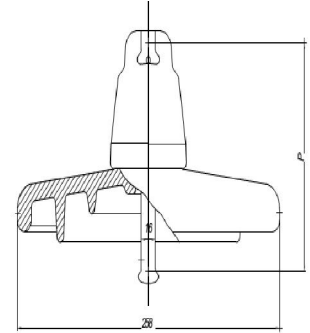


Carga rotura mecánica (KN)		100		120	160	
Modelo catálogo		E-100-127	E-100-146	E120-146	E-160-146	E-160-170
Clase IEC-305		U100BS	U100BL	U120B	U160BS	U160BL
Datos Dimensionales	Paso (P) mm.	127	146	146	146	170
	Diámetro (D) mm.	255	255	255	280	280
	Línea de fuga mm.	315	315	315	380	380
	Unión normalizada IEC 120	16A	16A	16A	20	20
Valores eléctricos	Tensión soportada a frecuencia industrial en seco (KV)	70	70	70	75	75
	bajo lluvia (KV)	40	40	40	45	45
	Tensión soportada a impulso de choque en seco (KV)	100	100	100	110	110
	Tensión de perforación en aceite (KV)	130	130	130	130	130
	Peso neto aproximado por unidad (Kg.)	3,75	3,75	3,8	3,4	3,4
Información de embalaje	embalaje	6	6	6	6	6
	nº de un/caja madera	6	6	6	6	6

### 9.3.2. Aisladores para el nivel de 220 kV:

Para el nivel de 220 kV, se colocará una cadena de 19 aisladores, de longitud de 2,774 metros de tipo caperuza-vástago, modelo **E-120-146 (U120B)** tiene las siguientes características:

- Materia: vidrio templado
- Peso neto aproximado: 3,8 kg
- Línea de fuga: 315 mm
- Pasó: 146 mm
- Tensión de perforación en aceite: 130 kV
- Carga de rotura electromecánica: 120 KN
- Tensión soportada de aislamiento a los impulsos tipo rayo: 1050 kV
- Tensión soportada de aislamiento a frecuencias industriales (50 Hz): 460 kV.
- Tensión soportada de aislamiento a los impulsos tipo rayo 1,2/50: 1580 kV.
- Tensión soportada de aislamiento a frecuencias industriales en seco: 840KV



LA GRANJA

#### INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

#### Norma IEC

#### Aisladores estándar

#### Carga mínima de rotura mecánica KN 100 120 160



Carga rotura mecánica (KN)		100		120	160	
Modelo catálogo		E-100-127	E-100-146	E120-146	E-160-146	E-160-170
Clase IEC-305		U100BS	U100BL	U120B	U160BS	U160BL
Datos Dimensionales	Paso (P) mm.	127	146	146	146	170
	Diámetro (D) mm.	255	255	255	280	280
	Línea de fuga mm.	315	315	315	380	380
	Unión normalizada IEC 120	16A	16A	16A	20	20
Valores eléctricos	Tensión soportada a frecuencia industrial en seco (KV)	70	70	70	75	75
	bajo lluvia (KV)	40	40	40	45	45
	Tensión soportada a impulso de choque en seco (KV)	100	100	100	110	110
	Tensión de perforación en aceite (KV)	130	130	130	130	130
Información de embalaje	Peso neto aproximado por unidad (Kg.)	3,75	3,75	3,8	3,4	3,4
	embalaje nº de un/ caja madera	6	6	6	6	6





### **9.4. Interruptores automáticos o disyuntores**

Los interruptores automáticos o Disyuntores son aparatos mecánicos cuya finalidad es maniobrar (establecer, mantener, interrumpir) corrientes de carga nominal, sobreintensidades y cortocircuitos durante un tiempo determinado, además en condiciones específicas son capaces de interrumpir automáticamente y establecer las intensidades elevadas, debido a su accionamiento que puede ser manual o mediante relés de maniobra y protección.

Para evitar la creación del arco eléctrico, se empleará en toda la subestación interruptores automáticos con Sistemas de ruptura de hexafluoruro de azufre SF6 debido a sus excelentes propiedades aislantes y de extinción del arco ya que se trata de un gas no tóxico, inerte, y extremadamente estable con alta rigidez dieléctrica y gran capacidad térmica.

#### **9.4.1. Disyuntores para el nivel de 400 kV**

Para este nivel de la subestación transformadora se colocará disyuntores de los fabricantes de **ABB**, tipo **LTB 420E2**, con las siguientes características:

- Fabricante: **ABB**
- Modelo: **LTB 420E2**
- Tensión nominal: **420 kV**
- Frecuencia nominal: **50 Hz**
- Numero de cámaras por polos: **2**
- Tensión soportada a frecuencia industrial a tierra: **520 kV**
- Tensión soportada a frecuencia industrial a través del polo abierto: **610 kV**
- Tensión soportada a impulso tipo rayo a tierra: **1425 kV**
- Tensión soportada a impulso tipo rayo a través del polo abierto: **1425 (+240) kV**
- Corriente nominal de servicio: **4000 A**
- Corriente nominal de servicio en cortocircuito: **63 kA**
- Cresta de corriente de cierre: **104**
- Factor de primer polo: **1,3**
- Duración de cortocircuito: **3 s**
- Tiempo de cierre: **< 70 ms**
- Tiempo de apertura: **18 ms**
- Tiempo de corte: **40 ms**
- Tiempo muerto: **300 ms**

		LTB 72.5D1/B	LTB 123D1/B	LTB 145D1/B	LTB 170D1/B	LTB 72.5E1	LTB 170E1	LTB 245E1	LTB 420E2	LTB 550E2	LTB 800E4
Number of breaks per pole		1	1	1	1	1	1	1	2	2	4
Rated voltage	kV	72.5	123	145	170	72.5	170	245	420	550	800
Rated frequency	Hz	50/60	50/60	50/60	50/60	50/60	50/60	50/60	50/60	50/60	50
Power frequency withstand voltage <sup>1)</sup>											
- To earth and between phases	kV	140	230	275	325	140	325	460	520	620	830
- Across open pole	kV	140	230	275	325	140	325	460	610	800	1150
Lightning Impulse Withstand Level (LIWL)											
- To earth and between phases	kV	325	550	650	750	325	750	1050	1425	1550	2100
- Across open pole	kV	325	550	650	750	325	750	1050	1425 (+240)	1550 (+315)	2100 (+455)
Switching Impulse Withstand Level (SIWL)											
- To earth / Between phases	kV	-	-	-	-	-	-	-	1050/1575	1175/1760	1550/2480
- Across open pole	kV	-	-	-	-	-	-	-	900 (+345)	1300 (+450)	1175 (+650)
Rated normal current	A	3150	3150	3150	3150	4000	4000	4000	4000	4000	4000
Rated s.c breaking current	kA	40	40	40	40	50/40	50/40	50/40	50/40	50/40	50
First-pole-to-clear factor	-	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.3	1.3	1.3
Making current peak	kA	100/104	100/104	100/104	100/104	125/104	125/104	125/104	125/104	125/104	125
Duration of short-circuit	s	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Closing time <sup>2)</sup>	ms	< 40	< 40	< 40	< 40	< 65	< 65	< 65	< 70	< 70	< 65
Opening time <sup>2)</sup>	ms	22	22	22	22	17	17	17	18	18	20
Break time <sup>2)</sup>	ms	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
Dead time	ms	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300
Rated operating sequence	-	O-0.3 s-CO-3 min-CO or CO-15 s-CO									

<sup>1)</sup> Up to and including 245 kV, power frequency withstand voltage ratings apply for both wet and dry conditions  
<sup>2)</sup> Depending on operating mechanism

El disyuntor tendrá las siguientes dimensiones medidas en milímetros:

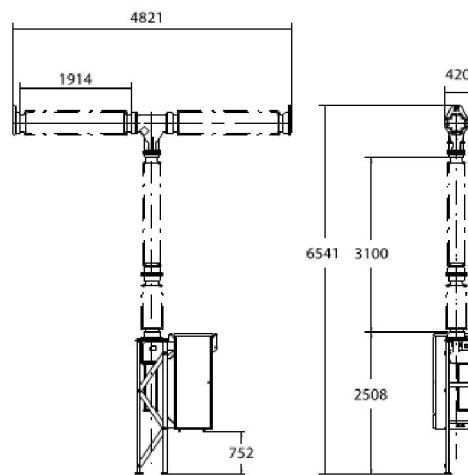
LTB 420E2, Single-pole operation, BLG mechanism  
 Rated voltage: 362 - 420 kV

Dimensions (mm)

Available dimensions for phase distances and heights to lowest part of insulator (mm)

Rated voltage	Height to lowest part of insulator				
420 kV	1950	2508*	2992	3642	4142

\* Standard



#### 9.4.2. Disyuntores para el nivel de 220 kV

Del mismo fabricante ABB se escogerá los disyuntores necesarios para el parque de nivel de 220 kV, del tipo **LTB 245E1**

- Fabricante: **ABB**
- Modelo: **LTB 245E1**
- Tensión nominal: **245 kV**
- Frecuencia nominal: **50 Hz**
- Numero de cámaras por polos: **1**
- Tensión soportada a frecuencia industrial a tierra: **460 kV**
- Tensión soportada a frecuencia industrial a través del polo abierto: **460 kV**
- Tensión soportada a impulso tipo rayo a tierra: **1050 kV**
- Tensión soportada a impulso tipo rayo a través del polo abierto: **1050 kV**
- Corriente nominal de servicio: **4000 A**
- Corriente nominal de servicio en cortocircuito: **50 kA (con una petición al fabricante)**
- Cresta de corriente de cierre: **104**
- Factor de primer polo: **1,5 s**
- Duración de cortocircuito: **3 s**
- Tiempo de cierre: **< 65ms**
- Tiempo de apertura: **17 ms**
- Tiempo de corte: **40 ms**
- Tiempo muerto: **300 ms**

El disyuntor tendrá las siguientes dimensiones medidas en milímetros:

LTB E1, Three-pole operation, BLG mechanism  
Rated voltage: 72.5 - 245 kV

Dimensions (mm)

Rated voltage	A	B	C	D	E	F
72.5 kV	4790	1292	655	3244	1100	3590
170 kV	5400	1292	1265	3854	2500	6390
245 kV	6703	1914	1955	4544	3500	8390

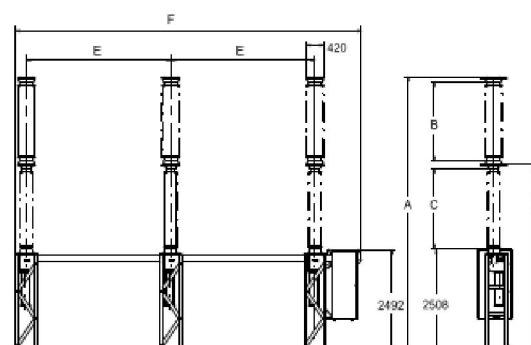
Available dimensions for phase distances and heights to lowest part of insulator (mm)

Rated voltage	Phase distance					
72.5 kV	1100*	1500	2500	3000	3500	4000
170 kV	-	-	2500*	3000	3500	4000
245 kV	-	-	2500	3000	3500*	4000

\* Standard

Rated voltage	Height to lowest part of insulator				
72.5-245 kV	1950	2508*	2992	3642	4142

\* Standard





		LTB 72.5D1/B	LTB 123D1/B	LTB 145D1/B	LTB 170D1/B	LTB 72.5E1	LTB 170E1	LTB 245E1	LTB 420E2	LTB 550E2	LTB 800E4
Number of breaks per pole		1	1	1	1	1	1	1	2	2	4
Rated voltage	kV	72.5	123	145	170	72.5	170	245	420	550	800
Rated frequency	Hz	50/60	50/60	50/60	50/60	50/60	50/60	50/60	50/60	50/60	50
Power frequency withstand voltage <sup>1)</sup>											
- To earth and between phases	kV	140	230	275	325	140	325	460	520	620	830
- Across open pole	kV	140	230	275	325	140	325	460	610	800	1150
Lightning Impulse Withstand Level (LIWL)											
- To earth and between phases	kV	325	550	650	750	325	750	1050	1425	1550	2100
- Across open pole	kV	325	550	650	750	325	750	1050	1425 (+240)	1550 (+315)	2100 (+455)
Switching Impulse Withstand Level (SIWL)											
- To earth / Between phases	kV	-	-	-	-	-	-	-	1050/1575	1175/1760	1550/2480
- Across open pole	kV	-	-	-	-	-	-	-	900 (+345)	1300 (+450)	1175 (+650)
Rated normal current	A	3150	3150	3150	3150	4000	4000	4000	4000	4000	4000
Rated s.c breaking current	kA	40	40	40	40	50/40	50/40	50/40	50/40	50/40	50
First-pole-to-clear factor	-	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.3	1.3	1.3
Making current peak	kA	100/104	100/104	100/104	100/104	125/104	125/104	125/104	125/104	125/104	125
Duration of short-circuit	s	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Closing time <sup>2)</sup>	ms	< 40	< 40	< 40	< 40	< 65	< 65	< 65	< 70	< 70	< 65
Opening time <sup>2)</sup>	ms	22	22	22	22	17	17	17	18	18	20
Break time <sup>2)</sup>	ms	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
Dead time	ms	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300
Rated operating sequence	-	0-0.3 s-CO-3 min-CO or CO-15 s-CO									

<sup>1)</sup> Up to and including 245 kV, power frequency withstand voltage ratings apply for both wet and dry conditions

<sup>2)</sup> Depending on operating mechanism



## ***9.5. Transformador de tensión***

Los transformadores de tensión son transformadores de medida y protección en los que la tensión secundaria, en las condiciones normales de empleo, es prácticamente proporcional a la tensión primaria y difiere de ella en fase un ángulo que es aproximadamente cero para un sentido apropiado de conexiones.

En los dos niveles de la subestación, se ha decantado por escoger transformadores de tensión inductivos. De acuerdo con la norma UNE – EN 60044, son aquellos transformadores de tensión destinados a transmitir una señal de información a instrumentos de medida, contadores u otros aparatos análogos. El arrollamiento primario es al que se aplica la tensión a transformar, y el arrollamiento secundario, el que alimenta a los instrumentos de medida, contadores y circuitos análogos.

### ***9.5.1. Transformador de tensión de nivel de 400 kV***

El nivel de 400 kV tendrá transformadores de tensión inductivos con 5 devanados, dos para medida y tres para protección, la potencia de precisión, sería de 5 VA tanto para medida como para protección, y la clase de precisión sería de 0,2 para medida y 3P para protección, es decir:

- S1: 5 VA clase 0,2
- S2: 5 VA clase 0,2
- S3: 5 VA clase 3P
- S4: 5 VA clase 3P
- S5: 5 VA clase 3P

Se indicará el transformador tal como:

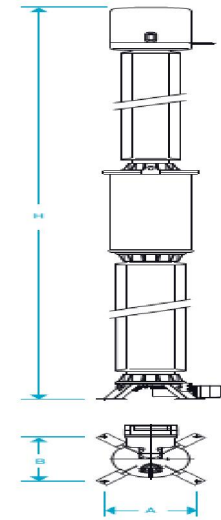
***5VA Clase 0,2/3P***

En el anexo de cálculo están más detallados los procesos a seguir a la hora de escoger un transformador de tensión y los cálculos de potencia en cada devanado.



Se escoge el transformador de tensión a partir del catálogo de **ARTECHE** cuyas características son:

- Fabricante: **ARTECHE**
- Modelo: **UTF-420**
- Tensión máxima de servicio: 420 kV
- Tensión de ensayo de impulso: 1425 kVp
- Tensión de ensayo de frecuencia industrial: 630 kV
- Tensión de ensayo de maniobra: 1050 kVp
- Tensión de secundario:  $110V/\sqrt{3}$  V
- Línea de fuga: 10500 mm
- Peso: 1315 kg
- Dimensiones en milímetros:
  - A = 600
  - B = 600
  - H = 5210



## 2. TRANSFORMADORES DE TENSIÓN INDUCTIVOS > Aislamiento papel-aceite y gas

Aislamiento papel-aceite > Modelo UT									
Modelo	Tensión máxima de servicio (kV)	Tensiones de ensayo			Potencia térmica (VA)	Línea de fuga estándar (mm)	Dimensiones		Peso (kg)
		Frecuencia industrial (kV)	Impulso (kVp)	Maniobra (kVp)			A x B (mm)	H (mm)	
UTB-52	52	95	250	-	1.500	1.300	300x300	1.335	95
UTD-52	52	95	250	-	2.000	1.300	330x300	1.395	150
UTB-72	72,5	140	325	-	1.500	1.825	300x300	1.335	108
UTD-72	72,5	140	325	-	2.000	1.825	330x300	1.395	150
UTE-72	72,5	140	325	-	2.500	1.825	400x430	1.645	285
UTD-100	100	185	450	-	2.000	2.500	330x300	1.690	165
UTD-123	123	230	550	-	3.000	3.075	350x475	2.120	292
UTE-123	123	230	550	-	3.500	3.075	350x475	2.120	355
UTE-145	145	275	650	-	3.500	3.625	350x475	2.105	335
UTE-170	170	325	750	-	3.500	4.250	350x475	2.235	350
UTF-245	245	460	1.050	-	3.500	6.125	450x590	3.210	650
		395	950						
UTG-245	245	460	1.050	-	3.500	6.125	500x640	3.260	800
		395	950						
UTG-300	300	460	1.050	850	3.500	7.500	500x640	3.660	910
UTF-420	420	630	1.425	1.050	3.500	10.500	600x600	5.210	1.315
		575	1.300	950					
UTF-525	550(525)	680	1.550	1.175	3.500	13.125	600x600	6.070	1.700

Dimensiones y pesos aproximados. Para necesidades especiales, consultar.

### 9.5.2. Transformador de tensión de nivel de 220 kV

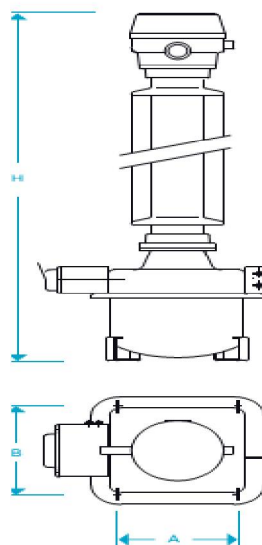
Para este nivel se colorará transformadores de tensión inductivos de 5 devanados, 2 de medida y 3 para protección, con una potencia de precisión de 5 VA tanto para medida como para protección, 0,2 de clase de precisión para medida y 3P para protección tal que:

- S1: 5 VA clase 0,2
- S2: 5 VA clase 0,2
- S3: 5 VA clase 3P
- S4: 5 VA clase 3P
- S5: 5 VA clase 3P

Se indicará el transformador como: **5 VA Clase 0,2/3P**

Se escoge de nuevo un transformador de tensión a partir del catalogo de **ARTECHE** cuyas características son:

- Fabricante: **ARTECHE**
- Modelo: **UTG-245**
- Tensión máxima de servicio: 245 kV
- Tensión de ensayo de impulso: 1050 kVp
- Tensión de ensayo de frecuencia industrial: 460 kV
- Tensión de secundario:  $110V/\sqrt{3}V$
- Línea de fuga: 6125 mm
- Peso: 800 kg
- Dimensiones en milímetros:
  - A = 500
  - B = 640
  - H = 3260



## 2. TRANSFORMADORES DE TENSIÓN INDUCTIVOS > Aislamiento papel-aceite y gas

Aislamiento papel-aceite > Modelo UT									
Modelo	Tensión máxima de servicio (kV)	Tensiones de ensayo			Potencia térmica (VA)	Línea de fuga estándar (mm)	Dimensiones		Peso (kg)
		Frecuencia industrial (kV)	Impulso (kVp)	Maniobra (kVp)			A x B (mm)	H (mm)	
UTB-52	52	95	250	-	1.500	1.300	300x300	1.335	95
UTD-52	52	95	250	-	2.000	1.300	330x300	1.395	150
UTB-72	72,5	140	325	-	1.500	1.825	300x300	1.335	108
UTD-72	72,5	140	325	-	2.000	1.825	330x300	1.395	150
UTE-72	72,5	140	325	-	2.500	1.825	400x430	1.645	285
UTD-100	100	185	450	-	2.000	2.500	330x300	1.690	165
UTD-123	123	230	550	-	3.000	3.075	350x475	2.120	292
UTE-123	123	230	550	-	3.500	3.075	350x475	2.120	355
UTE-145	145	275	650	-	3.500	3.625	350x475	2.105	335
UTE-170	170	325	750	-	3.500	4.250	350x475	2.235	350
UTF-245	245	460	1.050	-	3.500	6.125	450x590	3.210	650
		395	950						
UTG-245	245	460	1.050	-	3.500	6.125	500x640	3.260	800
		395	950						
UTG-300	300	460	1.050	850	3.500	7.500	500x640	3.660	910
UTF-420	420	630	1.425	1.050	3.500	10.500	600x600	5.210	1.315
		575	1.300	950					
UTF-525	550(525)	680	1.550	1.175	3.500	13.125	600x600	6.070	1.700

Dimensiones y pesos aproximados. Para necesidades especiales, consultar.



## 9.6. Transformadores de intensidad

Según la norma UNE EN 61869, los transformadores de intensidad T.I. Son transformadores de medida en los cuales la intensidad secundaria es, en condiciones normales de uso, prácticamente proporcional a la intensidad primaria, desfasada con relación a la misma en un ángulo próximo a cero, para un sentido apropiado de las conexiones.

Los transformadores de intensidad para protección y medida están destinados a transmitir una señal informativa a dispositivos de protección o de mando, y a aparatos de medida o contadores, con el objetivo de asegurar una precisión suficiente para intensidades de valor superior en varias veces a la asignada.

En el **anexo de cálculo en el apartado 10**, tanto para el nivel de 400 kV, como el 220 kV, se ha explicado con detalles todos los pasos a seguir para la elección del transformador de intensidad, y además los cálculos de potencia en cada devanado y las pérdidas producidas y por último las comprobaciones numéricas realizadas.

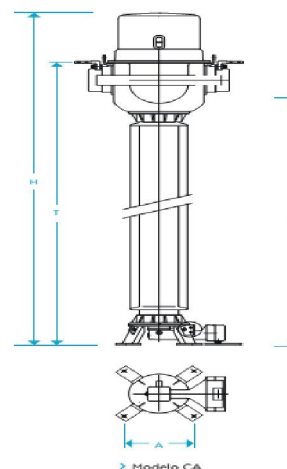
### 9.6.1. Transformador de intensidad del nivel de 400 kV

Para un nivel de tensión cuya intensidad de línea es de 866 A y intensidad de cortocircuito es de 63 kA, se ha optado a colocar transformadores de intensidad de 5 devanados, dos para medida y tres para protección, tal como se indica:

- S1: 15VA clase 0,2S FS 5
- S2: 15VA clase 0,2 FS 5
- S3: 30 VA clase 5P 30
- S4: 30 VA clase 5P 30
- S5: 30 VA clase 5P 30

A partir del fabricante **ARTECHE**, se escoge el transformador con la siguiente característica:

- Fabricante: **ARTECHE**
- Modelo: **CA-420**
- Tensión máxima de servicio: 420 kV
- Corriente nominal del secundario: 5 A
- Tensión de ensayo de impulso: 1425 kV
- Tensión de ensayo de frecuencia industrial: 630 kV
- Tensión de ensayo de maniobra: 1050 kV
- Tensión de secundario: 110 V
- Línea de fuga: 10500 mm
- Peso: 920 kg
- Dimensiones en milímetros:
  - A = 600
  - T = 3875
  - H = 4355



## 1. TRANSFORMADORES DE INTENSIDAD > Aislamiento papel-aceite, gas y seco

Aislamiento papel-aceite > Modelo CA									
Modelo	Tensión máxima de servicio (kV)	Tensiones de ensayo			Línea de fuga estándar (mm)	Dimensiones			Peso (kg)
		Frecuencia industrial (kV)	Impulso (kVp)	Maniobra (kVp)		A (mm)	T (mm)	H (mm)	
CA-36	36	70	170	-	900	350	1185	1.625	250
CA-52	52	90	250	-	1.300	350	1185	1.625	260
CA-72	72,5	140	325	-	1.825	350	1.335	1.775	280
CA-100	100	185	450	-	2.500	350	1.335	1.775	290
CA-123	123	230	550	-	3.075	350	1.665	2.095	300
CA-145	145	275	650	-	3.625	350	1.665	2.095	310
CA-170	170	325	750	-	4.250	350	1.895	2.335	330
CA-245	245	460	1.050	-	6.125	450	2.755	3.055	560
		395	950						
CA-300	300	460	1.050	850	7.500	450	3.170	3.580	650
CA-362	362	510	1.175	950	9.050	600	3.875	4.355	870
CA-420	420	630	1.425	1.050	10.500	600	3.875	4.355	920
		575	1.300						
CA-525	(525) 550	680	1.550	1.175	13.125	600	4.530	5.365	1.200
CA-550	(525) 550	800	1.800	1.175	13.750	600	5.205	5.960	1.700
CA-765	(765) 800	880	1.950	1.425	15.300	600	5.770	6.590	2.050
		975	2.100	1.550					

Dimensiones y pesos aproximados. Para necesidades especiales, consultar.

Intensidades primarias: desde 1 A hasta 5.000 A. Intensidades de cortocircuito: hasta 120 kA.

### 9.6.2. Transformador de intensidad del nivel de 220 kV

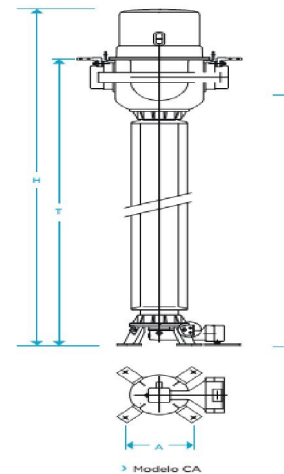
Para este nivel de 1574,6 A de intensidad de línea, y 50 kA de intensidad de cortocircuito, se colocará unos transformadores de intensidad de 5 devanados, dos de medida y tres de protecciones, tal como indica:

- S1: 15 VA clase 0,2S FS 5
- S2: 15 VA clase 0,2S FS 5
- S3: 25 VA clase 5P 15
- S4: 25 VA clase 5P 15
- S5: 25 VA clase 5P 15

Así que para el nivel de 220 kV, se instalará unos transformadores de intensidad de tipo ARTECHE CA-245, que tendrán 2 devanados un de medida y tres de protección.

Con la siguiente característica:

- Fabricante: **ARTECHE**
- Modelo: **CA-245**
- Tensión máxima de servicio: 245 kV
- Corriente nominal del secundario: 5 A
- Tensión de ensayo de impulso: 1059 kV
- Tensión de ensayo de frecuencia industrial: 460 kV
- Línea de fuga: 6125 mm
- Peso: 560 kg
- Dimensiones en milímetros:
  - A = 450
  - T = 2755
  - H = 3055



## 1. TRANSFORMADORES DE INTENSIDAD > Aislamiento papel-aceite, gas y seco

Aislamiento papel-aceite > Modelo CA									
Modelo	Tensión máxima de servicio (kV)	Tensiones de ensayo			Línea de fuga estándar (mm)	Dimensiones			Peso (kg)
		Frecuencia industrial (kV)	Impulso (kVp)	Maniobra (kVp)		A (mm)	T (mm)	H (mm)	
CA-36	36	70	170	-	900	350	1.185	1.625	250
CA-52	52	90	250	-	1.300	350	1.185	1.625	260
CA-72	72,5	140	325	-	1.825	350	1.335	1.775	280
CA-100	100	185	450	-	2.500	350	1.335	1.775	290
CA-123	123	230	550	-	3.075	350	1.665	2.095	300
CA-145	145	275	650	-	3.625	350	1.665	2.095	310
CA-170	170	325	750	-	4.250	350	1.895	2.335	330
CA-245	245	460	1.050	-	6.125	450	2.755	3.055	560
		395	950						
CA-300	300	460	1.050	850	7.500	450	3.170	3.580	650
CA-362	362	510	1.175	950	9.050	600	3.875	4.355	870
CA-420	420	630	1.425	1.050	10.500	600	3.875	4.355	920
		575	1.300						
CA-525	(525) 550	680	1.550	1.175	13.125	600	4.530	5.365	1.200
CA-550	(525) 550	800	1.800	1.175	13.750	600	5.205	5.960	1.700
CA-765	(765) 800	880	1.950	1.425	15.300	600	5.770	6.590	2.050
		975	2.100	1.550					

Dimensiones y pesos aproximados. Para necesidades especiales, consultar.

Intensidades primarias: desde 1 A hasta 5.000 A. Intensidades de cortocircuito: hasta 120 kA.



## 9.7. Seccionadores

Los seccionadores son aparatos mecánicos cuya función es unir o separar de forma visible diferentes elementos, componentes o tramos de una instalación o circuito para realizar maniobras de operación o de mantenimiento.

También son capaces de soportar permanentemente corrientes en las condiciones normales del circuito, así como fuentes de intensidades durante un tiempo específico, en condiciones anormales, tales como el cortocircuito.

En los dos niveles de la subestación, se ha optado a utilizar distintos tipos de seccionadores según la posición.

### 9.7.1. Seccionadores el nivel de 400 kV

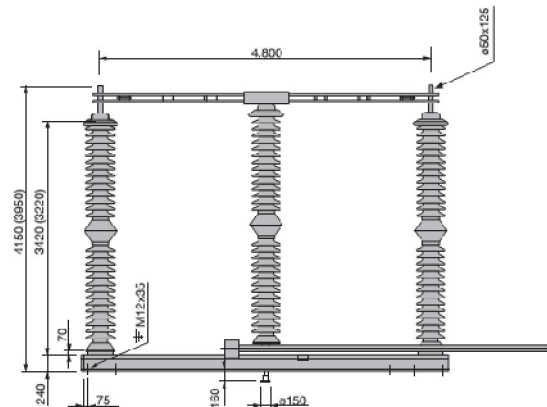
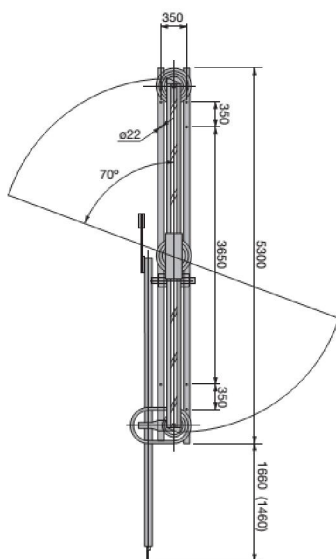
En el nivel de 400 kV, existirá tres tipos de seccionadores a utilizar: seccionadores de tres columnas giratorias de apertura central con puesta a tierra: **SG3CT-420/4000** para las líneas de entrada, seccionadores de tipo pantógrafo de mando unipolar motorizado de tipo **SPD 420-4000 A**, para las barras, y por ultimo seccionadores de tres columnas giratorias de apertura central: **SG3C-420/4000** para posiciones y aislamiento.

#### 9.7.1.1. Seccionadores de línea

Se instalarán para las líneas de entrada seccionadores de tres columnas giratorias de apertura central con cuchillas de puesta a tierra, del fabricante de MESA, de tipo **SG3CT-420/4000** la entrada de líneas.

- Fabricante: **MESA**
- Tensión nominal: **420**
- Intensidad nominal: **4000 A**
- Intensidad de corta duración: **63 kA**
- Tipo de aislador: **C8-1550**
- Tensión de ensayo a tierra y entre polos a frecuencia industrial bajo lluvia: **520 kV**
- Tensión de ensayo a tierra y entre polos a impulso tipo rayo: **1425 kV**
- Tensión de ensayo a tierra y entre polos a impulso tipo maniobra: **1050 kV**
- Tensión de ensayo sobre la distancia de seccionamiento a frecuencia industrial bajo lluvia: **610 kV**
- Tensión de ensayo sobre la distancia de seccionamiento impulsos tipo rayo: **1665 kV**
- Tensión de ensayo sobre la distancia de seccionamiento impulsos tipo maniobra: **1245 kV**

Referencia	Peso	Referencia	Peso	Tensión Nominal	Intensidad Nominal	Tensión de ensayo						Intensidad de corta duración (Valor eficaz) (RMS)	Valor cresta de la intensidad	Tipo de aislador
						A tierra y entre polos			Sobre la distancia de seccionamiento					
						A frecuencia industrial bajo lluvia kV	A impulso tipo rayo kV	A impulso tipo maniobra kV	A frecuencia industrial bajo lluvia kV	A impulso kV	A impulso tipo maniobra kV			
	kg		kg	kV	A	kV	kV	kV	kV	kV				
SG3C-420/3150		SG3CT-420/3150		420	3150	520	1425	1050	610	1665	1245	50	125	C6-1550
SG3C-420/4000	1425	SG3CT-420/4000	1475	420	4000	520	1425	1050	610	1665	1245	50	125	C6-1550
SG3C-420/4000		SG3CT-420/4000		420	4000	520	1425	1050	610	1665	1245	63	160	C8-1550



### 9.7.1.2. Seccionadores de barra

Para la conexión con las barras se utilizará de tipo pantógrafo, de mando unipolar motorizado de tipo **SPD 420-4000**, y con las siguientes características:

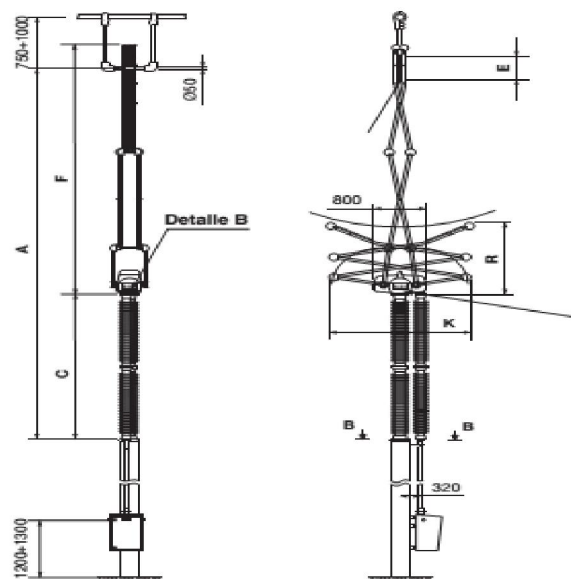
- Fabricante: **MESA**
- Tensión nominal: **420**
- Intensidad nominal: **4000 A**
- Intensidad de corta duración: **63 kA**
- Tipo de aislador: **C8-1425**
- Tensión de ensayo a tierra y entre polos a frecuencia industrial bajo lluvia: **520 kV**
- Tensión de ensayo a tierra y entre polos a impulso tipo rayo: **1425 kV**
- Tensión de ensayo a tierra y entre polos a impulso tipo maniobra: **10 kV**
- Tensión de ensayo sobre la distancia de seccionamiento a frecuencia industrial bajo lluvia: **610 kV**

- Tensión de ensayo sobre la distancia de seccionamiento impulsos tipo rayo: **1665 kV**
- Tensión de ensayo sobre la distancia de seccionamiento impulsos tipo maniobra: **1245 kV**

### Características técnicas

Montaje	Referencia	Fig.	Peso ( <sup>7</sup> ) (kg)	Referencia (con PAT)	Peso ( <sup>7</sup> ) (kg)	Tensión nominal (kV)	Intensidad nominal (A)	Tensión de ensayo						Intensidad de corta duración (valor eficaz) (kA)	Valor cresta de la intensidad ( <sup>11</sup> ) (kA)	Tipo de aislador
								A tierra y entre polos			Sobre la distancia de seccionamiento					
								A frecuencia industrial bajo lluvia (kV)	A impulso tipo rayo (kV)	A impulso tipo maniobra (kV)	A frecuencia industrial bajo lluvia (kV)	A impulso (kV)	A impulso tipo maniobra (kV)			
9	SP-170/4000	2	103	SPT-170/4000	153	170	4000	325	750	-	375	860	-	50	125	C8-750
10	SP-245/4000	2	112	SPT-245/4000	162	245	4000	460	1050	-	530	1200	-	50	125	C8-1050
11	SP-245/4000	2	112	SPT-245/4000	162	245	4000	460	1050	-	530	1200	-	63	160	C8-1050
12	SPD-245/4000	3	133	SPDT-245/4000	183	245	4000	460	1050	-	530	1200	-	50	125	C8-1050
13	SPD-245/4000	3	133	SPDT-245/4000	183	245	4000	460	1050	-	530	1200	-	63	160	C8-1050
14	SPD-420/4000	3	150	SPDT-420/4000	200	420	4000	520	1425	1050	610	1665	1245	50	125	C8-1425
15	SPD-420/4000	3	150	SPDT-420/4000	200	420	4000	520	1425	1050	610	1665	1245	63	160	C8-1425

Tensión nominal (kV)	Fig.	A	C	E	F (aprox.)	K (aprox.)	L (min)	R (aprox.)	Anclajes (vista B-B) <sup>10</sup>		
									I	Nº agujeros	P
170	2	4390	1700	300	2970	2145	1630	875	225	(4xØ18)	270
245	2	5630	2300	460	3230	2540	2280	1250	225	(4xØ18)	270
245	3	6250	2300	460	3960	1740	2350	1235	225	(4xØ18)	270
420	3	8250	3350	550	4865	2285	3150	1590	254	(4xØ18)	330





### 9.7.1.3. Seccionadores de barra de posición

Se instalarán seccionadores de tres columnas giratorias de apertura central, del fabricante de MESA, de tipo **SG3C-420/4000 A**, cuyas características son muy similares que los seccionadores de línea de 400 kV.

Referencia	Peso	Referencia	Peso	Tensión Nominal	Intensidad Nominal	Tensión de ensayo						Intensidad de corta duración (Valor eficaz) (RMS)	Valor cresta de la intensidad	Tipo de aislador
						A tierra y entre polos			Sobre la distancia de seccionamiento					
						A frecuencia industrial bajo lluvia kV	A impulso tipo rayo kV	A impulso tipo maniobra kV	A frecuencia industrial bajo lluvia kV	A impulso kV	A impulso tipo maniobra kV			
kg	kg	kV	A	kV	kV	kV	kV	kV	kV					
SG3C-420/3150		SG3CT-420/3150		420	3150	520	1425	1050	610	1665	1245	50	125	C6-1550
SG3C-420/4000	1425	SG3CT-420/4000	1475	420	4000	520	1425	1050	610	1665	1245	50	125	C6-1550
SG3C-420/4000		SG3CT-420/4000		420	4000	520	1425	1050	610	1665	1245	63	160	C8-1550

- Fabricante: **MESA**
- Modelo: **SG3C-420/4000**
- Tensión nominal: **420**
- Intensidad nominal: **4000 A**
- Intensidad de corta duración: **63 kA**
- Tipo de aislador: **C8-1550**
- Tensión de ensayo a tierra y entre polos a frecuencia industrial bajo lluvia: **520 kV**
- Tensión de ensayo a tierra y entre polos a impulso tipo rayo: **1425 kV**
- Tensión de ensayo a tierra y entre polos a impulso tipo maniobra: **1050 kV**
- Tensión de ensayo sobre la distancia de seccionamiento a frecuencia industrial bajo lluvia: **610 kV**
- Tensión de ensayo sobre la distancia de seccionamiento impulsos tipo rayo: **1665 kV**
- Tensión de ensayo sobre la distancia de seccionamiento impulsos tipo maniobra: **1245 kV**

### 9.7.2. Seccionadores del nivel 220 kV

Para este nivel existe dos tipos de seccionadores a utilizar: seccionadores de tres columnas giratorias de apertura central con puesta a tierra: **SG3CT-245/1600**, y seccionadores para las barras de tipo pantógrafo de mando unipolar motorizado de tipo **SPD 245-4000 A**.

#### 9.7.2.1 Seccionadores de línea

En el nivel de 220 kV, se escogerá seccionadores de tres columnas giratorias de apertura central tipo con puesta a tierra **SG3CT-245/1600** a la salida de líneas, cuyas características son las siguientes:

- Fabricante: **MESA**
- Tensión nominal: **245 kV**
- Intensidad nominal: **1600A**
- Intensidad de corta duración: 50 KA (BAJO PEDIDO AL FABRICANTE)
- Tipo de aislador: **C4-1050**
- Tensión de ensayo a tierra y entre polos a frecuencia industrial bajo lluvia: **460 kV**
- Tensión de ensayo a tierra y entre polos a impulso: **1050 kV**
- Tensión de ensayo sobre la distancia de seccionamiento a frecuencia industrial bajo lluvia: **530 kV**
- Tensión de ensayo sobre la distancia de seccionamiento impulsos: **1200 kV**

#### Dimensiones

#### Dimensions

Seccionador Disconnecter		Seccionador con puesta a tierra Disconnecter with earthing switch		Dimensiones Dimensions (mm)																	
Referencia Reference	Peso Weight	Referencia Reference	Peso Weight	A	B	C	D	E	F	H	SG3C SG3CT	SG3CP SG3CPT	I	K	L	M	R <sup>(2)</sup>	S	V		
	Kg		Kg																		
A	1	SG3CP-36/800 SG3C-36/800	237	SG3CPT-36/800 SG3CT-36/800	291	140	60	90	160	800	400	788	650	240	480	1190	105	1000	368	-	
		SG3CP-36/1250 SG3C-36/1250		SG3CPT-36/1250 SG3CT-36/1250																	
		SG3CP-52/800 SG3C-52/800	285	SG3CPT-52/800 SG3CT-52/800	339	140	60	90	160	1000	500	903	765	340	680	1390	105	1200	468	-	
	2	SG3CP-52/1250 SG3C-52/1250		SG3CPT-52/1250 SG3CT-52/1250																	
		SG3CP-72/800 SG3C-72/800	522	SG3CPT-72/800 SG3CT-72/800	580	160	65	145	105	1200	600	1118	980	495	990	1590	50	1500	568	-	
		SG3CP-72/1250 SG3C-72/1250		SG3CPT-72/1250 SG3CT-72/1250																	
	3	SG3CP-123/800 SG3C-123/800	690	SG3CPT-123/800 SG3CT-123/800	754	160	65	145	105	1700	850	1568	1430	745	1490	2090	50	2100	818	-	
		SG3CP-123/1250 SG3C-123/1250		SG3CPT-123/1250 SG3CT-123/1250																	
		SG3C-52/1600	328	SG3CT-52/1600	384	140	60	90	160	1000	500	985	1010	-	340	680	1390	105	1200	468	-
	3	SG3C-52/2000	348	SG3CT-52/2000	404																
		SG3C-72/1600	572	SG3CT-72/1600	630	160	65	145	105	1200	600	1070	1195	-	495	990	1590	50	1500	568	-
		SG3C-72/2000	602	SG3CT-72/2000	660																
B	1	SG3C-123/1600	745	SG3CT-123/1600	809	160	65	145	105	1700	850	1620	1645	-	745	1490	2090	50	2100	818	-
		SG3C-123/2000	785	SG3CT-123/2000	849																
		SG3CP-145/800 SG3C-145/800	1432	SG3CPT-145/800 SG3CT-145/800	1495	815	315	500	-	2100	1050	1875	1770	550	1100	2730	-	3000	1020	600	
	2	SG3CP-145/1250 SG3C-145/1250		SG3CPT-145/1250 SG3CT-145/1250																	
		SG3CP-170/800 SG3C-170/800	1450	SG3CPT-170/800 SG3CT-170/800	1525	815	315	500	-	2400	1200	2075	1960	700	1400	3030	-	3200	1168	600	
		SG3CP-170/1250 SG3C-170/1250		SG3CPT-170/1250 SG3CT-170/1250																	
	C	SG3CP-245/800 SG3C-245/800	2000	SG3CPT-245/800 SG3CT-245/800	2045	715	315	400	-	3000	1500	2675	2560	1100	2200	3630	-	4500	1468	500	
		SG3CP-245/1250 SG3C-245/1250		SG3CPT-245/1250 SG3CT-245/1250																	
		SG3C-145/1600	1380	SG3CT-145/1600	1505	815	315	500	-	2100	1050	1955	1983	-	550	1100	2730	-	3000	1000	600
	C	SG3C-145/2000	1390	SG3CT-145/2000	1515																
		SG3C-170/1600	1455	SG3CT-170/1600	1585	715	315	400	-	2400	1200	2155	2183	-	700	1400	3030	-	3200	1150	600
		SG3C-170/2000	1465	SG3CT-170/2000	1595																
SG3C-245/1600		2005	SG3CT-245/1600	2145	715	315	400	-	3000	1500	2755	2783	-	1100	2200	3630	-	4500	1450	500	
	SG3C-245/2000	2020	SG3CT-245/2000	2160																	

(1) Para valores distintos a los indicados, consultar. / Other different values available under request.

(2) R= Distancia entre polos normalizada de MESA. Otras distancias bajo demanda. / Distance between poles is the MESA standard one. Other distances available under request.

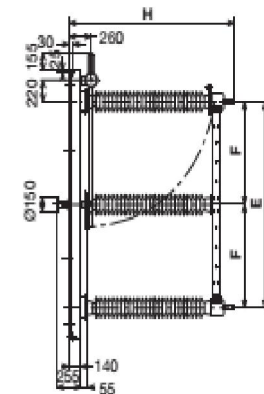
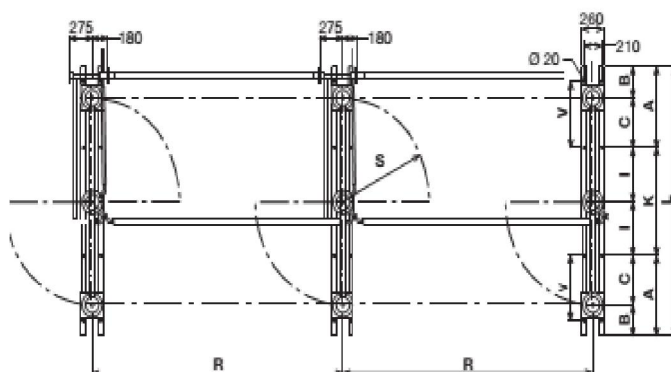


Características eléctricas

Electrical Characteristics

	Referencia Reference	Tensión nominal Rated voltage	Intensidad nominal Rated normal current (I)	Tensión de ensayo / Impulse withstand voltage				Intensidad corta duración (valor eficaz) Short time withstand current (RMS) (I)	Valor cresta de la intensidad Peak withstand current (I)	Tipo de aislador Insulator type		
				A tierra y entre polos To earth and between poles		Sobre la distancia de secci. Across isolating distance						
				A frecuencia industrial bajo lluvia / Power frequency wet	A impulso/ Impulse	A frecuencia industrial bajo lluvia / Power frequency wet	A impulso/ Impulse					
		kV	A	kV	kV	kV	kV	kA	kA			
A	1	SG3CP-36/1250	SG3CPT-36/1250	36	1250	70	170	80	195	31,5	80	C4-170
		SG3CP-52/1250	SG3CPT-52/1250	52	800	95	250	110	290	31,5	80	C4-250
		SG3CP-72/1250	SG3CPT-72/1250	72,5	1250	140	325	160	375	31,5	80	C4-325
		SG3CP-123/1250	SG3CPT-123/1250	123	1250	230	550	265	630	31,5	80	C4-550
	2	SG3C-36/1250	SG3CT-36/1250	36	1250	70	170	80	195	31,5	80	C4-170
		SG3C-52/1250	SG3CT-52/1250	52	1250	95	250	110	290	31,5	80	C4-250
		SG3C-72/1250	SG3CT-72/1250	72,5	1250	140	325	160	375	31,5	80	C4-325
		SG3C-123/1250	SG3CT-123/1250	123	1250	230	550	265	630	31,5	80	C4-550
	3	SG3C-52/1600	SG3CT-52/1600	52	1600	95	250	110	290	40	100	C4-250
		SG3C-52/2000	SG3CT-52/2000	52	2000	95	250	110	290	40	100	C4-250
		SG3C-52/2750	SG3CT-52/2750	52	2750	95	250	110	290	40	100	C4-250
		SG3C-72/1600	SG3CT-72/1600	72,5	1600	140	325	160	375	40	100	C4-325
	4	SG3C-72/2000	SG3CT-72/2000	72,5	2000	140	325	160	375	40	100	C4-325
		SG3C-72/2750	SG3CT-72/2750	72,5	2750	140	325	160	375	40	100	C4-325
		SG3C-123/1600	SG3CT-123/1600	123	1600	230	550	265	635	40	100	C4-550
		SG3C-123/2000	SG3CT-123/2000	123	2000	230	550	265	635	40	100	C4-550
5	SG3C-123/2750	SG3CT-123/2750	123	2750	230	550	265	635	40	100	C4-550	
	SG3CP-145/1250	SG3CPT-145/1250	145	1250	275	650	315	750	31,5	80	C4-650	
	SG3CP-170/1250	SG3CPT-170/1250	170	1250	325	750	375	860	31,5	80	C4-750	
	SG3CP-245/1250	SG3CPT-245/1250	245	1250	460	1050	530	1200	31,5	80	C4-1050	
B	2	SG3C-145/1250	SG3CT-145/1250	145	1250	275	650	315	750	31,5	80	C4-650
		SG3C-170/1250	SG3CT-170/1250	170	1250	325	750	375	860	31,5	80	C4-750
		SG3C-245/1250	SG3CT-245/1250	245	1250	460	1050	530	1200	31,5	80	C4-1050
		SG3C-145/1600	SG3CT-145/1600	145	1600	275	650	315	750	40	100	C4-650
C	3	SG3C-145/2000	SG3CT-145/2000	145	2000	275	650	315	750	40	100	C4-650
		SG3C-145/2750	SG3CT-145/2750	145	2750	275	650	315	750	40	100	C4-650
		SG3C-170/1600	SG3CT-170/1600	170	1600	325	750	375	860	40	100	C4-750
		SG3C-170/2000	SG3CT-170/2000	170	2000	325	750	375	860	40	100	C4-750
	4	SG3C-170/2750	SG3CT-170/2750	170	2750	325	750	375	860	40	100	C4-750
		SG3C-245/1600	SG3CT-245/1600	245	1600	460	1050	530	1200	40	100	C4-1050
		SG3C-245/2000	SG3CT-245/2000	245	2000	460	1050	530	1200	40	100	C4-1050
		SG3C-245/2750	SG3CT-245/2750	245	2750	460	1050	530	1200	40	100	C4-1050
	5	SG3C-245/1600	SG3CT-245/1600	245	1600	460	1050	530	1200	40	100	C4-1050
		SG3C-245/2000	SG3CT-245/2000	245	2000	460	1050	530	1200	40	100	C4-1050
		SG3C-245/2750	SG3CT-245/2750	245	2750	460	1050	530	1200	40	100	C4-1050
		SG3C-245/1600	SG3CT-245/1600	245	1600	460	1050	530	1200	40	100	C4-1050

C SG3C, SG3CT: 145 kV ≤ U<sub>n</sub> ≤ 245 KV 1600 A ≤ I<sub>n</sub> ≤ 2750 A



Con las siguientes dimensiones en milímetros:

A = 715	F = 1500	L = 3630
B = 315	H = 2756	R = 4500
C = 400	I = 1100	S = 1450
E = 3000	K = 2200	V = 500

### 9.7.2.2 Seccionadores de barras

Se colocará en las barras de 220 kV, seccionador de tipo pantógrafo, de mando unipolar motorizado de tipo **SPD 245-4000 A**, y con las siguientes características

- Fabricante: **MESA**
- Tensión nominal: **245 kV**
- Intensidad nominal: **4000A**
- Intensidad de corta duración: **50 kA**
- Tipo de aislador: **C6-1050**
- Tensión de ensayo a tierra y entre polos a frecuencia industrial bajo lluvia: **460 kV**
- Tensión de ensayo a tierra y entre polos a impulso: **1050 kV**
- Tensión de ensayo sobre la distancia de seccionamiento a frecuencia industrial bajo lluvia: **530 kV**
- Tensión de ensayo sobre la distancia de seccionamiento impulsos: **1200 kV**

#### Características técnicas

Montaje	Referencia	Fig.	Peso ( <i>l</i> )  (kg)	Referencia (con PAT)	Peso ( <i>l</i> )  (kg)	Tensión nominal (kV)	Intensidad nominal (A)	Tensión de ensayo						Intensidad de corta duración (valor eficaz) (kA)	Valor cresta de la intensidad ( <i>l</i> ) (kA)	Tipo de aislador ( <i>l</i> )
								A tierra y entre polos			Sobre la distancia de seccionamiento					
								A frecuencia industrial bajo lluvia (kV)	A impulso tipo rayo (kV)	A impulso tipo maniobra (kV)	A frecuencia industrial bajo lluvia (kV)	A impulso (kV)	A impulso tipo maniobra (kV)			
9	SP-170/4000	2	103	SPT-170/4000	153	170	4000	325	750	-	375	860	-	50	125	C6-750
10	SP-245/4000	2	112	SPT-245/4000	162	245	4000	460	1050	-	530	1200	-	50	125	C6-1050
11	SP-245/4000	2	112	SPT-245/4000	162	245	4000	460	1050	-	530	1200	-	63	160	C8-1050
12	SPD-245/4000	3	133	SPDT-245/4000	183	245	4000	460	1050	-	530	1200	-	50	125	C6-1050
13	SPD-245/4000	3	133	SPDT-245/4000	183	245	4000	460	1050	-	530	1200	-	63	160	C8-1050
14	SPD-420/4000	3	150	SPDT-420/4000	200	420	4000	520	1425	1050	610	1665	1245	50	125	C6-1425
15	SPD-420/4000	3	150	SPDT-420/4000	200	420	4000	520	1425	1050	610	1665	1245	63	160	C8-1425

Tensión nominal (kV)	Fig.	A	C	E	F (aprox.)	K (aprox.)	L (min)	R (aprox.)	Anclajes (vista B-B) (2)		
									I	Nº agujeros	P
170	2	4390	1700	300	2970	2145	1630	875	225	(4xØ18)	270
245	2	5630	2300	460	3230	2540	2280	1250	225	(4xØ18)	270
245	3	6250	2300	460	3960	1740	2350	1235	225	(4xØ18)	270
420	3	8250	3350	550	4865	2285	3150	1590	254	(4xØ18)	330

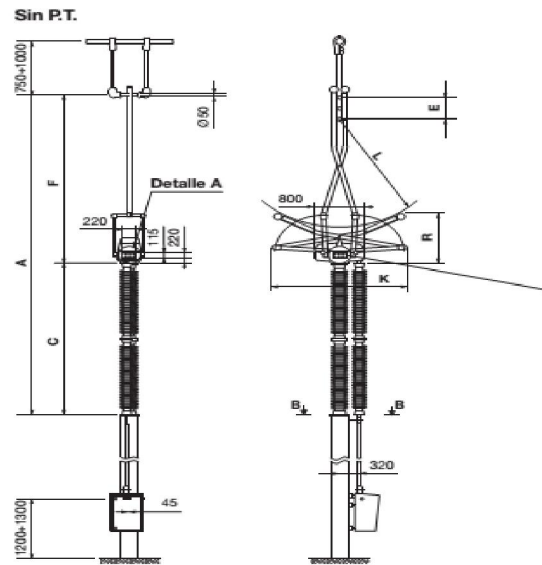


Figura 3



## **10. TRANSFORMADOR DE POTENCIA**

### **10.1 Generalidades**

El Transformador de potencia consiste en transformar las tensiones de entrada a tensiones de salida a diferente magnitud manteniendo la frecuencia, en la subestación proyectada se encontrará un transformador de una gran potencia de 600 MVA, de tal forma que reducirá la tensión de entrada de 400 kV a una salida de 220 kV, sería en baño de aceite con una ventilación forzada de aire y preparado para trabajar en intemperie, con regulación en carga de alta tensión, y el neutro puesto rígidamente a tierra.

El transformador de potencia consiste en:

- Núcleo
- Devanados
- Aislamientos
- Conexión
- Cuba
- Conservador de aceite
- Accesorios:
  - Boquillas
  - cambiador de tomas
  - radiadores
  - moto ventiladores
  - termómetros, indicadores de nivel, relé Buchholz, válvula de alivio de presión, relé de presión súbita, respiradores de aire, etc
  - transformador de corriente de boquilla
  - descargadores de sobretensión
  - painel de mando, control y protecciones
  - sensores y sistema de monitoreo

Dado que se trata de un transformador de un gran nivel de tensión y potencia, no existe catálogos que le incluye, para ello su construcción se realizará bajo demanda, en este caso se ha elegido ABB como fabricante, por su fiabilidad y su amplia experiencia en la fabricación de transformadores, con las siguientes características constructivas:



➤ Tipo de instalación	<b><i>Intemperie</i></b>
➤ Tensión nominal	<b><i>400/220 kV</i></b>
➤ Potencia nominal	<b><i>600MVA</i></b>
➤ Frecuencia nominal	<b><i>50 Hz</i></b>
➤ Intensidad de corta duración mínima	<b><i>63 kA en 400 kV</i></b> <b><i>50 kA en 220 kV</i></b>
➤ Refrigeración	<b><i>ONAN/ONAF</i></b>
➤ Altitud	<b><i>&lt;1000 m.n.m</i></b>
➤ Temperatura de ambiente máxima	<b><i>45 °C</i></b>
➤ Grupo de conexión	<b><i>YNyn0</i></b>
➤ Líquido refrigerante	<b><i>Aceite</i></b>

### ***10.2. Ensayos***

El fabricante que en este caso ABB está obligado a realizar una serie de pruebas y medidas sobre el transformador de potencia antes de su puesta en marcha que consiste en:

- Medida de la resistencia en los bobinados.
- Medida de la relación de transformación y control del grupo de conexión.
- Medida de pérdidas y de la corriente en vacío.
- Medida de la tensión de impedancia, impedancia de cortocircuito y pérdidas de carga.
- Pruebas dieléctricas:
  - Comprobación de fugas.
  - Ensayos de calentamiento.
  - Prueba de cortocircuito.
  - Nivel de ruido.
  - Mediciones de los armónicos.
  - Prueba de conmutación en carga.
  - Pruebas de equipos auxiliares.

Se construirá el transformador en un conjunto completo e independiente, montado sobre un bastidor de 4 juegos de ruedas con el fin de poder desplazarlo sobre carriles, estas ruedas se bloquean en el momento que el transformador se pone en marcha.



## 11. CONDUCTORES

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

Se utilizará en la subestación proyectada, distintos tipos de conductores, según la finalidad de su uso, que consiste en:

- Conductores desnudos de alta tensión.
- Tubos de aluminio para los embarrados.
- Conductores de tierra:
  - Conductores de malla de tierra.
  - Hilo de guarda.
  - Neutro del transformador.

### 11.1 conductores desnudos de alta tensión

#### 11.1.1. Conductores del nivel de 400 kV

En el parque de nivel de 400 kV se empleará conductores dobles por fase, de aluminio con alma de acero galvanizado de dominación **GULL LA380** cuyas características son las siguientes:

- Sección:  $381 \text{ mm}^2$
- Numero de alambres de aluminio: 54
- Numero de alambres de acero: 7
- Equivalencia en cobre:  $212 \text{ mm}^2$
- Diámetro: 25,38 mm
- Peso total: 1275 kg/km
- Cargo de rotura: 106,5 kN
- Resistencia eléctrica a 20 C: 0,0857
- Modulo de elasticidad (E):  $7000 \text{ kg/mm}^2$
- Coeficiente de dilatación lineal:  $19,3 \cdot 10^{-6} \text{ mm}$
- Intensidad admisible reglamentaria: 840 A
- Tensión máxima normal (T<sub>mn</sub>): 3600 kg



CONDUCTORES DE ALUMINIO-ACERO										NORMA UNE 21018		
Denominación	Sección trans.			Equiv.Cu.	Nº de alambres y diám.		Diám. ext.	Peso unitario			Carga de rotura	Resist. electr. a 20°C
	mm²	mm²	mm²		Nº x mm	Nº x mm		kg/km	kg/km	kg/km		
	Aluminio	Acero	Total		Aluminio	Acero	mm	Aluminio	Acero	Total	KN	ohm/km
LA- 30	26,7	4,4	31,1	17	6X2,38	1X2,38	7,14	73,2	34,7	107,9	9,90	1,0794
LA- 56	46,8	7,8	54,6	30	6X3,15	1X3,15	9,45	128,3	60,8	189,1	16,40	0,6136
LA- 78	67,4	11,2	78,6	42	6X3,78	1X3,78	11,34	185,0	87,0	272,0	23,10	0,4261
LA-110	94,2	22,0	116,2	60	30X2,00	7X2,00	14,00	260,4	172,3	433,0	43,10	0,3066
LA-145	119,3	27,8	147,1	75	30X2,25	7X2,25	15,75	330,0	218,0	548,0	54,10	0,2422
LA-180	147,3	34,3	181,6	93	30X2,50	7X2,50	17,50	407,0	269,0	676,0	63,90	0,1962
LA-280	241,7	39,4	281,1	152	26X3,44	7X2,68	21,80	667,0	310,0	977,0	84,50	0,1194
LA-380	337,3	43,7	381,0	212	54X2,82	7X2,82	25,38	932,0	343,0	1.275,0	106,50	0,0857
LA-455	402,3	52,2	454,5	253	54X3,08	7X3,08	27,72	1.112,0	409,0	1.521,0	124,00	0,0718
LA-545	484,5	62,8	547,3	305	54X3,38	7X3,38	30,42	1.340,0	492,0	1.832,0	148,50	0,0596
LA-635	565,0	71,6	636,6	365	54X3,65	19X2,19	32,85	1.562,0	563,0	2.125,0	175,00	0,0511

### 11.1.2. Conductores del nivel de 220 kV

Para este caso se utilizará dos conductores por fase de tipo **CONDOR LA 455** tiene las siguientes características:

- Sección: 454,5mm<sup>2</sup>
- Numero de alambres de aluminio: 54
- Numero de alambres de acero: 7
- Equivalencia en cobre: 253 mm<sup>2</sup>
- Diámetro: 27,72 mm
- Peso total: 1521 kg/km
- Cargo de rotura: 124kN
- Resistencia eléctrica a 20 C: 0,0718
- Modulo de elasticidad (E): 7000 kg/ mm<sup>2</sup>
- Coeficiente de dilatación lineal: 19,3 . 10<sup>-6</sup>mm
- Intensidad admisible reglamentaria: 751 A
- Tensión máxima normal (Tmn):3000 kg



CONDUCTORES DE ALUMINIO-ACERO											NORMA UNE 21018	
Denominación	Sección trans.			Equiv. Cu.	Nº de alambres y diám.		Diám. ext.	Peso unitario			Carga de rotura	Resist. eléct. a 20°C
	mm²	mm²	mm²	mm²	Nº x mm	Nº x mm	mm	kg/km	kg/km	kg/km	KN	ohm/km
	Aluminio	Acero	Total		Aluminio	Acero		Aluminio	Acero	Total		
LA-30	26,7	4,4	31,1	17	6X2,38	1X2,38	7,14	73,2	34,7	107,9	9,90	1,0794
LA-56	46,8	7,8	54,6	30	6X3,15	1X3,15	9,45	128,3	60,8	189,1	16,40	0,6136
LA-78	67,4	11,2	78,6	42	6X3,78	1X3,78	11,34	185,0	87,0	272,0	23,10	0,4261
LA-110	94,2	22,0	116,2	60	30X2,00	7X2,00	14,00	260,4	172,3	433,0	43,10	0,3066
LA-145	119,3	27,8	147,1	75	30X2,25	7X2,25	15,75	330,0	218,0	548,0	54,10	0,2422
LA-180	147,3	34,3	181,6	93	30X2,50	7X2,50	17,50	407,0	269,0	676,0	63,90	0,1962
LA-280	241,7	39,4	281,1	152	26X3,44	7X2,68	21,80	667,0	310,0	977,0	84,50	0,1194
LA-380	337,3	43,7	381,0	212	54X2,82	7X2,82	25,38	932,0	343,0	1.275,0	106,50	0,0857
LA-455	402,3	52,2	454,5	253	54X3,08	7X3,08	27,72	1.112,0	409,0	1.521,0	124,00	0,0718
LA-545	484,5	62,8	547,3	305	54X3,38	7X3,38	30,42	1.340,0	492,0	1.832,0	148,50	0,0596
LA-635	565,0	71,6	636,6	365	54X3,65	19X2,19	32,85	1.562,0	563,0	2.125,0	175,00	0,0511

## 11.2. Tubos de aluminio

Para los embarrados existentes en la subestación eléctrica se utilizará tubos de aluminio de tipo 6063-T6 a partir del catálogo escogido de VALGAÑON, así que:

### Para el embarrado de 400 kV:

Se utilizará tubos de aluminio de tipo 6063 -T6 de 250 mm de diámetro exterior y 228 mm de diámetro interior, con una sección de  $8259 \text{ mm}^2$ , una intensidad máxima admisible de 6930A.

### Para el embarrado de 220 kV:

Se utilizará tubos de aluminio de tipo 6063 -T6 de 150 mm de diámetro exterior y 134 mm de diámetro interior, con una sección de  $3567 \text{ mm}^2$ , una intensidad máxima admisible de 389A.



CARACTERÍSTICAS TUBOS AL 6063-T6						
Dimensiones Ø ext. / Ø int. mm.	Sección mm <sup>2</sup> .	Peso kg/m.	Intensidad Admisible Amperios 80°C	Vano (1) Admisible m.	Momento Inercia cm <sup>4</sup> .	Momento Resistente cm <sup>3</sup> .
40 / 35	295	0,800	785	5,40	5,20	2,07
40 / 34	349	0,942	820	5,65	6,00	2,42
40 / 32	452	1,200	928	5,90	7,42	3,06
40 / 30	550	1,484	980	6,50	8,59	3,63
45 / 40	334	0,901	870	5,60	7,56	2,66
50 / 44	443	1,196	940	6,40	12,28	3,91
50 / 42	578	1,600	1130	6,90	15,40	5,00
50 / 40	708	1,909	1260	7,50	18,11	5,99
60 / 50	864	2,330	1380	7,90	32,29	8,93
63 / 51	1075	2,901	1640	9,30	44,12	11,52
63 / 47	1382	3,730	1820	10,40	53,37	14,35
68 / 60	804	2,170	1250	7,60	41,33	9,66
70 / 60	1020	2,760	1550	9,20	54,24	12,47
80 / 72	955	2,580	1700	9,40	69,14	17,30
80 / 70	1180	3,181	1890	10,10	83,20	20,80
80 / 68	1394	3,766	2070	10,50	96,10	24,00
80 / 64	1809	4,900	2340	12,30	118,70	24,52
90 / 80	1335	3,604	2135	10,30	121,00	21,30
100 / 92	1205	3,257	2060	10,50	117,10	21,70
100 / 90	1495	4,029	2320	11,40	168,81	26,60
100 / 88	1770	4,784	2520	12,10	196,49	31,27
100 / 84	2312	6,200	2850	14,30	246,48	39,98
100 / 80	2827	7,600	3135	18,50	289,81	47,90
110 / 100	1650	4,453	2480	12,20	227,81	32,49
120 / 110	1806	4,880	2700	13,10	299,18	38,97
120 / 106	2485	6,710	3100	18,50	398,16	52,71
120 / 104	2815	7,600	3340	19,00	443,62	59,21
120 / 100	3456	9,330	3700	20,20	527,00	71,47
150 / 136	3145	8,491	3400	20,00	805,76	84,38
150 / 134	3567	9,631	3890	20,80	902,38	95,12
150 / 125	5340	14,570	4800	24,00	1286,63	139,59
160 / 140	4712	12,700	4710	24,00	1331,25	132,73
160 / 148	2903	7,840	3760	19,00	862,00	108,00
200 / 190	3063	8,270	4165	24,00	1456,87	112,01
200 / 188	3657	9,900	4535	24,00	1722,00	133,05
200 / 184	4825	13,000	5150	24,00	2227,44	173,81
200 / 180	5696	16,100	5690	24,00	2701,00	212,84
250 / 238	4599	12,400	5470	24,00	3424,87	210,46
250 / 230	7540	20,400	6870	24,00	5438,10	339,48
250 / 228	8259	22,300	6930	24,00	5090,71	370,38



### ***11.3. Conductores de tierra***

#### ***11.3.1. Malla de tierra***

Se colocará una malla metálica (3 x 3 m) que cubrirá toda la superficie de la subestación, para ello se ha escogido un cable de cobre desnudo galvanizado de sección de  $120 \text{ mm}^2$ , también se utilizará latiguillos de cobre de una sección de  $63 \text{ mm}^2$  para unir a los distintos elementos de la subestación, sea aparamenta, soportes o vallas.

#### ***11.3.2. Hilo de guarda***

Para el hilo de guarda, su principal función es proteger la subestación y las personas frente contra las sobretensiones peligrosas de origen atmosférico, para ello se ha optado a utilizar un cable de acero recubierto de aluminio de sección  $50 \text{ mm}^2$ .

#### ***11.3.3. Neutro de los transformadores.***

Será un conductor desnudo de cobre de sección de  $160 \text{ mm}^2$  que conectará el neutro del transformador de potencia a la malla de tierra.

## **11. PROTECCIONES**

El reglamento eléctrico de alta tensión **ITC-RAT 09** en el apartado 1, 2, y 3 dicta que : Todas las instalaciones a las que se refiere este Reglamento deberán estar debidamente protegidas contra los efectos peligrosos, térmicos y dinámicos, que puedan originar las corrientes de cortocircuito y las de sobrecarga cuando éstas puedan producir averías y daños en las citadas instalaciones.

De acuerdo con el **CRITERIOS DE AJUSTE y COORDINACIÓN DE PROTECCIONES EN LA RED PENINSULAR DE LATA TENSION DE TRANSPORTE Y DISTRIBUSION** se escogerá para cada zona de protección los relés adecuadas siguiendo la norma de REE, los cuales:

### **12.1. Protección de barras**

#### **12.1.1. Protección de barra 400 kV**

- Protección diferencial de barras (87 B)
- Protección diferencial de fallo de interruptor (50 S-62)
- Interruptor automático (52)
- Protección de sobreintensidad (50/51)
- Protección de sobreintensidad de tierra (50N/51N)

#### **12.1.2. Protección de barra 220 kV**

- Protección diferencial de barras (87 B)
- Protección diferencial de fallo de interruptor (50 S-62)
- Interruptor automático (52)
- Protección de sobreintensidad (50/51)
- Protección de sobreintensidad de tierra (50N/51N)

### **12.2. Protección de líneas**

#### **12.2.1. Protección de la línea de 400 kV**

- Protección de sobreintensidades direccional (67/67 N)
- Protección de distancia (21)
- Protección de máxima tensión (59)
- Protección de mínima tensión (27)
- Reenganche (79)
- Protección diferencial longitudinal (87 L)
- Protección de fallo de interruptor (50 S-62)
- Equipos de medición: voltímetro, vatímetro, amperímetro, contador de activación y reactivación



### **12.2.2. Protección de la línea de 220 kV**

- Protección de sobrecorrientes direccional (67/67 N)
- Protección de distancia (21)
- Protección de máxima tensión (59)
- Protección de sincronismo (25)
- Protección de mínima tensión (27)
- Reenganche (79)
- Protección diferencial longitudinal (87 L)
- Protección de fallo de interruptor (50 S-62)
- Equipos de medición: voltímetro, vatímetro, amperímetro, contador de activa y reactiva

## **12.3. Protección de transformador de potencia**

### **12.3.1. Protección propia**

Las protecciones propias son capaces de detectar faltas en su fase inicial producidas en el interior de cuba:

- Buchholz (63 B)
- Buchholz-jansen (63 J)
- Imagen térmica (49)
- Termómetro (26-1)
- Termostato (26-2)
- Liberador de presión (63 L)
- Indicadores de nivel (63 NT y 63 NR)

### **12.3.2. Protección externa**

Las protecciones externas detectan faltas producidas en la zona que cubre la protección:

- Protección diferencial (87 T)
- Protección de sobrecorriente (50/51)
- Protección de sobrecorriente de tierra (50N/51N)
- Protección de sobrecorrientes de tiempo definido (51 TD)
- Protección de cuba (64)



### 13. RED DE TIERRA

Para diseñar correctamente el sistema de tierra, hay que cumplir los siguientes requisitos:

- Proteger a los equipos y al personal, frente a potenciales peligrosas como las producidas por las tensiones de paso y contacto.
- Proporcionar un camino a tierra a las corrientes de descargas atmosféricas.
- Proporcionar un camino de baja impedancia para el regreso de las corrientes de falla.
- Proporcionar un camino de descarga de las sobretensiones provocadas por descargas atmosféricas.

Para garantizar unas tensiones de paso y contacto seguras, se ha colocado en toda la superficie de la subestación proyecta una malla de tierra formada por un cable de cobre desnudo galvanizado de sección de  $120 \text{ mm}^2$ , enterrados en el terreno con una profundidad de 0.8 metros, y formando retícula de 3x3 metros, la malla se extenderá hasta una superficie de 224 x 187 metros.

Toda estructura metálica existente en la instalación, que no esté sometida normalmente a tensión, se conectará al sistema de malla de tierra, para evitar accidentes y averías en caso de descargas atmosféricas.

Además se instalará en la parte superior de la estructura metálica un cable de hilo de guarda, de acero recubierto de aluminio con una sección de  $50 \text{ mm}^2$  para evitar las descargas atmosféricas.

En el **anexo de cálculo apartado 13**, se ha explicado detalladamente los pasos y los cálculos a realizar para diseñar el sistema de la malla de tierra a instalar.

Una vez finalizada la construcción de la subestación se debe comprobar respecto a los valores obtenidos en el anexo de cálculo, la resistencia del terreno que debe ser igual o menor, y las tensiones de paso y contacto que tienden a ser igual o mejores.





## **14. ESTRUCTURAS METÁLICAS Y SOPORTES**

Con el fin de facilitar la distribución y sostener los cable utilizados en la subestación, se ha diseñado una serie de estructuras metálicas y soportes con un perfil de acero normalizado con alma llena y un acabado galvanizado en caliente para evitar el fenómeno de la corrosión.

Estas estructuras y soportes irán conectadas a la malla de tierra a través de unos latiguillos de acero para evitar tensiones en ella.

Las alturas mínimas de estos soportes y estructuras para cumplir con los requisitos de altura mínima establecida por las instrucciones técnicas de la red eléctrica de España sería:

En el nivel de 400 kV:

- General barras = 14 m
- Barras principal y bornas transformadores = 17,5 m
- entrada-salida líneas = 20,5 m
- Hilo de guarda = 24 m
- Aparamenta : 10 m

En el nivel de 220 kV:

- General barras = 11 m
- Barras principal y bornas transformadores = 14,5 m
- entrada-salida líneas = 17,5 m
- Hilo de guarda = 21 m
- Aparamenta : 7 m





## **15. SERVICIOS AUXILIARES**

### **15.1. Alumbrado**

Las luminarias serán conformes a los requisitos establecidos en las normas de la serie UNE-EN 60598.

#### **15.1.1. Alumbrado en el exterior**

Para los viales se utilizara un valor de iluminación medio de 15 lux, se empleará luminarias esféricas tipo globo de LED con un diseño anticontaminación de 64 W, se colorarán sobre columnas de acero galvanizado con un altura de 3 metros, y se alimentara del cuadro de corriente alterna del edificio de control.

En las zonas donde se realiza maniobra o mantenimiento frecuente, se utilizara un sistema de alumbrado potente de hasta 300 Lux, se empleará unos proyectores doble de LED DE 250W, situados sobre columnas de acero galvanizado de 1,5 metros.

#### **15.1.2 Alumbrado en el interior**

En el edificio de control y en las casetas de relés, se utilizara iluminación normal, a base de lámparas fluorescentes formadas por tubos de LED de 18,4 W colocados a un altura máxima de 3,5 metros. En las salas de control y comunicación, el nivel de iluminación seria de 600 Lux, mientras que el resto sería de 300 Lux. la alimentación se realiza a partir del cuadro de corriente alterna del edificio de control.

#### **15.1.3. Alumbrado de emergencia**

Ante el caso de interrupción del alumbrado normal, por una falla, se enciende automáticamente el alumbrado de emergencia, en el edificio de control y en las casetas de relés, se encuentra en las salidas y en las zonas de tránsito, mientras que en el exterior se encuentra colocado en las columnas de alumbrado, estará alimentado por el cuadro de corriente alterna, su nivel luminoso parte desde 6 hasta 10 Lux, con una autonomía de al menos una hora.



## ***15.2 Sistema de control de incendios e intrusos***

El objetivo del sistema de control de incendios e intrusos es detectar de forma automática, sin intervención humana índices de incendio y de intrusismo. Para ello se instalará en el interior de la subestación transformadora en el edificio de control un sistema de detección, y extinción de incendios, además de un sistema de intrusismo.

### ***15.2.1. Sistema de detección de incendios***

Es importante que la subestación que está protegida y equipada por detectores de incendios, que activan una alarma visual o audible en el lugar ante la presencia de humo o calor excesivo, los detectores, para ello se colocarán en todas las casetas y en el edificio de control de la subestación, en lugar apropiado, y constará de:

- Detector Termoneumático.
- Detector Fotoeléctrico.
- Detector de llama por barrera de infrarrojo
- Detector de productos de Combustión
- Detector Termoeléctrico

### ***15.2.2. Sistema de extinción de incendios***

La subestación constará distinto extintores portátiles colocados adecuadamente y consisten en:

- En los pasillos:
  - Dos extintores de agua de 10 L.
  - Cuatro extintores de polvo de 6kg.
- En cada caseta de relés:
  - Extintor de CO<sub>2</sub> de 5 kg.
- EN edificio de control:
  - Un extintor de CO<sub>2</sub> de 5 kg en cada cuarto salvo en el aseo.
  - 1 extintor de CO<sub>2</sub> de 10 kg, en carro: en sala almacén.
- En parque :
  - 1 extintor de polvo de 50 kg, en carro.

### ***15.2.3. Sistema de anti intrusos***

Se instalará el sistema de anti intrusos en los puntos de acceso a la subestación y en la puerta de edificio de control y las casetas de relés y estará compuesto por contactos magnéticos, detectores volumétricos, y sirena exterior.



## 16. RESUMEN DE PRESUPUESTO

Total aparamenta de alta tensión	3.046.010,000 €
Total Transformador de potencia	4.850.000,000 €
Total Red de tierra	329.011,200 €
Total Equipos de medidas y de protecciones	387.000,000 €
Total Conductores	629.710,500 €
Total Obra civil	727.295,900 €
Total Servicios diversos	91.772,120 €
<i>Subtotal Presupuesto:</i>	<i>10.060.799,720 €</i>
<i>Gastos generales (13%):</i>	<i>1.307.903,964 €</i>
<i>Beneficio industrial (6%):</i>	<i>603.647,9832 €</i>
<i>Subtotal antes de impuestos:</i>	<i>12.512.351,670 €</i>
<i>I.V.A. (21%):</i>	<i>2.627.593,850 €</i>
<b><i>Total presupuesto:</i></b>	<b><i>15.139.945,520 €</i></b>

El coste total de la “Subestación transformadora de 400/220kV en la provincia de Teruel” asciende a la cantidad de:

**QUINCE MILLONES CIENTO TRENTA Y NUEVE MIL NOVECIENTOS CUARENTA Y CINCO COMA CINCUENTA Y DOS EUROS.**



## **17. CONCLUSIÓN, LUGAR, FECHA Y FIRMA**

Con los datos, cálculos y esquemas expuestos en la memoria, los planos, el pliego de condiciones y el presupuesto, se espera que haya sido información suficiente para llevar a cabo la ejecución de la instalación, y obtener la aprobación de las autoridades competentes, para su puesta en marcha.

Con ello se da por finalizado el proyecto de instalación de **SUBESTACIÓN ELÉCTRICA TRANSFORMADORA DE 400/220 kV DE MEZQUITA.**

Meriem Lamgayaze

Zaragoza 15 noviembre 2018

Firma



## **ANEXO I: ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD**



## Contenido

1. PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES.....	5
1.1. INTRODUCCIÓN .....	5
1.2. DERECHOS Y OBLIGACIONES .....	5
1.2.1. DERECHO A LA PROTECCIÓN FRENTE A LOS RIESGOS LABORALES.....	5
1.2.2. PRINCIPIOS DE LA ACCIÓN PREVENTIVA. ....	5
1.2.3. EVALUACIÓN DE LOS RIESGOS. ....	6
1.2.4. EQUIPOS DE TRABAJO Y MEDIOS DE PROTECCIÓN.....	7
1.2.5. INFORMACIÓN, CONSULTA Y PARTICIPACIÓN DE LOS TRABAJADORES. ....	8
1.2.6. FORMACIÓN DE LOS TRABAJADORES. ....	8
1.2.7. MEDIDAS DE EMERGENCIA. ....	8
1.2.8. RIESGO GRAVE E INMINENTE.....	8
1.2.9. VIGILANCIA DE LA SALUD. ....	9
1.2.10. DOCUMENTACIÓN. ....	9
1.2.11. COORDINACIÓN DE ACTIVIDADES EMPRESARIALES. ....	9
1.2.12. PROTECCIÓN DE TRABAJADORES ESPECIALMENTE SENSIBLES A .....	9
1.2.13. PROTECCIÓN DE LA MATERNIDAD.....	9
1.2.14. PROTECCIÓN DE LOS MENORES.....	10
1.2.15. RELACIONES DE TRABAJO TEMPORALES, DE DURACIÓN DETERMINADA Y .....	10
1.2.16. OBLIGACIONES DE LOS TRABAJADORES EN MATERIA DE PREVENCIÓN DE .....	10
1.3. SERVICIOS DE PREVENCIÓN. ....	11
1.3.1. PROTECCIÓN Y PREVENCIÓN DE RIESGOS PROFESIONALES.....	11
1.3.2. SERVICIOS DE PREVENCIÓN. ....	11
1.4. CONSULTA Y PARTICIPACIÓN DE LOS TRABAJADORES. ....	11
1.4.1. CONSULTA DE LOS TRABAJADORES. ....	11
1.4.2. DERECHOS DE PARTICIPACIÓN Y REPRESENTACIÓN.....	12
1.4.3. DELEGADOS DE PREVENCIÓN. ....	12
2. DISPOSICIONES MÍNIMAS DE SEGURIDAD Y SALUD EN LOS LUGARES DE TRABAJO. ....	13
2.1. INTRODUCCIÓN.....	13
2.2. OBLIGACIONES DEL EMPRESARIO.....	13
2.2.1. CONDICIONES CONSTRUCTIVAS.....	13
2.2.2. ORDEN, LIMPIEZA Y MANTENIMIENTO. SEÑALIZACIÓN. ....	15



2.2.3. CONDICIONES AMBIENTALES.....	16
2.2.4. ILUMINACIÓN .....	16
2.2.5. SERVICIOS HIGIÉNICOS Y LOCALES DE DESCANSO.....	17
2.2.6. MATERIAL Y LOCALES DE PRIMEROS AUXILIOS.....	17
3. DISPOSICIONES MINIMAS EN MATERIA DE SEÑALIZACION DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO.....	18
3.1. INTRODUCCION.....	18
3.2. OBLIGACION GENERAL DEL EMPRESARIO.....	18
4. DISPOSICIONES MINIMAS DE SEGURIDAD Y SALUD PARA LA UTILIZACION POR LOS TRABAJADORES DE LOS EQUIPOS DE TRABAJO.....	19
4.1. INTRODUCCION.....	19
4.2. OBLIGACION GENERAL DEL EMPRESARIO.....	19
4.2.1. DISPOSICIONES MÍNIMAS GENERALES APLICABLES A LOS EQUIPOS DE TRABAJO... 20	
4.2.2. DISPOSICIONES MÍNIMAS ADICIONALES APLICABLES A LOS EQUIPOS DE TRABAJO MOVILES.....	21
4.2.3. DISPOSICIONES MÍNIMAS ADICIONALES APLICABLES A LOS EQUIPOS DE TRABAJO PARA ELEVACION DE CARGAS.....	22
4.2.4. DISPOSICIONES MÍNIMAS ADICIONALES APLICABLES A LOS EQUIPOS DE TRABAJO PARA MOVIMIENTO DE TIERRAS Y MAQUINARIA PESADA EN GENERAL.....	22
4.2.5. DISPOSICIONES MÍNIMAS ADICIONALES APLICABLES A LA MAQUINARIA HERRAMIENTA.....	24
5. DISPOSICIONES MINIMAS DE SEGURIDAD Y SALUD EN LAS OBRAS DE CONSTRUCCION.....	25
5.1. INTRODUCCION.....	25
5.2. ESTUDIO BASICO DE SEGURIDAD Y SALUD.....	26
5.2.1. RIESGOS MÁS FRECUENTES EN LAS OBRAS DE CONSTRUCCION.....	26
5.2.2. MEDIDAS PREVENTIVAS DE CARÁCTER GENERAL.....	27
5.2.3. MEDIDAS PREVENTIVAS DE CARÁCTER PARTICULAR PARA CADA OFICIO.....	29
5.2.3. DISPOSICIONES ESPECÍFICAS DE SEGURIDAD Y SALUD DURANTE LA EJECUCION DE LAS OBRAS.....	38
6. DISPOSICIONES MINIMAS DE SEGURIDAD Y SALUD RELATIVAS A LA UTILIZACION POR LOS TRABAJADORES DE EQUIPOS DE PROTECCION INDIVIDUAL.....	39
6.1. INTRODUCCION.....	39
6.2. OBLIGACIONES GENERALES DEL EMPRESARIO.....	39
6.2.1. PROTECTORES DE LA CABEZA.....	39
6.2.2. PROTECTORES DE MANOS Y BRAZOS.....	39





6.2.3. PROTECTORES DE PIES Y PIERNAS.....	40
6.2.4. PROTECTORES DEL CUERPO.....	40



## 1. PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES

### 1.1. INTRODUCCIÓN

La ley **31/1995**, de 8 de noviembre de 1995, de **Prevención de Riesgos Laborales** tiene por objeto la determinación del cuerpo básico de garantías y responsabilidades preciso para establecer un adecuado nivel de protección de la salud de los trabajadores frente a los riesgos derivados de las condiciones de trabajo.

Como ley establece un marco legal a partir del cual las **normas reglamentarias** irán fijando y concretando los aspectos más técnicos de las medidas preventivas.

Estas normas complementarias quedan resumidas a continuación:

- Disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.
- Disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.
- Disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.
- Disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción.
- Disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.

### 1.2. DERECHOS Y OBLIGACIONES

#### 1.2.1. DERECHO A LA PROTECCIÓN FRENTE A LOS RIESGOS LABORALES

Los trabajadores tienen derecho a una protección eficaz en materia de seguridad y salud en el trabajo.

A este efecto, el empresario realizará la prevención de los riesgos laborales mediante la adopción de cuantas medidas sean necesarias para la protección de la seguridad y la salud de los trabajadores, con las especialidades que se recogen en los artículos siguientes en materia de evaluación de riesgos, información, consulta, participación y formación de los trabajadores, actuación en casos de emergencia y de riesgo grave e inminente y vigilancia de la salud.

#### 1.2.2. PRINCIPIOS DE LA ACCIÓN PREVENTIVA.

El empresario aplicará las medidas preventivas pertinentes, con arreglo a los siguientes principios generales:

- Evitar los riesgos.
- Evaluar los riesgos que no se pueden evitar.



- Combatir los riesgos en su origen.
- Adaptar el trabajo a la persona, en particular en lo que respecta a la concepción de los puestos de trabajo, la organización del trabajo, las condiciones de trabajo, las relaciones sociales y la influencia de los factores ambientales en el trabajo.
- Adoptar medidas que antepongan la protección colectiva a la individual.
- Dar las debidas instrucciones a los trabajadores.
- Adoptar las medidas necesarias a fin de garantizar que sólo los trabajadores que hayan recibido información suficiente y adecuada puedan acceder a las zonas de riesgo grave y específico.
- Prever las distracciones o imprudencias no temerarias que pudiera cometer el trabajador.

### ***1.2.3. EVALUACIÓN DE LOS RIESGOS.***

La acción preventiva en la empresa se planificará por el empresario a partir de una evaluación inicial de los riesgos para la seguridad y la salud de los trabajadores, que se realizará, con carácter general, teniendo en cuenta la naturaleza de la actividad, y en relación con aquellos que estén expuestos a riesgos especiales. Igual evaluación deberá hacerse con ocasión de la elección de los equipos de trabajo, de las sustancias o preparados químicos y del acondicionamiento de los lugares de trabajo.

De alguna manera se podrían clasificar las causas de los riesgos en las categorías siguientes:

- Insuficiente calificación profesional del personal dirigente, jefes de equipo y obreros.
- Empleo de maquinaria y equipos en trabajos que no corresponden a la finalidad para la que fueron concebidos o a sus posibilidades.
- Negligencia en el manejo y conservación de las máquinas e instalaciones. Control deficiente en la explotación.
- Insuficiente instrucción del personal en materia de seguridad.

Referente a las máquinas herramienta, los riesgos que pueden surgir al manejarlas se pueden resumir en los siguientes puntos:

- Se puede producir un accidente o deterioro de una máquina si se pone en marcha sin conocer su modo de funcionamiento.
- La lubricación deficiente conduce a un desgaste prematuro por lo que los puntos de engrase manual deben ser engrasados regularmente.
- Puede haber ciertos riesgos si alguna palanca de la máquina no está en su posición correcta.
- El resultado de un trabajo puede ser poco exacto si las guías de las máquinas se desgastan, y por ello hay que protegerlas contra la introducción de virutas.



- Puede haber riesgos mecánicos que se deriven fundamentalmente de los diversos movimientos que realicen las distintas partes de una máquina y que pueden provocar que el operario:
- Entre en contacto con alguna parte de la máquina o ser atrapado entre ella y cualquier estructura fija o material.
- Sea golpeado o arrastrado por cualquier parte en movimiento de la máquina.
- Ser golpeado por elementos de la máquina que resulten proyectados.
- Ser golpeado por otros materiales proyectados por la máquina.
- Puede haber riesgos no mecánicos tales como los derivados de la utilización de energía eléctrica, productos químicos, generación de ruido, vibraciones, radiaciones, etc.

Los movimientos peligrosos de las máquinas se clasifican en cuatro grupos:

- Movimientos de rotación. Son aquellos movimientos sobre un eje con independencia de la inclinación del mismo y aún cuando giren lentamente. Se clasifican en los siguientes grupos:
  - Elementos considerados aisladamente tales como árboles de transmisión, vástagos, brocas, acoplamientos.
  - Puntos de atrapamiento entre engranajes y ejes girando y otras fijas o dotadas de desplazamiento lateral a ellas.
- Movimientos alternativos y de traslación. El punto peligroso se sitúa en el lugar donde la pieza dotada de este tipo de movimiento se aproxima a otra pieza fija o móvil y la sobrepasa.
- Movimientos de traslación y rotación. Las conexiones de bielas y vástagos con ruedas y volantes son algunos de los mecanismos que generalmente están dotadas de este tipo de movimientos.
- Movimientos de oscilación. Las piezas dotadas de movimientos de oscilación pendular generan puntos de "tijera" entre ellas y otras piezas fijas.

Las actividades de prevención deberán ser modificadas cuando se aprecie por el empresario, como consecuencia de los controles periódicos previstos en el apartado anterior, su inadecuación a los fines de protección requeridos.

#### ***1.2.4. EQUIPOS DE TRABAJO Y MEDIOS DE PROTECCIÓN.***

Cuando la utilización de un equipo de trabajo pueda presentar un riesgo específico para la seguridad y la salud de los trabajadores, el empresario adoptará las medidas necesarias con el fin de que:

- La utilización del equipo de trabajo quede reservada a los encargados de dicha utilización.
- Los trabajos de reparación, transformación, mantenimiento o conservación sean realizados por los trabajadores específicamente capacitados para ello.



El empresario deberá proporcionar a sus trabajadores equipos de protección individual adecuados para el desempeño de sus funciones y velar por el uso efectivo de los mismos.

#### ***1.2.5. INFORMACIÓN, CONSULTA Y PARTICIPACIÓN DE LOS TRABAJADORES.***

El empresario adoptará las medidas adecuadas para que los trabajadores reciban todas las informaciones necesarias en relación con:

- Los riesgos para la seguridad y la salud de los trabajadores en el trabajo.
- Las medidas y actividades de protección y prevención aplicables a los riesgos.

Los trabajadores tendrán derecho a efectuar propuestas al empresario, así como a los órganos competentes en esta materia, dirigidas a la mejora de los niveles de la protección de la seguridad y la salud en los lugares de trabajo, en materia de señalización en dichos lugares, en cuanto a la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo, en las obras de construcción y en cuanto a utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.

#### ***1.2.6. FORMACIÓN DE LOS TRABAJADORES.***

El empresario deberá garantizar que cada trabajador reciba una formación teórica y práctica, suficiente y adecuada, en materia preventiva.

#### ***1.2.7. MEDIDAS DE EMERGENCIA.***

El empresario, teniendo en cuenta el tamaño y la actividad de la empresa, así como la posible presencia de personas ajenas a la misma, deberá analizar las posibles situaciones de emergencia y adoptar las medidas necesarias en materia de primeros auxilios, lucha contra incendios y evacuación de los trabajadores, designando para ello al personal encargado de poner en práctica estas medidas y comprobando periódicamente, en su caso, su correcto funcionamiento.

#### ***1.2.8. RIESGO GRAVE E INMINENTE.***

Cuando los trabajadores estén expuestos a un riesgo grave e inminente con ocasión de su trabajo, el empresario estará obligado a:

- Informar lo antes posible a todos los trabajadores afectados acerca de la existencia de dicho riesgo y de las medidas adoptadas en materia de protección.
- Dar las instrucciones necesarias para que, en caso de peligro grave, inminente e inevitable, los trabajadores puedan interrumpir su actividad y además estar en condiciones, habida cuenta de sus conocimientos y de los medios técnicos puestos a su disposición, de adoptar las medidas necesarias para evitar las consecuencias de dicho peligro.



### ***1.2.9. VIGILANCIA DE LA SALUD.***

El empresario garantizará a los trabajadores a su servicio la vigilancia periódica de su estado de salud en función de los riesgos inherentes al trabajo, optando por la realización de aquellos reconocimientos o pruebas que causen las menores molestias al trabajador y que sean proporcionales al riesgo.

### ***1.2.10. DOCUMENTACIÓN.***

El empresario deberá elaborar y conservar a disposición de la autoridad laboral la siguiente documentación:

- Evaluación de los riesgos para la seguridad y salud en el trabajo, y planificación de la acción preventiva.
- Medidas de protección y prevención a adoptar.
- Resultado de los controles periódicos de las condiciones de trabajo.
- Práctica de los controles del estado de salud de los trabajadores.
- Relación de accidentes de trabajo y enfermedades profesionales que hayan causado al trabajador una incapacidad laboral superior a un día de trabajo.

### ***1.2.11. COORDINACIÓN DE ACTIVIDADES EMPRESARIALES.***

Cuando en un mismo centro de trabajo desarrollen actividades trabajadores de dos o más empresas, éstas deberán cooperar en la aplicación de la normativa sobre prevención de riesgos laborales.

### ***1.2.12. PROTECCIÓN DE TRABAJADORES ESPECIALMENTE SENSIBLES A DETERMINADOS RIESGOS.***

El empresario garantizará, evaluando los riesgos y adoptando las medidas preventivas necesarias, la protección de los trabajadores que, por sus propias características personales o estado biológico conocido, incluidos aquellos que tengan reconocida la situación de discapacidad física, psíquica o sensorial, sean específicamente sensibles a los riesgos derivados del trabajo.

### ***1.2.13. PROTECCIÓN DE LA MATERNIDAD.***

La evaluación de los riesgos deberá comprender la determinación de la naturaleza, el grado y la duración de la exposición de las trabajadoras en situación de embarazo o parto reciente, a agentes, procedimientos o condiciones de trabajo que puedan influir negativamente en la salud de las trabajadoras o del feto, adoptando, en su caso, las medidas necesarias para evitar la exposición a dicho riesgo.



#### ***1.2.14. PROTECCIÓN DE LOS MENORES.***

Antes de la incorporación al trabajo de jóvenes menores de dieciocho años, y previamente a cualquier modificación importante de sus condiciones de trabajo, el empresario deberá efectuar una evaluación de los puestos de trabajo a desempeñar por los mismos, a fin de determinar la naturaleza, el grado y la duración de su exposición, teniendo especialmente en cuenta los riesgos derivados de su falta de experiencia, de su inmadurez para evaluar los riesgos existentes o potenciales y de su desarrollo todavía incompleto.

#### ***1.2.15. RELACIONES DE TRABAJO TEMPORALES, DE DURACIÓN DETERMINADA Y EN EMPRESAS DE TRABAJO TEMPORAL.***

Los trabajadores con relaciones de trabajo temporales o de duración determinada, así como los contratados por empresas de trabajo temporal, deberán disfrutar del mismo nivel de protección en materia de seguridad y salud que los restantes trabajadores de la empresa en la que prestan sus servicios.

#### ***1.2.16. OBLIGACIONES DE LOS TRABAJADORES EN MATERIA DE PREVENCIÓN DE RIESGOS.***

Corresponde a cada trabajador velar, según sus posibilidades y mediante el cumplimiento de las medidas de prevención que en cada caso sean adoptadas, por su propia seguridad y salud en el trabajo y por la de aquellas otras personas a las que pueda afectar su actividad profesional, a causa de sus actos y omisiones en el trabajo, de conformidad con su formación y las instrucciones del empresario.

Los trabajadores, con arreglo a su formación y siguiendo las instrucciones del empresario, deberán en particular:

- Usar adecuadamente, de acuerdo con su naturaleza y los riesgos previsibles, las máquinas, aparatos, herramientas, sustancias peligrosas, equipos de transporte y, en general, cualesquiera otros medios con los que desarrollen su actividad.
- Utilizar correctamente los medios y equipos de protección facilitados por el empresario.
- No poner fuera de funcionamiento y utilizar correctamente los dispositivos de seguridad existentes.
- Informar de inmediato un riesgo para la seguridad y la salud de los trabajadores.
- Contribuir al cumplimiento de las obligaciones establecidas por la autoridad competente.





### ***1.3. SERVICIOS DE PREVENCIÓN.***

#### ***1.3.1. PROTECCIÓN Y PREVENCIÓN DE RIESGOS PROFESIONALES.***

En cumplimiento del deber de prevención de riesgos profesionales, el empresario designará uno o varios trabajadores para ocuparse de dicha actividad, constituirá un servicio de prevención o concertará dicho servicio con una entidad especializada ajena a la empresa.

Los trabajadores designados deberán tener la capacidad necesaria, disponer del tiempo y de los medios precisos y ser suficientes en número, teniendo en cuenta el tamaño de la empresa, así como los riesgos a que están expuestos los trabajadores.

En las empresas de menos de seis trabajadores, el empresario podrá asumir personalmente las funciones señaladas anteriormente, siempre que desarrolle de forma habitual su actividad en el centro de trabajo y tenga capacidad necesaria.

El empresario que no hubiere concertado el Servicio de Prevención con una entidad especializada ajena a la empresa deberá someter su sistema de prevención al control de una auditoría o evaluación externa.

#### ***1.3.2. SERVICIOS DE PREVENCIÓN.***

Si la designación de uno o varios trabajadores fuera insuficiente para la realización de las actividades de prevención, en función del tamaño de la empresa, de los riesgos a que están expuestos los trabajadores o de la peligrosidad de las actividades desarrolladas, el empresario deberá recurrir a uno o varios servicios de prevención propios o ajenos a la empresa, que colaborarán cuando sea necesario.

Se entenderá como servicio de prevención el conjunto de medios humanos y materiales necesarios para realizar las actividades preventivas a fin de garantizar la adecuada protección de la seguridad y la salud de los trabajadores, asesorando y asistiendo para ello al empresario, a los trabajadores y a sus representantes y a los órganos de representación especializados.

### ***1.4. CONSULTA Y PARTICIPACIÓN DE LOS TRABAJADORES.***

#### ***1.4.1. CONSULTA DE LOS TRABAJADORES.***

El empresario deberá consultar a los trabajadores, con la debida antelación, la adopción de las decisiones relativas a:

-La planificación y la organización del trabajo en la empresa y la introducción de nuevas tecnologías, en todo lo relacionado con las consecuencias que éstas pudieran tener para la seguridad y la salud de los trabajadores.



- La organización y desarrollo de las actividades de protección de la salud y prevención de los riesgos profesionales en la empresa, incluida la designación de los trabajadores encargados de dichas actividades o el recurso a un servicio de prevención externo.
- La designación de los trabajadores encargados de las medidas de emergencia.
- El proyecto y la organización de la formación en materia preventiva.

#### ***1.4.2. DERECHOS DE PARTICIPACIÓN Y REPRESENTACIÓN.***

Los trabajadores tienen derecho a participar en la empresa en las cuestiones relacionadas con la prevención de riesgos en el trabajo.

En las empresas o centros de trabajo que cuenten con seis o más trabajadores, la participación de éstos se canalizará a través de sus representantes y de la representación especializada.

#### ***1.4.3. DELEGADOS DE PREVENCIÓN.***

Los Delegados de Prevención son los representantes de los trabajadores con funciones específicas en materia de prevención de riesgos en el trabajo. Serán designados por y entre los representantes del personal, con arreglo a la siguiente escala:

- De 50 a 100 trabajadores: 2 Delegados de Prevención.
- De 101 a 500 trabajadores: 3 Delegados de Prevención.
- De 501 a 1000 trabajadores: 4 Delegados de Prevención.
- De 1001 a 2000 trabajadores: 5 Delegados de Prevención.
- De 2001 a 3000 trabajadores: 6 Delegados de Prevención.
- De 3001 a 4000 trabajadores: 7 Delegados de Prevención.
- De 4001 en adelante: 8 Delegados de Prevención.

En las empresas de hasta treinta trabajadores el Delegado de Prevención será el Delegado de Personal. En las empresas de treinta y uno a cuarenta y nueve trabajadores habrá un Delegado de Prevención que será elegido por y entre los Delegados de Personal.



## ***2. DISPOSICIONES MINIMAS DE SEGURIDAD Y SALUD EN LOS LUGARES DE TRABAJO.***

### ***2.1. INTRODUCCION.***

La ley 31/1995, de 8 de noviembre de 1995, de Prevención de Riesgos Laborales es la norma legal por la que se determina el cuerpo básico de garantías y responsabilidades preciso para establecer un adecuado nivel de protección de la salud de los trabajadores frente a los riesgos derivados de las condiciones de trabajo.

De acuerdo con el artículo 6 de dicha ley, serán las **normas reglamentarias** las que fijarán y concretarán los aspectos más técnicos de las medidas preventivas, a través de normas mínimas que garanticen la adecuada protección de los trabajadores. Entre éstas se encuentran necesariamente las destinadas a garantizar la seguridad y la salud en los lugares de trabajo, de manera que de su utilización no se deriven riesgos para los trabajadores.

Por todo lo expuesto, el Real Decreto **486/1997** de 14 de Abril de 1.997 establece las **disposiciones mínimas de seguridad y de salud aplicables a los lugares de trabajo**, entendiendo como tales las áreas del centro de trabajo, edificadas o no, en las que los trabajadores deban permanecer o a las que puedan acceder en razón de su trabajo, sin incluir las obras de construcción temporales o móviles.

### ***2.2. OBLIGACIONES DEL EMPRESARIO.***

El empresario deberá adoptar las medidas necesarias para que la utilización de los lugares de trabajo no origine riesgos para la seguridad y salud de los trabajadores.

En cualquier caso, los lugares de trabajo deberán cumplir las disposiciones mínimas establecidas en el presente Real Decreto en cuanto a sus condiciones constructivas, orden, limpieza y mantenimiento, señalización, instalaciones de servicio o protección, condiciones ambientales, iluminación, servicios higiénicos y locales de descanso, y material y locales de primeros auxilios.

#### ***2.2.1. CONDICIONES CONSTRUCTIVAS.***

El diseño y las características constructivas de los lugares de trabajo deberán ofrecer seguridad frente a los riesgos de resbalones o caídas, choques o golpes contra objetos y derrumbaciones o caídas de materiales sobre los trabajadores, para ello el pavimento constituirá un conjunto homogéneo, llano y liso sin solución de continuidad, de material consistente, no resbaladizo o susceptible de serlo con el uso y de fácil limpieza, las paredes serán lisas, guarnecidas o pintadas en tonos claros y susceptibles de ser lavadas y blanqueadas



y los techos deberán resguardar a los trabajadores de las inclemencias del tiempo y ser lo suficientemente consistentes.

El diseño y las características constructivas de los lugares de trabajo deberán también facilitar el control de las situaciones de emergencia, en especial en caso de incendio, y posibilitar, cuando sea necesario, la rápida y segura evacuación de los trabajadores.

Todos los elementos estructurales o de servicio (cimentación, pilares, forjados, muros y escaleras) deberán tener la solidez y resistencia necesarias para soportar las cargas o esfuerzos a que sean sometidos.

Las dimensiones de los locales de trabajo deberán permitir que los trabajadores realicen su trabajo sin riesgos para su seguridad y salud y en condiciones ergonómicas aceptables, adoptando una superficie libre superior a 2 m<sup>2</sup> por trabajador, un volumen mayor a 10 m<sup>3</sup> por trabajador y una altura mínima desde el piso al techo de 2,50 m. Las zonas de los lugares de trabajo en las que exista riesgo de caída, de caída de objetos o de contacto o exposición a elementos agresivos, deberán estar claramente señalizadas.

El suelo deberá ser fijo, estable y no resbaladizo, sin irregularidades ni pendientes peligrosas. Las aberturas, desniveles y las escaleras se protegerán mediante barandillas de 90 cm de altura.

Los trabajadores deberán poder realizar de forma segura las operaciones de abertura, cierre, ajuste o fijación de ventanas, y en cualquier situación no supondrán un riesgo para éstos.

Las vías de circulación deberán poder utilizarse conforme a su uso previsto, de forma fácil y con total seguridad. La anchura mínima de las puertas exteriores y de los pasillos será de 100 cm.

Las puertas transparentes deberán tener una señalización a la altura de la vista y deberán estar protegidas contra la rotura.

Las puertas de acceso a las escaleras no se abrirán directamente sobre sus escalones, sino sobre descansos de anchura al menos igual a la de aquellos.

Los pavimentos de las rampas y escaleras serán de materiales no resbaladizos y caso de ser perforados la abertura máxima de los intersticios será de 8 mm. La pendiente de las rampas variará entre un 8 y 12 %. La anchura mínima será de 55 cm para las escaleras de servicio y de 1 m. para las de uso general.

Caso de utilizar escaleras de mano, éstas tendrán la resistencia y los elementos de apoyo y sujeción necesarios para que su utilización en las condiciones requeridas no suponga un riesgo de caída, por rotura o desplazamiento de las mismas. En cualquier caso, no se emplearán

escaleras de más de 5 m de altura, se colocarán formando un ángulo aproximado de 75º con la horizontal, sus largueros deberán prolongarse al menos 1 m sobre la zona a acceder, el ascenso, descenso y los trabajos desde escaleras se efectuarán frente a las mismas, los trabajos a más de 3,5 m de altura, desde el punto de operación al suelo, que requieran movimientos o esfuerzos peligrosos para la estabilidad del trabajador, sólo se efectuarán si se utiliza cinturón de seguridad y no serán utilizadas por dos o más personas simultáneamente.

Las vías y salidas de evacuación deberán permanecer expeditas y desembocarán en el exterior. El número, la distribución y las dimensiones de las vías deberán estar dimensionados para poder evacuar todos los lugares de trabajo rápidamente, dotando de alumbrado de emergencia aquellas que lo requieran.

La instalación eléctrica no deberá entrañar riesgos de incendio o explosión, para ello se dimensionarán todos los circuitos considerando las sobreintensidades previsibles y se dotará a los conductores y resto de aparataje eléctrica de un nivel de aislamiento adecuado.

Para evitar el contacto eléctrico directo se utilizará el sistema de separación por distancia o alejamiento de las partes activas hasta una zona no accesible por el trabajador, interposición de obstáculos y/o barreras (armarios para cuadros eléctricos, tapas para interruptores, etc.) y recubrimiento o aislamiento de las partes activas.

Para evitar el contacto eléctrico indirecto se utilizará el sistema de puesta a tierra de las masas (conductores de protección conectados a las carcasas de los receptores eléctricos, líneas de enlace con tierra y electrodos artificiales) y dispositivos de corte por intensidad de defecto (interruptores diferenciales de sensibilidad adecuada al tipo de local, características del terreno y constitución de los electrodos artificiales).

### ***2.2.2. ORDEN, LIMPIEZA Y MANTENIMIENTO. SEÑALIZACIÓN.***

Las zonas de paso, salidas y vías de circulación de los lugares de trabajo y, en especial, las salidas y vías de circulación previstas para la evacuación en casos de emergencia, deberán permanecer libres de obstáculos.

Las características de los suelos, techos y paredes serán tales que permitan dicha limpieza y mantenimiento. Se eliminarán con rapidez los desperdicios, las manchas de grasa, los residuos de sustancias peligrosas y demás productos residuales que puedan originar accidentes o contaminar el ambiente de trabajo.

Los lugares de trabajo y, en particular, sus instalaciones, deberán ser objeto de un mantenimiento periódico.



### **2.2.3. CONDICIONES AMBIENTALES.**

La exposición a las condiciones ambientales de los lugares de trabajo no debe suponer un riesgo para la seguridad y la salud de los trabajadores.

En los locales de trabajo cerrados deberán cumplirse las condiciones siguientes:

- La temperatura de los locales donde se realicen trabajos sedentarios propios de oficinas o similares estará comprendida entre 17 y 27 °C. En los locales donde se realicen trabajos ligeros estará comprendida entre 14 y 25 °C.
- La humedad relativa estará comprendida entre el 30 y el 70 por 100, excepto en los locales donde existan riesgos por electricidad estática en los que el límite inferior será el 50 por 100.
- Los trabajadores no deberán estar expuestos de forma frecuente o continuada a corrientes de aire cuya velocidad exceda los siguientes límites:
  - Trabajos en ambientes no calurosos: 0,25 m/s.
  - Trabajos sedentarios en ambientes calurosos: 0,5 m/s.
  - Trabajos no sedentarios en ambientes calurosos: 0,75 m/s.
- La renovación mínima del aire de los locales de trabajo será de 30 m<sup>3</sup> de aire limpio por hora y trabajador en el caso de trabajos sedentarios en ambientes no calurosos ni contaminados por humo de tabaco y 50 m<sup>3</sup> en los casos restantes.
- Se evitarán los olores desagradables.

### **2.2.4. ILUMINACIÓN**

La iluminación será natural con puertas y ventanas acristaladas, complementándose con iluminación artificial en las horas de visibilidad deficiente. Los puestos de trabajo llevarán además puntos de luz individuales, con el fin de obtener una visibilidad notable. Los niveles de iluminación mínimos establecidos (lux) son los siguientes:

- Aéreas o locales de uso ocasional: 50 lux
- Aéreas o locales de uso habitual: 100 lux
- Vías de circulación de uso ocasional: 25 lux.
- Vías de circulación de uso habitual: 50 lux.
- Zonas de trabajo con bajas exigencias visuales: 100 lux.
- Zonas de trabajo con exigencias visuales moderadas: 200 lux.
- Zonas de trabajo con exigencias visuales altas: 500 lux.
- Zonas de trabajo con exigencias visuales muy altas: 1000 lux.

La iluminación anteriormente especificada deberá poseer una uniformidad adecuada, mediante la distribución uniforme de luminarias, evitándose los deslumbramientos directos por equipos de alta luminancia.



Se instalará además el correspondiente alumbrado de emergencia y señalización con el fin de poder iluminar las vías de evacuación en caso de fallo del alumbrado general.

#### ***2.2.5. SERVICIOS HIGIÉNICOS Y LOCALES DE DESCANSO.***

En el local se dispondrá de agua potable en cantidad suficiente y fácilmente accesible por los trabajadores.

Se dispondrán vestuarios cuando los trabajadores deban llevar ropa especial de trabajo, provistos de asientos y de armarios o taquillas individuales con llave, con una capacidad suficiente para guardar la ropa y el calzado. Si los vestuarios no fuesen necesarios, se dispondrán colgadores o armarios para colocar la ropa.

Existirán aseos con espejos, retretes con descarga automática de agua y papel higiénico y lavabos con agua corriente, caliente si es necesario, jabón y toallas individuales u otros sistema de secado con garantías higiénicas. Dispondrán además de duchas de agua corriente, caliente y fría, cuando se realicen habitualmente trabajos sucios, contaminantes o que originen elevada sudoración. Llevarán alicatados los paramentos hasta una altura de 2 m. del suelo, con baldosín cerámico esmaltado de color blanco. El solado será continuo e impermeable, formado por losas de gres rugoso antideslizante.

Si el trabajo se interrumpiera regularmente, se dispondrán espacios donde los trabajadores puedan permanecer durante esas interrupciones, diferenciándose espacios para fumadores y no fumadores.

#### ***2.2.6. MATERIAL Y LOCALES DE PRIMEROS AUXILIOS.***

El lugar de trabajo dispondrá de material para primeros auxilios en caso de accidente, que deberá ser adecuado, en cuanto a su cantidad y características, al número de trabajadores y a los riesgos a que estén expuestos.

Como mínimo se dispondrá, en lugar reservado y a la vez de fácil acceso, de un botiquín portátil, que contendrá en todo momento, agua oxigenada, alcohol de 96, tintura de yodo, mercurcromo, gasas estériles, algodón hidrófilo, bolsa de agua, torniquete, guantes esterilizados y desechables, jeringuillas, hervidor, agujas, termómetro clínico, gasas, esparadrapo, apósitos adhesivos, tijeras, pinzas, antiespasmódicos, analgésicos y vendas.





### ***3. DISPOSICIONES MINIMAS EN MATERIA DE SEÑALIZACION DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO.***

#### ***3.1. INTRODUCCION.***

La ley 31/1995, de 8 de noviembre de 1995, de Prevención de Riesgos Laborales es la norma legal por la que se determina el cuerpo básico de garantías y responsabilidades preciso para establecer un adecuado nivel de protección de la salud de los trabajadores frente a los riesgos derivados de las condiciones de trabajo.

De acuerdo con el artículo 6 de dicha ley, serán las **normas reglamentarias** las que fijarán las medidas mínimas que deben adoptarse para la adecuada protección de los trabajadores. Entre éstas se encuentran las destinadas a garantizar que en los lugares de trabajo exista una adecuada señalización de seguridad y salud, siempre que los riesgos no puedan evitarse o limitarse suficientemente a través de medios técnicos de protección colectiva.

Por todo lo expuesto, el Real Decreto **485/1997** de 14 de Abril de 1.997 establece las **disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y de salud en el trabajo**, entendiendo como tales aquellas señalizaciones que referidas a un objeto, actividad o situación determinada, proporcionen una indicación o una obligación relativa a la seguridad o la salud en el trabajo mediante una señal en forma de panel, un color, una señal luminosa o acústica, una comunicación verbal o una señal gestual.

#### ***3.2. OBLIGACION GENERAL DEL EMPRESARIO.***

La elección del tipo de señal y del número y emplazamiento de las señales o dispositivos de señalización a utilizar en cada caso se realizará de forma que la señalización resulte lo más eficaz posible, teniendo en cuenta:

- Las características de la señal.
- Los riesgos, elementos o circunstancias que hayan de señalizarse.
- La extensión de la zona a cubrir.
- El número de trabajadores afectados.

Para la señalización de desniveles, obstáculos u otros elementos que originen riesgo de caída de personas, choques o golpes, así como para la señalización de riesgo eléctrico, presencia de materias inflamables, tóxica, corrosiva o riesgo biológico, podrá optarse por una señal de advertencia de forma triangular, con un pictograma característico de color negro sobre fondo amarillo y bordes negros.

Las vías de circulación de vehículos deberán estar delimitadas con claridad mediante franjas continuas de color blanco o amarillo.



Los equipos de protección contra incendios deberán ser de color rojo.

La señalización para la localización e identificación de las vías de evacuación y de los equipos de salvamento o socorro (botiquín portátil) se realizará mediante una señal de forma cuadrada o rectangular, con un pictograma característico de color blanco sobre fondo verde.

La señalización dirigida a alertar a los trabajadores o a terceros de la aparición de una situación de peligro y de la consiguiente y urgente necesidad de actuar de una forma determinada o de evacuar la zona de peligro, se realizará mediante una señal luminosa, una señal acústica o una comunicación verbal.

Los medios y dispositivos de señalización deberán ser limpiados, mantenidos y verificados regularmente.

#### ***4. DISPOSICIONES MINIMAS DE SEGURIDAD Y SALUD PARA LA UTILIZACION POR LOS TRABAJADORES DE LOS EQUIPOS DE TRABAJO.***

##### ***4.1. INTRODUCCION.***

La ley 31/1995, de 8 de noviembre de 1995, de Prevención de Riesgos Laborales es la norma legal por la que se determina el cuerpo básico de garantías y responsabilidades preciso para establecer un adecuado nivel de protección de la salud de los trabajadores frente a los riesgos derivados de las condiciones de trabajo.

De acuerdo con el artículo 6 de dicha ley, serán las **normas reglamentarias** las que fijarán las medidas mínimas que deben adoptarse para la adecuada protección de los trabajadores. Entre éstas se encuentran las destinadas a garantizar que de la presencia o utilización de los equipos de trabajo puestos a disposición de los trabajadores en la empresa o centro de trabajo no se deriven riesgos para la seguridad o salud de los mismos.

Por todo lo expuesto, el Real Decreto **1215/1997** de 18 de Julio de 1.997 establece las **disposiciones mínimas de seguridad y de salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo**, entendiéndose como tales cualquier máquina, aparato, instrumento o instalación utilizado en el trabajo.

##### ***4.2. OBLIGACION GENERAL DEL EMPRESARIO.***

El empresario adoptará las medidas necesarias para que los equipos de trabajo que se pongan a disposición de los trabajadores sean adecuados al trabajo que deba realizarse y convenientemente adaptados al mismo, de forma que garanticen la seguridad y la salud de los trabajadores al utilizar dichos equipos.

Deberá utilizar únicamente equipos que satisfagan cualquier disposición legal o reglamentaria que les sea de aplicación.

Para la elección de los equipos de trabajo el empresario deberá tener en cuenta los siguientes factores:

- Las condiciones y características específicas del trabajo a desarrollar.
- Los riesgos existentes para la seguridad y salud de los trabajadores en el lugar de trabajo.
- En su caso, las adaptaciones necesarias para su utilización por trabajadores discapacitados.

Adoptará las medidas necesarias para que, mediante un mantenimiento adecuado, los equipos de trabajo se conserven durante todo el tiempo de utilización en unas condiciones adecuadas. Todas las operaciones de mantenimiento, ajuste, desbloqueo, revisión o reparación de los equipos de trabajo se realizará tras haber parado o desconectado el equipo. Estas operaciones deberán ser encomendadas al personal especialmente capacitado para ello.

El empresario deberá garantizar que los trabajadores reciban una formación e información adecuadas a los riesgos derivados de los equipos de trabajo. La información, suministrada preferentemente por escrito, deberá contener, como mínimo, las indicaciones relativas a:

- Las condiciones y forma correcta de utilización de los equipos de trabajo, teniendo en cuenta las instrucciones del fabricante, así como las situaciones o formas de utilización anormales y peligrosas que puedan preverse.
- Las conclusiones que, en su caso, se puedan obtener de la experiencia adquirida en la utilización de los equipos de trabajo.

#### ***4.2.1. DISPOSICIONES MÍNIMAS GENERALES APLICABLES A LOS EQUIPOS DE TRABAJO.***

Los órganos de accionamiento de un equipo de trabajo que tengan alguna incidencia en la seguridad deberán ser claramente visibles e identificables y no deberán acarrear riesgos como consecuencia de una manipulación involuntaria.

Cada equipo de trabajo deberá estar provisto de un órgano de accionamiento que permita su parada total en condiciones de seguridad.

Cualquier equipo de trabajo que entrañe riesgo de caída de objetos o de proyecciones deberá estar provisto de dispositivos de protección adecuados a dichos riesgos.

Cualquier equipo de trabajo que entrañe riesgo por emanación de gases, vapores o líquidos o por emisión de polvo deberá estar provisto de dispositivos adecuados de captación o extracción cerca de la fuente emisora correspondiente.



Si fuera necesario para la seguridad o la salud de los trabajadores, los equipos de trabajo y sus elementos deberán estabilizarse por fijación o por otros medios.

Cuando los elementos móviles de un equipo de trabajo puedan entrañar riesgo de accidente por contacto mecánico, deberán ir equipados con resguardos o dispositivos que impidan el acceso a las zonas peligrosas.

Las zonas y puntos de trabajo o mantenimiento de un equipo de trabajo deberán estar adecuadamente iluminadas en función de las tareas que deban realizarse.

Las partes de un equipo de trabajo que alcancen temperaturas elevadas o muy bajas deberán estar protegidas cuando corresponda contra los riesgos de contacto o la proximidad de los trabajadores.

Todo equipo de trabajo deberá ser adecuado para proteger a los trabajadores expuestos contra el riesgo de contacto directo o indirecto de la electricidad y los que entrañen riesgo por ruido, vibraciones o radiaciones deberá disponer de las protecciones o dispositivos adecuados para limitar, en la medida de lo posible, la generación y propagación de estos agentes físicos.

Las herramientas manuales deberán estar construidas con materiales resistentes y la unión entre sus elementos deberá ser firme, de manera que se eviten las roturas o proyecciones de los mismos.

La utilización de todos estos equipos no podrá realizarse en contradicción con las instrucciones facilitadas por el fabricante, comprobándose antes del iniciar la tarea que todas sus protecciones y condiciones de uso son las adecuadas.

Deberán tomarse las medidas necesarias para evitar el atrapamiento del cabello, ropas de trabajo u otros objetos del trabajador, evitando, en cualquier caso, someter a los equipos a sobrecargas, sobrepresiones, velocidades o tensiones excesivas.

#### ***4.2.2. DISPOSICIONES MÍNIMAS ADICIONALES APLICABLES A LOS EQUIPOS DE TRABAJO MOVILES.***

Los equipos con trabajadores transportados deberán evitar el contacto de éstos con ruedas y orugas y el aprisionamiento por las mismas. Para ello dispondrán de una estructura de protección que impida que el equipo de trabajo incline más de un cuarto de vuelta o una estructura que garantice un espacio suficiente alrededor de los trabajadores transportados cuando el equipo pueda inclinarse más de un cuarto de vuelta. No se requerirán estas estructuras de protección cuando el equipo de trabajo se encuentre estabilizado durante su empleo.

Las carretillas elevadoras deberán estar acondicionadas mediante la instalación de una cabina para el conductor, una estructura que impida que la carretilla vuelque, una estructura



que garantice que, en caso de vuelco, quede espacio suficiente para el trabajador entre el suelo y determinadas partes de dicha carretilla y una estructura que mantenga al trabajador sobre el asiento de conducción en buenas condiciones.

Los equipos de trabajo automotores deberán contar con dispositivos de frenado y parada, con dispositivos para garantizar una visibilidad adecuada y con una señalización acústica de advertencia. En cualquier caso, su conducción estará reservada a los trabajadores que hayan recibido una información específica.

#### ***4.2.3. DISPOSICIONES MÍNIMAS ADICIONALES APLICABLES A LOS EQUIPOS DE TRABAJO PARA ELEVACION DE CARGAS.***

Deberán estar instalados firmemente, teniendo presente la carga que deban levantar y las tensiones inducidas en los puntos de suspensión o de fijación. En cualquier caso, los aparatos de izar estarán equipados con limitador del recorrido del carro y de los ganchos, los motores eléctricos estarán provistos de limitadores de altura y del peso, los ganchos de sujeción serán de acero con "pestillos de seguridad" y los carriles para desplazamiento estarán limitados a una distancia de 1 m de su término mediante topes de seguridad de final de carrera eléctricos.

Deberá figurar claramente la carga nominal.

Deberán instalarse de modo que se reduzca el riesgo de que la carga caiga en picado, se suelte o se desvíe involuntariamente de forma peligrosa. En cualquier caso, se evitará la presencia de trabajadores bajo las cargas suspendidas. Caso de ir equipadas con cabinas para trabajadores deberá evitarse la caída de éstas, su aplastamiento o choque.

Los trabajos de izado, transporte y descenso de cargas suspendidas, quedarán interrumpidos bajo régimen de vientos superiores a los 60 km/h.

#### ***4.2.4. DISPOSICIONES MÍNIMAS ADICIONALES APLICABLES A LOS EQUIPOS DE TRABAJO PARA MOVIMIENTO DE TIERRAS Y MAQUINARIA PESADA EN GENERAL.***

Las máquinas para los movimientos de tierras estarán dotadas de faros de marcha hacia adelante y de retroceso, servofrenos, freno de mano, bocina automática de retroceso, retrovisores en ambos lados, pórtico de seguridad antivuelco y antiimpactos y un extintor.

Se prohíbe trabajar o permanecer dentro del radio de acción de la maquinaria de movimiento de tierras, para evitar los riesgos por atropello.

Durante el tiempo de parada de las máquinas se señalizará su entorno con "señales de peligro", para evitar los riesgos por fallo de frenos o por atropello durante la puesta en marcha.



Si se produjese contacto con líneas eléctricas el maquinista permanecerá inmóvil en su puesto y solicitará auxilio por medio de las bocinas. De ser posible el salto sin riesgo de contacto eléctrico, el maquinista saltará fuera de la máquina sin tocar, al unísono, la máquina y el terreno.

Antes del abandono de la cabina, el maquinista habrá dejado en reposo, en contacto con el pavimento (la cuchilla, cazo, etc.), puesto el freno de mano y parado el motor extrayendo la llave de contacto para evitar los riesgos por fallos del sistema hidráulico.

Las pasarelas y peldaños de acceso para conducción o mantenimiento permanecerán limpios de gravas, barro y aceite, para evitar los riesgos de caída.

Se prohíbe el transporte de personas sobre las máquinas para el movimiento de tierras, para evitar los riesgos de caídas o de atropellos.

Se instalarán topes de seguridad de fin de recorrido, ante la coronación de los cortes (taludes o terraplenes) a los que debe aproximarse la maquinaria empleada en el movimiento de tierras, para evitar los riesgos por caída de la máquina.

Se señalizarán los caminos de circulación interna mediante cuerda de banderolas y señales normalizadas de tráfico.

Se prohíbe el acopio de tierras a menos de 2 m. del borde de la excavación (como norma general).

No se debe fumar cuando se abastezca de combustible la máquina, pues podría inflamarse. Al realizar dicha tarea el motor deberá permanecer parado.

Se prohíbe realizar trabajos en un radio de 10 m entorno a las máquinas de hincar, en prevención de golpes y atropellos.

Las cintas transportadoras estarán dotadas de pasillo lateral de visita de 60 cm de anchura y barandillas de protección de éste de 90 cm de altura. Estarán dotadas de encauzadores antidesprendimientos de objetos por rebose de materiales. Bajo las cintas, en todo su recorrido, se instalarán bandejas de recogida de objetos desprendidos.

Los compresores serán de los llamados "silenciosos" en la intención de disminuir el nivel de ruido. La zona dedicada para la ubicación del compresor quedará acordonada en un radio de 4 m. Las mangueras estarán en perfectas condiciones de uso, es decir, sin grietas ni desgastes que puedan producir un reventón.

Cada tajo con martillos neumáticos, estará trabajado por dos cuadrillas que se turnarán cada hora, en prevención de lesiones por permanencia continuada recibiendo vibraciones. Los piones mecánicos se guiarán avanzando frontalmente, evitando los desplazamientos



laterales. Para realizar estas tareas se utilizará faja elástica de protección de cintura, muñequeras bien ajustadas, botas de seguridad, cascos antirruído y una mascarilla con filtro mecánico recambiable.

#### ***4.2.5. DISPOSICIONES MÍNIMAS ADICIONALES APLICABLES A LA MAQUINARIA HERRAMIENTA.***

Las máquinas-herramienta estarán protegidas eléctricamente mediante doble aislamiento y sus motores eléctricos estarán protegidos por la carcasa.

Las que tengan capacidad de corte tendrán el disco protegido mediante una carcasa antiproyecciones.

Las que se utilicen en ambientes inflamables o explosivos estarán protegidas mediante carcasas antideflagrantes. Se prohíbe la utilización de máquinas accionadas mediante combustibles líquidos en lugares cerrados o de ventilación insuficiente.

Se prohíbe trabajar sobre lugares encharcados, para evitar los riesgos de caídas y los eléctricos.

Para todas las tareas se dispondrá una iluminación adecuada, en torno a 100 lux.

En prevención de los riesgos por inhalación de polvo, se utilizarán en vía húmeda las herramientas que lo produzcan.

Las mesas de sierra circular, cortadoras de material cerámico y sierras de disco manual no se ubicarán a distancias inferiores a tres metros del borde de los forjados, con la excepción de los que estén claramente protegidos (redes o barandillas, petos de remate, etc.). Bajo ningún concepto se retirará la protección del disco de corte, utilizándose en todo momento gafas de seguridad antiproyección de partículas. Como normal general, se deberán extraer los clavos o partes metálicas hincadas en el elemento a cortar.

Con las pistolas fija-clavos no se realizarán disparos inclinados, se deberá verificar que no hay nadie al otro lado del objeto sobre el que se dispara, se evitará clavar sobre fábricas de ladrillo hueco y se asegurará el equilibrio de la persona antes de efectuar el disparo.

Para la utilización de los taladros portátiles y rozadoras eléctricas se elegirán siempre las brocas y discos adecuados al material a taladrar, se evitará realizar taladros en una sola maniobra y taladros o rozaduras inclinadas a pulso y se tratará no recalentar las brocas y discos.

Las pulidoras y abrillantadoras de suelos, lijadoras de madera y alisadoras mecánicas tendrán el manillar de manejo y control revestido de material aislante y estarán dotadas de aro de protección antiatrapamientos o abrasiones.





En las tareas de soldadura por arco eléctrico se utilizará yelmo del soldar o pantalla de mano, no se mirará directamente al arco voltaico, no se tocarán las piezas recientemente soldadas, se soldará en un lugar ventilado, se verificará la inexistencia de personas en el entorno vertical de puesto de trabajo, no se dejará directamente la pinza en el suelo o sobre la perfilaría, se escogerá el electrodo adecuada para el cordón a ejecutar y se suspenderán los trabajos de soldadura con vientos superiores a 60 km/h y a la intemperie con régimen de lluvias.

En la soldadura oxiacetilénica (oxicorte) no se mezclarán botellas de gases distintos, éstas se transportarán sobre bateas enjauladas en posición vertical y atadas, no se ubicarán al sol ni en posición inclinada y los mecheros estarán dotados de válvulas antirretroceso de la llama. Si se desprenden pinturas se trabajará con mascarilla protectora y se hará al aire libre o en un local ventilado.

## ***5. DISPOSICIONES MINIMAS DE SEGURIDAD Y SALUD EN LAS OBRAS DE CONSTRUCCION.***

### ***5.1. INTRODUCCION.***

La ley 31/1995, de 8 de noviembre de 1995, de Prevención de Riesgos Laborales es la norma legal por la que se determina el cuerpo básico de garantías y responsabilidades preciso para establecer un adecuado nivel de protección de la salud de los trabajadores frente a los riesgos derivados de las condiciones de trabajo.

De acuerdo con el artículo 6 de dicha ley, serán las **normas reglamentarias** las que fijarán las medidas mínimas que deben adoptarse para la adecuada protección de los trabajadores. Entre éstas se encuentran necesariamente las destinadas a garantizar la seguridad y la salud en las obras de construcción.

Por todo lo expuesto, el Real Decreto **1627/1997** de 24 de Octubre de 1.997 establece las **disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción**, entendiéndose como tales cualquier obra, pública o privada, en la que se efectúen trabajos de construcción o ingeniería civil.

La obra en proyecto referente a la Ejecución de una Edificación de uso Industrial o Comercial se encuentra incluida en el **Anexo I** de dicha legislación, con la clasificación **a) Excavación, b) Movimiento de tierras, c) Construcción, d) Montaje y desmontaje de elementos prefabricados, e) Acondicionamiento o instalación, l) Trabajos de pintura y de limpieza y m) Saneamiento.**

Al tratarse de una obra con las siguientes condiciones:



- a) El presupuesto de ejecución por contrata incluido en el proyecto es inferior a 75 millones de pesetas.
- b) La duración estimada es inferior a 30 días laborables, no utilizándose en ningún momento a más de 20 trabajadores simultáneamente.
- c) El volumen de mano de obra estimada, entendiéndose por tal la suma de los días de trabajo del total de los trabajadores en la obra, es inferior a 500.

Por todo lo indicado, el promotor estará obligado a que en la fase de redacción del proyecto se elabore un **estudio básico de seguridad y salud**. Caso de superarse alguna de las condiciones citadas anteriormente deberá realizarse un estudio completo de seguridad y salud.

## ***5.2. ESTUDIO BASICO DE SEGURIDAD Y SALUD.***

### ***5.2.1. RIESGOS MÁS FRECUENTES EN LAS OBRAS DE CONSTRUCCION.***

Los Oficios más comunes en las obras de construcción son los siguientes:

- Movimiento de tierras. Excavación de pozos y zanjas.
- Relleno de tierras.
- Encofrados.
- Trabajos con ferralla, manipulación y puesta en obra.
- Trabajos de manipulación del hormigón.
- Montaje de estructura metálica
- Montaje de prefabricados.
- Albañilería.
- Cubiertas.
- Alicatados.
- Enfoscados y enlucidos.
- Solados con mármoles, terrazos, plaquetas y asimilables.
- Carpintería de madera, metálica y cerrajería.
- Montaje de vidrio.
- Pintura y barnizados.
- Instalación eléctrica definitiva y provisional de obra.
- Instalación de fontanería, aparatos sanitarios, calefacción y aire acondicionado.
- Instalación de antenas y pararrayos.

Los riesgos más frecuentes durante estos oficios son los descritos a continuación:

- Deslizamientos, desprendimientos de tierras por diferentes motivos (no emplear el talud adecuado, por variación de la humedad del terreno, etc.).
- Riesgos derivados del manejo de máquinas-herramienta y maquinaria pesada en general.



- Atropellos, colisiones, vuelcos y falsas maniobras de la maquinaria para movimiento de tierras.
- Caídas al mismo o distinto nivel de personas, materiales y útiles.
- Los derivados de los trabajos pulverulentos.
- Contactos con el hormigón (dermatitis por cementos, etc.).
- Caída de los encofrados al vacío, caída de personal al caminar o trabajar sobre los fondillos de las vigas, pisadas sobre objetos punzantes, etc.
- Desprendimientos por mal apilado de la madera, planchas metálicas, etc.
- Cortes y heridas en manos y pies, aplastamientos, tropiezos y torceduras al caminar sobre las armaduras.
- Hundimientos, rotura o reventón de encofrados, fallos de entibaciones.
- Contactos con la energía eléctrica (directa e indirecta), electrocuciones, quemaduras, etc.
- Los derivados de la rotura fortuita de las planchas de vidrio.
- Cuerpos extraños en los ojos, etc.
- Agresión por ruido y vibraciones en todo el cuerpo.
- Microclima laboral (frío-calor), agresión por radiación ultravioleta, infrarroja.
- Agresión mecánica por proyección de partículas.
- Golpes.
- Cortes por objetos y/o herramientas.
- Incendio y explosiones.
- Riesgo por sobreesfuerzos musculares y malos gestos.
- Carga de trabajo física.
- Deficiente iluminación.
- Efecto psico-fisiológico de horarios y turno.

### **5.2.2. MEDIDAS PREVENTIVAS DE CARÁCTER GENERAL.**

Se establecerán a lo largo de la obra letreros divulgativos y señalización de los riesgos (Vuelo, atropello, colisión, caída en altura, corriente eléctrica, peligro de incendio, materiales inflamables, prohibido fumar, etc.), así como las medidas preventivas previstas (uso obligatorio del casco, uso obligatorio de las botas de seguridad, uso obligatorio de guantes, uso obligatorio de cinturón de seguridad, etc.).

Se habilitarán zonas o estancias para el acopio de material y útiles (ferralla, perfilaría metálica, piezas prefabricadas, carpintería metálica y de madera, vidrio, pinturas, barnices y disolventes, material eléctrico, aparatos sanitarios, tuberías, aparatos de calefacción y climatización, etc.).

Se procurará que los trabajos se realicen en superficies secas y limpias, utilizando los elementos de protección personal, fundamentalmente calzado antideslizante reforzado para protección de golpes en los pies, casco de protección para la cabeza y cinturón de seguridad.



El transporte aéreo de materiales y útiles se hará suspendiéndolos desde dos puntos mediante eslingas, y se guiarán por tres operarios, dos de ellos guiarán la carga y el tercero ordenará las maniobras.

El transporte de elementos pesados (sacos de aglomerante, ladrillos, arenas, etc.) se hará sobre carretilla de mano y así evitar sobreesfuerzos.

Los andamios sobre borriquetas, para trabajos en altura, tendrán siempre plataformas de trabajo de anchura no inferior a 60 cm (3 tablones trabados entre sí), prohibiéndose la formación de andamios mediante bidones, cajas de materiales, bañeras, etc.

Se tenderán cables de seguridad amarrados a elementos estructurales sólidos en los que enganchar el mosquetón del cinturón de seguridad de los operarios encargados de realizar trabajos en altura.

La distribución de máquinas, equipos y materiales en los locales de trabajo será la adecuada, delimitando las zonas de operación y paso, los espacios destinados a puestos de trabajo, las separaciones entre máquinas y equipos, etc.

El área de trabajo estará al alcance normal de la mano, sin necesidad de ejecutar movimientos forzados.

Se vigilarán los esfuerzos de torsión o de flexión del tronco, sobre todo si el cuerpo está en posición inestable.

Se evitarán las distancias demasiado grandes de elevación, descenso o transporte, así como un ritmo demasiado alto de trabajo.

Se tratará que la carga y su volumen permitan asirla con facilidad.

Se recomienda evitar los barrizales, en prevención de accidentes.

Se debe seleccionar la herramienta correcta para el trabajo a realizar, manteniéndola en buen estado y uso correcto de ésta. Después de realizar las tareas, se guardarán en lugar seguro.

La iluminación para desarrollar los oficios convenientemente oscilará en torno a los 100 lux.

Es conveniente que los vestidos estén configurados en varias capas al comprender entre ellas cantidades de aire que mejoran el aislamiento al frío. Empleo de guantes, botas y orejeras. Se resguardará al trabajador de vientos mediante apantallamientos y se evitará que la ropa de trabajo se empape de líquidos evaporables.



Si el trabajador sufriese estrés térmico se deben modificar las condiciones de trabajo, con el fin de disminuir su esfuerzo físico, mejorar la circulación de aire, apantallar el calor por radiación, dotar al trabajador de vestimenta adecuada (sombrero, gafas de sol, cremas y lociones solares), vigilar que la ingesta de agua tenga cantidades moderadas de sal y establecer descansos de recuperación si las soluciones anteriores no son suficientes.

El aporte alimentario calórico debe ser suficiente para compensar el gasto derivado de la actividad y de las contracciones musculares.

Para evitar el contacto eléctrico directo se utilizará el sistema de separación por distancia o alejamiento de las partes activas hasta una zona no accesible por el trabajador, interposición de obstáculos y/o barreras (armarios para cuadros eléctricos, tapas para interruptores, etc.) y recubrimiento o aislamiento de las partes activas.

Para evitar el contacto eléctrico indirecto se utilizará el sistema de puesta a tierra de las masas (conductores de protección, líneas de enlace con tierra y electrodos artificiales) y dispositivos de corte por intensidad de defecto (interruptores diferenciales de sensibilidad adecuada a las condiciones de humedad y resistencia de tierra de la instalación provisional).

Las vías y salidas de emergencia deberán permanecer expeditas y desembocar lo más directamente posible en una zona de seguridad.

El número, la distribución y las dimensiones de las vías y salidas de emergencia dependerán del uso, de los equipos y de las dimensiones de la obra y de los locales, así como el número máximo de personas que puedan estar presentes en ellos.

En caso de avería del sistema de alumbrado, las vías y salidas de emergencia que requieran iluminación deberán estar equipadas con iluminación de seguridad de suficiente intensidad.

Será responsabilidad del empresario garantizar que los primeros auxilios puedan prestarse en todo momento por personal con la suficiente formación para ello.

### ***5.2.3. MEDIDAS PREVENTIVAS DE CARÁCTER PARTICULAR PARA CADA OFICIO***

#### **Movimiento de tierras. Excavación de pozos y zanjas.**

Antes del inicio de los trabajos, se inspeccionará el tajo con el fin de detectar posibles grietas o movimientos del terreno.

Se prohibirá el acopio de tierras o de materiales a menos de dos metros del borde de la excavación, para evitar sobrecargas y posibles vuelcos del terreno, señalizándose además mediante una línea esta distancia de seguridad.



Se eliminarán todos los bolos o viseras de los frentes de la excavación que por su situación ofrezcan el riesgo de desprendimiento.

La maquinaria estará dotada de peldaños y asidero para subir o bajar de la cabina de control. No se utilizará como apoyo para subir a la cabina las llantas, cubiertas, cadenas y guardabarros.

Los desplazamientos por el interior de la obra se realizarán por caminos señalizados.

Se utilizarán redes tensas o mallazo electrosoldado situadas sobre los taludes, con un solape mínimo de 2 m.

La circulación de los vehículos se realizará a un máximo de aproximación al borde de la excavación no superior a los 3 m. para vehículos ligeros y de 4 m para pesados.

Se conservarán los caminos de circulación interna cubriendo baches, eliminando blandones y compactando mediante zahorras.

El acceso y salida de los pozos y zanjas se efectuará mediante una escalera sólida, anclada en la parte superior del pozo, que estará provista de zapatas antideslizantes.

Cuando la profundidad del pozo sea igual o superior a 1,5 m., se entibará (o encamisará) el perímetro en prevención de derrumbamientos.

Se efectuará el achique inmediato de las aguas que afloran (o caen) en el interior de las zanjas, para evitar que se altere la estabilidad de los taludes.

En presencia de líneas eléctricas en servicio se tendrán en cuenta las siguientes condiciones:

Se procederá a solicitar de la compañía propietaria de la línea eléctrica el corte de fluido y puesta a tierra de los cables, antes de realizar los trabajos.

La línea eléctrica que afecta a la obra será desviada de su actual trazado al límite marcado en los planos.

La distancia de seguridad con respecto a las líneas eléctricas que cruzan la obra, queda fijada en 5 m., en zonas accesibles durante la construcción.

Se prohíbe la utilización de cualquier calzado que no sea aislante de la electricidad en proximidad con la línea eléctrica.

### **Relleno de tierras.**



Se prohíbe el transporte de personal fuera de la cabina de conducción y/o en número superior a los asientos existentes en el interior.

Se regarán periódicamente los tajos, las cargas y cajas de camión, para evitar las polvaredas. Especialmente si se debe conducir por vías públicas, calles y carreteras.

Se instalará, en el borde de los terraplenes de vertido, sólidos topes de limitación de recorrido para el vertido en retroceso.

Se prohíbe la permanencia de personas en un radio no inferior a los 5 m. en torno a las compactadoras y apisonadoras en funcionamiento.

Los vehículos de compactación y apisonado, irán provistos de cabina de seguridad de protección en caso de vuelco.

### **Encofrados.**

Se prohíbe la permanencia de operarios en las zonas de batido de cargas durante las operaciones de izado de tablones, sopandas, puntales y ferralla; igualmente se procederá durante la elevación de viguetas, nervios, armaduras, pilares, bovedillas, etc.

El ascenso y descenso del personal a los encofrados, se efectuará a través de escaleras de mano reglamentarias.

Se instalarán barandillas reglamentarias en los frentes de losas horizontales, para impedir la caída al vacío de las personas.

Los clavos o puntas existentes en la madera usada, se extraerán o remacharán, según casos.

Queda prohibido encofrar sin antes haber cubierto el riesgo de caída desde altura mediante la ubicación de redes de protección.

### **Trabajos con ferralla, manipulación y puesta en obra.**

Los paquetes de redondos se almacenarán en posición horizontal sobre durmientes de madera capa a capa, evitándose las alturas de las pilas superiores al 1'50 m.

Se efectuará un barrido diario de puntas, alambres y recortes de ferralla en torno al banco (o bancos, borriquetas, etc.) de trabajo.

Queda prohibido el transporte aéreo de armaduras de pilares en posición vertical.

Se prohíbe trepar por las armaduras en cualquier caso.





Se prohíbe el montaje de zunchos perimetrales, sin antes estar correctamente instaladas las redes de protección.

Se evitará, en lo posible, caminar por los fondillos de los encofrados de jácenas o vigas.

### **Trabajos de manipulación del hormigón.**

Se instalarán fuertes topes final de recorrido de los camiones hormigonera, en evitación de vuelcos.

Se prohíbe acercar las ruedas de los camiones hormigoneras a menos de 2 m. del borde de la excavación.

Se prohíbe cargar el cubo por encima de la carga máxima admisible de la grúa que lo sustenta.

Se procurará no golpear con el cubo los encofrados, ni las entibaciones.

La tubería de la bomba de hormigonado, se apoyará sobre caballetes, arriostrándose las partes susceptibles de movimiento.

Para vibrar el hormigón desde posiciones sobre la cimentación que se hormigona, se establecerán plataformas de trabajo móviles formadas por un mínimo de tres tablones, que se dispondrán perpendicularmente al eje de la zanja o zapata.

El hormigonado y vibrado del hormigón de pilares, se realizará desde "castilletes de hormigonado"

En el momento en el que el forjado lo permita, se izará en torno a los huecos el peto definitivo de fábrica, en prevención de caídas al vacío.

Se prohíbe transitar pisando directamente sobre las bovedillas (cerámicas o de hormigón), en prevención de caídas a distinto nivel.

### **Montaje de estructura metálica.**

Los perfiles se apilarán ordenadamente sobre durmientes de madera de soporte de cargas, estableciendo capas hasta una altura no superior al 1'50 m.

Una vez montada la "primera altura" de pilares, se tenderán bajo ésta redes horizontales de seguridad.

Se prohíbe elevar una nueva altura, sin que en la inmediata inferior se hayan concluido los cordones de soldadura.



Las operaciones de soldadura en altura, se realizarán desde el interior de una guindola de soldador, provista de una barandilla perimetral de 1 m. de altura formada por pasamanos, barra intermedia y rodapié. El soldador, además, amarrará el mosquetón del cinturón a un cable de seguridad, o a argollas soldadas a tal efecto en la perfilería.

Se prohíbe la permanencia de operarios dentro del radio de acción de cargas suspendidas.

Se prohíbe la permanencia de operarios directamente bajo tajos de soldadura.

Se prohíbe trepar directamente por la estructura y desplazarse sobre las alas de una viga sin atar el cinturón de seguridad.

El ascenso o descenso a/o de un nivel superior, se realizará mediante una escalera de mano provista de zapatas antideslizantes y ganchos de cuelgue e inmovilidad dispuestos de tal forma que sobrepase la escalera 1 m. la altura de desembarco.

El riesgo de caída al vacío por fachadas se cubrirá mediante la utilización de redes de horca (o de bandeja).

### **Montaje de prefabricados.**

El riesgo de caída desde altura, se evitará realizando los trabajos de recepción e instalación del prefabricado desde el interior de una plataforma de trabajo rodeada de barandillas de 90 cm., de altura, formadas por pasamanos, listón intermedio y rodapié de 15 cm., sobre andamios (metálicos, tubulares de borriquetas).

Se prohíbe trabajar o permanecer en lugares de tránsito de piezas suspendidas en prevención del riesgo de desplome.

Los prefabricados se acopiarán en posición horizontal sobre durmientes dispuestos por capas de tal forma que no dañen los elementos de enganche para su izado.

Se paralizará la labor de instalación de los prefabricados bajo régimen de vientos superiores a 60 Km/h.

### **Albañilería.**

Los grandes huecos (patios) se cubrirán con una red horizontal instalada alternativamente cada dos plantas, para la prevención de caídas.

Se prohíbe concentrar las cargas de ladrillos sobre vanos. El acopio de palets, se realizará próximo a cada pilar, para evitar las sobrecargas de la estructura en los lugares de menor resistencia.



Los escombros y cascotes se evacuarán diariamente mediante trompas de vertido montadas al efecto, para evitar el riesgo de pisadas sobre materiales.

Las rampas de las escaleras estarán protegidas en su entorno por una barandilla sólida de 90 cm. de altura, formada por pasamanos, listón intermedio y rodapié de 15 cm.

### **Cubiertas.**

El riesgo de caída al vacío, se controlará instalando redes de horca alrededor del edificio. No se permiten caídas sobre red superiores a los 6 m. de altura.

Se paralizarán los trabajos sobre las cubiertas bajo régimen de vientos superiores a 60 km/h., lluvia, helada y nieve.

### **Alicatados.**

El corte de las plaquetas y demás piezas cerámicas, se ejecutará en vía húmeda, para evitar la formación de polvo ambiental durante el trabajo.

El corte de las plaquetas y demás piezas cerámicas se ejecutará en locales abiertos o a la intemperie, para evitar respirar aire con gran cantidad de polvo.

### **Enfoscados y enlucidos.**

Las "miras", reglas, tablones, etc., se cargarán a hombro en su caso, de tal forma que al caminar, el extremo que va por delante, se encuentre por encima de la altura del casco de quién lo transporta, para evitar los golpes a otros operarios, los tropezones entre obstáculos, etc.

Se acordonará la zona en la que pueda caer piedra durante las operaciones de proyección de "garbancillo" sobre morteros, mediante cinta de banderolas y letreros de prohibido el paso.

### **Solados con mármoles, terrazos, plaquetas y asimilables.**

El corte de piezas de pavimento se ejecutará en vía húmeda, en evitación de lesiones por trabajar en atmósferas pulverulentas.

Las piezas del pavimento se izarán a las plantas sobre plataformas emplintadas, correctamente apiladas dentro de las cajas de suministro, que no se romperán hasta la hora de utilizar su contenido.

Los lodos producto de los pulidos, serán orillados siempre hacia zonas no de paso y eliminados inmediatamente de la planta.



### **Carpintería de madera, metálica y cerrajería.**

Los recortes de madera y metálicos, objetos punzantes, cascotes y serrín producidos durante los ajustes se recogerán y se eliminarán mediante las tolvas de vertido, o mediante bateas o plataformas emplintadas amarradas del gancho de la grúa.

Los cercos serán recibidos por un mínimo de una cuadrilla, en evitación de golpes, caídas y vuelcos.

Los listones horizontales inferiores contra deformaciones, se instalarán a una altura en torno a los 60 cm. Se ejecutarán en madera blanca, preferentemente, para hacerlos más visibles y evitar los accidentes por tropiezos.

El "cuelgue" de hojas de puertas o de ventanas, se efectuará por un mínimo de dos operarios, para evitar accidentes por desequilibrio, vuelco, golpes y caídas.

### **Montaje de vidrio.**

Se prohíbe permanecer o trabajar en la vertical de un tajo de instalación de vidrio.

Los tajos se mantendrán libres de fragmentos de vidrio, para evitar el riesgo de cortes.

La manipulación de las planchas de vidrio, se ejecutará con la ayuda de ventosas de seguridad.

Los vidrios ya instalados, se pintarán de inmediato a base de pintura a la cal, para significar su existencia.

### **Pintura y barnizados.**

Se prohíbe almacenar pinturas susceptibles de emanar vapores inflamables con los recipientes mal o incompletamente cerrados, para evitar accidentes por generación de atmósferas tóxicas o explosivas.

Se prohíbe realizar trabajos de soldadura y oxicorte en lugares próximos a los tajos en los que se empleen pinturas inflamables, para evitar el riesgo de explosión o de incendio.

Se tenderán redes horizontales sujetas a puntos firmes de la estructura, para evitar el riesgo de caída desde alturas.

Se prohíbe la conexión de aparatos de carga accionados eléctricamente (puentes grúa por ejemplo) durante las operaciones de pintura de carriles, soportes, topes, barandillas, etc., en prevención de atrapamiento o caídas desde altura.



Se prohíbe realizar "pruebas de funcionamiento" en las instalaciones, tuberías de presión, equipos motobombas, calderas, conductos, etc. durante los trabajos de pintura de señalización o de protección de conductos.

### **Instalación eléctrica provisional de obra.**

El montaje de aparatos eléctricos será ejecutado por personal especialista, en prevención de los riesgos por montajes incorrectos.

El calibre o sección del cableado será siempre el adecuado para la carga eléctrica que ha de soportar.

Los hilos tendrán la funda protectora aislante sin defectos apreciables (rasgones, repelones y asimilables). No se admitirán tramos defectuosos.

La distribución general desde el cuadro general de obra a los cuadros secundarios o de planta, se efectuará mediante manguera eléctrica antihumedad.

El tendido de los cables y mangueras, se efectuará a una altura mínima de 2 m. en los lugares peatonales y de 5 m. en los de vehículos, medidos sobre el nivel del pavimento.

Los empalmes provisionales entre mangueras, se ejecutarán mediante conexiones normalizadas estancas antihumedad.

Las mangueras de "alargadera" por ser provisionales y de corta estancia pueden llevarse tendidas por el suelo, pero arrimadas a los paramentos verticales.

Los interruptores se instalarán en el interior de cajas normalizadas, provistas de puerta de entrada con cerradura de seguridad.

Los cuadros eléctricos metálicos tendrán la carcasa conectada a tierra.

Los cuadros eléctricos se colgarán pendientes de tableros de madera recibidos a los paramentos verticales o bien a "pies derechos" firmes.

Las maniobras a ejecutar en el cuadro eléctrico general se efectuarán subido a una banqueta de maniobra o alfombrilla aislante.

Los cuadros eléctricos poseerán tomas de corriente para conexiones normalizadas blindadas para intemperie.

La tensión siempre estará en la clavija "hembra", nunca en la "macho", para evitar los contactos eléctricos directos.



Los interruptores diferenciales se instalarán de acuerdo con las siguientes sensibilidades:

300 mA. Alimentación a la maquinaria.

30 mA. Alimentación a la maquinaria como mejora del nivel de seguridad.

30 mA. Para las instalaciones eléctricas de alumbrado.

Las partes metálicas de todo equipo eléctrico dispondrán de toma de tierra.

El neutro de la instalación estará puesto a tierra.

La toma de tierra se efectuará a través de la pica o placa de cada cuadro general.

El hilo de toma de tierra, siempre estará protegido con macarrón en colores amarillo y verde. Se prohíbe expresamente utilizarlo para otros usos.

La iluminación mediante portátiles cumplirá la siguiente norma:

-Portalámparas estanco de seguridad con mango aislante, rejilla protectora de la bombilla dotada de gancho de cuelgue a la pared, manguera antihumedad, clavija de conexión normalizada estanca de seguridad, alimentados a 24 V.

-La iluminación de los tajos se situará a una altura en torno a los 2 m., medidos desde la superficie de apoyo de los operarios en el puesto de trabajo.

-La iluminación de los tajos, siempre que sea posible, se efectuará cruzada con el fin de disminuir sombras.

-Las zonas de paso de la obra, estarán permanentemente iluminadas evitando rincones oscuros.

No se permitirá las conexiones a tierra a través de conducciones de agua.

No se permitirá el tránsito de carretillas y personas sobre mangueras eléctricas, pueden pelarse y producir accidentes.

No se permitirá el tránsito bajo líneas eléctricas de las compañías con elementos longitudinales transportados a hombro (pértigas, reglas, escaleras de mano y asimilables). La inclinación de la pieza puede llegar a producir el contacto eléctrico.

### **Instalación de fontanería, aparatos sanitarios, calefacción y aire acondicionado.**

El transporte de tramos de tubería a hombro por un solo hombre, se realizará inclinando la carga hacia atrás, de tal forma que el extremo que va por delante supere la altura de un hombre, en evitación de golpes y tropiezos con otros operarios en lugares poco iluminados o iluminados a contra luz.



Se prohíbe el uso de mecheros y sopletes junto a materiales inflamables.

Se prohíbe soldar con plomo, en lugares cerrados, para evitar trabajos en atmósferas tóxicas.

#### Instalación de antenas y pararrayos.

Bajo condiciones meteorológicas extremas, lluvia, nieve, hielo o fuerte viento, se suspenderán los trabajos.

Se prohíbe expresamente instalar pararrayos y antenas a la vista de nubes de tormenta próximas.

Las antenas y pararrayos se instalarán con ayuda de la plataforma horizontal, apoyada sobre las cuñas en pendiente de encaje en la cubierta, rodeada de barandilla sólida de 90 cm. de altura, formada por pasamanos, barra intermedia y rodapié, dispuesta según detalle de planos.

Las escaleras de mano, pese a que se utilicen de forma "momentánea", se anclarán firmemente al apoyo superior, y estarán dotados de zapatas antideslizantes, y sobrepasarán en 1 m. la altura a salvar.

Las líneas eléctricas próximas al tajo, se dejarán sin servicio durante la duración de los trabajos.

#### ***5.2.3. DISPOSICIONES ESPECÍFICAS DE SEGURIDAD Y SALUD DURANTE LA EJECUCION DE LAS OBRAS.***

Cuando en la ejecución de la obra intervenga más de una empresa, o una empresa y trabajadores autónomos o diversos trabajadores autónomos, el promotor designará un coordinador en materia de seguridad y salud durante la ejecución de la obra, que será un técnico competente integrado en la dirección facultativa.

Cuando no sea necesaria la designación de coordinador, las funciones de éste serán asumidas por la dirección facultativa.

En aplicación del estudio básico de seguridad y salud, cada contratista elaborará un plan de seguridad y salud en el trabajo en el que se analicen, estudien, desarrollen y complementen las previsiones contenidas en el estudio desarrollado en el proyecto, en función de su propio sistema de ejecución de la obra.

Antes del comienzo de los trabajos, el promotor deberá efectuar un aviso a la autoridad laboral competente.





## ***6. DISPOSICIONES MINIMAS DE SEGURIDAD Y SALUD RELATIVAS A LA UTILIZACION POR LOS TRABAJADORES DE EQUIPOS DE PROTECCION INDIVIDUAL.***

### ***6.1. INTRODUCCION.***

La ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales, determina el cuerpo básico de garantías y responsabilidades preciso para establecer un adecuado nivel de protección de la salud de los trabajadores frente a los riesgos derivados de las condiciones de trabajo.

Así son las **normas de desarrollo reglamentario** las que deben fijar las medidas mínimas que deben adoptarse para la adecuada protección de los trabajadores. Entre ellas se encuentran las destinadas a garantizar la utilización por los trabajadores en el trabajo de equipos de protección individual que los protejan adecuadamente de aquellos riesgos para su salud o su seguridad que no puedan evitarse o limitarse suficientemente mediante la utilización de medios de protección colectiva o la adopción de medidas de organización en el trabajo.

### ***6.2. OBLIGACIONES GENERALES DEL EMPRESARIO.***

Hará obligatorio el uso de los equipos de protección individual que a continuación se desarrollan.

#### ***6.2.1. PROTECTORES DE LA CABEZA.***

- Cascos de seguridad, no metálicos, clase N, aislados para baja tensión, con el fin de proteger a los trabajadores de los posibles choques, impactos y contactos eléctricos.
- Protectores auditivos acoplables a los cascos de protección.
- Gafas de montura universal contra impactos y antipolvo.
- Mascarilla antipolvo con filtros protectores.
- Pantalla de protección para soldadura autógena y eléctrica.

#### ***6.2.2. PROTECTORES DE MANOS Y BRAZOS.***

- Guantes contra las agresiones mecánicas (perforaciones, cortes, vibraciones).
- Guantes de goma finos, para operarios que trabajen con hormigón.
- Guantes dieléctricos para B.T.
- Guantes de soldador.



- Muñequeras.
- Mango aislante de protección en las herramientas.

### ***6.2.3. PROTECTORES DE PIES Y PIERNAS.***

- Calzado provisto de suela y puntera de seguridad contra las agresiones mecánicas.
- Botas dieléctricas para B.T.
- Botas de protección impermeables.
- Polainas de soldador.
- Rodilleras.

### ***6.2.4. PROTECTORES DEL CUERPO.***

- Crema de protección y pomadas.
- Chalecos, chaquetas y mandiles de cuero para protección de las agresiones mecánicas.
- Traje impermeable de trabajo.
- Cinturón de seguridad, de sujeción y caída, clase A.
- Fajas y cinturones antivibraciones.
- Pértiga de B.T.
- Banqueta aislante clase I para maniobra de B.T.
- Linterna individual de situación.
- Comprobador de tensión.



## **ANEXO II: CÁLCULO ELÉCTRICO**

## Contenido

1.	Aislamiento .....	7
1.1	Tensiones nominales normalizadas.....	7
1.2.	Nivel de aislamiento .....	8
1.2.1.	Niveles de aislamiento nominales para materiales del Grupo B .....	8
1.2.2.	Nivel de aislamiento nominal para materiales del Grupo C.....	9
1.3.	Conclusión.....	10
1.3.1	Para el nivel de 400 kV.....	10
1.3.2	Para el nivel de 220 kV.....	10
2.	Cálculo de intensidades nominales de línea. ....	11
2.1.	Intensidad nominal en el parque de 400 kV.....	11
2.1.1	La intensidad en la línea de entrada: platea (LP) .....	11
2.1.2	La intensidad en la línea de entrada: Morella (LM) .....	12
2.1.3.	La intensidad en la línea de entrada: Fuentetodos (LF) .....	12
2.1.4.	La intensidad en la línea de entrada: Muniesa (LMu) .....	13
2.1.5.	Embarrados principal.....	13
2.1.6.	Línea del transformador hacia el nivel de 220 kV .....	14
2.2	Intensidad nominal en el parque de 220 kV.....	14
2.2.1.	La intensidad en la línea de salida a Calamocha: LC .....	14
2.2.2.	La intensidad en la línea de salida a Valdeconejos: LV.....	15
2.2.3.	Línea de salida del transformador.....	15
	Embarrado doble 220 kV .....	16
2.3.	Conclusión.....	16
3.	Calculo de intensidad de cortocircuito.....	17
3.1.	La intensidad de cortocircuito en la barra de 400 kV.....	19
3.2.	La intensidad de cortocircuito en la barra de 220 kV .....	20
3.3	Conclusión .....	20
4.	Autoválvulas .....	21
4.1.	Generalidades.....	21
4.2.	Autoválvulas en el nivel de 400 kV .....	23



4.2.1. Características de la autoválvulas .....	23
4.4.2. Denominación de la autoválvula: .....	25
4.4.3. Conclusión: .....	27
4.3. Autoválvulas en el nivel de 220 kV .....	28
4.3.1. Características de la autoválvula .....	28
4.3.2. Denominación de la autoválvula: .....	30
4.3.3. Conclusión .....	32
4.3 Conclusión .....	33
5. Aisladores .....	34
5.1. Generalidades.....	34
5.2. Proceso de selección de los aisladores.....	34
5.3. Aisladores para el nivel 400 kV .....	36
5.4. Aisladores para el nivel 220 kV.....	43
5.5. Conclusión: .....	50
6. Cálculo de conductores .....	51
6.1. Generalidades.....	51
6.2. Conductores de aluminio .....	52
6.2.1. Características y dimensiones .....	52
6.2.2 Requisitos eléctricos .....	52
6.2.3. Temperaturas deservicio del conductor .....	53
6.2.4. Requisitos mecánicos .....	53
6.2.5. Protección contra la corrosión .....	53
6.3. Cálculo de secciones.....	54
6.4. Conductores de Líneas de 400 kV.....	55
6.4.1 Elección de conductor .....	55
6.4.2 Comprobación .....	56
6.4.3 Conclusión .....	57
6.5. Conductores de Líneas de 220 kV.....	58
6.5.1 Elección de conductor .....	58
6.5.2 Comprobación .....	59

6.5.3 Conclusión .....	59
6.6 Embarrados.....	60
6.6.1 embarrados de 400 kV .....	60
6.6.2 embarrados de 220 kV .....	61
6.7. Conclusión .....	62
7. Protecciones .....	63
7.1 Generalidades.....	63
7.2. Protección de barras.....	65
7.2.1. Protección de barra 400 kV .....	65
7.2.2. Protección de barra 220 kV .....	65
7.3. Protección de líneas .....	66
7.3.1. Protección de la línea de 400 kV .....	66
7.3.2. Protección de la línea de 220 kV .....	66
7.4. Protección de transformador de potencia .....	67
7.4.1. Protección propia .....	67
7.4.2. Protección externa .....	67
8. Interruptores automáticos o disyuntores .....	68
8.1. Generalidades.....	68
8.2. Disyuntores para el nivel de 400 kV .....	68
8.3. Disyuntores para el nivel de 220 kV .....	70
9. Seccionadores.....	72
9.1. Generalidades.....	72
9.2. Seccionadores para nivel de 400 kV .....	73
9.2.1. Seccionadores de línea .....	73
9.2.2. Seccionadores de barra .....	75
9.2.3. Seccionadores de posición .....	76
9.3. Seccionadores para nivel de 220 kV .....	77
9.3.1 Seccionadores de la línea de 220 kV .....	77
9.3.2. Seccionadores de barras.....	80
10. Transformadores de intensidad .....	81

10.1. Generalidades.....	81
10.2. Transformador de intensidad del nivel de 400 kV .....	82
10.3 Transformador de intensidad de nivel de 220 kV .....	87
11. Transformadores de tensión .....	92
11.1. Generalidades.....	92
11.2. Transformador de tensión de nivel de 400 kV: .....	92
11.3. Transformador de tensión de nivel de 220 kV: .....	97
12. Distancias.....	99
12.1. Niveles de aislamiento nominales.....	99
12.1.1. Para el nivel de 220 kV .....	99
12.1.2. Para el nivel de 400 kV .....	99
12.2. Pasillos de servicio .....	100
12.3. Altura mínima sobre el suelo de los elementos de tensión .....	101
12.3.1. Para el nivel de 400 kV .....	101
12.3.2. Para el nivel de 220 kV .....	101
12.4. Distancia de paso entre los elementos de tensión y aparatos o maquinas.....	101
12.5. Zonas de protección contra contactos accidentales en el interior del recinto de la instalación.....	102
12.6. Zonas de protección contra contactos accidentales desde el exterior del recinto de la instalación .....	103
12.7. Distancias entre conductores .....	103
12.8. Distancias al terreno.....	106
13. Red de tierras.....	107
13.1. Generalidades.....	107
13.2. Investigación de las características del suelo.....	107
13.2.1. Resistividad del terreno.....	107
13.2.2. Resistividad superficial .....	107
13.3. Corrientes máximas de puesta a tierra y del tiempo máximo correspondiente de eliminación del defecto. ....	108
13.3.1. Corriente de puesta a tierra .....	108
13.3.2. Tiempo máximo correspondiente de eliminación del defecto. ....	109





13.4. Diseño preliminar de la instalación de tierra .....	109
13.4.1. Selección del tamaño del conductor .....	110
13.5. Cálculo de la resistencia del sistema de tierra .....	112
13.6. Cálculo de las tensiones de paso y contacto que aparecen en la instalación. ....	114
13.7. Comprobación de que las tensiones de paso y contacto calculadas son inferiores a los valores máximos. ....	115
14. Hilo de guarda.....	116
14.1. Generalidades.....	116
14.2. Altura mínima de los hilos de guarda de la subestación.....	116
14.2.1. En el nivel de 400 kV.....	116
14.2.2. En el nivel de 220 kV.....	117



## 1. Aislamiento

### 1.1 Tensiones nominales normalizadas

De acuerdo con el reglamento eléctrico de alta tensión **ITC-RAT 04** sobre condiciones técnicas garantías de seguridad en instalaciones eléctricas, las tensiones nominales normalizadas se indican en la tabla 1:

Tabla 1. 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

Existen dos niveles distintos de tensiones en la subestación transformadora a diseñar:

- **Nivel de 400 kV:** Consta de 4 líneas de entrada (Platea, Fuentetodos, Muniesa, Morella), una de reserva y por último una línea de transformador hacia el nivel de 220 kV, con una configuración de interruptor y medio.
- **Nivel de 220 kV:** Consta de dos líneas de salida (Valdeconejos, Calamocha) y una línea de transformador hacia el nivel de 400 kV, con una configuración de doble embarrado.

## 1.2. Nivel de aislamiento

Según el reglamento eléctrico de alta tensión: **ITC-RAT 12**, apartado 1: El aislamiento de los equipos que se empleen en las instalaciones de A.T. a las que hace referencia este Reglamento, deberá adaptarse a los valores normalizados indicados en las normas UNE-EN 60071-1 y UNE-EN 60071-2, salvo en casos especiales debidamente justificados por el proyectista de la instalación.

Los valores normalizados de los niveles de aislamiento nominales de los aparatos de AT, definidos por las tensiones soportadas nominales para distintos tipos de solicitaciones dieléctricas, se muestran en las Tablas 1, 2 y 3 reunidos en tres grupos según los valores de la tensión más elevada para el material.

Se distingue:

- a) Grupo A. Tensión más elevada del material mayor de 1 kV y menor o igual de 36 kV.
- b) Grupo B. Tensión más elevada del material mayor de 36 kV y menor o igual de 245 kV.
- c) Grupo C. Tensión más elevada del material mayor de 245 kV.

### 1.2.1. Niveles de aislamiento nominales para materiales del Grupo B

En el nivel de 220 kV, se considera del grupo B, en esta gama de tensiones la elección del nivel de aislamiento debe hacerse principalmente en función de las sobretensiones de tipo rayo que se puedan presentar.

La tabla siguiente especifica los niveles de aislamiento nominales asociados con los valores normalizados de la tensión más elevada para materiales del Grupo B.

TABLA 2

TENSIÓN MÁS ELEVADA PARA EL MATERIAL (Um) (kV eficaces)	TENSIÓN SOPORTADA NOMINAL A FRECUENCIA INDUSTRIAL (kV eficaces)	TENSIÓN SOPORTADA NOMINAL A LOS IMPULSOS TIPO RAYO (kV de cresta)	Distancia mínima de aislamiento en aire fase a tierra y entre fases (mm)
52	95	250	480
72,5	140	325	630
123	185 230	450 550	900 1100
145	185 230 275	450 550 650	900 1100 1300
170	230 275 325	550 650 750	1100 1300 1500
245	325 360 395 460	750 850 950 1050	1500 1700 1900 2100

Esta tabla asocia uno o más niveles de aislamiento recomendados a cada valor normalizado de la tensión más elevada para el material.

No se utilizarán tensiones de ensayo intermedias. En los casos donde se dé más de un nivel de aislamiento, el más elevado es el que conviene al material situado en redes provistas de bobina de extinción o en las que el coeficiente de falta a tierra sea superior a 1,4.

Sobre una misma red podrán coexistir varios niveles de aislamiento de acuerdo con la diferente situación de cada instalación.

### ***1.2.2. Nivel de aislamiento nominal para materiales del Grupo C***

Para el nivel de 400 kV, es considerado del grupo C, ya que en este grupo de tensiones, la elección del material a instalar es función primordial de las sobretensiones de maniobra que se esperen en la red y el nivel de aislamiento del material se caracteriza por las tensiones soportadas a los impulsos tipo maniobra y tipo rayo.

**TABLA 3**

TENSIÓN MÁS ELEVADA PARA EL MATERIAL (Um) kV (eficaces)	TENSIÓN SOPORTADA NOMINAL A IMPULSOS TIPO RAYO  1,2/50 $\mu$ s kV (valor de cresta)	TENSIÓN SOPORTADA NOMINAL A LOS IMPULSOS TIPO MANIOBRA  Fase a tierra 250/2500 $\mu$ s kV (valor de cresta)	Distancia mínima de aislamiento en aire fase a tierra (mm)		TENSIÓN SOPORTADA NOMINAL A LOS IMPULSOS TIPO MANIOBRA  Entre fases 250/2500 $\mu$ s kV (valor de cresta)	Distancia mínima de aislamiento en aire entre fases (mm)	
			Conductor/ estructura (mm) (*)	Punta/ estructura (mm) (*)		Conductor/ conductor (paralelos) (mm) (*)	Punta/ conductor (mm) (*)
420	1050	850	1900	2400	1360	2900	3400
	1175		2200				
	1175	950	2200	2900	1425	3100	3600
	1300		2400				
	1300 1425	1050	2600	3400	1575	3600	4200
(*) Las configuraciones "punta-estructura" y "punta-conductor" son las más desfavorables que normalmente puede encontrarse; las configuraciones "conductor-estructura" y "conductor-conductor (paralelos)" cubren un amplio campo de configuraciones normales y resultan menos desfavorables que las anteriores.							

Esta tabla da las combinaciones recomendadas entre las tensiones más elevadas para el material y el nivel de aislamiento.

Cuando, debido a las características de la red, o a los métodos elegidos para controlar las sobretensiones de maniobra o de rayo el empleo de combinaciones distintas a las de la tabla quede justificado técnicamente, los valores seleccionados deben tomarse de entre los



que figuran en la tabla. En una misma red pueden coexistir varios niveles de aislamiento, correspondientes a instalaciones situadas en diferentes lugares de la red o a diferentes materiales pertenecientes a una misma instalación.

### **1.3. Conclusión**

#### **1.3.1 Para el nivel de 400 kV**

- Tensión nominal: 400 kV
- Tensión más elevada: 420 kV
- Tensión a impulso maniobra: 1050 kV
- Tensión a impulso tipo rayo: 1425 kV

#### **1.3.2 Para el nivel de 220 kV**

- Tensión nominal: 220 kV
- Tensión más elevada: 245 kV
- Tensión a frecuencia industrial de baja duración: 460 kV
- Tensión a impulso tipo rayo: 1050 kV



## ***2. Cálculo de intensidades nominales de línea.***

Para el correcto diseño y ejecución de la subestación eléctrica transformadora 400/220kV, Se empezará calculando las intensidades de línea que debe soportar la instalación en condiciones nominales, para ello la siguiente formula es la fundamental para llevar acabo dicho cálculo:

$$I = \frac{S}{\sqrt{3} * U * \cos\theta}$$

Siendo que:

- P [kVA] = la potencia nominal del transformador.
- I [A] = intensidad de línea.
- U[kV] = tensión nominal de línea.
- COSθ = factor de potencia, cuyo valor es 1 para obtener la valor máximo de corriente.

### ***2.1. Intensidad nominal en el parque de 400 kV***

Como se ha mencionado anteriormente, el parque de nivel de 400 kV consta de 4 líneas de entrada: Platea, Fuentetodos, Muniesa, Morella, una línea de reserva para un futuro parque, y una línea de transformador hacia el nivel de 220 kV. El parque tiene una configuración de interruptor y medio.

#### ***2.1.1 La intensidad en la línea de entrada: platea (Lp)***

Se calcula la intensidad en esta línea de entrada de Platea, suponiendo que es capaz de aguantar la potencia de la subestación, es decir del transformador (600 MVA), de manera que si por algún motivo se produce alguna avería en el resto de las líneas de entradas, esta línea sea capaz de trabajar en modo completo.

$$I = \frac{S}{\sqrt{3} * U * \cos\theta}$$

Siendo que:

- P=600 MVA
- U=400 kV
- cosθ=1



$$I = \frac{600 \cdot 10^6}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 10^3 \cdot \cos 0}$$

$$I = 866 \text{ A}$$

### ***2.1.2 La intensidad en la línea de entrada: Morella (LM)***

La intensidad en la línea de entrada Morella, se calcula teniendo en cuenta las mismas consideraciones que la línea anterior, es decir que sea capaz de soportar el potencial de la subestación y trabajar en modo completo, en caso de avería en el resto de líneas.

Datos:

- $p=600 \text{ MVA}$
- $U=400 \text{ kV}$
- $\cos \theta = 1$

$$I = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos \theta} = \frac{600 \cdot 10^6}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 10^3 \cdot \cos 0}$$

$$I = 866 \text{ A}$$

### ***2.1.3. La intensidad en la línea de entrada: Fuentetodos (LF)***

Al igual que para las líneas anteriores de Morella y Platea, la línea de entrada de fuentetodos, ha de ser capaz de trabajar en modo completo en caso de avería. Para ello su intensidad sería de:

Datos:

- $p=600 \text{ MVA}$
- $U=400 \text{ kV}$
- $\cos \theta = 1$

$$I = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos \theta} = \frac{600 \cdot 10^6}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 10^3 \cdot \cos 0}$$

$$I = 866 \text{ A}$$





#### **2.1.4. La intensidad en la línea de entrada: Muniesa ( $L_{Mu}$ )**

La línea de Muniesa al igual que las anteriores líneas de entrada, debe soportar el potencial de la instalación de forma que podrá ser capaz de trabajar en modo completo en caso de avería en el resto de líneas de entrada.

Datos:

- $p=600$  MVA
- $U=400$  kV
- $\cos\theta = 1$

$$I = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos\theta} = \frac{600 \cdot 10^6}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 10^3 \cdot \cos 0}$$
$$I = 866 \text{ A}$$

#### **2.1.5. Embarrados principal**

Se instalará un embarrado con una configuración de un interruptor y medio, al igual que el resto de las líneas de entrada, ha de soportar el potencial del transformador. En este caso el embarrado estará compuesto por unos tubos de aluminio 6063-T6 que se verá con más detalles en el apartado 6: Cálculo de las secciones de conductores más abajo.

Datos:

- $p=600$  MVA
- $U=400$  kV
- $\cos\theta = 1$

$$I = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos\theta} = \frac{600 \cdot 10^6}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 10^3 \cdot \cos 0}$$
$$I = 866 \text{ A}$$



### ***2.1.6. Línea del transformador hacia el nivel de 220 kV***

El transformador de potencia estará alimentado por la línea que procede del parque de 400kV, cuyo diseño está hecho para soportar una intensidad nominal del transformador donde:

Datos:

- P=600 MVA
- U=400 KV
- $\cos\theta = 1$

$$I = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos\theta} = \frac{600 \cdot 10^6}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 10^3 \cdot \cos 0}$$

$$I = 866 \text{ A}$$

## ***2.2 Intensidad nominal en el parque de 220 kV***

El parque de nivel de 220 kV tiene una configuración de doble embarrado y consta de dos líneas de salida: Calamocha (Lc) y Valdeconejos (Lv), además de una línea del transformador procedente del nivel de 400 kV.

### ***2.2.1. La intensidad en la línea de salida a Calamocha: Lc***

El diseño de la línea de salida de Calamocha consiste en que la línea sea capaz de evacuar, ella sola toda la intensidad procedente de todas las líneas de entrada.

Siendo que:

- U=220 kV.
- P=600 MVA.
- $\cos\theta = 1$

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos\theta} = \frac{600 \cdot 10^6}{\sqrt{3} \cdot 220 \cdot 10^3 \cdot \cos 0}$$

$$I = 1574.6 \text{ A}$$



### **2.2.2. La intensidad en la línea de salida a Valdeconejos: LV**

Al igual que la línea de Calamocha, la línea de salida Valdeconejos, se diseñará para que sea capaz de evacuar todo el potencial de la subestación ella sola, en caso de avería de la otra línea de salida.

Siendo que:

- $U=220\text{kV}$ .
- $P=600\text{MVA}$ .
- $\cos\theta=1$

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos\theta} = \frac{600 \cdot 10^6}{\sqrt{3} \cdot 220 \cdot 10^3 \cdot \cos 0}$$

$$I = 1574.6 \text{ A}$$

### **2.2.3. Línea de salida del transformador**

El diseño de esta línea consiste en alimentar el embarrado doble del parque de nivel de 220 kV a partir del transformador, y tener suficiente capacidad para sostener la tensión y la corriente nominal que proviene de dicho transformador.

Datos:

- $P=600 \text{ MVA}$
- $U=220 \text{ kV}$
- $\cos\theta=1$

$$I = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos\theta} = \frac{600 \cdot 10^6}{\sqrt{3} \cdot 220 \cdot 10^3 \cdot \cos 0}$$

$$I = 1574.6 \text{ A}$$



### ***Embarrado doble 220 kV***

La intensidad que circula por el embarrado doble de 220 kV, se calculará considerando que dicho embarrado soportará toda la potencia del transformador, estará hecho por tubos de aluminio 6063-T6 que se verá en el apartado 6 : Cálculo de secciones de conductores, más abajo:

Siendo que:

- P=600 MVA
- U=220 KV
- $\cos\theta = 1$

$$I = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos\theta} = \frac{600 \cdot 10^6}{\sqrt{3} \cdot 220 \cdot 10^3 \cdot \cos 0}$$
$$I = 1574.6 \text{ A}$$

### **2.3. Conclusión**

Con la tabla siguiente se resumirá todo los valores de intensidad de las líneas existentes en la subestación.

NIVEL [kV]	LÍNEA	POTENCIA [kVA]	INTENSIDAD [A]
400	Platea	600	866
	Morella	600	866
	Fuentetodos	600	866
	Muniesa	600	866
	Embarrado	600	866
	Línea de trafo	600	866
200	Línea de trafo	600	1574.6
	Embarrado	600	1574.6
	Calamocha	600	1574.6
	Valdeconejos	600	1574.6



### 3. Cálculo de intensidad de cortocircuito

Un aspecto importante a considerar en el diseño y planificación del sistema eléctrico en la subestación transformadora 400/220 kV, es conocer los valores de las corrientes de cortocircuitos en varios puntos determinados de dicha instalación, ya que ante ello los equipos y /o sistemas en condiciones de falla, pueden sufrir daños severos temporales o permanentes.

También es relevante conocer el valor máximo de la corriente y su comportamiento, así es posible determinar el valor de la corriente que debe interrumpirse y el esfuerzo de los equipos al que son sometidos durante el tiempo transcurrido desde el inicio de la falla hasta que se interrumpa la circulación de la corriente.

Con los datos proporcionados por la red eléctrica de España REE, se podrá llevar a cabo el cálculo de la intensidad de cortocircuito de cada línea,

En este caso:

- Scc las líneas de 400 kV= 10000 MVA.
- Scc las líneas de 220 kV= 7000 MVA.
- X<sub>CC</sub> (400/220)=21%.

Por lo tanto la intensidad de cortocircuito en las líneas de 400 kV es:

$$I_{CC} = \frac{S_{CC}}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos \theta} = \frac{10000 \cdot 10^6}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 10^3 \cdot \cos 0} = 14,44 \text{ kA.}$$

La intensidad de cortocircuito en las líneas de 220kV es:

$$I_{CC} = \frac{S_{CC}}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos \theta} = \frac{7000 \cdot 10^6}{\sqrt{3} \cdot 220 \cdot 10^3 \cdot \cos 0} = 18,37 \text{ kA.}$$

Tanto las reactancias de línea como la de transformador se realizaran su cálculo por unidad por ello:

En las líneas de 400 KV:

$$X_{CC_{400 \text{ kV}}} = \frac{S_{base}}{S_{CC}} = \frac{10000 \cdot 10^6}{10000 \cdot 10^6} = 1 \text{ p.u}$$

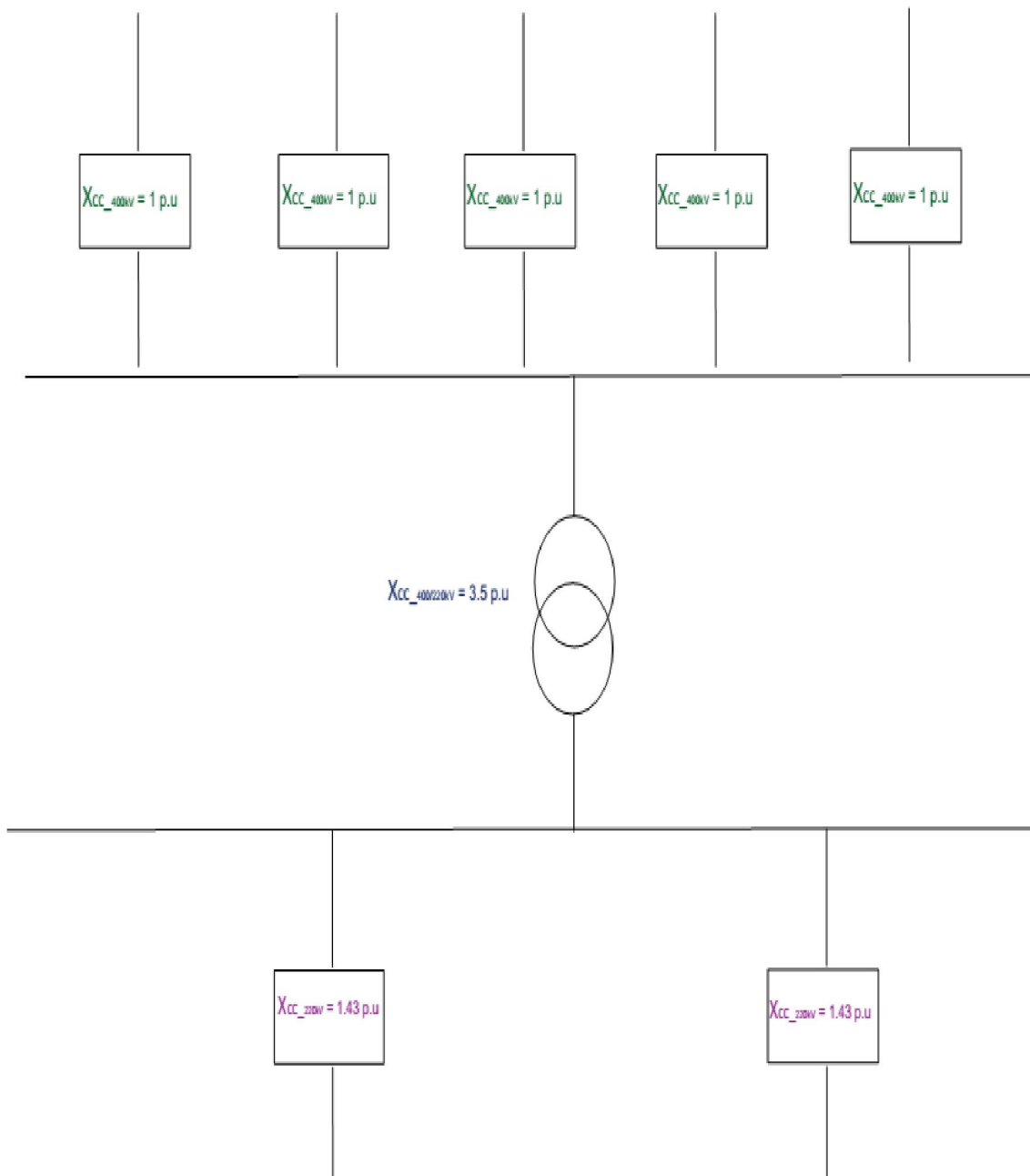
En las líneas de 220 KV:

$$X_{CC_{220 \text{ kV}}} = \frac{S_{base}}{S_{CC}} = \frac{10000 \cdot 10^6}{7000 \cdot 10^6} = 1,43 \text{ p.u}$$



En el transformador de 400/220 kV:

$$X_{CC\_400/220kV} = \frac{\% * S_{base}}{100 * S_{Trafo}} = \frac{0,21 * 10000 * 10^6}{600 * 10^6} = 3,5 \text{ p.u}$$





### 3.1. La intensidad de cortocircuito en la barra de 400 kV

El valor de la impedancia equivalente en la barra de 400 kV (interruptor y medio) se obtiene mediante las formulas de asociaciones de serie y paralelo de las impedancias, que en este caso se queda de tal forma:

$$X_{\text{equivalente}} = \frac{1}{\frac{1}{\frac{X_{400}}{4}} + \frac{1}{X_{400/220} + \frac{1}{\frac{1}{\frac{X_{220}}{2}}}}}$$

$$X_{\text{equivalente}} = \frac{1}{\frac{1}{\frac{1}{4}} + \frac{1}{3,5 + \frac{1}{\frac{1}{1,43}}}}$$

$$X_{\text{equivalente}} = 0.236 \text{ p.u}$$

Una vez hallada la impedancia equivalente en la barra de 400 kV, la potencia de cortocircuito en este caso sería:

$$S_{cc} = \frac{S_{base}}{X_{\text{equivalente}}} = \frac{10000 \cdot 10^6}{0,236} = 42372,9 \text{ MVA}$$

Por lo tanto la corriente de cortocircuito en la barra de 400 kV es:

$$I_{cc} = \frac{S_{cc}}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos \theta} = \frac{42372,9 \cdot 10^6}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 10^3 \cdot \cos 0} = 61,19 \text{ kA}$$

Se puede observar que el valor obtenido de la intensidad de cortocircuito en la barra de 400 kV es 61,16 kA, eso significa que la aparamenta a instalar en el parque de nivel de 400 kV debe ser de 63 kA.





### 3.2. La intensidad de cortocircuito en la barra de 220 kV

En el parque de 220 kV de doble barra, la intensidad de cortocircuito se obtiene del mismo modo que la anterior.

$$X_{\text{equivalente}} = \frac{1}{\frac{1}{\frac{X_{400}}{4} + X_{400/220}} + \frac{1}{\frac{X_{220}}{2}}}$$

$$X_{\text{equivalente}} = \frac{1}{\frac{1}{\frac{1}{4} + 3,5} + \frac{1}{\frac{1,43}{2}}}$$

$$X_{\text{equivalente}} = 0,6 \text{ p.u}$$

Una vez hallada la impedancia equivalente en la barra de 220 kV es la potencia de cortocircuito en este caso sería:

$$S_{cc} = \frac{S_{base}}{X_{\text{equivalente}}} = \frac{10000 \cdot 10^6}{0,6} = 16666,67 \text{ MVA}$$

Por lo tanto la corriente de cortocircuito en la barra de 400 kV es:

$$I_{cc} = \frac{S_{cc}}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos \theta} = \frac{16666,67 \cdot 10^6}{\sqrt{3} \cdot 220 \cdot 10^3 \cdot \cos 0} = 43,74 \text{ kA}$$

En el parque de 220 kV la intensidad de cortocircuito es menor que la hallada anteriormente en el parque de 400 kV, por lo tanto la aparatenta a instalar seria de 50 A.

### 3.3 Conclusión

Nivel	Corriente de cortocircuito
400 kV	14,44 kA
220 kV	18,37 kA

## 4. Autoválvulas

### 4.1. Generalidades

Las autovalvulas hacen referencia a los dispositivos destinados a absorber las sobretensiones producidas por descargas atmosféricas, por maniobras o por otras causas que, en otro caso, se descargarían sobre aisladores o perforando el aislamiento, ocasionando interrupciones en el sistema eléctrico y, en muchos casos, desperfectos en los generadores, transformadores.

De acuerdo con el reglamento de líneas elécticas **ITC-LAT06, apartado 7.2**: *Los cables deberán protegerse contra las sobretensiones peligrosas, tanto de origen interno como de origen atmosférico, cuando la importancia de la instalación, el valor de las sobretensiones y su frecuencia de ocurrencia así lo aconsejen. Para ello se utilizarán pararrayos de resistencia variable o pararrayos de óxidos metálicos, cuyas características estarán en función de las probables intensidades de corriente a tierra que puedan preverse en caso de sobretensión o se observará el cumplimiento de las reglas de coordinación de aislamiento correspondientes. Deberá cumplirse también, en lo referente a coordinación de aislamiento y puesta a tierra de los pararrayos, lo indicado en las instrucciones **MIE-RAT 12 Y MIE-RAT 13**, respectivamente, Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en centrales elécticas, subestaciones y centros de transformación, aprobado por Real Decreto 3275/1982, de 12 de noviembre. En lo referente a protecciones contra sobretensiones serán de consideración igualmente las especificaciones establecidas por las Normas UNE-EN 60071-1, UNE-EN 60071-2 y UNE-EN 60099-5.*

En función del neutro (aislado o rígidamente puesto a tierra), se calcula la tensión asignada.

La tensión asignada se puede hallar de tres formas diferentes:

$$U_r = 0,72 \cdot U_s \text{ (Norma)}$$

$$U_r = 1,25 \cdot U_c$$

$$U_r \geq U_{ov}$$

Siendo que:  $U_c = C \cdot \frac{U_s}{\sqrt{3}}$

$$U_{ov}(t) \geq K \cdot \frac{U_s}{\sqrt{3}} \cdot \left(\frac{T_t}{t}\right)^m$$



Tierra del sistema	Duración del fallo	Tensión de la red $U_m$ (kV)	Tensión nominal mínima, $U_T$ (kV)
Electiva	$\leq 1$ s	$\leq 100$	$\geq 0,8 \times U_m$
Electiva	$\leq 1$ s	$\geq 123$	$\geq 0,72 \times U_m$
Inefectiva	$\leq 10$ s	$\leq 170$	$\geq 0,91 \times U_m$ $\geq 0,93 \times U_m$ (EXLIM T)
Inefectiva	$\leq 2$ h	$\leq 170$	$\geq 1,11 \times U_m$
Inefectiva	$> 2$ h	$\leq 170$	$\geq 1,25 \times U_m$



En este caso la tensión asignada sería:  $U_r = 0,72 \cdot U_s$ .

De acuerdo la norma UNE-EN-60099, mediante el catálogo de autovalvulas de ABB, se podrá obtener en la tabla las tensiones de maniobra, residual, y rayo necesarias para diseñar una autovalvula adecuada para cada nivel de tensión.

Tensión máxima de red	Tensión nominal	Tensión de trabajo continuo máxima 1)		Capacidad de sobretensiones temporales 2)		Tensión residual máxima con onda de corriente							
		según IEC	según ANSI/IEEE			30/60 μs			8/20 μs				
						1 kA	2 kA	3 kA	5 kA	10 kA	20 kA	40 kA	
U <sub>m</sub> kV <sub>rms</sub>	U <sub>f</sub> kV <sub>rms</sub>	U <sub>c</sub> kV <sub>rms</sub>	MCOV kV <sub>rms</sub>	1 s kV <sub>rms</sub>	10 s kV <sub>rms</sub>	1 kA kV <sub>pico</sub>	2 kA kV <sub>pico</sub>	3 kA kV <sub>pico</sub>	5 kA kV <sub>pico</sub>	10 kA kV <sub>pico</sub>	20 kA kV <sub>pico</sub>	40 kA kV <sub>pico</sub>	
300	216	173	174	250	237	422	437	448	467	492	539	590	
	228	182	182	264	250	445	461	473	493	519	568	623	
	240	191	191	278	264	468	485	497	519	546	598	656	
	258	191	209	299	283	504	522	535	558	587	643	705	
	264	191	212	306	290	515	534	547	571	601	658	721	
362	258	206	209	299	283	504	522	535	558	587	643	705	
	264	211	212	306	290	515	534	547	571	601	658	721	
	276	221	221	320	303	539	558	572	597	628	688	754	
	288	230	230	334	316	562	582	597	623	656	718	787	
420	330	264	267	382	363	644	667	684	714	751	823	901	
	336	267	272	389	369	656	679	696	727	765	838	918	
	360	267	291	417	396	702	728	746	779	819	897	983	
	372	267	301	431	409	726	752	771	804	847	927	1021	
	378	267	306	438	415	737	764	783	817	860	942	1037	
	381	267	308	441	419	743	770	789	824	867	950	1045	
	390	267	315	452	429	761	788	808	843	888	972	1070	
	396	267	318	459	435	773	800	820	856	901	987	1086	
	420	267	336	487	462	819	849	870	908	956	1051	1152	
	550	396	317	318	459	435	773	800	820	856	901	987	1086
420		336	336	487	462	819	849	870	908	956	1051	1152	
444		349	353	515	488	866	897	920	960	1015	1111	1217	



## 4.2. Autoválvulas en el nivel de 400 kV

### 4.2.1. Características de la autoválvulas

El parque de nivel de 400 kV tiene un nivel de aislamiento de 1425 kV, un tiempo de corte de un segundo, la tensión más elevada es de 420 kV, con el neutro puesto a tierra rígidamente.

Es decir:

- $T_t=1$  segundo.
- $T=10$  segundos.
- $U_s=420$  kV
- $C=1,05$ .
- $UBIL=1425$  kV.

Por lo tanto

- $U_r = 0,72 * U_s = 0,72 * 420 = 302,4$  kV.
- $U_c = C \cdot \frac{U_s}{\sqrt{3}} = 1,05 * \frac{420}{\sqrt{3}} = 254,615$  kV
- $Tov(10\ s) \geq K \cdot \frac{U_s}{\sqrt{3}} \cdot \left(\frac{T_t}{t}\right)^m \geq 1,4 * \frac{420}{\sqrt{3}} \cdot \left(\frac{1}{10}\right)^{0,02}$
- $Tov(10\ s) \geq 324,2$  kV.

A partir de la tabla del catalogo de ABB, de tipo **PEXLIM P**, se elige la autoválvula cuyo valor de  $U_r$  es mayor que 302,4 kV, que sería 330 kV.

Tensión máxima de red	Tensión nominal	Tensión de trabajo continuo máxima 1)		Capacidad de sobretensiones temporales 2)		Tensión residual máxima con onda de corriente						
		según IEC	según ANSI/IEEE			30/60 μs			8/20 μs			
		U <sub>m</sub> kV <sub>rms</sub>	U <sub>r</sub> kV <sub>rms</sub>	U <sub>c</sub> kV <sub>rms</sub>	MCOV kV <sub>rms</sub>	1 s kV <sub>rms</sub>	10 s kV <sub>rms</sub>	1 kA kV <sub>pico</sub>	2 kA kV <sub>pico</sub>	3 kA kV <sub>pico</sub>	5 kA kV <sub>pico</sub>	10 kA kV <sub>pico</sub>
300	216	173	174	250	237	422	437	448	467	492	539	590
	228	182	182	264	250	445	461	473	493	519	568	623
	240	191	191	278	264	468	485	497	519	546	598	656
	258	191	209	299	283	504	522	535	558	587	643	705
	264	191	212	306	290	515	534	547	571	601	658	721
362	258	206	209	299	283	504	522	535	558	587	643	705
	264	211	212	306	290	515	534	547	571	601	658	721
	276	221	221	320	303	539	558	572	597	628	688	754
	288	230	230	334	316	562	582	597	623	656	718	787
420	330	264	267	382	363	644	667	684	714	751	823	901
	336	267	272	389	369	656	679	696	727	765	838	918
	360	267	291	417	396	702	728	746	779	819	897	983
	372	267	301	431	409	726	752	771	804	847	927	1021
	378	267	306	438	415	737	764	783	817	860	942	1037
	381	267	308	441	419	743	770	789	824	867	950	1045
	390	267	315	452	429	761	788	808	843	888	972	1070
	396	267	318	459	435	773	800	820	856	901	987	1086
	420	267	336	487	462	819	849	870	908	956	1051	1152

Se puede observar que tanto  $U_r \geq \frac{U_s}{\sqrt{3}}$  ( $330 \geq 242,48 \text{ kV}$ ), como que la tensión de trabajo continuo elegida es mayor que  $U_c$  calculada anteriormente ( $264 \geq 254,615$ ), además la capacidad de sobretensiones temporales supera la  $Tov(10 \text{ s})$  calculada teóricamente ( $363 \geq 324,2 \text{ kV}$ ), por lo tanto la autovalvula señalada en la tabla cumple las condiciones, por lo tanto sería la adecuada.

Esta autovalvula elegida tendría una tensión residual:  $U_p = 667 \text{ kV}$ , a intensidad de impulsos tipo maniobra 2 kA, y una tensión residual  $U_p = 823 \text{ kV}$ , a intensidad de impulsos tipo rayo de 20 kA.



También es importante calcular el margen de protección, que en este caso sería a impulso tipo maniobra. De acuerdo con la UNE-EN 60071 se considerarán instalaciones de gama III.

$$\text{Margen de protección a impulsos tipo maniobra} = \frac{U_{BIL}}{U_P} = \frac{1425}{667} = 2,136 \geq 2$$

→ **CUMPLE LA CONDICION**

Por último se calcula la distancia necesaria en las autovalvulas cuya fórmula es la siguiente:

$$L \leq \frac{U_{BIL} - U_P}{2 \cdot S} \cdot \gamma.$$

Siendo que:

- $\gamma = 300 \frac{m}{n.s.}$
- $S = 1200 \frac{kV}{n.s.}$

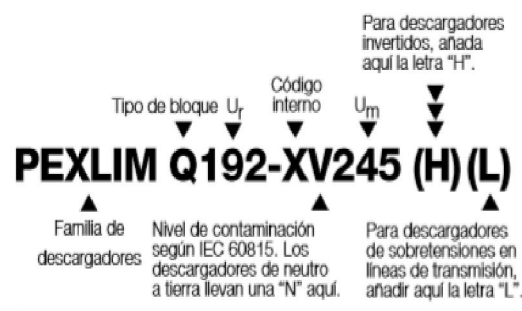
$$L \leq \frac{1425 - 667}{2 \cdot 1200} \cdot 300$$

$$L \leq 94,75 m.$$

#### 4.4.2. Denominación de la autoválvula:

para hallar el nombre exacto de la autoválvula, hay que tener en cuenta los siguiente factores:

- Familia de descargadores
- Tipo de bloque
- Nivel de contaminación







Para la **Familia de descargadores**: se trata de Descargadores de sobretensiones de óxido de zinc con aislador con revestimiento de polímero de silicona.

Para el **tipo de bloque**: es de tipo PEXLIM P.

Para el **nivel de contaminación**: Según en la tabla 14 la ITC-LAT 07 del reglamento de líneas aéreas, La subestación tiene un nivel de contaminación de nivel 3, eso significa que la de fuga debe ser como mínimo 25 mm/kV.

Por lo tanto la línea de fuga:  $25(\text{mm/kV}) \cdot 420(\text{kV}) = 10500 \text{ mm}$ .

Nivel de contaminación	Ejemplos de entornos típicos	Línea de fuga específica nominal mínima mm/kV <sup>1)</sup>
I Ligero	<ul style="list-style-type: none"><li>- Zonas sin industrias y con baja densidad de viviendas equipadas con calefacción.</li><li>- Zonas con baja densidad de industrias o viviendas, pero sometidas a viento o lluvias frecuentes.</li><li>- Zonas agrícolas<sup>2)</sup></li><li>- Zonas montañosas</li><li>- Todas estas zonas están situadas al menos de 10 km a 20 km del mar y no están expuestas a vientos directos desde el mar<sup>3)</sup></li></ul>	16,0
II Medio	<ul style="list-style-type: none"><li>- Zona con industrias que no producen humo especialmente contaminante y/o con densidad media de viviendas equipadas con calefacción.</li><li>- Zonas con elevada densidad de viviendas y/o industrias pero sujetas a vientos frecuentes y/o lluvia.</li><li>- Zonas expuestas a vientos desde el mar, pero no muy próximas a la costa (al menos distantes bastantes kilómetros)<sup>3)</sup>.</li></ul>	20,0
III Fuerte	<ul style="list-style-type: none"><li>- Zonas con elevada densidad de industrias y suburbios de grandes ciudades con elevada densidad de calefacción generando contaminación.</li><li>- Zonas cercanas al mar o en cualquier caso, expuestas a vientos relativamente fuertes provenientes del mar<sup>3)</sup>.</li></ul>	25,0
IV Muy fuerte	<ul style="list-style-type: none"><li>- Zonas, generalmente de extensión moderada, sometidas a polvos conductores y a humo industrial que produce depósitos conductores particularmente espesos.</li><li>- 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.</li><li>- Zonas desérticas, caracterizadas por no tener lluvia durante largos periodos, expuestas a fuertes vientos que transportan arena y sal, y sometidas a condensación regular.</li></ul>	31,0

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

Según los datos de revestimientos del catalogo de ABB, Se escoge de revestimiento de XH245 debido a que la distancia de fuga del catalogo es mayor que la línea de fuga calculada anteriormente ( $10875 \geq 10500 \text{ mm}$ ).

Tensión máxima de red	Tensión nominal	Revesti- miento	Distan- cia de fuga	Aislamiento externo *)				Dimensiones					
				1,2/50 $\mu$ s seco	50 Hz húmedo (60s)	60 Hz húmedo (10s)	250/2.500 $\mu$ s húmedo	Masa	A <sub>máx.</sub>	B	C	D	Fig.
U <sub>m</sub> kV <sub>rms</sub>	U <sub>r</sub> kV <sub>rms</sub>		mm	kV <sub>pico</sub>	kV <sub>rms</sub>	kV <sub>rms</sub>	kV <sub>pico</sub>	kg					
24	18-24	XV024	1363	283	126	126	242	18	481	-	-	-	1
36	30-36	XV036	1363	283	126	126	242	18	481	-	-	-	1
	39	XV036	2270	400	187	187	330	29	736	-	-	-	1
52	42-72	XV052	2270	400	187	187	330	29	736	-	-	-	1
72	54-72	XV072	2270	400	187	187	330	28	736	-	-	-	1
	75-84	XV072	3625	578	293	293	462	43	1080	-	-	-	1
100	75-96	XV100	3625	578	293	293	462	43	1080	-	-	-	1
123	90-120	XH123	3625	578	293	293	462	42	1080	-	-	-	1
	90-144	XV123	4540	800	374	374	660	53	1397	-	-	-	2
	150	XV123	4988	861	419	419	704	54	1486	-	-	-	2
145	108-120	XH145	3625	578	293	293	462	41	1080	-	-	-	1
	108-144	XV145	4540	800	374	374	660	52	1397	-	-	-	2
	150	XV145	4988	861	419	419	704	54	1486	-	-	-	2
	162-168	XV145	5895	978	480	480	792	65	1741	-	-	-	2
170	132-144	XH170	4540	800	374	374	660	52	1417	400	-	160	3
	150	XH170	4988	861	419	419	704	56	1506	400	-	160	3
	132-192	XV170	5895	978	480	480	792	69	1761	400	-	160	3
245	192	XM245	5895	978	480	480	792	65	1761	400	-	160	3
	180-228	XH245	7250	1156	586	586	924	82	2105	400	-	160	3
	180-198	XV245	8613	1439	712	712	1166	100	2617	800	600	400	5
	210-228	XV245	8613	1439	712	712	1166	97	2617	600	-	300	4
300	216-264	XH300	8613	1439	712	712	1166	101	2617	900	600	500	5
	276	XH300	8613	1439	712	712	1166	97	2617	900	600	500	6
	216-276	XV300	9520	1556	773	773	1254	109	2872	900	600	500	5
362	258-288	XH362	9520	1556	773	773	1254	117	2872	1200	800	600	5
	258-288	XV362	11790	1956	960	960	1584	146	3533	1400	800	700	7
420	330-360	XH420	10875	1734	879	879	1386	130	3216	1400	800	700	5

#### 4.4.3. Conclusión:

Para el parque de nivel 400 kV se escogerá una autoválvulas del catálogo de ABB para autoválvulas de óxido de cinc **EXLIM P330-XH420**, ya que cumple todas las condiciones y los requisitos necesarios para un funcionamiento correcto.





### 4.3. Autoválvulas en el nivel de 220 kV

#### 4.3.1. Características de la autoválvula

Para el parque de nivel 220 kV el proceso para seleccionar las autoválvulas sería el mismo que en el parque de 400 kV, siendo que el neutro está rígidamente puesto a tierra, tiene un nivel de aislamiento de 1050 kV, una tensión más elevada a soportar de 245 kV y un tiempo de corte de 1 segundo.

Es decir:

- $T_t = 1$  segundo.
- $T = 10$  segundos.
- $U_s = 245$  kV
- $C = 1,05$ .
- $U_{BIL} = 1050$  kV.

Por lo tanto

- $U_r = 0,72 * U_s = 0,72 * 245 = 176,4$  kV.
- $U_c = C \cdot \frac{U_s}{\sqrt{3}} = 1,05 * \frac{245}{\sqrt{3}} = 148,53$  kV
- $\text{TOV}(10\text{ s}) \geq K \cdot \frac{U_s}{\sqrt{3}} \cdot \left(\frac{T_t}{t}\right)^m \geq 1,4 * \frac{245}{\sqrt{3}} * \left(\frac{1}{10}\right)^{0,02}$
- $\text{TOV}(10\text{ s}) \geq 189,12$  kV.

Con la tabla siguiente del catálogo de ABB de tipo **PEXLIM P** se elige la autoválvula cuyo valor de  $U_r$  es superior a los 176,4 kV, que en este caso es 192 kV.



Tensión máxima de red	Ten-sión nominal	Tensión de trabajo continuo máxima 1)		Capacidad de sobretensiones temporales 2)		Tensión residual máxima con onda de corriente							
		U <sub>C</sub>	MCOV	1 s	10 s	1 kA	2 kA	3 kA	5 kA	10 kA	20 kA	40 kA	
U <sub>m</sub> kV <sub>rms</sub>	U <sub>r</sub> kV <sub>rms</sub>	kV <sub>rms</sub>	kV <sub>rms</sub>	kV <sub>rms</sub>	kV <sub>rms</sub>	kV <sub>pico</sub>	kV <sub>pico</sub>	kV <sub>pico</sub>	kV <sub>pico</sub>	kV <sub>pico</sub>	kV <sub>pico</sub>	kV <sub>pico</sub>	
36 <sup>3</sup>	30	24.0	24.4	34.8	33.0	58.5	60.7	62.2	64.9	68.3	74.8	81.9	
	33	26.4	26.7	38.2	36.3	64.4	66.7	68.4	71.4	75.1	82.3	90.1	
	36	28.8	29.0	41.7	39.6	70.2	72.8	74.6	77.9	81.9	89.7	98.3	
	39	31.2	31.5	45.2	42.9	76.1	78.8	80.8	84.3	88.8	97.2	107	
52	42	34	34.0	48.7	46.2	81.9	84.9	87.0	90.8	95.6	105	115	
	48	38	39.0	55.6	52.8	93.6	97.0	99.4	104	110	120	132	
	54	43	43.0	62.6	59.4	106	110	112	117	123	135	148	
	60	48	48.0	69.6	66.0	117	122	125	130	137	150	164	
72	54	43	43.0	62.6	59.4	106	110	112	117	123	135	148	
	60	48	48.0	69.6	66.0	117	122	125	130	137	150	164	
	66	53	53.4	76.5	72.6	129	134	137	143	151	165	181	
	72	58	58.0	83.5	79.2	141	146	150	156	164	180	197	
	75	60	60.7	87.0	82.5	147	152	156	163	171	187	205	
	78	62	63.1	90.4	85.8	153	158	162	169	178	195	213	
	84	67	68.0	97.4	92.4	164	170	174	182	192	210	230	
	84	67	68.0	97.4	92.4	164	170	174	182	192	210	230	
100	90	72	72.0	104	99.0	176	182	187	195	205	225	246	
	96	77	77.0	111	105	188	194	199	208	219	240	263	
	96	77	77.0	111	105	188	194	199	208	219	240	263	
123	90	72	72.0	104	99.0	176	182	187	195	205	225	246	
	96	77	77.0	111	105	188	194	199	208	219	240	263	
	108	78	84.0	125	118	211	219	224	234	246	270	295	
	120	78	98.0	139	132	234	243	249	260	273	299	328	
	132	78	106	153	145	258	267	274	286	301	329	361	
	138	78	111	160	151	270	279	286	299	314	344	377	
145	108	86	86.0	125	118	211	219	224	234	246	270	295	
	120	92	98.0	139	132	234	243	249	260	273	299	328	
	132	92	106	153	145	258	267	274	286	301	329	361	
	138	92	111	160	151	270	279	286	299	314	344	377	
	144	92	115	167	158	281	291	299	312	328	359	394	
170	132	106	106	153	145	258	267	274	286	301	329	361	
	144	108	115	167	158	281	291	299	312	328	359	394	
	150	108	121	174	165	293	304	311	325	342	374	410	
	162	108	131	187	178	316	328	336	351	369	404	443	
	168	108	131	194	184	328	340	348	364	383	419	459	
	180	144	144	208	198	351	364	373	390	410	449	492	
245	192	154	154	222	211	375	388	398	415	437	479	525	
	198	156	160	229	217	387	400	410	428	451	494	541	
	210	156	170	243	231	410	425	435	454	478	524	574	
	216	156	174	250	237	422	437	448	467	492	539	590	
	219	156	177	254	240	427	443	454	474	499	546	598	
	228	156	180	264	250	445	461	473	493	519	568	623	
	228	156	180	264	250	445	461	473	493	519	568	623	
	228	156	180	264	250	445	461	473	493	519	568	623	

Aunque la tensión asignada de 180 kV cumple la condición de  $U_r \geq \frac{U_s}{\sqrt{3}}$  ( $180 \geq 141,45 \text{ kV}$ ) se ha adoptado en escoger 192kV, debido a que la tensión del trabajo continuo elegida era menor que  $U_c$  calculada anteriormente ( $144 \geq 148,53$ ), NO CUMPLE LA CONDICION.

Por lo tanto escogiendo la  $U_r=192 \text{ kV}$ , se cumple todas la condiciones de funcionamiento tanto la tensión del trabajo ( $154 \geq 148,53$ ), como la capacidad de sobretensiones temporales supera la  $Tov(10 \text{ s})$  calculada teóricamente ( $211 \geq 189,12 \text{ kV}$ ).



Con los datos de la autoválvula elegida, La tensión residual sería de 388 kV, a intensidad de impulsos tipo maniobra 2 kA, y una tensión residual  $U_p = 437$  kV, a intensidad de impulsos tipo rayo de 10 kA.

También es importante calcular el margen de protección, que en este caso sería a impulso tipo rayo de acuerdo con la UNE-EN 60071 se considerarían instalaciones de gama II, y que cumpla la condición ( $\geq 1,2$ ).

$$\text{Margen de protección a impulsos tipo rayo} = \frac{U_{BIL}}{U_p} = \frac{1050}{437} = 2,402 \geq 1,2$$

$\rightarrow$  **CUMPLE LA CONDICION**

Por último se calcula la distancia necesaria en las autovalvulas cuya fórmula es la siguiente:

$$L \leq \frac{U_{BIL} - U_p}{2 \cdot S} \cdot \gamma$$

Siendo que:

$$\begin{aligned} \gamma &= 300 \frac{m}{n.s} \\ S &= 1200 \frac{kV}{n.s} \end{aligned}$$

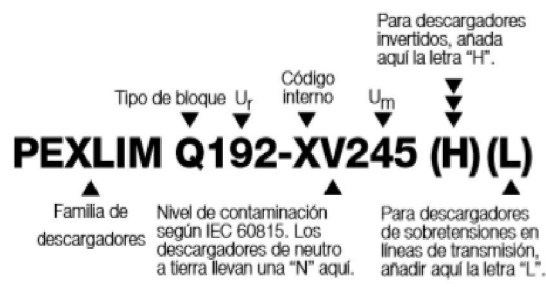
$$L \leq \frac{1050 - 437}{2 \cdot 1200} \cdot 300$$

$$L \leq 76,625m.$$

#### 4.3.2. Denominación de la autoválvula:

Para hallar el nombre exacto de la autoválvula, hay que tener en cuenta los siguientes factores:

- Familia de descargadores
- Tipo de bloque
- Nivel de contaminación





Para la **Familia de descargadores**: se trata de descargadores de sobretensiones de óxido de zinc con aislador con revestimiento de polímero de silicona.

Para el **tipo de bloque**: es de tipo PEXLIM P.

Para el **nivel de contaminación**: Según en la tabla 14 la ITC-LAT 07 del reglamento de líneas aéreas, La subestación tiene un nivel de contaminación de nivel 3, eso significa que la de fuga debe ser como mínimo 25 mm/kV.

Nivel de contaminación	Ejemplos de entornos típicos	Línea de fuga específica nominal mínima mm/kV <sup>1)</sup>
I Ligero	<ul style="list-style-type: none"><li>- Zonas sin industrias y con baja densidad de viviendas equipadas con calefacción.</li><li>- Zonas con baja densidad de industrias o viviendas, pero sometidas a viento o lluvias frecuentes.</li><li>- Zonas agrícolas <sup>2</sup></li><li>- Zonas montañosas</li><li>- Todas estas zonas están situadas al menos de 10 km a 20 km del mar y no están expuestas a vientos directos desde el mar <sup>3</sup></li></ul>	16,0
II Medio	<ul style="list-style-type: none"><li>- Zona con industrias que no producen humo especialmente contaminante y/o con densidad media de viviendas equipadas con calefacción.</li><li>- Zonas con elevada densidad de viviendas y/o industrias pero sujetas a vientos frecuentes y/o lluvia.</li><li>- Zonas expuestas a vientos desde el mar, pero no muy próximas a la costa (al menos distantes bastantes kilómetros) <sup>3</sup>.</li></ul>	20,0
III Fuerte	<ul style="list-style-type: none"><li>- Zonas con elevada densidad de industrias y suburbios de grandes ciudades con elevada densidad de calefacción generando contaminación.</li><li>- Zonas cercanas al mar o en cualquier caso, expuestas a vientos relativamente fuertes provenientes del mar <sup>3</sup>).</li></ul>	25,0
IV Muy fuerte	<ul style="list-style-type: none"><li>- Zonas, generalmente de extensión moderada, sometidas a polvos conductores y a humo industrial que produce depósitos conductores particularmente espesos.</li><li>- 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.</li><li>- Zonas desérticas, caracterizadas por no tener lluvia durante largos periodos, expuestas a fuertes vientos que transportan arena y sal, y sometidas a condensación regular.</li></ul>	31,0

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

Por lo tanto la línea de fuga:  $25(\text{mm/kV}) \cdot 245(\text{kV}) = 6125 \text{ mm}$ .

Según los datos de revestimientos del catálogo de ABB, Se escoge de revestimiento de XH245 ya que cumple con la condición de que la distancia de fuga del catalogo es mayor que la línea de fuga calculada anteriormente ( $7250 \geq 6125 \text{ mm}$ ).

Tensión máxima de red	Tensión nominal	Revesti- miento	Distan- cia de fuga	Aislamiento externo *)				Dimensiones					
				1,2/50 $\mu$ s seco	50 Hz húmedo (60s)	60 Hz húmedo (10s)	250/2.500 $\mu$ s húmedo	Masa	A <sub>máx.</sub>	B	C	D	Fig.
U <sub>m</sub> kV <sub>rms</sub>	U <sub>r</sub> kV <sub>rms</sub>		mm	kV <sub>pico</sub>	kV <sub>rms</sub>	kV <sub>rms</sub>	kV <sub>pico</sub>	kg					
24	18-24	XV024	1363	283	126	126	242	18	481	-	-	-	1
36	30-36	XV036	1363	283	126	126	242	18	481	-	-	-	1
	39	XV036	2270	400	187	187	330	29	736	-	-	-	1
52	42-72	XV052	2270	400	187	187	330	29	736	-	-	-	1
72	54-72	XV072	2270	400	187	187	330	28	736	-	-	-	1
	75-84	XV072	3625	578	293	293	462	43	1080	-	-	-	1
100	75-96	XV100	3625	578	293	293	462	43	1080	-	-	-	1
123	90-120	XH123	3625	578	293	293	462	42	1080	-	-	-	1
	90-144	XV123	4540	800	374	374	660	53	1397	-	-	-	2
	150	XV123	4988	861	419	419	704	54	1486	-	-	-	2
145	108-120	XH145	3625	578	293	293	462	41	1080	-	-	-	1
	108-144	XV145	4540	800	374	374	660	52	1397	-	-	-	2
	150	XV145	4988	861	419	419	704	54	1486	-	-	-	2
	162-168	XV145	5895	978	480	480	792	65	1741	-	-	-	2
170	132-144	XH170	4540	800	374	374	660	52	1417	400	-	160	3
	150	XH170	4988	861	419	419	704	56	1506	400	-	160	3
	132-192	XV170	5895	978	480	480	792	69	1761	400	-	160	3
245	192	XM245	5895	978	480	480	792	65	1761	400	-	160	3
	180-228	XH245	7250	1156	586	586	924	82	2105	400	-	160	3
	180-198	XV245	8613	1439	712	712	1166	100	2617	800	600	400	5
	210-228	XV245	8613	1439	712	712	1166	97	2617	600	-	300	4
300	216-264	XH300	8613	1439	712	712	1166	101	2617	900	600	500	5
	276	XH300	8613	1439	712	712	1166	97	2617	900	600	500	6
	216-276	XV300	9520	1556	773	773	1254	109	2872	900	600	500	5
362	258-288	XH362	9520	1556	773	773	1254	117	2872	1200	800	600	5
	258-288	XV362	11790	1956	960	960	1584	146	3533	1400	800	700	7
420	330-360	XH420	10875	1734	879	879	1386	130	3216	1400	800	700	5

#### 4.3.3. Conclusión

Para el parque de nivel 220 kV se escogerá una autoválvula del catálogo de ABB para autoválvulas de óxido de cinc **EXLIM P198-XH245**, ya que cumple todas las condiciones y los requisitos necesarios.



### ***4.3 Conclusión***

En la siguiente tabla se resumirá para cada nivel de tensión de la subestación transformadora el tipo de autoválvula escogida.

NIVEL [kV]	AUTOVALVULA
400	EXLIM P330-XH420
220	EXLIM P198-XH245



## **5. Aisladores**

### **5.1. Generalidades**

Según el reglamento de líneas eléctricas de alta tensión ITC-LAT07, apartado 2.3: *Los aisladores normalmente comprenden cadenas de unidades de aisladores del tipo caperuza y vástago o del tipo bastón, y aisladores rígidos de columna o peana. Pueden ser fabricados usando materiales cerámicos (porcelana), vidrio, aislamiento compuesto de goma de silicona, poliméricos u otro material de características adecuadas a su función. Se pueden utilizar combinaciones de estos aisladores sobre algunas líneas aéreas. Los aisladores deben ser diseñados, seleccionados y ensayados para que cumplan los requisitos eléctricos y mecánicos determinados en los parámetros de diseño de las líneas aéreas.*

*Los aisladores deben resistir la influencia de todas las condiciones climáticas, incluyendo las radiaciones solares. Deben resistir la polución atmosférica y ser capaces de funcionar satisfactoriamente cuando estén sujetos a las condiciones de polución.*

### **5.2. Proceso de selección de los aisladores**

El proceso de la selección de los aisladores se reduce en determinar el número de elementos que deben construir las cadenas de aisladores y la distancia mínima de descargas de la cadena, para ello hay que seguir los siguientes pasos:

1. Elegir el nivel de contaminación acorde con la zona según la norma UNE EN 60071-2
2. Hallar la Línea de fuga específica mínima fase-tierra acorde con el nivel de contaminación,  $L_{fmin}$
3. Hallar la línea de fuga total fase-tierra de la cadena de aisladores que es el resultado del producto entre la tensión más elevada y la longitud de línea de fuga específica:

$$L_f = U_s * L_{fmin}.$$

4. Elegir el tipo de aisladores en función de las características mecánicas y geométricas.
5. Obtener el número de aisladores que componen la cadena. y deben ser (numere entero), con la siguiente fórmula:

$$N_a = \text{parte entera } (L_f / L_a) + 1.$$



6. Comprobar con los datos del fabricante que tanto el número de elementos obtenidos que las tensiones soportadas para los tipos de sobretensiones son iguales o superiores al nivel de aislamientos requerido por el RLAT-LAT07 (Tabla 18/19), de lo contrario será necesario aumentar el número de aisladores.
7. Hallar la longitud de cadena es resultado del producto de numero de elementos  $N_a$  por el paso  $P_a$ :

$$L_c = N_a * P_a.$$

8. Hallar el valor mínimo de la distancia de descarga de la cadena de aisladores  $a_{som}$ , que es la distancia más corta en línea recta entre la parte de tensión y la parte puesta a tierra.

$$a_{som} = D_a + L_c$$

Siendo:  $D_a$  el diámetro extremo máximo de la campana del aislador.





### 5.3. Aisladores para el nivel 400 kV

Según la tabla 14 la ITC-LAT 07 del reglamento de líneas aéreas, la zona en el que se encuentra la subestación tiene un nivel de contaminación de 3 (fuerte), cuya línea de fuga específica nominal es 25 mm/kV.

Nivel de contaminación	Ejemplos de entornos típicos	Línea de fuga específica nominal mínima mm/kV <sup>1)</sup>
I Ligero	<ul style="list-style-type: none"><li>- Zonas sin industrias y con baja densidad de viviendas equipadas con calefacción.</li><li>- Zonas con baja densidad de industrias o viviendas, pero sometidas a viento o lluvias frecuentes.</li><li>- Zonas agrícolas<sup>2)</sup></li><li>- Zonas montañosas</li><li>- Todas estas zonas están situadas al menos de 10 km a 20 km del mar y no están expuestas a vientos directos desde el mar<sup>3)</sup></li></ul>	16,0
II Medio	<ul style="list-style-type: none"><li>- Zona con industrias que no producen humo especialmente contaminante y/o con densidad media de viviendas equipadas con calefacción.</li><li>- Zonas con elevada densidad de viviendas y/o industrias pero sujetas a vientos frecuentes y/o lluvia.</li><li>- Zonas expuestas a vientos desde el mar, pero no muy próximas a la costa (al menos distantes bastantes kilómetros)<sup>3)</sup>.</li></ul>	20,0
III Fuerte	<ul style="list-style-type: none"><li>- Zonas con elevada densidad de industrias y suburbios de grandes ciudades con elevada densidad de calefacción generando contaminación.</li><li>- Zonas cercanas al mar o en cualquier caso, expuestas a vientos relativamente fuertes provenientes del mar<sup>3)</sup>.</li></ul>	25,0
IV Muy fuerte	<ul style="list-style-type: none"><li>- Zonas, generalmente de extensión moderada, sometidas a polvos conductores y a humo industrial que produce depósitos conductores particularmente espesos.</li><li>- 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.</li><li>- Zonas desérticas, caracterizadas por no tener lluvia durante largos periodos, expuestas a fuertes vientos que transportan arena y sal, y sometidas a condensación regular.</li></ul>	31,0

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

Por lo tanto, la línea de fuga total fase-tierra de la cadena de aisladores es de 10500mm.

$$L_f = U_s * L_{fmin}.$$

$$L_f = 25(\text{mm/kV}) * 420(\text{kV})$$

$$L_f = 10500 \text{ mm}.$$

Se procede a utilizar los aisladores de Verescence La Granja, tipo E-160-146 (U160 BS) ya que su mayor línea de fuga permite reducir los efectos de la contaminación sin aumentar la longitud de la cadena.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

Norma IEC

Aisladores estándar

Carga mínima de rotura mecánica

KN

100

120

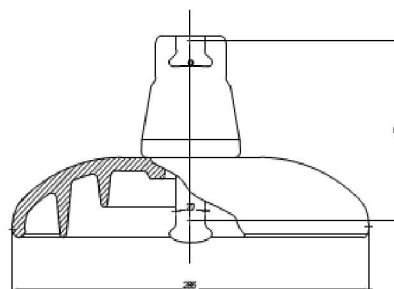
160



Carga rotura mecánica (KN)		100		120	160	
Modelo catálogo		E-100-127	E-100-146	E120-146	E-160-146	E-160-170
Clase IEC-305		U100BS	U100BL	U120B	U160BS	U160BL
Datos Dimensionales	Paso (P) mm.	127	146	146	146	170
	Diámetro (D) mm.	255	255	255	280	280
	Línea de fuga mm.	315	315	315	380	380
	Unión normalizada IEC 120	16A	16A	16A	20	20
Valores eléctricos	Tensión soportada a frecuencia industrial en seco (KV)	70	70	70	75	75
	bajo lluvia (KV)	40	40	40	45	45
	Tensión soportada a impulso de choque en seco (KV)	100	100	100	110	110
	Tensión de perforación en aceite (KV)	130	130	130	130	130
Información de embalaje	Peso neto aproximado por unidad (Kg.)	3,75	3,75	3,8	3,4	3,4
	embalaje nº de un/caja madera	6	6	6	6	6

El modelo E-160-146 (U160BS) tiene las siguientes características:

- Materia: vidrio templado
- Peso neto aproximado 3,4 kg
- Línea de fuga 380 mm
- Pasó 146 mm
- Tensión de perforación en aceite 130 kV
- Carga de rotura electromecánica 160 KN





Una vez hallado el modelo de aisladores se procede a calcular el número de aisladores que componen la cadena.

$$Na = \text{parte entera } (L_f / L_a) + 1.$$

$$Na = \frac{10500}{380} + 1$$

$$Na = 29 \text{ aisladores.}$$

Acto seguido se calcula la longitud de cadena:

$$L_c = Na * Pa.$$

$$L_c = 29 * 146$$

$$L_c = 4234 \text{ mm}$$

$$L_c = 4,234 \text{ m.}$$

Ahora toca comprobar los resultados obtenidos, para ello se utilizara la tabla 13 la ITC-LAT 07 para hallar la tensión mínima soportada a los impulsos de rayo , acto seguido con las TABLAS DE CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS DE LAS CADENAS DE CONFORMIDAD CON LAS NORMAS CEI 383 Y BS 137 del catálogo de Verescence La Granja.

**Tabla 13. Niveles de aislamiento normalizados para la gama II  
( $U_m > 245 \text{ kV}$ )**

Tensión más elevada para el material $U_m$ kV (valor eficaz)	Tensión soportada normalizada a los impulsos tipo maniobra			Tensión soportada normalizada a los impulsos tipo rayo (NOTA 2) KV (valor de cresta)
	Aislamiento longitudinal (nota 1) KV (valor de cresta)	Fase-tierra KV (valor de cresta)	Entre fases (relación al valor de cresta fase-tierra)	
420	850	850	1,60	1 050 1 175
	950	950	1,50	1 175 1 300
	950	1 050	1,50	1 300 1 425

Nota 1: Valor de la componente de impulso del ensayo combinado aplicable mientras que la componente de frecuencia industrial en el borne opuesto alcanza el valor  $U_m \sqrt{2}/\sqrt{3}$ .

Nota 2: Para los ensayos del aislamiento longitudinal con impulsos tipo rayo sígase lo indicado en la UNE-EN 60071-1.



MODELOS PARA ATMÓSFERAS CONTAMINADAS TENSIONES SOPORTADAS							CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS DE LAS CADENAS DE CONFORMIDAD CON LAS NORMAS CEI 383 Y BS 137 PARTE 1					
kV												
ØxP: 255 x 127 mm							ØxP: 255 x 146 mm					
Nº	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
1	80	45	110	80	45	110	85	50	125	90	55	140
2	120	65	200	130	75	235	130	75	235	135	85	270
3	165	90	275	180	100	320	180	100	320	190	110	370
4	205	115	340	225	130	390	225	130	390	240	145	450
5	245	140	405	270	155	465	270	155	465	290	175	540
6	285	165	470	315	185	545	315	185	545	335	205	625
7	325	195	540	360	215	620	360	215	620	380	240	710
8	365	220	605	405	245	695	405	245	695	430	275	800
9	400	240	675	450	270	775	450	270	775	475	305	890
10	440	260	740	490	290	855	490	290	855	520	335	980
11	475	285	815	530	320	935	530	320	935	565	360	1070
12	510	305	880	570	340	1015	570	340	1015	610	385	1170
13	545	320	955	610	365	1100	610	365	1100	655	410	1280
14	580	345	1025	650	390	1180	650	390	1180	695	440	1355
15	615	365	1090	690	410	1260	690	410	1260	740	465	1450
16	650	380	1165	725	430	1340	725	430	1340	785	490	1540
17	685	405	1240	765	450	1425	765	450	1425	830	515	1640
18	715	425	1305	800	480	1500	800	480	1500	875	540	1730
19	750	445	1370	840	500	1580	840	500	1580	920	565	1810
20	780	460	1440	875	520	1655	875	520	1655	965	590	1900
21	815	480	1505	915	540	1730	915	540	1730	1005	610	1990
22	850	500	1575	950	565	1810	950	565	1810	1050	640	2080
23	880	520	1640	985	585	1885	985	585	1885	1095	660	2160
24	915	540	1705	1025	610	1950	1025	610	1950	1140	690	2245
25	945	555	1770	1060	630	2025	1060	630	2025	1180	710	2325
26	975	575	1840	1100	650	2095	1100	650	2095	1225	740	2410
27	1010	595	1910	1135	670	2170	1135	670	2170	1270	760	2490
28	1040	612	1970	1170	695	2240	1170	695	2240	1310	780	2575
29	1070	625	2035	1205	710	2305	1205	710	2305	1355	805	2650
30	1100	645	2100	1240	730	2385	1240	730	2385	1395	830	2720

A: Tensión soportada a frecuencia industrial en seco      B: Tensión soportada a frecuencia industrial bajo lluvia      C: Tensión soportada al impulso tipo rayo 1,2/50



CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS DE LAS CADENAS DE CONFORMIDAD CON LA IEC 60383												
MODELOS ESPECIALES -TENSIONES SOPORTADAS KV												
	ØxP: 255 x 127 mm  E-70P-127; E-100P-127			ØxP: 255 x 146 mm  E-70P-146; E-100P-146; E-120P-146			ØxP: 280 x 146 mm  E-100PP-146; E-120PP-146			ØxP: 320 x 170 mm  E-160P-170; E-210P-170		
N	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
1	80	45	110	80	45	110	85	50	125	90	55	140
2	120	65	200	130	75	235	130	75	235	135	85	270
3	165	90	275	180	100	320	180	100	320	190	110	370
4	205	115	340	225	130	390	225	130	390	240	145	450
5	245	140	405	270	155	465	270	155	465	290	175	540
6	285	165	470	315	185	545	315	185	545	335	205	625
7	325	195	540	360	215	620	360	215	620	380	240	710
8	365	220	605	405	245	695	405	245	695	430	275	800
9	400	240	675	450	270	775	450	270	775	475	305	890
10	440	260	740	490	290	855	490	290	855	520	335	980
11	475	285	815	530	320	935	530	320	935	565	360	1070
12	510	305	880	570	340	1015	570	340	1015	610	385	1170
13	545	320	955	610	365	1100	610	365	1100	655	410	1260
14	580	345	1025	650	390	1180	650	390	1180	695	440	1355
15	615	365	1090	690	410	1260	690	410	1260	740	465	1450
16	650	380	1165	725	430	1340	725	430	1340	785	490	1540
17	685	405	1240	765	450	1425	765	450	1425	830	515	1640
18	715	425	1305	800	480	1500	800	480	1500	875	540	1730
19	750	445	1370	840	500	1580	840	500	1580	920	565	1810
20	780	460	1440	875	520	1655	875	520	1655	965	590	1900
21	815	480	1505	915	540	1730	915	540	1730	1005	610	1990
22	850	500	1575	950	565	1810	950	565	1810	1050	640	2080
23	880	520	1640	985	585	1885	985	585	1885	1095	660	2160
24	915	540	1705	1025	610	1950	1025	610	1950	1140	690	2245
25	945	555	1770	1060	630	2025	1060	630	2025	1180	710	2325
26	975	575	1840	1100	650	2095	1100	650	2095	1225	740	2410
27	1010	595	1910	1135	670	2170	1135	670	2170	1270	760	2490
28	1040	612	1970	1170	695	2240	1170	695	2240	1310	780	2575
29	1070	625	2035	1205	710	2305	1205	710	2305	1355	805	2650
30	1100	645	2100	1240	730	2365	1240	730	2365	1395	830	2720

A: Tensión soportada a frecuencia industrial en seco  
B: Tensión soportada a frecuencia industrial bajo lluvia  
C: Tensión soportada al impulso tipo rayo 1,2/50



Se puede comprobar que el modelo de aisladores escogido cumple con las condiciones de aislamientos requeridas.

Por lo tanto el modelo de E-160P-146 (U160BS) tiene las siguientes tensiones de aislamiento:

- Tensión soportada de aislamiento a los impulsos tipo rayo: 1425 kV
- Tensión soportada de aislamiento a frecuencias industriales (50 Hz): 950 kV.
- Tensión soportada de aislamiento a los impulsos tipo rayo 1,2/50: 2650 kV.
- Tensión soportada de aislamiento a frecuencias industriales en seco: 1355kV

La distancia de descarga de la cadena de aisladores asom se calcula mediante:

$$a_{som} = D_a + L_c$$

Siendo que:

- $L_c = 4,234 \text{ m}$
- $D_a = 0,28 \text{ m}$  (diámetro extremo máximo de la campana del aislador)

$$a_{som} = 4,234 + 0,28 \text{ m}$$

$$a_{som} = 4,514 \text{ m.}$$

Tipo Type	Carga rotura U.T.S. Charge de rupture KN	Dimensiones Dimensions mm		Línea de fuga Creepage distance Ligne de fuite mm	Norma de acoplamiento Standard coupling Norme d'assemblage CEI 60 120	Peso Weight Poids Kg
IEC 60305/95		Paso A	D			
U 40 B	40	110	175	185	11	1,7
U 70 BS/BL	70	127,146	255	303	16	3,4
U 120 B	120	127,146	255	320	16	3,9
U 160 BL	160	146,170	280	370	20	6,2
U 210 B	210	170	300	370	20	7,1
U 300 B	300	195	320	385	24	10,0
U 400 B	400	205	390	475	28	15,4



Tabla 15 la ITC-LAT 07 del reglamento de líneas aéreas

Tensión más elevada de la red $U_s$ (kV)	$D_{el}$ (m)	$D_{pp}$ (m)
3,6	0,08	0,10
7,2	0,09	0,10
12	0,12	0,15
17,5	0,16	0,20
24	0,22	0,25
30	0,27	0,33
36	0,35	0,40
52	0,60	0,70
72,5	0,70	0,80
123	1,00	1,15
145	1,20	1,40
170	1,30	1,50
245	1,70	2,00
420	2,80	3,20

Según el reglamento de líneas eléctricas La probabilidad de descarga a través de la mínima distancia interna,  $asom$ , debe ser siempre mayor que la descarga a través de algún objeto externo o persona. Así, para cadenas de aisladores muy largas, el riesgo de descarga debe ser mayor sobre la distancia interna  $asom$  que a objetos externos o personas. Por este motivo, las distancias externas mínimas de seguridad ( $D_{add} + D_{el}$ ) deben ser siempre superiores a  $1,1 asom$ .

Entonces:

$$D_{add} + D_{el} > 1,1 asom \rightarrow 2,8 + 3,2 > 1,1 * 4,514 \rightarrow 6 > 4,9654$$

***→ cumple las condicion.***



#### 5.4. Aisladores para el nivel 220 kV

La elección de los aisladores en el parque de 220 kV, seguirá el mismo proceso que el anterior (parque de 400 kV), la tabla 14 la ITC-LAT 07 del reglamento de líneas aéreas, indica que la zona en la que se encuentra la subestación tiene un nivel de contaminación de 3 (fuerte), cuya línea de fuga específica nominal es 25 mm/kV.

Nivel de contaminación	Ejemplos de entornos típicos	Línea de fuga específica nominal mínima mm/kV <sup>(1)</sup>
I Ligero	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Zonas sin industrias y con baja densidad de viviendas equipadas con calefacción.</li> <li>- Zonas con baja densidad de industrias o viviendas, pero sometidas a viento o lluvias frecuentes.</li> <li>- Zonas agrícolas <sup>2</sup></li> <li>- Zonas montañosas</li> <li>- Todas estas zonas están situadas al menos de 10 km a 20 km del mar y no están expuestas a vientos directos desde el mar <sup>3</sup></li> </ul>	16,0
II Medio	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Zona con industrias que no producen humo especialmente contaminante y/o con densidad media de viviendas equipadas con calefacción.</li> <li>- Zonas con elevada densidad de viviendas y/o industrias pero sujetas a vientos frecuentes y/o lluvia.</li> <li>- Zonas expuestas a vientos desde el mar, pero no muy próximas a la costa (al menos distantes bastantes kilómetros) <sup>3</sup>.</li> </ul>	20,0
III Fuerte	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Zonas con elevada densidad de industrias y suburbios de grandes ciudades con elevada densidad de calefacción generando contaminación.</li> <li>- Zonas cercanas al mar o en cualquier caso, expuestas a vientos relativamente fuertes provenientes del mar <sup>3</sup>).</li> </ul>	25,0
IV Muy fuerte	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Zonas, generalmente de extensión moderada, sometidas a polvos conductores y a humo industrial que produce depósitos conductores particularmente espesos.</li> <li>- 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.</li> <li>- Zonas desérticas, caracterizadas por no tener lluvia durante largos periodos, expuestas a fuertes vientos que transportan arena y sal, y sometidas a condensación regular.</li> </ul>	31,0

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

Por lo tanto, la línea de fuga total fase-tierra de la cadena de aisladores es de 5500mm.

$$L_f = U_s \cdot L_{fmin.}$$

$$L_f = 25(\text{mm/kV}) \cdot 220(\text{kV})$$

$$L_f = 5500 \text{ mm.}$$



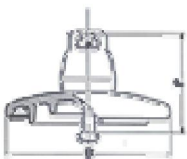



Se procede a utilizar los aisladores para el nivel de 220 kV del catálogo de Verescence La Granja, tipo E-120-146 (U120B).



INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

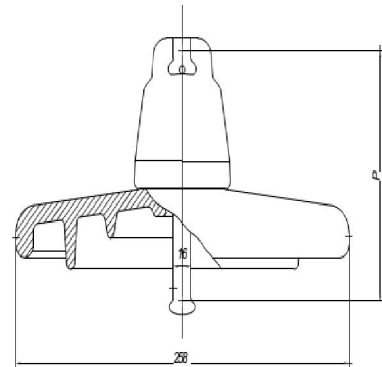
Norma IEC

Aisladores estándar

Carga mínima de rotura mecánica		KN		100	120	160
						
Carga rotura mecánica (KN)		100		120	160	
Modelo catálogo		E-100-127	E-100-146	E120-146	E-160-146	E-160-170
Clase IEC-305		U100BS	U100BL	U120B	U160BS	U160BL
Datos Dimensionales	Paso (P) mm.	127	146	146	146	170
	Diámetro (D) mm.	255	255	255	280	280
	Línea de fuga mm.	315	315	315	380	380
	Unión normalizada IEC 120	16A	16A	16A	20	20
Valores eléctricos	Tensión soportada a frecuencia industrial en seco (KV)	70	70	70	75	75
	bajo lluvia (KV)	40	40	40	45	45
	Tensión soportada a impulso de choque en seco (KV)	100	100	100	110	110
	Tensión de perforación en aceite (KV)	130	130	130	130	130
Información de embalaje	Peso neto aproximado por unidad (Kg.)	3,75	3,75	3,8	3,4	3,4
	embalaje nº de un/caja madera	6	6	6	6	6

El modelo E-120-146 (U120BS) tiene las siguientes características:

- Materia vidrio templado
- Peso neto aproximado 3,8 kg
- Línea de fuga 315 mm
- Pasó 146 mm
- Tensión de perforación en aceite 130 kV
- Carga de rotura electromecánica 120 KN



El número de aisladores se obtiene a partir de la siguiente expresión:

$$Na = \text{parte entera } (Lf/La) + 1.$$

$$Na = \frac{5500}{310} + 1$$

$$Na = 19 \text{ aisladores.}$$

La longitud de la cadena:

$$Lc = Na * Pa.$$

$$Lc = 19 * 146$$

$$Lc = 2774 \text{ mm}$$

$$Lc = 2,774 \text{ m.}$$

A partir de la tabla 12 la ITC-LAT 07 y las TABLAS DE CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS DE LAS CADENAS DECONFORMIDAD CON LAS NORMAS CEI 383 Y BS 137 del catálogo de Verescence La Granja, se puede comprobar los resultados anteriores.



Tensión más elevada para el material $U_m$ kV (valor eficaz)	Tensión soportada normalizada de corta duración a frecuencia industrial kV (valor eficaz)	Tensión soportada normalizada a los impulsos tipo rayo kV (valor de cresta)
3,6	10	20 40
7,2	20	40 60
12	28	60 75 95
17,5	38	75 95
24	50	95 125 145
36	70	145 170
52	95	250
72,5	140	325
123	(185) 230	450 550
145	(185) 230 275	(450) 550 650
170	(230) 275 325	(550) 650 750
245	(275) (325) 360 395 460	(650) (750) 850 950 1 050

NOTA: Si los valores entre paréntesis son insuficientes para probar que las tensiones soportadas especificadas entre fases



MODELOS PARA ATMÓSFERAS CONTAMINADAS TENSIONES SOPORTADAS							CARACTERÍSTICAS EL CONFORMIDAD CON LAS NC		
kV									
ØxP: 255 x 127 mm			ØxP: 255 x 146 mm			ØxP: 280 x 146 mm			
Nº	A	B	C	A	B	C	A	B	C
1	80	45	110	80	45	110	85	50	125
2	120	65	200	130	75	235	130	75	235
3	165	90	275	180	100	320	180	100	320
4	205	115	340	225	130	390	225	130	390
5	245	140	405	270	155	465	270	155	465
6	285	165	470	315	185	545	315	185	545
7	325	195	540	360	215	620	360	215	620
8	365	220	605	405	245	695	405	245	695
9	400	240	675	450	270	775	450	270	775
10	440	260	740	490	290	855	490	290	855
11	475	285	815	530	320	935	530	320	935
12	510	305	880	570	340	1015	570	340	1015
13	545	320	955	610	365	1100	610	365	1100
14	580	345	1025	650	390	1180	650	390	1180
15	615	365	1090	690	410	1260	690	410	1260
16	650	380	1165	725	430	1340	725	430	1340
17	685	405	1240	765	450	1425	765	450	1425
18	715	425	1305	800	480	1500	800	480	1500
19	750	445	1370	840	500	1580	840	500	1580
20	780	460	1440	875	520	1655	875	520	1655
21	815	480	1505	915	540	1730	915	540	1730
22	850	500	1575	950	565	1810	950	565	1810
23	880	520	1640	985	585	1885	985	585	1885
24	915	540	1705	1025	610	1950	1025	610	1950
25	945	555	1770	1060	630	2025	1060	630	2025
26	975	575	1840	1100	650	2095	1100	650	2095
27	1010	595	1910	1135	670	2170	1135	670	2170
28	1040	612	1970	1170	695	2240	1170	695	2240
29	1070	625	2035	1205	710	2305	1205	710	2305
30	1100	645	2100	1240	730	2365	1240	730	2365

A: Tensión soportada a frecuencia industrial en seco      B: Tensión soportada a frecuencia industrial bajo lluvia      C: Tensión



Se puede comprobar que el modelo de aisladores escogido cumple con las condiciones de aislamientos requeridas.

CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS DE LAS CADENAS DE CONFORMIDAD CON LA IEC 60383												
MODELOS ESPECIALES -TENSIONES SOPORTADAS KV												
	ØxP: 255 x 127 mm  E-70P-127; E-100P-127			ØxP: 255 x 146 mm  E-70P-146; E-100P-146; E-120P-146			ØxP: 280 x 146 mm  E-100PP-146; E-120PP-146			ØxP: 320 x 170 mm  E-160P-170; E-210P-170		
N	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
1	80	45	110	80	45	110	85	50	125	90	55	140
2	120	65	200	130	75	235	130	75	235	135	85	270
3	165	90	275	180	100	320	180	100	320	190	110	370
4	205	115	340	225	130	390	225	130	390	240	145	450
5	245	140	405	270	155	465	270	155	465	290	175	540
6	285	165	470	315	185	545	315	185	545	335	205	625
7	325	195	540	360	215	620	360	215	620	380	240	710
8	365	220	605	405	245	695	405	245	695	430	275	800
9	400	240	675	450	270	775	450	270	775	475	305	890
10	440	260	740	490	290	855	490	290	855	520	335	980
11	475	285	815	530	320	935	530	320	935	565	360	1070
12	510	305	880	570	340	1015	570	340	1015	610	385	1170
13	545	320	955	610	365	1100	610	365	1100	655	410	1260
14	580	345	1025	650	390	1180	650	390	1180	695	440	1355
15	615	365	1090	690	410	1260	690	410	1260	740	465	1450
16	650	380	1165	725	430	1340	725	430	1340	785	490	1540
17	685	405	1240	765	450	1425	765	450	1425	830	515	1640
18	715	425	1305	800	480	1500	800	480	1500	875	540	1730
19	750	445	1370	840	500	1580	840	500	1580	920	565	1810
20	780	460	1440	875	520	1655	875	520	1655	965	590	1900
21	815	480	1505	915	540	1730	915	540	1730	1005	610	1990
22	850	500	1575	950	565	1810	950	565	1810	1050	640	2080
23	880	520	1640	985	585	1885	985	585	1885	1095	660	2160
24	915	540	1705	1025	610	1950	1025	610	1950	1140	690	2245
25	945	555	1770	1060	630	2025	1060	630	2025	1180	710	2325
26	975	575	1840	1100	650	2095	1100	650	2095	1225	740	2410
27	1010	595	1910	1135	670	2170	1135	670	2170	1270	760	2490
28	1040	612	1970	1170	695	2240	1170	695	2240	1310	780	2575
29	1070	625	2035	1205	710	2305	1205	710	2305	1355	805	2650
30	1100	645	2100	1240	730	2365	1240	730	2365	1395	830	2720
A: Tensión soportada a frecuencia industrial en seco B: Tensión soportada a frecuencia industrial bajo lluvia C: Tensión soportada al impulso tipo rayo 1,2/50												



Por lo tanto el modelo de E-160P-146 (U160BS) tiene las siguientes tensiones de aislamiento:

Tensión soportada de aislamiento a los impulsos tipo rayo: 1050 kV

Tensión soportada de aislamiento a frecuencias industriales (50 Hz): 460 kV.

Tensión soportada de aislamiento a los impulsos tipo rayo 1,2/50: 1580 kV.

Tensión soportada de aislamiento a frecuencias industriales en seco: 840 kV

La distancia de descarga de la cadena de aisladores  $a_{som}$  se calcula mediante:

$$a_{som} = D_a + L_c$$

Siendo que:

- $L_c = 2,774 \text{ m}$
- $D_a = 0,255 \text{ m}$  (diámetro extremo máximo de la campana del aislador)

Tipo Type	Carga rotura U.T.S. Charge de rupture KN	Dimensiones Dimensions mm		Línea de fuga Creepage distance Ligne de fuite mm	Norma de acoplamiento Standard coupling Norme d'assemblage CEI 60 120	Peso Weight Poids Kg
IEC 60305/95		Paso A	D			
U 40 B	40	110	175	185	11	1,7
U 70 BS/BL	70	127,146	255	303	16	3,4
U 120 B	120	127,146	255	320	16	3,9
U 160 BL	160	146,170	280	370	20	6,2
U 210 B	210	170	300	370	20	7,1
U 300 B	300	195	320	385	24	10,0
U 400 B	400	205	390	475	28	15,4

$$a_{som} = 2,774 + 0,255 \text{ m}$$

$$a_{som} = 3,029 \text{ m.}$$



Tabla 15 la ITC-LAT 07 del reglamento de líneas aéreas

Tensión más elevada de la red $U_s$ (kV)	$D_{del}$ (m)	$D_{pp}$ (m)
3,6	0,08	0,10
7,2	0,09	0,10
12	0,12	0,15
17,5	0,16	0,20
24	0,22	0,25
30	0,27	0,33
36	0,35	0,40
52	0,60	0,70
72,5	0,70	0,80
123	1,00	1,15
145	1,20	1,40
170	1,30	1,50
245	1,70	2,00
420	2,80	3,20

Según el reglamento de líneas eléctricas La probabilidad de descarga a través de la mínima distancia interna, asom, debe ser siempre mayor que la descarga a través de algún objeto externo o persona. Así, para cadenas de aisladores muy largas, el riesgo de descarga debe ser mayor sobre la distancia interna asom que a objetos externos o personas. Por este motivo, las distancias externas mínimas de seguridad ( $D_{add} + D_{el}$ ) deben ser siempre superiores a 1,1 veces asom.

Entonces:

$$D_{add} + D_{el} > 1,1 \text{ asom} \rightarrow 1,70 + 2 > 1,1 * 3,029 \rightarrow \mathbf{3,7} > \mathbf{3,3319}$$

***→ cumple las condicion.***

### 5.5. Conclusión:

En la siguiente tabla se resumirá para cada nivel de tensión de la subestación transformadora el tipo de aisladores escogida.

NIVEL [kV]	TIPOS DE AISLADORES
400	U 160BS
220	U 120B



## **6. Cálculo de conductores**

### **6.1. Generalidades**

De acuerdo con el reglamento de líneas eléctricas de alta tensión ITC-LAT 07, en el apartado 2, se dan los requisitos que deben cumplir los conductores y cables de tierra con o sin circuitos de telecomunicaciones.

Los conductores y cables de tierra deberán ser diseñados, seleccionados y ensayados para cumplir con los requisitos eléctricos, mecánicos y de telecomunicaciones que se definen según los parámetros de diseño de la línea. Se deberá considerar la necesaria protección contra la fatiga debida a las vibraciones.

En los siguientes apartados el término “conductor” incluye también a los “cables de tierra” y donde sea apropiado a los conductores y cables de tierra con circuitos de telecomunicación.

Este apartado no es de aplicación a cables recubiertos o a todos los cables dieléctricos autoportados de telecomunicaciones (ADSS) o dieléctricos de fibra óptica (CADFO). De igual modo, no incluye cables de telecomunicación recubiertos de metal que no sean utilizados como de tierra.

No obstante; los cables dieléctricos autoportados de telecomunicaciones (ADSS) o los adosados de fibra óptica (CADFO) podrán utilizar como soporte las líneas eléctricas aéreas de alta tensión conforme a lo establecido en la disposición adicional decimocuarta de la Ley 54/1997 del Sector Eléctrico. Por tanto, estos cables dieléctricos, en lo que les corresponda, cumplirán con las condiciones y requisitos en lo concerniente al montaje y al tendido de acuerdo sus características, impuestos en este reglamento como un elemento más de la línea.

La sección nominal mínima admisible de los conductores de cobre y sus aleaciones será de 10 milímetros cuadrados. En el caso de los conductores de acero galvanizado, la sección mínima admisible será de 12,5 milímetros cuadrados.

Para otros tipos de materiales no se emplearán conductores de menos de 350 daN de carga de rotura.

En el caso en que se utilicen conductores usados, procedentes de otras líneas desmontadas, las características que afectan básicamente a la seguridad deberán establecerse razonadamente, de acuerdo con los ensayos que preceptivamente habrán de realizarse.



Cuando en los cálculos mecánicos se tengan en cuenta el proceso de fluencia o de deformaciones lentas, las características que se adopten para estos cálculos deberán justificarse mediante ensayos o utilizando valores comprobados en otras líneas.

## **6.2. Conductores de aluminio**

### **6.2.1. Características y dimensiones**

Los conductores pueden estar constituidos por hilos redondos o con forma trapezoidal de aluminio o aleación de aluminio y pueden contener, para reforzarlos, hilos de acero galvanizados o de acero recubiertos de aluminio. Los cables de tierra se diseñarán según las mismas normas que los conductores de fase.

Los conductores deben cumplir la Norma UNE-EN 50182 y serán de uno de los siguientes tipos:

- a) Conductores homogéneos de aluminio (AL1).
- b) Conductores homogéneos de aleación de aluminio (ALx).
- c) Conductores compuestos (bimetálicos) de aluminio o aleación de aluminio reforzados con acero galvanizado (AL1/STyz o ALx/STyz).
- d) Conductores compuestos (bimetálicos) de aluminio o aleación de aluminio reforzado con acero recubierto de aluminio (AL1/SAyz o ALx/SAyz).
- e) Conductores compuestos (bimetálicos) de aluminio reforzados con aleación de aluminio (AL1/ALx).

Cuando sean utilizados materiales diferentes de aquéllos, sus características y su conveniencia para cada aplicación individual deben ser verificadas como se indique en las especificaciones del proyecto.

### **6.2.2 Requisitos eléctricos**

Las resistencias eléctricas de la gama preferente de conductores con alambres circulares se dan en la norma UNE-EN 50182.

Para conductores con secciones de alambres diferentes, la resistencia del conductor deberá calcularse utilizando la resistividad del alambre, la sección transversal y los parámetros del cableado del conductor.

Debe verificarse que la intensidad admisible y la capacidad de cortocircuito de los conductores cumplen los requisitos de las especificaciones del proyecto. También debe



considerarse la predicción del nivel de perturbación radioeléctrica y el nivel del ruido audible de los conductores según la norma UNE-EN 50341-1

### ***6.2.3. Temperaturas deservicio del conductor***

La máxima temperatura de servicio de conductores de aluminio bajo diferentes condiciones operativas deberá ser indicada en las especificaciones del proyecto. Estas Especificaciones darán algunos o todos los requisitos, bajo las siguientes condiciones:

- a) La temperatura máxima de servicio bajo carga normal en la línea, que no sobrepasará los 85 °C.
- b) a temperatura máxima de corta duración para momentos especificados, bajo diferentes cargas en la línea, superiores al nivel normal, que no sobrepasará los 100 °C.
- c) La temperatura máxima debida a un fallo especificado del sistema eléctrico, que no sobrepasará los 100 °C.

El uso de conductores de alta temperatura, tales como los compuestos por aleaciones especiales de Aluminio-Zirconio, definidos en la norma IEC 62004, permite trabajar con temperaturas de servicio superiores.

La información sobre el cálculo del incremento de temperatura, debido a las corrientes de cortocircuito, se indica en la norma UNE-EN 60865-1. Alternativamente, y con las precauciones adecuadas, el incremento real de temperatura debido a las corrientes de cortocircuito puede determinarse mediante un ensayo.

### ***6.2.4. Requisitos mecánicos***

La carga de rotura de los conductores de aluminio, calculada de acuerdo con la norma UNE-EN 50182, debe ser suficiente para cumplir con los requisitos de carga determinados en el apartado 3.2. La tensión máxima admisible en el conductor debe indicarse en las especificaciones del proyecto.

### ***6.2.5. Protección contra la corrosión***

Los requisitos para el recubrimiento o el revestimiento de los hilos de acero con zinc o aluminio deben ser indicados en las especificaciones del proyecto, con referencia a la norma UNE-EN 50189 o la norma UNE-EN 61232, según sea aplicable, por la naturaleza del revestimiento. Se permite el uso de grasas de protección contra la corrosión



### 6.3. Cálculo de secciones

La densidad de corriente máxima, la caída de de tensión, calentamiento, la capacidad de soportar las corrientes de cortocircuito, además del punto de vista económico, son los criterios más importante para la selección de los conductores, por lo que se hará de acuerdo con las condiciones de R.A.T de líneas aéreas, y con la ayuda de la tabla 11 del reglamento, se hallara la sección de conductores más adecuada para cada nivel de tensión.

Sección nominal mm <sup>2</sup>	Densidad de corriente A/mm <sup>2</sup>		
	Cobre	Aluminio	Aleación de aluminio
10	8,75		
15	7,60	6,00	5,60
25	6,35	5,00	4,65
35	5,75	4,55	4,25
50	5,10	4,00	3,70
70	4,50	3,55	3,30
95	4,05	3,20	3,00
125	3,70	2,90	2,70
160	3,40	2,70	2,50
200	3,20	2,50	2,30
250	2,90	2,30	2,15
300	2,75	2,15	2,00
400	2,50	1,95	1,80
500	2,30	1,80	1,70
600	2,10	1,65	1,55

## 6.4. Conductores de Líneas de 400 kV

### 6.4.1 Elección de conductor

En el parque de nivel de 400 kV se empleará conductores dobles por fase, de aluminio con alma de acero galvanizado de dominación **GULL LA380** cuyas características son las siguientes:

CONDUCTORES DE ALUMINIO-ACERO											NORMA UNE 21018	
Denominación	Sección trans.			Equiv.Cu.	Nº de alambres y diam.		Diám. ext.	Peso unitario			Carga de rotura	Resist. eléct. a 20°C
	mm²	mm²	mm²		Nº x mm	Nº x mm		kg/km	kg/km	kg/km		
	Aluminio	Acero	Total		Aluminio	Acero	mm	Aluminio	Acero	Total	kN	ohm/km
LA- 30	26,7	4,4	31,1	17	6X2,38	1X2,38	7,14	73,2	34,7	107,9	9,90	1,0794
LA- 56	46,8	7,8	54,6	30	6X3,15	1X3,15	9,45	128,3	60,8	189,1	16,40	0,6136
LA- 78	67,4	11,2	78,6	42	6X3,78	1X3,78	11,34	185,0	87,0	272,0	23,10	0,4261
LA-110	94,2	22,0	116,2	60	30X2,00	7X2,00	14,00	260,4	172,3	433,0	43,10	0,3066
LA-145	119,3	27,8	147,1	75	30X2,25	7X2,25	15,75	330,0	218,0	548,0	54,10	0,2422
LA-180	147,3	34,3	181,6	93	30X2,50	7X2,50	17,50	407,0	269,0	676,0	63,90	0,1962
LA-280	241,7	39,4	281,1	152	26X3,44	7X2,68	21,80	667,0	310,0	977,0	84,50	0,1194
LA-380	337,3	43,7	381,0	212	54X2,82	7X2,82	25,38	932,0	343,0	1.275,0	106,50	0,0857
LA-455	402,3	52,2	454,5	253	54X3,08	7X3,08	27,72	1.112,0	409,0	1.521,0	124,00	0,0718
LA-545	484,5	62,8	547,3	305	54X3,38	7X3,38	30,42	1.340,0	492,0	1.832,0	148,50	0,0596
LA-635	565,0	71,6	636,6	365	54X3,65	19X2,19	32,85	1.562,0	563,0	2.125,0	175,00	0,0511

- Sección: 381mm<sup>2</sup>
- Numero de alambres de aluminio: 54
- Numero de alambres de acero: 7
- Equivalencia en cobre: 212 mm<sup>2</sup>
- Diámetro: 25,38 mm
- Peso total: 1275 kg/km
- Cargo de rotura: 106,5 kN
- Resistencia eléctrica a 20 C: 0,0857
- Modulo de elasticidad (E): 7000 kg/ mm<sup>2</sup>
- Coeficiente de dilatación lineal: 19,3 . 10<sup>-6</sup>mm
- Intensidad admisible reglamentaria: 840 A
- Tensión máxima normal (Tmn):3600 kg



### 6.4.2 Comprobación

Como se ha dicho antes la elección de los conductores estará en base de varios criterios, lo que más importa es la intensidad máxima del cable y la densidad máxima de corriente en el cable.

Según la tabla 11" **densidad de corriente máxima de los conductores en régimen permanente**", la sección de los conductores de nivel 400 kV se encuentra entre dos valores de la tabla por lo cual habrá que interpolar:

Sección nominal mm <sup>2</sup>	Densidad de corriente A/mm <sup>2</sup>		
	Cobre	Aluminio	Aleación de aluminio
10	8,75		
15	7,60	6,00	5,60
25	6,35	5,00	4,65
35	5,75	4,55	4,25
50	5,10	4,00	3,70
70	4,50	3,55	3,30
95	4,05	3,20	3,00
125	3,70	2,90	2,70
160	3,40	2,70	2,50
200	3,20	2,50	2,30
250	2,90	2,30	2,15
300	2,75	2,15	2,00
400	2,50	1,95	1,80
500	2,30	1,80	1,70
600	2,10	1,65	1,55

$$\gamma_{\max} \rightarrow \frac{381-300}{400-300} = 2 * \frac{\gamma_{\max}-2,15}{1,95-2,15}$$

Por lo tanto:

$$\gamma_{\max} = 2 * 1,988 \frac{A}{mm^2}$$

$$\gamma_{\max} = 3,976 \frac{A}{mm^2}$$

$$I_{\max} = \gamma_{\max} * S = 2 * 1,988 * 381$$

$$I_{\max} = 1514,86 A$$



Según el reglamento de líneas eléctricas: “Para cables de aluminio-acero se tomará en la tabla el valor de la densidad de corriente correspondiente a su reducción que según la composición será: 0,916 para la composición 30+7; 0,937 para las composiciones 6+1 y 26+7; 0,95 para la composición 54+7; y 0,97 para la composición 45+7. El valor resultante se aplicará para la sección total del conductor”.

Es decir que para este caso: 54+7 el coeficiente de reducción es de 0,95

Por lo tanto los conductores de nivel de 400 kV tendrán una capacidad de soportar la intensidad de hasta 1439,1 (1514,85\*0,95)

→ **CUMPLE > 866**

La otra forma de comprobar es comparando la densidad real con densidad máxima del conductor de tal forma que:

$$\gamma_{\text{real}} = \frac{I}{S} = \frac{866}{381} = 2,27 < 3,976 = \gamma_{\text{max}}$$

→ **CUMPLE > 2,27**

#### **6.4.3 Conclusión**

Los conductores del nivel de 400 KV serian de dos conductores por fase de **tipo GULL**

**LA 380 de sección 381 mm<sup>2</sup>** con una intensidad de hasta 1439 A.





## 6.5. Conductores de Líneas de 220 kV

### 6.5.1 Elección de conductor

Para este caso se utilizara dos conductores por fase de tipo CONDOR LA 455 con la misma metodología que antes:

Denominación	Sección trans.			Equiv.Cu.	Nº de alambres y diam.		Diám. ext.	Peso unitario			Carga de rotura	Resist. eléct. a 20°C
	mm²	mm²	mm²	mm²	Nº x mm	Nº x mm	mm	kg/km	kg/km	kg/km	KN	ohm/km
	Aluminio	Acero	Total		Aluminio	Acero		Aluminio	Acero	Total		
LA- 30	26,7	4,4	31,1	17	6X2,38	1X2,38	7,14	73,2	34,7	107,9	9,90	1,0794
LA- 56	46,8	7,8	54,6	30	6X3,15	1X3,15	9,45	128,3	60,8	189,1	16,40	0,6136
LA- 78	67,4	11,2	78,6	42	6X3,78	1X3,78	11,34	185,0	87,0	272,0	23,10	0,4261
LA-110	94,2	22,0	116,2	60	30X2,00	7X2,00	14,00	260,4	172,3	433,0	43,10	0,3066
LA-145	119,3	27,8	147,1	75	30X2,25	7X2,25	15,75	330,0	218,0	548,0	54,10	0,2422
LA-180	147,3	34,3	181,6	93	30X2,50	7X2,50	17,50	407,0	269,0	676,0	63,90	0,1962
LA-280	241,7	39,4	281,1	152	26X3,44	7X2,68	21,80	667,0	310,0	977,0	84,50	0,1194
LA-380	337,3	43,7	381,0	212	54X2,82	7X2,82	25,38	932,0	343,0	1.275,0	106,50	0,0857
LA-455	402,3	52,2	454,5	253	54X3,08	7X3,08	27,72	1.112,0	409,0	1.521,0	124,00	0,0718
LA-545	484,5	62,8	547,3	305	54X3,38	7X3,38	30,42	1.340,0	492,0	1.832,0	148,50	0,0596
LA-635	565,0	71,6	636,6	365	54X3,65	19X2,19	32,85	1.562,0	563,0	2.125,0	175,00	0,0511

El conductor de tipo **CONDOR LA 455** tiene las siguientes características:

- Sección:  $454,5 \text{ mm}^2$
- Numero de alambres de aluminio: 54
- Numero de alambres de acero: 7
- Equivalencia en cobre:  $253 \text{ mm}^2$
- Diámetro: 27,72 mm
- Peso total: 1521 kg/km
- Cargo de rotura: 124kN
- Resistencia eléctrica a 20 C: 0,0718
- Modulo de elasticidad (E):  $7000 \text{ kg/mm}^2$
- Coeficiente de dilatación lineal:  $19,3 \cdot 10^{-6} \text{ mm}$
- Intensidad admisible reglamentaria: 751 A
- Tensión máxima normal (Tmn): 3000 kg

### 6.5.2 Comprobación

Con la tabla 11 del reglamento " **densidad de corriente máxima de los conductores en régimen permanente**", la sección de los conductores de nivel 220 kV se encuentra entre dos valores de la tabla por lo cual habrá que interpolar:

Sección nominal mm <sup>2</sup>	Densidad de corriente A/mm <sup>2</sup>		
	Cobre	Aluminio	Aleación de aluminio
10	8,75		
15	7,60	6,00	5,60
25	6,35	5,00	4,65
35	5,75	4,55	4,25
50	5,10	4,00	3,70
70	4,50	3,55	3,30
95	4,05	3,20	3,00
125	3,70	2,90	2,70
160	3,40	2,70	2,50
200	3,20	2,50	2,30
250	2,90	2,30	2,15
300	2,75	2,15	2,00
400	2,50	1,95	1,80
500	2,30	1,80	1,70
600	2,10	1,65	1,55

$$\gamma_{\max} = 1,86825 \frac{A}{mm^2}$$

$$I_{\max} = \gamma_{\max} * S = 2 * 1,86825 * 454,5$$

$$I_{\max} = 1698,3 \text{ A}$$

Por lo tanto los conductores de nivel de 400 kV tendrán una capacidad de soportar la intensidad de hasta **1613,385 A** (946,83 \* 0,95)

→ **CUMPLE > 1574,6 A**

La otra forma de comprobar es comparando la densidad real con densidad máxima del conductor de tal forma que:

$$\gamma_{\text{real}} = \frac{I}{S} = \frac{1574,6}{2 * 454,5} = 1,7322 < 1,86825 = \gamma_{\max}$$

→ **CUMPLE > 1,5 82**

### 6.5.3 Conclusión

Los conductores del nivel de 220 kV serian de dos conductores por fase de tipo **CONDOR**

**LA 455** de sección  $454,5 \text{ mm}^2$  con una intensidad de hasta 1613,385 A.



## 6.6 Embarrados

Para los embarrados existentes en la subestación eléctrica se utilizará tubos de aluminio de tipo 6063-T6 a partir del catálogo escogido de VALGAÑON que indica el vano admisible, y de acuerdo con los datos proporcionados del vano de la red eléctrica de España para cada nivel de tensión en la subestación transformadora 400/220 kV (18 m en el nivel de 400 kV, y 15 m en el nivel de 220 kV).

### 6.6.1 embarrados de 400 kV

Se utilizará tubos de aluminio de tipo 6063 -T6 de 250 mm de diámetro exterior y 228 mm de diámetro interior, con una sección de  $8259 \text{ mm}^2$ , una intensidad máxima admisible de 6930 A, se puede observar que es un valor bastante superior al que pretende soportar el embarrado (866 A).

CARACTERÍSTICAS TUBOS AL 6063-T6						
Dimensiones Ø ext. / Ø int. mm.	Sección mm <sup>2</sup> .	Peso kg/m.	Intensidad Admisible Amperios 80°C	Vano (1) Admisible m.	Momento Inercia cm <sup>4</sup> .	Momento Resistente cm <sup>3</sup> .
40 / 35	295	0,800	785	5,40	5,20	2,07
40 / 34	349	0,942	820	5,65	6,00	2,42
40 / 32	452	1,200	928	5,90	7,42	3,06
40 / 30	550	1,484	980	6,50	8,59	3,63
45 / 40	334	0,901	870	5,60	7,56	2,66
50 / 44	443	1,196	940	6,40	12,28	3,91
50 / 42	578	1,600	1130	6,90	15,40	5,00
50 / 40	708	1,909	1260	7,50	18,11	5,99
60 / 50	864	2,330	1380	7,90	32,29	8,93
63 / 51	1075	2,901	1640	9,30	44,12	11,52
63 / 47	1382	3,730	1820	10,40	53,37	14,35
68 / 60	804	2,170	1250	7,60	41,33	9,66
70 / 60	1020	2,760	1550	9,20	54,24	12,47
80 / 72	955	2,580	1700	9,40	69,14	17,30
80 / 70	1180	3,181	1890	10,10	83,20	20,80
80 / 68	1394	3,766	2070	10,50	96,10	24,00
80 / 64	1809	4,900	2340	12,30	118,70	24,52
90 / 80	1335	3,604	2135	10,30	121,00	21,30
100 / 92	1205	3,257	2060	10,50	117,10	21,70
100 / 90	1495	4,029	2320	11,40	168,81	26,60
100 / 88	1770	4,784	2520	12,10	196,49	31,27
100 / 84	2312	6,200	2850	14,30	246,48	39,98
100 / 80	2827	7,600	3135	18,50	289,81	47,90
110 / 100	1650	4,453	2480	12,20	227,81	32,49
120 / 110	1806	4,880	2700	13,10	299,18	38,97
120 / 106	2485	6,710	3100	18,50	398,16	52,71
120 / 104	2815	7,600	3340	19,00	443,62	59,21
120 / 100	3456	9,330	3700	20,20	527,00	71,47
150 / 136	3145	8,491	3400	20,00	805,76	84,38
150 / 134	3567	9,631	3890	20,80	902,38	95,12
150 / 125	5340	14,570	4800	24,00	1286,63	139,59
160 / 140	4712	12,700	4710	24,00	1331,25	132,73
160 / 148	2903	7,840	3760	19,00	862,00	108,00
200 / 190	3063	8,270	4165	24,00	1456,87	112,01
200 / 188	3657	9,900	4535	24,00	1722,00	133,05
200 / 184	4825	13,000	5150	24,00	2227,44	173,81
200 / 180	5696	16,100	5690	24,00	2701,00	212,84
250 / 238	4599	12,400	5470	24,00	3424,87	210,46
250 / 230	7540	20,400	6870	24,00	5438,10	339,48
250 / 228	8259	22,300	6930	24,00	5090,71	370,38





### 6.6.2 embarrados de 220 kV

Se utilizará tubos de aluminio de tipo 6063 -T6 de 150 mm de diámetro exterior y 134 mm de diámetro interior, con una sección de  $3567 \text{ mm}^2$ , una intensidad máxima admisible de 3890 A, se puede observar que es un valor superior al que pretende soportar el embarrado (1574,6 A).

CARACTERÍSTICAS TUBOS AL 6063-T6						
Dimensiones Ø ext. / Ø int. mm.	Sección mm <sup>2</sup>	Peso kg/m.	Intensidad Admisible Amperios 80°C	Vano (1) Admisible m.	Momento Inercia cm <sup>4</sup>	Momento Resistente cm <sup>3</sup>
40 / 35	295	0,800	785	5,40	5,20	2,07
40 / 34	349	0,942	820	5,65	6,00	2,42
40 / 32	452	1,200	928	5,90	7,42	3,06
40 / 30	550	1,484	980	6,50	8,59	3,63
45 / 40	334	0,901	870	5,60	7,56	2,66
50 / 44	443	1,196	940	6,40	12,28	3,91
50 / 42	578	1,600	1130	6,90	15,40	5,00
50 / 40	708	1,909	1260	7,50	18,11	5,99
60 / 50	864	2,330	1380	7,90	32,29	8,93
63 / 51	1075	2,901	1640	9,30	44,12	11,52
63 / 47	1382	3,730	1820	10,40	53,37	14,35
68 / 60	804	2,170	1250	7,60	41,33	9,66
70 / 60	1020	2,760	1550	9,20	54,24	12,47
80 / 72	955	2,580	1700	9,40	69,14	17,30
80 / 70	1180	3,181	1890	10,10	83,20	20,80
80 / 68	1394	3,766	2070	10,50	96,10	24,00
80 / 64	1809	4,900	2340	12,30	118,70	24,52
90 / 80	1335	3,604	2135	10,30	121,00	21,30
100 / 92	1205	3,257	2060	10,50	117,10	21,70
100 / 90	1495	4,029	2320	11,40	168,81	26,60
100 / 88	1770	4,784	2520	12,10	196,49	31,27
100 / 84	2312	6,200	2850	14,30	246,48	39,98
100 / 80	2827	7,600	3135	18,50	289,81	47,90
110 / 100	1650	4,453	2480	12,20	227,81	32,49
120 / 110	1806	4,880	2700	13,10	299,18	38,97
120 / 106	2485	6,710	3100	18,50	398,16	52,71
120 / 104	2815	7,600	3340	19,00	443,62	59,21
120 / 100	3456	9,330	3700	20,20	527,00	71,47
150 / 136	3145	8,491	3400	20,00	805,76	84,38
150 / 134	3567	9,631	3890	20,80	902,38	95,12
150 / 125	5340	14,570	4800	24,00	1286,63	139,59
160 / 140	4712	12,700	4710	24,00	1331,25	132,73
160 / 148	2903	7,840	3760	19,00	862,00	108,00
200 / 190	3063	8,270	4165	24,00	1456,87	112,01
200 / 188	3657	9,900	4535	24,00	1722,00	133,05
200 / 184	4825	13,000	5150	24,00	2227,44	173,81
200 / 180	5696	16,100	5690	24,00	2701,00	212,84
250 / 238	4599	12,400	5470	24,00	3424,87	210,46
250 / 230	7540	20,400	6870	24,00	5438,10	339,48
250 / 228	8259	22,300	6930	24,00	5090,71	370,38



### 6.7. Conclusión

En la siguiente tabla se resumirá para cada nivel de tensión de la subestación transformadora el tipo de conductor escogida.

LINEAS	TIPO DE CONDUCTORES	SECCIÓN DEL CONDUCTOR
Líneas de 400 kV	Conductor de aluminio con alma de acero galvanizado de dominación <b>GULL LA380</b>	381 mm <sup>2</sup>
Líneas de 220 kV	de aluminio con alma de acero galvanizado de dominación <b>CONDOR LA 455</b>	454,5 mm <sup>2</sup>
Embarrado de 400 kV	tubos de aluminio de tipo <b>6063-T6 250/228</b>	Exterior: 250 mm <sup>2</sup> Interior :228 mm <sup>2</sup>
Embarrado de 220 kV	tubos de aluminio de tipo <b>6063-T6 150/134</b>	Exterior: 150 mm <sup>2</sup> Interior :134 mm <sup>2</sup>



## 7. Protecciones

### 7.1 Generalidades

El reglamento eléctrico de alta tensión **ITC-RAT 09** en el apartado 1, 2,y 3 dicta que : *Todas las instalaciones a las que se refiere este Reglamento deberán estar debidamente protegidas contra los efectos peligrosos, térmicos y dinámicos, que puedan originar las corrientes de cortocircuito y las de sobrecarga cuando éstas puedan producir averías y daños en las citadas instalaciones.*

*Para las protecciones contra las sobreintensidades se utilizarán interruptores automáticos o cortacircuitos fusibles, con las características de funcionamiento que correspondan a las exigencias de la instalación que protegen. Las sobreintensidades deberán eliminarse por un dispositivo de protección utilizado sin que produzca proyecciones peligrosas de materiales ni explosiones que puedan ocasionar daños a personas o cosas.*

*Para la protección contra sobretensiones transitorias se utilizarán pararrayos, según la UNE-EN 60099-1 y UNE-EN 60099-4. Los bornes de tierra de los pararrayos y, en su caso, los cables de guarda, se unirán a la toma de tierra de acuerdo con lo establecido en la ITC-RAT 13.*

Cada relé estará colocado para proteger a un equipo determinado o una línea, cuya cobertura se denominara **zona de protección**. Estas zonas deben superponerse, de tal forma que ninguna área de la subestación, se quede desprotegida, ya que cada elemento de la instalación está sujeto a una posible falla o cortocircuito y otros factores que pueden producir daños severos en la subestación.

Existen varios tipos de relés según su función, los cuales son:

- **Protección Bucholz-janson:** es una de las protecciones propias del transformador, se utiliza como dispositivo de protección contra sobrepresión en el cambiador de tomas en carga, detectando fallos producidos por el ruptor o selector en carga del cambiador, como fallas internas, cortocircuito, arco eléctrico y bajo nivel de aceite.
- **Protección de Cuba:** es una protección externa del transformador, su función es detectar faltas de la cuba del transformador a tierra, midiendo la corriente que circula entre la cuba y la conexión a tierra, debe ser aislada de tierra para un correcto funcionamiento.
- **Protección de sobreintensidad (50/51):** es una protección de respaldo contra faltas dentro del transformador y faltas no despejadas en el sistema de potencia. es considerada como la principal protección en transformadores de poca potencia que no disponen protección diferencial. Puede ser instantánea 50, o, temporizada 51.



- **Protección de sobreintensidad de tierra (50N/51N):** es una protección que consiste en medir la corriente de secuencia cero que circula por el neutro del transformador, cuando una falta a tierra ocurre en una de las fases. Se utiliza como respaldo contra faltas a tierra en el devanado de mayor tensión. Puede ser instantánea 50N, o, retardado 51N.
- **Protección diferencial 87:** su principal función es proteger al transformador de defectos internos, como cortocircuitos y derivaciones a masa dentro de la cuba. Es un relé que opera cuando el vector de diferencia entre dos o más cantidades eléctricas similares excede de un valor predeterminado. Compara las corrientes de entrada y de salida del elemento protegido.
- **Protección de sobreintensidad bidireccional (67/67N):** se utiliza como protección principal de líneas aéreas y cables, de transformadores de distribución y motores eléctricos, también es una protección de respaldo para transformadores de potencia y como protección de emergencia para protecciones de distancia y diferencial de líneas.
- **Protección de distancia (21/21N):** se utiliza como protección de líneas largas, midiendo el cociente entre los vectores de tensión y de intensidad, es decir la impedancia, así si se produce una falta a tierra en un punto de la línea, el relé hará que disminuya la tensión, aumenta la intensidad y por tanto disminuya la impedancia.
- **Protección de máxima (59) y mínima tensión (27):** se utiliza para evitar superar la tensión máxima de servicio, por lo cual es necesario limitar el tiempo de duración de sobretensiones.
- **Protección de fallo de interruptor (50 B):** cuando un relé de protección detecta una falta o una condición anormal de funcionamiento dará orden de disparo al interruptor, existe la posibilidad de que no se produzca la apertura del circuito por eso es importante una protección para prevenir la falta en el interruptor. Su principio se basa en medir la corriente que circula por el interruptor, después de una orden de detención por parte de protecciones, la corriente debe ser cero si la apertura del circuito se ha realizado correctamente.
- **Reenganche (79):** se utiliza para emitir orden de cierre a los interruptores después de actuar las protecciones que deben iniciar la secuencia de reenganche. Después de un determinado tiempo de espera, la protección ordena el cierre de la línea.





De acuerdo con el **CRITERIOS DE AJUSTE y COORDINACIÓN DE PROTECCIONES EN LA RED PENINSULAR DE ALTA TENSIÓN DE TRANSPORTE Y DISTRIBUSIÓN** se escogerá para cada zona de protección los relés adecuadas siguiendo la norma de REE, los cuales:

## **7.2. Protección de barras**

Para la barra del sistema eléctrico, las protecciones a considerar deben ser de alta velocidad de manera que minimicen los daños de los equipos y evitan la inestabilidad del sistema ante condiciones anormales como falla, cortocircuito, sobrecarga,...

### **.2.1. Protección de barra 400 kV**

- Protección diferencial de barras (87 B)
- Protección diferencial de fallo de interruptor (50 S-62)
- Interruptor automático (52)
- Protección de sobreintensidad (50/51)
- Protección de sobreintensidad de tierra (50N/51N)

### **7.2.2. Protección de barra 220 kV**

- Protección diferencial de barras (87 B)
- Protección diferencial de fallo de interruptor (50 S-62)
- Interruptor automático (52)
- Protección de sobreintensidad (50/51)
- Protección de sobreintensidad de tierra (50N/51N)



### ***7.3. Protección de líneas***

Las líneas son elementos del sistema eléctricos responsables de interconectar las partes de la subestación, así que están sometidas de forma continua a los fenómenos meteorológicos y a las consecuencias anómalas de funcionamiento.

#### ***7.3.1. Protección de la línea de 400 kV***

- Protección de sobreintensidades direccional (67/67 N)
- Protección de distancia (21)
- Protección de máxima tensión (59)
- Protección de mínima tensión (27)
- Reenganche (79)
- Protección diferencial longitudinal (87 L)
- Protección de fallo de interruptor (50 S-62)
- Equipos de medición: voltímetro, vatímetro, amperímetro, contador de activación y reactivación

#### ***7.3.2. Protección de la línea de 220 kV***

- Protección de sobreintensidades direccional (67/67 N)
- Protección de distancia (21)
- Protección de máxima tensión (59)
- Protección de sincronismo (25)
- Protección de mínima tensión (27)
- Reenganche (79)
- Protección diferencial longitudinal (87 L)
- Protección de fallo de interruptor (50 S-62)
- Equipos de medición: voltímetro, vatímetro, amperímetro, contador de activa y reactiva



### ***7.4. Protección de transformador de potencia***

El transformador de potencia se considera uno de los elementos más vitales e importantes del sistema eléctrico de potencia, para ello a la hora de establecer las protecciones adecuadas, hay que tener en cuenta las consideraciones técnicas, de confiabilidad, económicas y el tamaño del transformador.

#### ***7.4.1. Protección propia***

Las protecciones propias son capaces de detectar faltas en su fase inicial producidas en el interior de cuba:

- Buchholz (63 B)
- Buchholz-jansen (63 J)
- Imagen térmica (49)
- Termómetro (26-1)
- Termostato (26-2)
- Liberador de presión (63 L)
- Indicadores de nivel (63 NT y 63 NR)

#### ***7.4.2. Protección externa***

Las protecciones externas detectan faltas producidas en la zona que cubre la protección:

- Protección diferencial (87 T)
- Protección de sobreintensidad (50/51)
- Protección de sobreintensidad de tierra (50N/51N)
- Protección de sobre intensidades de tiempo definido (51 TD)
- Protección de cuba (64)



## **8. Interruptores automáticos o disyuntores**

### **8.1. Generalidades**

Los interruptores automáticos o Disyuntores son aparatos mecánicos cuya finalidad es maniobrar (establecer, mantener, interrumpir) corrientes de carga nominal, sobreintensidades y cortocircuitos durante un tiempo determinado, además en condiciones específicas son capaces de interrumpir automáticamente y establecer las intensidades elevadas, debido a su accionamiento que puede ser manual o mediante relés de maniobra y protección.

Para evitar la creación del arco eléctrico, se empleará en toda la subestación interruptores automáticos con Sistemas de ruptura de hexafluoruro de azufre SF<sub>6</sub> debido a sus excelentes propiedades aislantes y de extinción del arco ya que se trata de un gas no tóxico, inerte, y extremadamente estable con alta rigidez dieléctrica y gran capacidad térmica.

### **8.2. Disyuntores para el nivel de 400 kV**

Para el nivel de 400 kV se escoge disyuntores con las siguientes características:

- Fabricante: **ABB**
- Modelo: LTB 420E2
- Tensión nominal: **420 kV**
- Frecuencia nominal: **50 Hz**
- Numero de cámaras por polos: **2**
- Tensión soportada a frecuencia industrial a tierra: **520 kV**
- Tensión soportada a frecuencia industrial a través del polo abierto: **610 kV**
- Tensión soportada a impulso tipo rayo a tierra: **1425 kV**
- Tensión soportada a impulso tipo rayo a través del polo abierto: **1425 (+240) kV**
- Corriente nominal de servicio: **4000A**
- Corriente nominal de servicio en cortocircuito: **63 KA**
- Cresta de corriente de cierre: **104**
- Factor de primer polo: **1,3**
- Duración de cortocircuito: **3 s**
- Tiempo de cierre: **< 70 ms**
- Tiempo de apertura: **18 ms**
- Tiempo de corte: **40 ms**



➤ Tiempo muerto: **300 ms**

		LTB 72.5D1/B	LTB 123D1/B	LTB 145D1/B	LTB 170D1/B	LTB 72.5E1	LTB 170E1	LTB 245E1	LTB 420E2	LTB 550E2	LTB 800E4
Number of breaks per pole		1	1	1	1	1	1	1	2	2	4
Rated voltage	kV	72.5	123	145	170	72.5	170	245	420	550	800
Rated frequency	Hz	50/60	50/60	50/60	50/60	50/60	50/60	50/60	50/60	50/60	50
Power frequency withstand voltage <sup>1)</sup>											
- To earth and between phases	kV	140	230	275	325	140	325	460	520	620	830
- Across open pole	kV	140	230	275	325	140	325	460	610	800	1150
Lightning Impulse Withstand Level (LIWL)											
- To earth and between phases	kV	325	550	650	750	325	750	1050	1425	1550	2100
- Across open pole	kV	325	550	650	750	325	750	1050	1425 (+240)	1550 (+315)	2100 (+455)
Switching Impulse Withstand Level (SIWL)											
- To earth / Between phases	kV	-	-	-	-	-	-	-	1050/1575	1175/1760	1550/2480
- Across open pole	kV	-	-	-	-	-	-	-	900 (+345)	1300 (+450)	1175 (+650)
Rated normal current	A	3150	3150	3150	3150	4000	4000	4000	4000	4000	4000
Rated s.c breaking current	kA	40	40	40	40	50/40	50/40	50/40	50/40	50/40	50
First-pole-to-clear factor	-	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.3	1.3	1.3
Making current peak	kA	100/104	100/104	100/104	100/104	125/104	125/104	125/104	125/104	125/104	125
Duration of short-circuit	s	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Closing time <sup>2)</sup>	ms	< 40	< 40	< 40	< 40	< 65	< 65	< 65	< 70	< 70	< 65
Opening time <sup>2)</sup>	ms	22	22	22	22	17	17	17	18	18	20
Break time <sup>2)</sup>	ms	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
Dead time	ms	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300
Rated operating sequence	-	0-0.3 s-CO-3 min-CO or CO-15 s-CO									

<sup>1)</sup> Up to and including 245 kV, power frequency withstand voltage ratings apply for both wet and dry conditions

<sup>2)</sup> Depending on operating mechanism

El disyuntor tendrá las siguientes dimensiones medidas en milímetros:

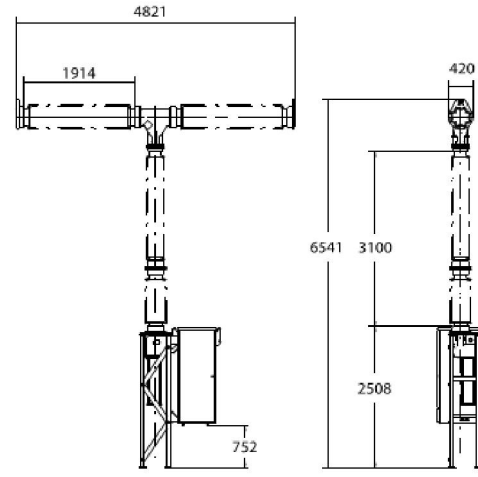
LTB 420E2, Single-pole operation, BLG mechanism  
Rated voltage: 362 - 420 kV

Dimensions (mm)

Available dimensions for phase distances and heights to lowest part of insulator (mm)

Rated voltage	Height to lowest part of insulator				
420 kV	1950	2508*	2992	3642	4142

\* Standard



### 8.3. Disyuntores para el nivel de 220 kV

Para el nivel de 220 kV se escoge disyuntores con las siguientes características:

- Fabricante: **ABB**
- Modelo: LTB 245E1
- Tensión nominal: **245 kV**
- Frecuencia nominal: **50 Hz**
- Numero de cámaras por polos: **1**
- Tensión soportada a frecuencia industrial a tierra: **460 kV**
- Tensión soportada a frecuencia industrial a través del polo abierto: **460 kV**
- Tensión soportada a impulso tipo rayo a tierra: **1050 kV**
- Tensión soportada a impulso tipo rayo a través del polo abierto: **1050 kV**
- Corriente nominal de servicio: **4000 A**
- Corriente nominal de servicio en cortocircuito: **50kA (con una petición al fabricante)**
- Cresta de corriente de cierre: **104**
- Factor de primer polo: **1,5 s**
- Duración de cortocircuito: **3 s**
- Tiempo de cierre: **< 65ms**
- Tiempo de apertura: **17 ms**
- Tiempo de corte: **40 ms**
- Tiempo muerto: **300 ms**

El disyuntor tendrá las siguientes dimensiones medidas en milímetros:





LTB E1, Three-pole operation, BLG mechanism  
Rated voltage: 72.5 - 245 kV

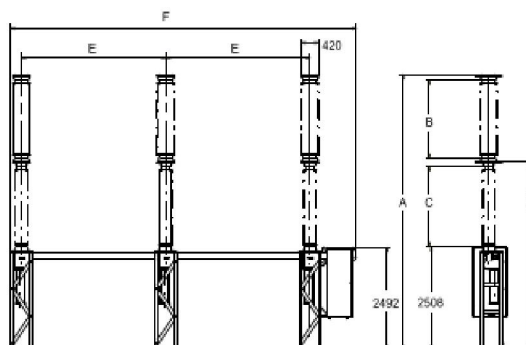
Dimensions (mm)

Rated voltage	A	B	C	D	E	F
72.5 kV	4790	1292	655	3244	1100	3590
170 kV	5400	1292	1265	3854	2500	6390
245 kV	6703	1914	1955	4544	3500	8390

Available dimensions for phase distances and heights to lowest part of insulator (mm)

Rated voltage	Phase distance					
72.5 kV	1100*	1500	2500	3000	3500	4000
170 kV	-	-	2500*	3000	3500	4000
245 kV	-	-	2500	3000	3500*	4000

\* Standard



Rated voltage	Height to lowest part of insulator				
72.5-245 kV	1950	2508*	2992	3642	4142

\* Standard

		LTB 72.5D1/B	LTB 123D1/B	LTB 145D1/B	LTB 170D1/B	LTB 72.5E1	LTB 170E1	LTB 245E1	LTB 420E2	LTB 550E2	LTB 800E4
Number of breaks per pole		1	1	1	1	1	1	1	2	2	4
Rated voltage	kV	72.5	123	145	170	72.5	170	245	420	550	800
Rated frequency	Hz	50/60	50/60	50/60	50/60	50/60	50/60	50/60	50/60	50/60	50
Power frequency withstand voltage <sup>1)</sup>											
- To earth and between phases	kV	140	230	275	325	140	325	460	520	620	830
- Across open pole	kV	140	230	275	325	140	325	460	610	800	1150
Lightning Impulse Withstand Level (LIWL)											
- To earth and between phases	kV	325	550	650	750	325	750	1050	1425	1550	2100
- Across open pole	kV	325	550	650	750	325	750	1050	1425 (+240)	1550 (+315)	2100 (+455)
Switching Impulse Withstand Level (SIWL)											
- To earth / Between phases	kV	-	-	-	-	-	-	-	1050/1575	1175/1760	1550/2480
- Across open pole	kV	-	-	-	-	-	-	-	900 (+345)	1300 (+450)	1175 (+650)
Rated normal current	A	3150	3150	3150	3150	4000	4000	4000	4000	4000	4000
Rated s.c breaking current	kA	40	40	40	40	50/40	50/40	50/40	50/40	50/40	50
First-pole-to-clear factor	-	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.3	1.3	1.3
Making current peak	kA	100/104	100/104	100/104	100/104	125/104	125/104	125/104	125/104	125/104	125
Duration of short-circuit	s	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Closing time <sup>2)</sup>	ms	< 40	< 40	< 40	< 40	< 65	< 65	< 65	< 70	< 70	< 65
Opening time <sup>2)</sup>	ms	22	22	22	22	17	17	17	18	18	20
Break time <sup>2)</sup>	ms	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
Dead time	ms	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300
Rated operating sequence	-	0-0.3 s-CO-3 min-CO or CO-15 s-CO									

<sup>1)</sup> Up to and including 245 kV, power frequency withstand voltage ratings apply for both wet and dry conditions

<sup>2)</sup> Depending on operating mechanism





## 9. Seccionadores

### 9.1. Generalidades

Los seccionadores son aparatos mecánicos cuya función es unir o separar de forma visible diferentes elementos, componentes o tramos de una instalación o circuito para realizar maniobras de operación o de mantenimiento.

También son capaces de soportar permanentemente corrientes en las condiciones normales del circuito, así como fuentes de intensidades durante un tiempo específico, en condiciones anormales, tales como el cortocircuito.

Los seccionadores no están diseñados para maniobrar en carga, así que los enclavamientos entre los interruptores y los seccionadores asociados sería lo correcto, de esta forma no se podrá maniobrar los seccionadores cuando el interruptor está cerrado.

Para los dos niveles de la subestación 400 kV y 220 kV se utilizará varios tipos de seccionadores:

- **Seccionadores de tres columnas giratorias de apertura central:** Este tipo de seccionadores consiste en que la cuchilla o contacto móvil está fijada sobre una columna aislante central que es giratoria. Con esta disposición se tiene una interrupción doble, de tal manera que cada punto de interrupción requiere una distancia en aire igual a la mitad total.
- **Los seccionadores de pantógrafo:** Este tipo de seccionadores han sido creados para simplificar la concepción y la realización de las instalaciones de distribución de alta tensión en intemperie (se suelen utilizar para la conexión entre líneas y embarrados que se hallan a distinta altura y cruzados entre sí). La cinemática del pantógrafo ha sido estudiada de tal forma que la última parte de su carrera de cierra se efectúa sin la ayuda del mando. De esta forma, la presión del contacto es totalmente independiente de la posición final de los elementos de mando. Este seccionador se puede equipar también con cuchillas de puesta a tierra que, como caso general, suelen ir instaladas en los extremos del embarrado donde se hallen los pantógrafos

## 9.2. Seccionadores para nivel de 400 kV

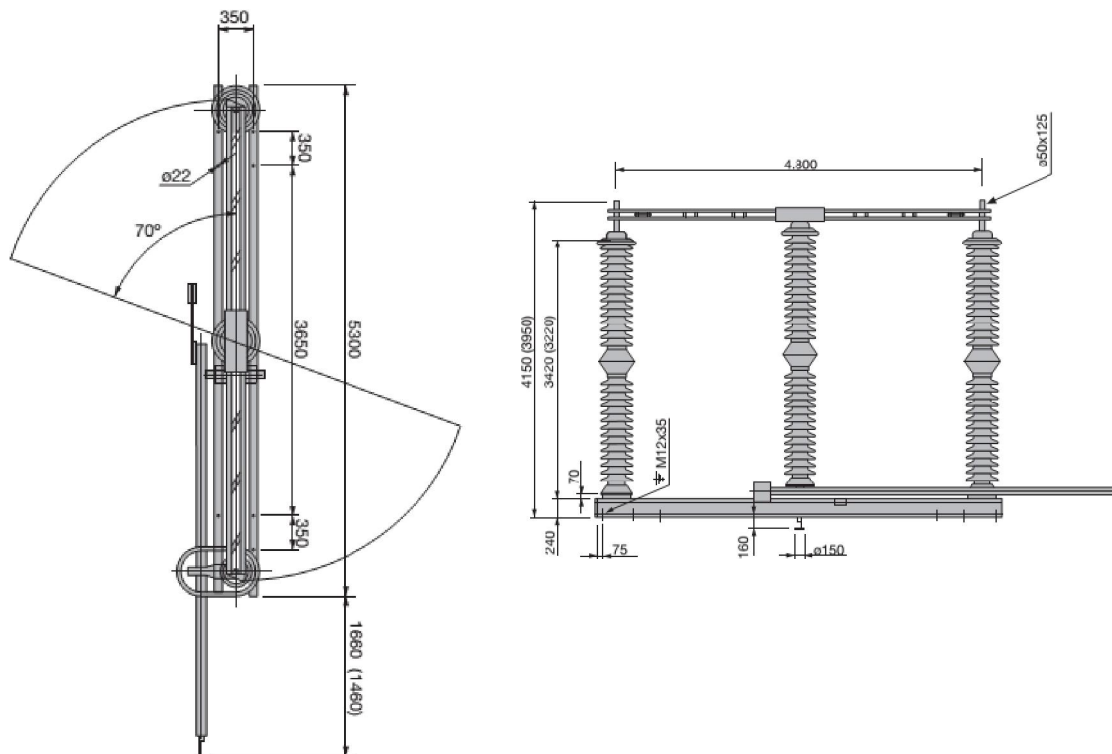
Para el nivel de 400 kV, se instalará tres tipos distintos de seccionadores según su posición:

- Seccionadores de tres columnas giratorias de apertura central con puesta a tierra: **SG3CT-420/4000** para las líneas de entrada.
- Seccionadores de tipo pantógrafo de mando unipolar motorizado de tipo: **SPD 420-4000A**, para las barras.
- Seccionadores de tres columnas giratorias de apertura central: **SG3C-420/4000** para posiciones y aislamiento.

### 9.2.1. Seccionadores de línea

Como se menciona anteriormente se instalarán seccionadores de tres columnas giratorias de apertura central, del fabricante de MESA, cuyas características son las siguientes:

Referencia	Peso	Referencia	Peso	Tensión Nominal	Intensidad Nominal	Tensión de ensayo						Intensidad de corta duración (Valor eficaz) (RMS)	Valor cresta de la intensidad	Tipo de aislador
						A tierra y entre polos			Sobre la distancia de seccionamiento					
						A frecuencia industrial bajo lluvia	A impulso tipo rayo	A impulso tipo maniobra	A frecuencia industrial bajo lluvia	A impulso	A impulso tipo maniobra			
	kg		kg	kV	A	kV	kV	kV	kV	kV	kV			
SG3C-420/3150		SG3CT-420/3150		420	3150	520	1425	1050	610	1665	1245	50	125	C6-1550
SG3C-420/4000	1425	SG3CT-420/4000	1475	420	4000	520	1425	1050	610	1665	1245	50	125	C6-1550
SG3C-420/4000		SG3CT-420/4000		420	4000	520	1425	1050	610	1665	1245	63	160	C8-1550



- Fabricante: **MESA**
- Modelo: **SG3CT-420/4000**
- Tensión nominal: **420**
- Intensidad nominal: **4000 A**
- Intensidad de corta duración: **63 kA**
- Tipo de aislador: **C8-1550**
- Tensión de ensayo a tierra y entre polos a frecuencia industrial bajo lluvia: **520 kV**
- Tensión de ensayo a tierra y entre polos a impulso tipo rayo: **1425 kV**
- Tensión de ensayo a tierra y entre polos a impulso tipo maniobra: **1050 kV**
- Tensión de ensayo sobre la distancia de seccionamiento a frecuencia industrial bajo lluvia: **610 kV**
- Tensión de ensayo sobre la distancia de seccionamiento impulsos tipo rayo: **1665 kV**
- Tensión de ensayo sobre la distancia de seccionamiento impulsos tipo maniobra: **1245 kV**

### 9.2.2. Seccionadores de barra

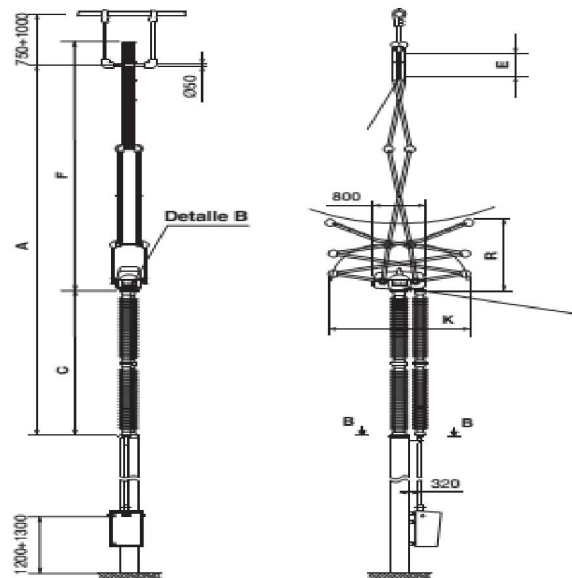
Para la conexión con las barras se utilizará de tipo pantógrafo, de mando unipolar motorizado de tipo **SPD 420-4000**, y con las siguientes características:

- Fabricante: **MESA**
- Tensión nominal: **420**
- Intensidad nominal: **4000 A**
- Intensidad de corta duración: **63 kA**
- Tipo de aislador: **C8-1425**
- Tensión de ensayo a tierra y entre polos a frecuencia industrial bajo lluvia: **520 kV**
- Tensión de ensayo a tierra y entre polos a impulso tipo rayo: **1425 kV**
- Tensión de ensayo a tierra y entre polos a impulso tipo maniobra: **1050 kV**
- Tensión de ensayo sobre la distancia de seccionamiento a frecuencia industrial bajo lluvia: **610 kV**
- Tensión de ensayo sobre la distancia de seccionamiento impulsos tipo rayo: **1665 kV**
- Tensión de ensayo sobre la distancia de seccionamiento impulsos tipo maniobra: **1245 kV**

#### Características técnicas

Mon- taje	Referencia	Fig.	Peso ( <sup>(1)</sup> )  (kg)	Referencia (con PAT)	Peso ( <sup>(1)</sup> )  (kg)	Tensión nominal (kV)	Intensidad nominal (A)	Tensión de ensayo						Intensidad de corta duración (valor eficaz) (kA)	Valor cresta de la intensidad ( <sup>(1)</sup> ) (kA)	Tipo de aislador ( <sup>(1)</sup> )
								A tierra y entre polos			Sobre la distancia de seccionamiento					
								A frecuencia industrial bajo lluvia (kV)	A impulso tipo rayo (kV)	A impulso tipo maniobra (kV)	A frecuencia industrial bajo lluvia (kV)	A impulso (kV)	A impulso tipo maniobra (kV)			
9	SP-170/4000	2	103	SPT-170/4000	153	170	4000	325	750	-	375	880	-	50	125	C8-750
10	SP-245/4000	2	112	SPT-245/4000	162	245	4000	460	1050	-	530	1200	-	50	125	C8-1050
11	SP-245/4000	2	112	SPT-245/4000	162	245	4000	460	1050	-	530	1200	-	63	160	C8-1050
12	SPD-245/4000	3	133	SPDT-245/4000	183	245	4000	460	1050	-	530	1200	-	50	125	C8-1050
13	SPD-245/4000	3	133	SPDT-245/4000	183	245	4000	460	1050	-	530	1200	-	63	160	C8-1050
14	SPD-420/4000	3	150	SPDT-420/4000	200	420	4000	520	1425	1050	610	1665	1245	50	125	C8-1425
15	SPD-420/4000	3	150	SPDT-420/4000	200	420	4000	520	1425	1050	610	1665	1245	63	160	C8-1425

Tensión nominal (kV)	Fig.	A	C	E	F (aprox.)	K (aprox.)	L (min)	R (aprox.)	Anclajes (vista B-B) <sup>(2)</sup>		
									I	Nº agujeros	P
170	2	4390	1700	300	2970	2145	1630	875	225	(4xØ18)	270
245	2	5630	2300	460	3230	2540	2280	1250	225	(4xØ18)	270
245	3	6250	2300	460	3960	1740	2350	1235	225	(4xØ18)	270
420	3	8250	3350	550	4865	2285	3150	1590	254	(4xØ18)	330



### 9.2.3. Seccionadores de posición

Se instalarán seccionadores de tres columnas giratorias de apertura central, del fabricante de MESA, de tipo **SG3C-420/4000A**, cuyas características son muy similares que los seccionadores de línea de 400 kV.

Referencia	Peso	Referencia	Peso	Tensión Nominal	Intensidad Nominal	Tensión de ensayo						Intensidad de corta duración (Valor eficaz) (RMS)	Valor cresta de la intensidad	Tipo de aislador
						A tierra y entre polos			Sobre la distancia de seccionamiento					
						A frecuencia industrial bajo lluvia	A impulso tipo rayo	A impulso tipo maniobra	A frecuencia industrial bajo lluvia	A impulso	A impulso tipo maniobra			
	kg		kg	kV	A	kV	kV	kV	kV	kV				
SG3C-420/3150		SG3CT-420/3150		420	3150	520	1425	1050	610	1665	1245	50	125	C8-1550
SG3C-420/4000	1425	SG3CT-420/4000	1475	420	4000	520	1425	1050	610	1665	1245	50	125	C8-1550
SG3C-420/4000		SG3CT-420/4000		420	4000	520	1425	1050	610	1665	1245	63	160	C8-1550

- Fabricante: **MESA**
- Modelo: **SG3C-420/4000**
- Tensión nominal: **420**
- Intensidad nominal: **4000 A**
- Intensidad de corta duración: **63 kA**
- Tipo de aislador: **C8-1550**



- Tensión de ensayo a tierra y entre polos a frecuencia industrial bajo lluvia: **520 kV**
- Tensión de ensayo a tierra y entre polos a impulso tipo rayo: **1425 kV**
- Tensión de ensayo a tierra y entre polos a impulso tipo maniobra: **1050 kV**
- Tensión de ensayo sobre la distancia de seccionamiento a frecuencia industrial bajo lluvia: **610 kV**
- Tensión de ensayo sobre la distancia de seccionamiento impulsos tipo rayo: **1665 kV**
- Tensión de ensayo sobre la distancia de seccionamiento impulsos tipo maniobra: **1245 kV**

### ***9.3. Seccionadores para nivel de 220 kV***

El nivel de 220 kV, se optará a instalar 2 tipos distintos de seccionadores según la posición:

- Seccionadores de tres columnas giratorias de apertura central con puesta a tierra: **SG3CT-245/1600** para las líneas de salida.
- Seccionadores de tipo pantógrafo de mando unipolar motorizado de tipo: **SPD 420-4000 A**, para las barras.

#### ***9.2.1 Seccionadores de la línea de 220 kV***

Del mismo fabricante "**MESA**", se escogerá seccionadores de tres columnas giratorias de apertura central con puesta a tierra para las líneas del nivel de 220 kV, cuyas características son las siguientes:

- Fabricante: **MESA**
- Modelo: **SG3CT-245/1600**
- Tensión nominal: **245 kV**
- Intensidad nominal: **1600A**
- Intensidad de corta duración: 50 KA (BAJO PEDIDO AL FABRICANTE)
- Tipo de aislador: **C4-1050**
- Tensión de ensayo a tierra y entre polos a frecuencia industrial bajo lluvia: **460 kV**
- Tensión de ensayo a tierra y entre polos a impulso: **1050 kV**
- Tensión de ensayo sobre la distancia de seccionamiento a frecuencia industrial bajo lluvia: **530 kV**
- Tensión de ensayo sobre la distancia de seccionamiento impulsos: **1200 kV**

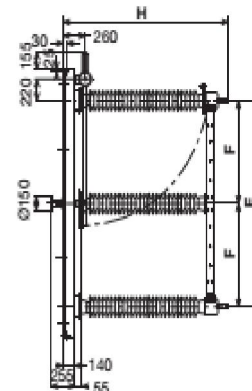
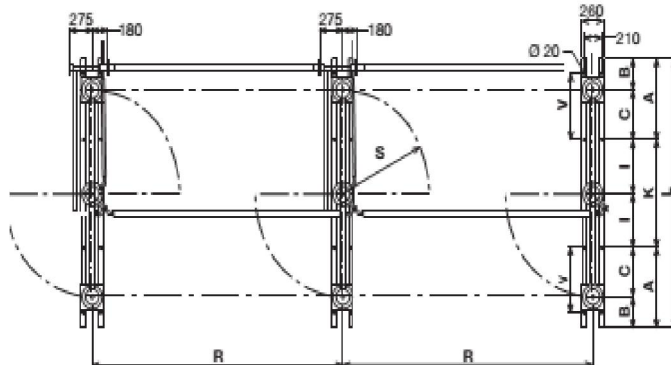


### Características eléctricas

### Electrical Characteristics

	Referencia Reference		Tensión nominal Rated voltage	Intensidad nominal Rated normal current (1)	Tensión de ensayo / Impulse withstand voltage				Intensidad corta duración (valor eficaz) Short time withstand current (RMS) (1)	Valor cresta de la intensidad Peak withstand current (1)	Tipo de aislador Insulator type		
					A tierra y entre polos To earth and between poles		Sobre la distancia de secci. Across isolating distance						
					A frecuencia industrial bajo lluvia / Power frequency wet	A impulso/ Impulse	A frecuencia industrial bajo lluvia / Power frequency wet	A impulso/ Impulse					
A	1	SG3CP-36/1250	SG3CPT-36/1250	36	1250	70	170	80	195	31,5	80	C4-170	
		SG3CP-52/1250	SG3CPT-52/1250	52	800	95	250	110	290	31,5	80	C4-250	
		SG3CP-72/1250	SG3CPT-72/1250	72,5	1250	140	325	160	375	31,5	80	C4-325	
		SG3CP-123/1250	SG3OPT-123/1250	123	1250	230	550	265	630	31,5	80	C4-550	
	2	SG3C-36/1250	SG3CT-36/1250	36	1250	70	170	80	195	31,5	80	C4-170	
		SG3C-52/1250	SG3CT-52/1250	52	1250	95	250	110	290	31,5	80	C4-250	
		SG3C-72/1250	SG3CT-72/1250	72,5	1250	140	325	160	375	31,5	80	C4-325	
		SG3C-123/1250	SG3CT-123/1250	123	1250	230	550	265	630	31,5	80	C4-550	
	3	SG3C-52/1600	SG3CT-52/1600	52	1600	95	250	110	290	40	100	C4-250	
		SG3C-52/2000	SG3CT-52/2000	52	2000	95	250	110	290	40	100	C4-250	
		SG3C-52/2750	SG3CT-52/2750	52	2750	95	250	110	290	40	100	C4-250	
		SG3C-72/1600	SG3CT-72/1600	72,5	1600	140	325	160	375	40	100	C4-325	
	SG3C-72/2000	SG3CT-72/2000	72,5	2000	140	325	160	375	40	100	C4-325		
	SG3C-72/2750	SG3CT-72/2750	72,5	2750	140	325	160	375	40	100	C4-325		
	SG3C-123/1600	SG3CT-123/1600	123	1600	230	550	265	635	40	100	C4-550		
	SG3C-123/2000	SG3CT-123/2000	123	2000	230	550	265	635	40	100	C4-550		
	SG3C-123/2750	SG3CT-123/2750	123	2750	230	550	265	635	40	100	C4-550		
	SG3C-123/2750	SG3CT-123/2750	123	2750	230	550	265	635	40	100	C4-550		
	B	1	SG3CP-145/1250	SG3CPT-145/1250	145	1250	275	650	315	750	31,5	80	C4-650
			SG3CP-170/1250	SG3CPT-170/1250	170	1250	325	750	375	860	31,5	80	C4-750
SG3CP-245/1250			SG3CPT-245/1250	245	1250	460	1050	530	1200	31,5	80	C4-1050	
2		SG3C-145/1250	SG3CT-145/1250	145	1250	275	650	315	750	31,5	80	C4-650	
	SG3C-170/1250	SG3CT-170/1250	170	1250	325	750	375	860	31,5	80	C4-750		
	SG3C-245/1250	SG3CT-245/1250	245	1250	460	1050	530	1200	31,5	80	C4-1050		
C	SG3C-145/1600	SG3CT-145/1600	145	1600	275	650	315	750	40	100	C4-650		
	SG3C-145/2000	SG3CT-145/2000	145	2000	275	650	315	750	40	100	C4-650		
	SG3C-145/2750	SG3CT-145/2750	145	2750	275	650	315	750	40	100	C4-650		
	SG3C-170/1600	SG3CT-170/1600	170	1600	325	750	375	860	40	100	C4-750		
	SG3C-170/2000	SG3CT-170/2000	170	2000	325	750	375	860	40	100	C4-750		
	SG3C-170/2750	SG3CT-170/2750	170	2750	325	750	375	860	40	100	C4-750		
	SG3C-245/1600	SG3CT-245/1600	245	1600	460	1050	530	1200	40	100	C4-1050		
	SG3C-245/2000	SG3CT-245/2000	245	2000	460	1050	530	1200	40	100	C4-1050		
SG3C-245/2750	SG3CT-245/2750	245	2750	460	1050	530	1200	40	100	C4-1050			

C SG3C, SG3CT:  $145 \text{ kV} \leq U_n \leq 245 \text{ kV}$   $1600 \text{ A} \leq I_n \leq 2750 \text{ A}$



Con las siguientes dimensiones en milímetros:

A = 715      F = 1500      L = 3630  
 B = 315      H = 2756      R = 4500  
 C = 400      I = 1100      S = 1450  
 E = 3000      K = 2200      V = 500





Dimensiones

Dimensions

Seccionador Disconnector			Seccionador con puesta a tierra Disconnector with earthing switch			Dimensiones (mm) Dimensions														
Referencia Reference			Referencia Reference																	

### 9.3.2. Seccionadores de barras

Se colocará en las barras de 220 kV, seccionador de tipo pantógrafo, de mando unipolar motorizado de tipo **SPD 245-4000A**, y con las siguientes características

- Fabricante: **MESA**
- Tensión nominal: **245 kV**
- Intensidad nominal: **4000A**
- Intensidad de corta duración: **50 kA**
- Tipo de aislador: **C6-1050**
- Tensión de ensayo a tierra y entre polos a frecuencia industrial bajo lluvia: **460 kV**
- Tensión de ensayo a tierra y entre polos a impulso: **1050 kV**
- Tensión de ensayo sobre la distancia de seccionamiento a frecuencia industrial bajo lluvia: **530 kV**
- Tensión de ensayo sobre la distancia de seccionamiento impulsos: **1200 kV**

#### Características técnicas

Montaje	Referencia	Fig.	Peso ( <sup>1</sup> )  (kg)	Referencia (con PAT)	Peso ( <sup>1</sup> )  (kg)	Tensión nominal (kV)	Intensidad nominal (A)	Tensión de ensayo						Intensidad de corta duración (valor eficaz) (kA)	Valor cresta de la intensidad ( <sup>1</sup> ) (kA)	Tipo de aislador
								A tierra y entre polos			Sobre la distancia de seccionamiento					
								A frecuencia industrial bajo lluvia (kV)	A impulso tipo rayo (kV)	A impulso tipo maniobra (kV)	A frecuencia industrial bajo lluvia (kV)	A impulso (kV)	A impulso tipo maniobra (kV)			
9	SP-170/4000	2	103	SPT-170/4000	153	170	4000	325	750	-	375	860	-	50	125	C6-750
10	SP-245/4000	2	112	SPT-245/4000	162	245	4000	460	1050	-	530	1200	-	50	125	C6-1050
11	SP-245/4000	2	112	SPT-245/4000	162	245	4000	460	1050	-	530	1200	-	63	160	C8-1050
12	SPD-245/4000	3	133	SPDT-245/4000	183	245	4000	460	1050	-	530	1200	-	50	125	C6-1050
13	SPD-245/4000	3	133	SPDT-245/4000	183	245	4000	460	1050	-	530	1200	-	63	160	C8-1050
14	SPD-420/4000	3	150	SPDT-420/4000	200	420	4000	520	1425	1050	610	1665	1245	50	125	C6-1425
15	SPD-420/4000	3	150	SPDT-420/4000	200	420	4000	520	1425	1050	610	1665	1245	63	160	C8-1425

Tensión nominal (kV)	Fig.	A	C	E	F (aprox.)	K (aprox.)	L (min)	R (aprox.)	Anclajes (vista B-B) (2)		
									I	Nº agujeros	P
170	2	4390	1700	300	2970	2145	1630	875	225	(4xØ18)	270
245	2	5630	2300	460	3230	2540	2280	1250	225	(4xØ18)	270
245	3	6250	2300	460	3960	1740	2350	1235	225	(4xØ18)	270
420	3	8250	3350	550	4865	2285	3150	1590	254	(4xØ18)	330



## ***10. Transformadores de intensidad***

### ***10.1. Generalidades***

Los transformadores de medida y de tensión se emplean para alimentar los circuitos de protección, control y medida, en los que es necesario reducir la tensión del circuito primario a valores tolerables por los equipos de estos circuitos, se definen por su relación de transformación, potencia y clase de precisión.

Los objetivos de los transformadores de medida y de tensión son:

- Aislar y separar los circuitos y aparatos de medida y protección de la alta tensión
- Evitar perturbaciones electromagnéticas y reducir las corrientes de cortocircuito
- Procurar un aislamiento galvánico entre la instalación de alta tensión y los circuitos de protección y medida que son accesibles al operario
- Obtener instalaciones y tensiones proporcionales a las que se desea medir y transmitir

Según la norma UNE-EN61869, los transformadores de intensidad son transformadores de medida en los cuales la intensidad secundaria es, en condiciones normales de uso, prácticamente proporcional a la intensidad primaria, desfasada con relación a la misma en un ángulo próximo a cero, para un sentido apropiado de las conexiones.

Los transformadores de intensidad para protección y medida están destinados a transmitir una señal informativa a dispositivos de protección o de mando, y a aparatos de medida o contadores, con el objetivo de asegurar una precisión suficiente para intensidades de valor superior en varias veces a la asignada.

Los transformadores de intensidad pueden tener varios núcleos del lado secundario, que se utilizan, al menos uno para medida y el resto de núcleos para protecciones.

Para un funcionamiento correcto de los transformadores de intensidad, se debe comprobar que la saturación producida por las elevadas corrientes de cortocircuito no influye en la relación de transformación y en el ángulo de fase.



## ***10.2. Transformador de intensidad del nivel de 400 kV***

El parque de 400 kV tiene de intensidad de línea de 866 A, y una intensidad de cortocircuito de 63 KA, así que para elegir un transformador de intensidad adecuado hay que seguir los siguientes pasos:

1. *Elegir una intensidad primaria inmediatamente normalizada de la que se va a medir.*

En este caso la intensidad primaria normalizada sería de 1000 A ya que la intensidad del parque de 400kV es de 866 A.

2. *Elegir como intensidad secundaria 1A O 5A, depende de la distancia entre el transformador y el equipo de medición.*

Como la distancia entre el transformador y los equipos de medida es pequeña, se considera preferentemente una intensidad secundaria de 5 A

3. *Definir la potencia en VA, considerando las potencias consumida por los equipos de medida y la potencia absorbida*

El transformador de intensidad tendría 5 devanados, dos destinados a la medición y el resto a la protección, así se va a calcular la potencia consumida en cada devanado:

Primero devanado o núcleo para medir tiene de potencia conectada:

Amperímetro	: 0,5 VA
Vatímetro	: 0,2 VA
Voltímetro	: 0,5 VA
Relé de sincronismo	: 0,2 VA
Contador de activa	: 0,05 VA
Contador de desactiva	: 0,05 VA

Segundo devanado o núcleo para medida y control tiene de potencia conectada:

Relé de control y medida	: 0,2 VA
Relé de fallo de interruptor	: 0,5 VA
Relé de Reenganche	: 0,5 VA

Tercer devanado o núcleo para protección de distancia tiene de potencia conectada:

Relé de distancia	: 0,55 VA
Protección de sobreintensidad	: 0,2 VA



Relé de máxima tensión	: 0,05 VA
Relé de mínima tensión	: 0,05 VA
Relé de máxima frecuencia	: 0,05 VA
Relé de mínima frecuencia	: 0,05 VA

Cuarto devanado o núcleo para protección diferencial longitudinal tiene de potencia conectada:

Protección diferencial longitudinal	: 0,2 VA
Protección de sobreintensidad	: 0,2VA
Relé de máxima frecuencia	: 0,05 VA
Relé de mínima frecuencia	: 0,05 VA
Relé de máxima tensión	: 0,05 VA
Relé de mínima tensión	: 0,05 VA

Quinto devanado o núcleo para protección de barras tiene de potencia conectada:

Relé diferencial de barras : 0,5VA

Ahora toca calcular las pérdidas en el transformador, para ello:

$$R = \rho \frac{2 * L}{S}$$

Siendo que: R= la impedancia del conductor

L: longitud del conductor = 69 m

$\rho$  = resistividad del cobre

S = sección de conductor

$$R = 0,018 \frac{2 * 69}{6}$$

$$R=0,414 \Omega$$

Por lo tanto la pérdida seria:  $P = RI^2$

$$P = 0,414 * 5^2 = 10,35 \text{ VA}$$

Así que la potencia necesaria seria la suma de las pérdidas más el consumo de potencia de los aparatos conectados en cada devanado:



$$S1: \quad 10,35 + 1,5 = 11,85 \text{ VA}$$

$$S2: \quad 10,35 + 1,2 = 11,55 \text{ VA}$$

$$S3: \quad 10,35 + 0,95 = 11,3 \text{ VA}$$

$$S4: \quad 10,35 + 0,95 = 11,3 \text{ VA}$$

$$S5: \quad 10,35 + 0,5 = 10,85 \text{ VA}$$

Respetando los valores normales de las potencias de precisión se tendría que:

S1: el devanado de medida tendría una potencia de precisión de 15 VA

S2: el devanado de medida y de protección tendría una potencia de precisión de 15 VA

S3: el devanado de protección diferencial longitudinal tendría una potencia de precisión de 15 VA

S4: el devanado de protección de distancia tendría una potencia de precisión de 15 VA

S5: el devanado de protección de barras tendría una potencia de precisión de 15 VA

Comprobando los resultados para los devanados de protección:

$$\frac{ICC}{IPMIN} = \frac{63000 \text{ A}}{1000 \text{ A}} = 63$$

Factor de remanencia, Kr:

$$Kr = Kn * \frac{S_N + S_{TI}}{S_{TI} + S_B}$$

Donde:

$$Kn = 15 \text{ (ALF)} = \frac{63}{5} = 12,6 \text{ y se escoge el valor de 15}$$

$$S_{TI} = 20\% * S_N = 3$$

$$S_B = 10,35 * \cos\varphi = 10,35 \text{ VA}$$

$$Kr = 15 * \frac{3+15}{3+10,35}$$



$$Kr = 23,6 < 63 \quad \textbf{NO Cumple}$$

Por lo tanto hay que aumentar el valor de potencia de precisión y el factor Límite de Precisión ALF hasta 30 VA ya que

$$Kr = K_n * \frac{S_N + S_{TI}}{S_{TI} + S_B}$$

$$Kr = 30 * \frac{6+30}{6+10,35}$$

$$Kr = 66,055 > 63 \quad \textbf{Cumple}$$

4. *Definir la clase de precisión que dependerá de la relación de transformación y del consumo del equipo de medida.*

Los devanados de protección serán de clase 5P según su relación de transformación con un Factor Límite de Precisión ALF de 30, mientras los dos primeros devanados para medida, la clase de precisión normalizada de 0,2S con un factor de seguridad de 5.

#### Conclusión

En el parque de 400 KV, tendrá un transformador de intensidad de 5 devanados que se indican como:

- S1: 15VA clase 0,2S FS 5
- S2: 15VA clase 0,2 FS 5
- S3: 30 VA clase 5P 30
- S4: 30 VA clase 5P 30
- S5: 30 VA clase 5P 30

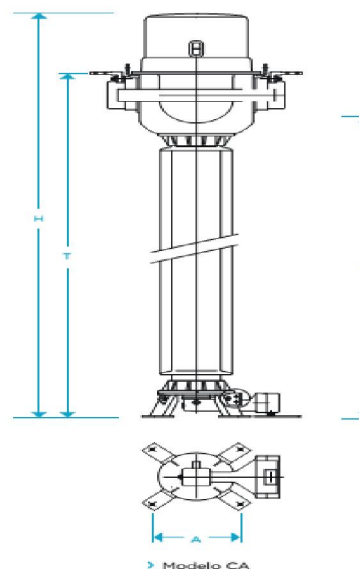
A partir del fabricante **ARTECHE**, se escoge el transformador con la siguiente característica:

- Fabricante: **ARTECHE**
- Modelo: **CA-420**
- Tensión máxima de servicio: 420 kV
- Corriente nominal del secundario: 5 A
- Tensión de ensayo de impulso: 1425 kV
- Tensión de ensayo de frecuencia industrial: 630 kV



- Tensión de ensayo de maniobra: 1050 kV
- Tensión de secundario: 110 V
- Línea de fuga: 10500 mm
- Peso: 920 kg
- Dimensiones en milímetros:

- A = 600
- T = 3875
- H = 4355



## 1. TRANSFORMADORES DE INTENSIDAD > Aislamiento papel-aceite, gas y seco

Aislamiento papel-aceite > Modelo CA									
Modelo	Tensión máxima de servicio (kV)	Tensiones de ensayo			Línea de fuga estándar (mm)	Dimensiones			Peso (kg)
		Frecuencia industrial (kV)	Impulso (kVp)	Maniobra (kVp)		A (mm)	T (mm)	H (mm)	
CA-36	36	70	170	-	900	350	1185	1.625	250
CA-52	52	90	250	-	1.300	350	1185	1.625	260
CA-72	72,5	140	325	-	1.825	350	1.335	1.775	280
CA-100	100	185	450	-	2.500	350	1.335	1.775	290
CA-123	123	230	550	-	3.075	350	1.665	2.095	300
CA-145	145	275	650	-	3.625	350	1.665	2.095	310
CA-170	170	325	750	-	4.250	350	1.895	2.335	330
CA-245	245	460	1.050	-	6.125	450	2.755	3.055	560
		395	950						
CA-300	300	460	1.050	850	7.500	450	3.170	3.580	650
CA-362	362	510	1.175	950	9.050	600	3.875	4.355	870
CA-420	420	630	1.425	1.050	10.500	600	3.875	4.355	920
		575	1.300						
CA-525	(525) 550	680	1.550	1.175	13.125	600	4.530	5.365	1.200
CA-550	(525) 550	800	1.800	1.175	13.750	600	5.205	5.960	1.700
CA-765	(765) 800	880	1.950	1.425	15.300	600	5.770	6.590	2.050
		975	2.100	1.550					

Dimensiones y pesos aproximados. Para necesidades especiales, consultar.

Intensidades primarias: desde 1 A hasta 5.000 A. Intensidades de cortocircuito: hasta 120 kA.



### **10.3 Transformador de intensidad de nivel de 220 kV**

El nivel de 220 kV, tiene una intensidad de línea de 1574,6 A, y una intensidad de cortocircuito de 50 kA, así que para transformador de intensidad se sigue los mismos pasos aplicados en el nivel de 400 kV.

- 1. Elegir una intensidad primaria inmediatamente normalizada de la que se va a medir.*

2000 A sería la intensidad primaria normalizada ya que en el nivel de 220 kV, la intensidad es de 1574,6 A, siendo que 1600 A sería un valor muy justo.

- 2. Elegir como intensidad secundaria 1A O 5A, depende de la distancia entre el transformador y el equipo de medición.*

Como la distancia entre el transformador y los equipos de medida es pequeña, se considera preferentemente una intensidad secundaria de 5 A

- 3. Definir la potencia en VA, considerando las potencias consumida por los equipos de medida y la potencia absorbida*

El transformador de intensidad tendría 5 devanados, dos destinados a la medición y el resto a la protección, así se va a calcular la potencia consumida en cada devanado:

Primero devanado o núcleo para medir tiene de potencia conectada:

Amperímetro	: 0,5 VA
Vatímetro	: 0,2 VA
Voltímetro	: 0,5 VA
Relé de sincronismo	: 0,2 VA
Contador de activa	: 0,05 VA
Contador de desactiva	: 0,05 VA

Segundo devanado o núcleo para medida y control tiene de potencia conectada:

Relé de control y medida	: 0,2 VA
Relé de fallo de interruptor	: 0,5 VA
Relé de Reenganche	: 0,5 VA

Tercer devanado o núcleo para protección de distancia tiene de potencia conectada:

Relé de distancia	: 0,55 VA
-------------------	-----------



Protección de sobreintensidad	: 0,2 VA
Relé de máxima tensión	: 0,05 VA
Relé de mínima tensión	: 0,05 VA
Relé de máxima frecuencia	: 0,05 VA
Relé de mínima frecuencia	: 0,05 VA

Cuarto devanado o núcleo para protección diferencial longitudinal tiene de potencia conectada:

Protección diferencial longitudinal	: 0,2 VA
Protección de sobreintensidad	: 0,2VA
Relé de máxima frecuencia	: 0,05 VA
Relé de mínima frecuencia	: 0,05 VA
Relé de máxima tensión	: 0,05 VA

Relé de mínima tensión	: 0,05 VA
------------------------	-----------

Quinto devanado o núcleo para protección de barras tiene de potencia conectada:

Relé diferencial de barras	: 0,5VA
----------------------------	---------

Ahora toca calcular las pérdidas en el transformador, para ello es necesario calcular la potencia consumida en el primario y en el secundario:

$$R = \rho \frac{2 * L}{S}$$

Siendo que: R= la impedancia del conductor

L: longitud del conductor = 69 m.

$\rho$  = resistividad del cobre

S = sección de conductor

$$R = 0,018 \frac{2 * 70}{6}$$

$$R=0,414 \Omega$$



Por lo tanto la pérdida sería:  $P = RI^2$

$$P = 0,414 * 5^2 = 10,35 \text{ VA}$$

Así que la potencia necesaria sería la suma de las pérdidas más el consumo de potencia de los aparatos conectados en cada devanado:

$$S1: \quad 10,35 + 1,5 = 11,85 \text{ VA}$$

$$S2: \quad 10,35 + 1,2 = 11,55 \text{ VA}$$

$$S3: \quad 10,35 + 0,95 = 11,3 \text{ VA}$$

$$S4: \quad 10,35 + 0,95 = 11,3 \text{ VA}$$

$$S5: \quad 10,35 + 0,5 = 10,85 \text{ VA}$$

Respetando los valores normales de las potencias de precisión se tendría que:

- S1: el devanado de medida tendría una potencia de precisión de 15 VA
- S2: el devanado de medida y de protección tendría una potencia de precisión de 15 VA
- S3: el devanado de protección diferencial longitudinal tendría una potencia de precisión de 15 VA
- S4: el devanado de protección de distancia tendría una potencia de precisión de 15 VA
- S5: el devanado de protección de barras tendría una potencia de precisión de 15 VA

Comprobando los resultados para los devanados de protección:

$$\frac{ICC}{IPMIN} = \frac{50000 \text{ A}}{2000 \text{ A}} = 25$$

Factor de remanencia, Kr:

$$Kr = K_n * \frac{S_N + S_{TI}}{S_{TI} + S_B}$$

Donde:

$$K_n = 15 \text{ (ALF)}$$

$$S_{TI} = 20\% * S_N$$



$$Kr = 15 * \frac{3+15}{3+10,35}$$

$$Kr = 20,224 < 25 \quad \textbf{NO Cumple}$$

Por lo tanto hay que aumentar el valor de potencia de precisión hasta 25 VA ya que

$$Kr = Kn * \frac{S_N + S_{TI}}{S_{TI} + S_B}$$

$$Kr = 15 * \frac{5+25}{5+10,35}$$

$$Kr = 29,316 > 25 \quad \textbf{Cumple}$$

4. Definir la clase de precisión que dependerá de la relación de transformación y del consumo del equipo de medida.

Los devanados de protección serán de clase 5P según su relación de transformación con un Factor Límite de Precisión ALF de 15, mientras los dos primeros devanados para medida la clase de precisión normalizada es de 0,2S con un factor de seguridad de 5.

#### Conclusión

En el parque de 220 KV, tendrá un transformador de intensidad de 5 devanados o núcleos que se indican como:

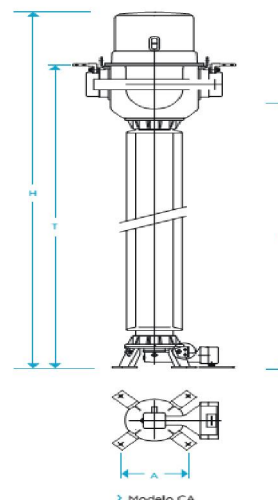
- S1: 15 VA clase 0,2S FS 5
- S2: 15 VA clase 0,2S FS 5
- S3: 25 VA clase 5P 15
- S4: 25 VA clase 5P 15
- S5: 25 VA clase 5P 15

Así que para el nivel de 220 kV, se instalara unos transformadores de intensidad de tipo **ARTECHE CA-245**, que tendrá 4 devanados un de medida y tres de protección.

Con la siguiente característica:

- Fabricante: **ARTECHE**
- Modelo: **CA-245**
- Tensión máxima de servicio: 245 kV
- Corriente nominal del secundario: 5 A

- Tensión de ensayo de impulso: 1059 KV
- Tensión de ensayo de frecuencia industrial: 460 KV
- Línea de fuga: 6125 mm
- Peso: 560 kg
- Dimensiones en milímetros:
  - A = 450
  - T = 2755
  - H = 3055



## 1. TRANSFORMADORES DE INTENSIDAD > Aislamiento papel-aceite, gas y seco

Aislamiento papel-aceite > Modelo CA									
Modelo	Tensión máxima de servicio (kV)	Tensiones de ensayo			Línea de fuga estándar (mm)	Dimensiones			Peso (kg)
		Frecuencia industrial (kV)	Impulso (kVp)	Maniobra (kVp)		A (mm)	T (mm)	H (mm)	
CA-36	36	70	170	-	900	350	1.185	1.625	250
CA-52	52	90	250	-	1.300	350	1.185	1.625	260
CA-72	72,5	140	325	-	1.825	350	1.335	1.775	280
CA-100	100	185	450	-	2.500	350	1.335	1.775	290
CA-123	123	230	550	-	3.075	350	1.665	2.095	300
CA-145	145	275	650	-	3.625	350	1.665	2.095	310
CA-170	170	325	750	-	4.250	350	1.895	2.335	330
CA-245	245	460	1.050	-	6.125	450	2.755	3.055	560
		395	950						
CA-300	300	460	1.050	850	7.500	450	3.170	3.580	650
CA-362	362	510	1.175	950	9.050	600	3.875	4.355	870
CA-420	420	630	1.425	1.050	10.500	600	3.875	4.355	920
		575	1.300						
CA-525	(525) 550	680	1.550	1.175	13.125	600	4.530	5.365	1.200
CA-550	(525) 550	800	1.800	1.175	13.750	600	5.205	5.960	1.700
CA-765	(765) 800	880	1.950	1.425	15.300	600	5.770	6.590	2.050
		975	2.100	1.550					

Dimensiones y pesos aproximados. Para necesidades especiales, consultar.

Intensidades primarias: desde 1 A hasta 5.000 A. Intensidades de cortocircuito: hasta 120 kA.



## ***11. Transformadores de tensión***

### ***11.1. Generalidades***

Los transformadores de tensión son transformadores de medida y protección en los que la tensión secundaria, en las condiciones normales de empleo, es prácticamente proporcional a la tensión primaria y difiere de ella en fase un ángulo que es aproximadamente cero para un sentido apropiado de conexiones.

Y a diferencia de los de intensidad, están conectados en paralelo en los puntos en que se quiere medir la diferencia de tensión. Además no existe diferencia entre los devanados de medida y de protección, ya que en caso de falta, las tensiones que aparecen por fase pueden llegar a ser a lo sumo la tensión compuesta del sistema. Por ello, los arrollamientos secundarios de los transformadores de tensión, tanto para medida como para protección, son sensiblemente iguales y tienen el núcleo magnético común.

En los dos niveles de la subestación, se ha decantado por escoger transformador de tensión inductivos. De acuerdo con la norma UNE – EN 60044, son aquellos transformadores de tensión destinados a transmitir una señal de información a instrumentos de medida, contadores u otros aparatos análogos. El arrollamiento primario es al que se aplica la tensión a transformar, y el arrollamiento secundario, el que alimenta a los instrumentos de medida, contadores y circuitos análogos.

### ***11.2. Transformador de tensión de nivel de 400 kV***

En el nivel de 400 kV tendrá un transformador de tensión de 5 VA de potencia de precisión, tanto para medida como para protección, 0,2 de clase de precisión para medida y 3P para protección tal como viene detallado en continuación y Se indicará como:

***5VA Clase 0,2/3P***





### Potencia de precisión

A diferencia de los transformadores de intensidad, para hallar la potencia de precisión solo hay que saber la potencia consumida por cada aparato conectado, ya que las pérdidas son tan mínimas que se consideran nulas así que para los 5 devanados de tensión serían:

Primero devanado o núcleo para medir tiene de potencia conectada:

Amperímetro	: 0,5 VA
Vatímetro	: 0,2 VA
Voltímetro	: 0,5 VA
Relé de sincronismo	: 0,2 VA
Contador de activa	: 0,05 VA
Contador de desactiva	: 0,05 VA

Segundo devanado o núcleo para medida y control tiene de potencia conectada:

Relé de control y medida	: 0,2 VA
Relé de fallo de interruptor	: 0,5 VA
Relé de Reenganche	: 0,5 VA

Tercer devanado o núcleo para protección de distancia tiene de potencia conectada:

Relé de distancia	: 0,55 VA
Relé de máxima tensión	: 0,05 VA
Relé de mínima tensión	: 0,05 VA
Relé de máxima frecuencia	: 0,05 VA
Relé de mínima frecuencia	: 0,05 VA
Protección de sobreintensidad	: 0,2VA
Teleprotección	: 0,05 VA
Oscilografía	: 0,02 VA

Cuarto devanado o núcleo para protección diferencial longitudinal tiene de potencia conectada:

Protección diferencial longitudinal	: 0,2 VA
Protección de sobreintensidad	: 0,2VA
Relé de máxima frecuencia	: 0,05 VA
Relé de mínima frecuencia	: 0,05 VA
Relé de máxima tensión	: 0,05 VA
Relé de mínima tensión	: 0,05 VA
Teleprotección	: 0,05 VA



Oscilografía : 0,02 VA

Quinto devanado o núcleo para protección de barras tiene de potencia conectada:

Relé diferencial de barras : 0,5VA

Así que la potencia necesaria sería la suma de las pérdidas más el consumo de potencia de los aparatos conectados en cada devanado:

S1: El primer devanado tendrá una potencia de 1,4 VA

S2: El segundo devanado tendrá una potencia de 1,2 VA

S3: El tercer devanado tendrá una potencia de 1,02 VA

S4: El cuarto devanado tendrá una potencia de 0,67VA

S5: El quinto devanado tendrá una potencia de 0,5 VA

Respetando los valores normales de las potencias de precisión se tendría que:

S1: el devanado de medida tendría una potencia de precisión de 5 VA

S2: el devanado de medida y de protección tendría una potencia de precisión de 5 VA

S3: el devanado de protección diferencial longitudinal tendría una potencia de precisión de 5 VA

S4: el devanado de protección de distancia tendría una potencia de precisión de 5 VA

S5: el devanado de protección de barras tendría una potencia de precisión de 5 VA

**Clase de precisión:**

La clase de precisión se designa por un número de clase igual al límite superior del error de tensión, que en este caso sería de 0,2 para medida y de 3P para protección.

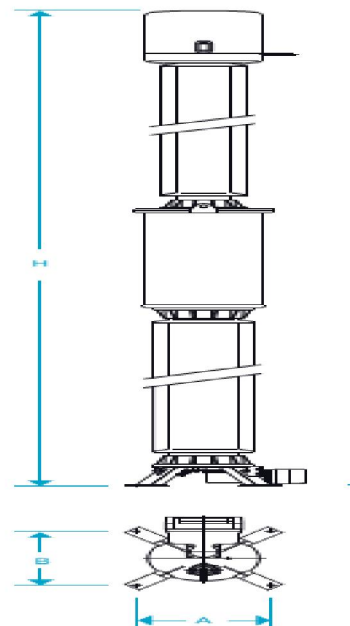
*Conclusión:*

Así que para nivel de 220 KV, tendrá un transformador de intensidad de 5 devanados o núcleos que se indican como

- S1: 5 VA clase 0,2
- S2: 5 VA clase 0,2
- S3: 5 VA clase 3P
- S4: 5 VA clase 3P
- S5: 5 VA clase 3P

Se escoge de nuevo un transformador de tensión a partir del catalogo de **ARTECHE** cuyas características son:

- Fabricante: **ARTECHE**
- Modelo: **UTF-420**
- Tensión máxima de servicio: 420 kV
- Tensión de ensayo de impulso: 1425 KVp
- Tensión de ensayo de frecuencia industrial: 630 KV
- Tensión de ensayo de maniobra: 1050 KVp
- Tensión de secundario:  $110V/\sqrt{3}V$
- Línea de fuga: 10500 mm
- Peso: 1315 kg
- Dimensiones en milímetros:
  - A = 600
  - B = 600
  - H = 5210





## 2. TRANSFORMADORES DE TENSIÓN INDUCTIVOS > Aislamiento papel-aceite y gas

Aislamiento papel-aceite > Modelo UT									
Modelo	Tensión máxima de servicio (kV)	Tensiones de ensayo			Potencia térmica (VA)	Línea de fuga estándar (mm)	Dimensiones		Peso (kg)
		Frecuencia industrial (kV)	Impulso (kVp)	Maniobra (kVp)			A x B (mm)	H (mm)	
UTB-52	52	95	250	-	1.500	1.300	300x300	1.335	95
UTD-52	52	95	250	-	2.000	1.300	330x300	1.395	150
UTB-72	72,5	140	325	-	1.500	1.825	300x300	1.335	108
UTD-72	72,5	140	325	-	2.000	1.825	330x300	1.395	150
UTE-72	72,5	140	325	-	2.500	1.825	400x430	1.645	285
UTD-100	100	185	450	-	2.000	2.500	330x300	1.690	165
UTD-123	123	230	550	-	3.000	3.075	350x475	2.120	292
UTE-123	123	230	550	-	3.500	3.075	350x475	2.120	355
UTE-145	145	275	650	-	3.500	3.625	350x475	2.105	335
UTE-170	170	325	750	-	3.500	4.250	350x475	2.235	350
UTF-245	245	460	1.050	-	3.500	6.125	450x590	3.210	650
		395	950						
UTG-245	245	460	1.050	-	3.500	6.125	500x640	3.260	800
		395	950						
UTG-300	300	460	1.050	850	3.500	7.500	500x640	3.660	910
UTF-420	420	630	1.425	1.050	3.500	10.500	600x600	5.210	1.315
		575	1.300	950					
UTF-525	550(525)	680	1.550	1.175	3.500	13.125	600x600	6.070	1.700

Dimensiones y pesos aproximados. Para necesidades especiales, consultar.

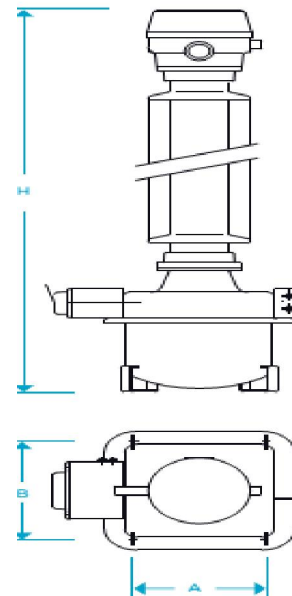
### 11.3. Transformador de tensión de nivel de 220 kV

Para el nivel de 220 kV, utilizando la misma metodología que el nivel de 400 kV, se instalarán transformadores de tensión de una potencia de precisión de 5 VA tanto para medida como para protección, 0,2 de clase de precisión para medida y 3P para protección.

Se indicará como: **5 VA Clase 0,2/3P**

Se escoge de nuevo un transformador de tensión a partir del catálogo de **ARTECHE** cuyas características son:

- Fabricante: **ARTECHE**
- Modelo: **UTG-245**
- Tensión máxima de servicio: 245 kV
- Tensión de ensayo de impulso: 1050 KVp
- Tensión de ensayo de frecuencia industrial: 460 kV
- Tensión de secundario:  $110V/\sqrt{3}V$
- Línea de fuga: 6125 mm
- Peso: 800 kg
- Dimensiones en milímetros:
  - A = 500
  - B = 640
  - H = 3260





## 2. TRANSFORMADORES DE TENSIÓN INDUCTIVOS > Aislamiento papel-aceite y gas

Aislamiento papel-aceite > Modelo UT									
Modelo	Tensión máxima de servicio (kV)	Tensiones de ensayo			Potencia térmica (VA)	Línea de fuga estándar (mm)	Dimensiones		Peso (kg)
		Frecuencia industrial (kV)	Impulso (kVp)	Maniobra (kVp)			A x B (mm)	H (mm)	
UTB-52	52	95	250	-	1.500	1.300	300x300	1.335	95
UTD-52	52	95	250	-	2.000	1.300	330x300	1.395	150
UTB-72	72,5	140	325	-	1.500	1.825	300x300	1.335	108
UTD-72	72,5	140	325	-	2.000	1.825	330x300	1.395	150
UTE-72	72,5	140	325	-	2.500	1.825	400x430	1.645	285
UTD-100	100	185	450	-	2.000	2.500	330x300	1.690	165
UTD-123	123	230	550	-	3.000	3.075	350x475	2.120	292
UTE-123	123	230	550	-	3.500	3.075	350x475	2.120	355
UTE-145	145	275	650	-	3.500	3.625	350x475	2.105	335
UTE-170	170	325	750	-	3.500	4.250	350x475	2.235	350
UTF-245	245	460	1.050	-	3.500	6.125	450x590	3.210	650
		395	950						
UTG-245	245	460	1.050	-	3.500	6.125	500x640	3.260	800
		395	950						
UTG-300	300	460	1.050	850	3.500	7.500	500x640	3.660	910
UTF-420	420	630	1.425	1.050	3.500	10.500	600x600	5.210	1.315
		575	1.300	950					
UTF-525	550(525)	680	1.550	1.175	3.500	13.125	600x600	6.070	1.700

Dimensiones y pesos aproximados. Para necesidades especiales, consultar.



## 12. Distancias

### 12.1. Niveles de aislamiento nominales.

El aislamiento de los equipos que se empleen en las instalaciones de Alta Tensión, a las que hace referencia este Reglamento, deberá adaptarse a los valores normalizados indicados en las normas UNE-EN 60071-1 y UNE-EN 60071-2, salvo en casos especiales debidamente justificados por el proyectista de la instalación.

A partir de las tablas 2 y 3 de Reglamento de alta tensión (ITC- RAT-12) que indican el valor mínimo de las distancias que debe respetar los equipos

#### 12.1.1. Para el nivel de 220 kV

La distancia adicional “d” para este nivel sería de 2,1m.

TABLA 2

TENSIÓN MÁS ELEVADA PARA EL MATERIAL (Um) (kV eficaces)	TENSIÓN SOPORTADA NOMINAL A FRECUENCIA INDUSTRIAL (kV eficaces)	TENSIÓN SOPORTADA NOMINAL A LOS IMPULSOS TIPO RAYO (kV de cresta)	Distancia mínima de aislamiento en aire fase a tierra y entre fases (mm)
52	95	250	480
72,5	140	325	630
123	185 230	450 550	900 1100
145	185 230 275	450 550 650	900 1100 1300
170	230 275 325	550 650 750	1100 1300 1500
245	325 360 395 460	750 850 950 1050	1500 1700 1900 2100

#### 12.1.2. Para el nivel de 400 kV

La distancia adicional “d” para nivel de 400 kV sería de 2,6 m.



**TABLA 3**

TENSIÓN MÁS ELEVADA PARA EL MATERIAL (Um) kV (eficaces)	TENSIÓN SOPORTADA NOMINAL A IMPULSOS TIPO RAYO  1,2/50 $\mu$ s kV (valor de cresta)	TENSIÓN SOPORTADA NOMINAL A LOS IMPULSOS TIPO MANIOBRA  Fase a tierra 250/2500 $\mu$ s kV (valor de cresta)	Distancia mínima de aislamiento en aire fase a tierra (mm)		TENSIÓN SOPORTADA NOMINAL A LOS IMPULSOS TIPO MANIOBRA  Entre fases 250/2500 $\mu$ s kV (valor de cresta)	Distancia mínima de aislamiento en aire entre fases (mm)	
			Conductor/ estructura (mm) (*)	Punta/ estructura (mm) (*)		Conductor/ conductor (paralelos) (mm) (*)	Punta/ conductor (mm) (*)
420	1050	850	1900	2400	1360	2900	3400
	1175		2200				
	1175	950	2200	2900	1425	3100	3600
	1300		2400				
	1300 1425	1050	2600	3400	1575	3600	4200
(*) Las configuraciones "punta-estructura" y "punta-conductor" son las más desfavorables que normalmente puede encontrarse; las configuraciones "conductor-estructura" y "conductor-conductor (paralelos)" cubren un amplio campo de configuraciones normales y resultan menos desfavorables que las anteriores.							

## **12.2. Pasillos de servicio**

La anchura de los pasillos de servicio tiene que ser suficiente para permitir la fácil maniobra e inspección de las instalaciones, así como el libre movimiento por los mismos de las personas y el transporte de los aparatos en las operaciones de montaje o revisión de los mismos.

Esta anchura no será inferior a la que a continuación se indica según los casos:

- Pasillos de maniobra con elementos en alta tensión a un solo lado 1,0 m.
- Pasillos de maniobra con elementos en alta tensión a ambos lados 1,2 m.
- Pasillos de inspección con elementos en alta tensión a un solo lado 0,8 m.
- Pasillos de inspección con elementos en alta tensión a ambos lados 1,0 m.

Para un correcto cumplimiento del reglamento se dejara al menos 2m de anchura en todos los pasillos de la subestación.



### ***12.3. Altura mínima sobre el suelo de los elementos de tensión***

Los elementos en tensión no protegidos que se encuentran sobre los pasillos, deberán estar a una altura mínima "H" sobre el suelo, medida en centímetros, igual a:

$$H = 250 + d$$

#### ***12.3.1. Para el nivel de 400 kV***

Para el nivel de 400 KV la altura mínima de los elementos de tensión sobre el suelo debe ser de 6 m para cumplir el reglamento ya que:

$$H = 250 + d$$

Siendo que  $d=2,6\text{m}$

$$H=2,5+2,6 = 5,1 \text{ m}$$

#### ***12.3.2. Para el nivel de 220 kV***

Mientras tanto en el nivel de 220 kV, 5m seria la altura mínima de los elementos de tensión sobre el terreno ya que:

$$H = 250 + d$$

Siendo que  $d=2,1\text{m}$

$$H=2,5+2,1= 4,6 \text{ m}$$

### ***12.4. Distancia de paso entre los elementos de tensión y aparatos o maquinas***

Según el ITC-RAT 15 (instalaciones eléctricas de exterior) las zonas donde se prevea el paso de aparatos o máquinas deberá mantenerse una distancia mínima entre los elementos en tensión y el punto más alto de aquellos no inferior a

$$T = d + 10$$

Por lo tanto para:

$$\text{El nivel de 400 kV: } T=2,6+10=3,6 \text{ m}$$

$$\text{El nivel de 220 kV: } T=2,1+10=3,1 \text{ m}$$



### ***12.5. Zonas de protección contra contactos accidentales en el interior del recinto de la instalación***

Los sistemas de protección que deban establecerse guardarán unas distancias mínimas medidas en horizontal a los elementos en tensión que se respetarán en toda zona comprendida entre el suelo y una altura de 200 cm que, según el sistema de protección elegido y expresadas en centímetros, serán:

De los elementos en tensión a paredes macizas de 180 cm de altura mínima:

$$B = d + 3$$

De los elementos en tensión a enrejados de 180 cm de altura mínima:

$$C = d + 10$$

De los elementos en tensión a cierres de cualquier tipo (paredes macizas, enrejados, barreras, etc.) con una altura que en ningún caso podrá ser inferior a 100 cm:

$$E = d + 30 \quad \text{con un mínimo de 125 cm.}$$

Para barreras no rígidas y enrejados los valores de las distancias de seguridad en el aire deben incrementarse para tener en cuenta cualquier posible desplazamiento de la barrera o enrejado.

Siendo "d" el mismo valor definido en el apartado 4.1.2 de esta instrucción.

La cuadrícula del enrejado, cuando la hubiere, será como máximo de 50 x 50 mm.

Para la aplicación de estos valores se tendrá en cuenta lo indicado en el apartado 6.2.2 de la ITC-RAT 14.

En la subestación la distancia de protección contra contactos accidentales en el interior sería de:

Para el nivel de 400 kV:

$$E = d + 30$$
$$E = 260 + 30$$
$$E = 290 \text{ cm}$$

Para el nivel de 220 kV:

$$E = d + 30$$
$$E = 210 + 30$$
$$E = 240 \text{ cm}$$



### ***12.6. Zonas de protección contra contactos accidentales desde el exterior del recinto de la instalación***

Para evitar los contactos accidentales desde el exterior del cierre del recinto de la instalación con los elementos en tensión, deberán existir entre éstos y el cierre las distancias mínimas de seguridad, medidas en horizontal y en centímetros, que a continuación se indican:

De los elementos en tensión al cierre cuando éste es una pared maciza de altura  $k < 250 + d$  (cm).

$$F = d + 100$$

De los elementos en tensión al cierre cuando éste es una pared maciza de altura  $k \geq 250 + d$  (cm).

$$B = d + 3$$

De los elementos en tensión al cierre cuando éste es un enrejado de cualquier altura  $k \geq 220$  cm.

$$G = d + 150$$

La cuadrícula del enrejado será como máximo de 50 x 50 mm.

Para nivel de 400 kV:  $G = 260 + 150 = 410$  cm

Para el nivel de kV:  $G = 210 + 150 = 360$  cm

Para ambos nivel de tensión, se colocara una valla a 5m como mínimo de distancia respecto a los elementos de tensiones situados dentro de la subestación, para evitar contactos accidentales desde el exterior.

### ***12.7. Distancias entre conductores***

De acuerdo con el reglamento de líneas eléctricas de alta tensión ITC-LAT-07:

La distancia entre los conductores de fase del mismo circuito o circuitos distintos debe ser tal que no haya riesgo alguno de cortocircuito entre fases, teniendo presente los efectos de las oscilaciones de los conductores debidas al viento y al desprendimiento de la nieve acumulada sobre ellos.

Con este objeto, la separación mínima entre conductores de fase se determinará por la fórmula siguiente:



En la cual:  $D = K\sqrt{(F + L)} + K' D_{pp}$

D = Separación entre conductores de fase del mismo circuito o circuitos distintos en metros.

K = Coeficiente que depende de la oscilación de los conductores con el viento, que se tomará de la tabla 16.

**Tabla 16. Coeficiente K en función del ángulo de oscilación**

Angulo de oscilación	Valores de K	
	Líneas de tensión nominal superior a 30 kV	Líneas de tensión nominal igual o inferior a 30 kV
Superior a 65°	0,7	0,65
Comprendido entre 40° y 65°	0,65	0,6
Inferior a 40°	0,6	0,55

K' = Coeficiente que depende de la tensión nominal de la línea K'=0,85 para líneas de categoría especial y K'=0,75 para el resto de líneas.

F = Flecha máxima en metros.

L = Longitud en metros de la cadena de suspensión. En el caso de conductores fijados al apoyo por cadenas de amarre o aisladores rígidos L=0.

D<sub>pp</sub> = Distancia mínima aérea especificada, para prevenir una descarga disruptiva entre conductores de fase durante sobretensiones de frente lento o rápido.

Siendo que:



Tensión más elevada de la red $U_s$ (kV)	$D_{el}$ (m)	$D_{pp}$ (m)
3,6	0,08	0,10
7,2	0,09	0,10
12	0,12	0,15
17,5	0,16	0,20
24	0,22	0,25
30	0,27	0,33
36	0,35	0,40
52	0,60	0,70
72,5	0,70	0,80
123	1,00	1,15
145	1,20	1,40
170	1,30	1,50
245	1,70	2,00
420	2,80	3,20

Para los dos niveles de tensión de la subestación tanto el de 400 como el de 220 kV se considera que la flecha máxima es de 0,55 m y la longitud de cadena de suspensión 0,9 m según los datos proporcionados por la red eléctrica de España REE, así que la distancia mínima entre los conductores debe ser:

Para el parque de 400 kV:

- $K=0,7$
- Flecha máxima= 0,55 m
- $L= 0,9$  m
- $K'=0,75$
- $D_{pp}=3,2$  m

$$D = K\sqrt{(F + L)} + K' D_{pp}$$

$$D = 0,7\sqrt{(0,55 + 0,9)} + 0,75 * 3,2$$

$$D = 3,24 \text{ m}$$

Para el parque de 220 kV:

- $K=0,7$
- Flecha máxima= 0,55 m
- $L= 0,9$  m
- $K'=0,75$
- $D_{pp}=2,00$  m



$$D = K\sqrt{(F + L)} + K' D_{pp}$$

$$D = 0,7\sqrt{(0,55 + 0,9)} + 0,75 \cdot 2,00$$

$$D = 2,34 \text{ m}$$

### **12.8. Distancias al terreno**

De acuerdo con el reglamento de Líneas de Alta Tensión (Según la ITC-LAT-07 del): La altura de los apoyos será la necesaria para que los conductores, con su máxima flecha vertical queden situados por encima de cualquier punto del terreno, a una altura mínima de:

$$D_{add} + D_{el} = 5,3 + D_{el} \text{ (m)}$$

Con un mínimo de 6 metros.

Así que las distancias mínimas al terreno serán:

Para el nivel de 400 kV:  $D = 5,3 + D_{el} = 5,3 + 2,8 = 8,1 \text{ m}$

Para el nivel de 220 kV:  $D = 5,3 + D_{el} = 5,3 + 1,7 = 7 \text{ m}$

Una vez halladas las distancias mínimas, la red eléctrica de España REE exige unas distancias superiores a las calculadas anteriormente que se debe tener en cuenta.

En el nivel de 400 kV:

- Nivel 1: General barras = 14 m
- Nivel 2: Barras principal y bornas transformadores = 17,5 m
- Nivel 3: entrada-salida líneas = 20,5 m
- Nivel 4: Malla superior = 24 m

En el nivel de 220 kV:

- Nivel 1: General barras = 11 m
- Nivel 2: Barras principal y bornas transformadores = 14,5 m
- Nivel 3: entrada-salida líneas = 17,5 m
- Nivel 4: Malla superior = 21 m



## 13. Red de tierras

### 13.1. Generalidades

Para el diseño de la red de tierra, el reglamento de instalaciones eléctricas de alta tensión: **ITC-RAT 13 INSTALACIONES DE PUESTA A TIERRA**, exige seguir ciertos procedimientos:

1. Investigación de las características del suelo.
2. Determinación de las corrientes máximas de puesta a tierra y del tiempo máximo correspondiente de eliminación del defecto.
3. Diseño preliminar de la instalación de tierra.
4. Cálculo de la resistencia del sistema de tierra.
5. Cálculo de las tensiones de paso y contacto que aparecen en la instalación.
6. Comprobación de que las tensiones de paso y contacto calculadas son inferiores a los valores máximos.

### 13.2. Investigación de las características del suelo.

#### 13.2.1. Resistividad del terreno

La resistividad del terreno es un parámetro importante a la hora de diseñar la red de tierra, ya que su valor está relacionado directamente con las tensiones de paso y contacto y con la resistencia de la red de tierra.

Según el reglamento **ITC-RAT 13** al tener una intensidad de cortocircuito superior a 1500A, no se podrá deducir el valor de la resistividad a partir de la tabla 2 **ITC-RAT 13**, sin embargo recomienda una serie de estudios mediante medidas en campo, utilizando el método WENNER, o, SCHLUMBERGER, o, simplemente el aparato de **Megger** de tierras de cuatro terminales. En este caso a través de Megger se ha obtenido una resistividad de 150  $\Omega/m$ .

#### 13.2.2. Resistividad superficial

Para hallar el valor de la resistividad superficial, en el caso que la subestación este cubierto por una capa adicional de grava se multiplicará el valor de la resistividad de la capa de terreno adicional, por un coeficiente reductor. El coeficiente reductor se obtendrá de la expresión siguiente:

$$C_s = 1 - 0,106 * \left( \frac{1 - \rho / \rho'}{2h_s + 0,106} \right) = 0,671$$



Siendo:  $h_s = 0,1$  el espesor de la capa superficial, en metros.

$\rho' = 3000 \Omega/m$ : la resistividad de grava

$\rho = 150 \Omega/m$ : la resistividad del terreno

Por lo tanto la resistividad superficial tendría un valor de:

$$\rho_s = C_s * \rho' = 0,671 * 3000$$

$$\rho_s = 2013 \Omega/m$$

### ***13.3. Corrientes máximas de puesta a tierra y del tiempo máximo correspondiente de eliminación del defecto.***

#### ***13.3.1. Corriente de puesta a tierra***

Como consecuencias de los posibles tipos de defecto a tierra y las corrientes máximas en los dos niveles de tensión que existe en la subestación, se tiende a escoger la corriente, más desfavorable que sería de 18,37 KA producidas en las líneas de 220 kV.

Según el reglamento **ITC-RAT 13: apartado 5**, Para el cálculo de las corrientes de defecto y de puesta a tierra, se ha de tener en cuenta la forma de conexión del neutro a tierra, así como la configuración y características de la red durante el período subtransitorio. así que al tratar de una instalación de más de 110 kV con el neutro rígido a tierra, el valor de intensidad de puesta a tierra será al que corresponde a la intensidad máxima con un factor de reducción aplicado: 0,7

Así que  $I_{max} = 18,37 \text{ kA}$

$$I_d = 18,37 * 0,7 = 12,86 \text{ kA}$$



### 13.3.2. Tiempo máximo correspondiente de eliminación del defecto.

Se considera que el tiempo máximo de duración del defecto de 0,5 segundos, debido a los equipos de protección escogidos tanto para nivel de 400kV, como el de 220 kV, tal como se expresa a continuación:

Para el nivel de 400 kV:

De acuerdo con el modelo escogido **LTB 420E2** del fabricante de **ABB**, con una duración de cortocircuito de 3 segundos:

Tiempo de cierre: ..... **70 ms**  
Tiempo de apertura: ..... **18 ms**  
Tiempo de corte: ..... **40 ms**  
Tiempo muerto:..... **300 ms**

---

Total.....**428 ms <500 ms**

Para el nivel de 220 kV:

De acuerdo con el modelo escogido **LTB 245E1** del fabricante de **ABB**, con una duración de cortocircuito de 3 segundos:

Tiempo de cierre: ..... **65 ms**  
Tiempo de apertura: ..... **17 ms**  
Tiempo de corte: ..... **40 ms**  
Tiempo muerto:..... **300 ms**

---

Total.....**422 ms <500 ms**

Por lo tanto el tiempo máximo de eliminación de defectos será de 0,5 segundos en toda la subestación.

### 13.4. Diseño preliminar de la instalación de tierra

La malla a instalar en la subestación, estará hecha de conductor de cobre desnudo enterrados con una profundidad de 0,8 m y de superficie de 212 x 175 de acuerdo con el reglamento **ITC-RAT 13** apartado 3.1:

A efectos de dimensionado de las secciones, el tiempo mínimo a considerar para duración del defecto a la frecuencia de la red será de un segundo, y no podrán superarse las siguientes densidades de corriente:



Cobre: 160 A/mm, se establecen como mínimo secciones de 25 mm

#### 13.4.1. Selección del tamaño del conductor

Para hallar el tamaño mínimo del conductor se utilizara la expresión indicada en la norma IEEE 80, usando conductores de cobre:

$$A = \frac{I}{\sqrt{\frac{TCAP * 10^{-4}}{tc * \alpha_r * \rho_r} * \ln \frac{K_o + T_m}{K_o + T_a}}}$$

Siendo que

- I = Intensidad máxima hacia la red de tierras en valor eficaz kA : 18,37 kA
- A = Sección mínima del conductor en mm<sup>2</sup>
- T<sub>m</sub> = Máxima temperatura disponible o temperatura de fusión en °C :200°C
- T<sub>a</sub> = Temperatura ambiente, en °C : 25 °C
- T<sub>r</sub> = Temperatura de referencia para las constantes del material, en °C
- α<sub>0</sub> = Coeficiente térmico de resistividad a 0°C en 1/°C
- α<sub>r</sub> = Coeficiente térmico de resistividad a T<sub>r</sub> en 1/°C
- ρ<sub>r</sub> = Resistividad del conductor de tierra a referencia T<sub>r</sub> en μΩ-cm
- K<sub>o</sub>=1/α<sub>0</sub>, o , [(1/α<sub>0</sub>) – T<sub>r</sub>] en °C
- t<sub>c</sub> = duración de la falta en s = 0,5 s
- TCAP = capacidad térmica por unidad de volumen en J / (cm<sup>3</sup>\*°C).

La Tabla 3 de la norma IEEE 80 proporciona los datos para las constantes α<sub>r</sub>, K<sub>o</sub>, T<sub>m</sub>, ρ<sub>r</sub>, y TCAP.

Así que:

$$A = \frac{18,37}{\sqrt{\frac{3,42 * 10^{-4}}{1 * 0,00393 * 1,72} * \ln \frac{234 + 200}{234 + 25}}}$$

$$A = 113,668 \text{ mm}^2$$

En este caso se escogerá una sección de 120 mm<sup>2</sup> de cobre que es la sección mínima normalizada recomendada por ENDESA para estos niveles de tensión.



Tabla 3. Constantes de los materiales conductores [1]

DESCRIPTION	Material conductivity (%)	OTr factor at 20°C (1/°C)	K <sub>0</sub> at 0°C (0°C)	Fusing temperature T <sub>m</sub>	ρ <sub>r</sub> 20°C (μΩ·cm)	TCAP thermal capacity [J/(cm <sup>3</sup> ·°C)]	K <sub>f</sub>
Copper, annealed soft-drawn	100	0,00393	234	1083	1,72	3,42	7
Copper, commercial hard-drawn	97	0,00381	242	1084	1,78	3,42	7,06
Copper-clad steel wire	40	0,00378	245	1084	4,4	3,85	10,45
Copper-clad steel wire	30	0,00378	245	1084	5,86	3,85	12,06
Copper-clad steel rod	20	0,00378	245	1084	8,62	3,85	14,64
Aluminum, EC grade	61	0,00403	228	657	2,86	2,56	12,12
Aluminum, 5005 alloy	53,5	0,00353	263	652	3,22	2,6	12,41
Aluminum, 6201 alloy	52,5	0,00347	268	654	3,28	2,6	12,47
Aluminum-clad steel wire	20,3	0,0036	258	657	8,48	3,58	17,2
Steel, 1020	10,8	0,00316	605	1510	15,9	3,28	15,95
Stainless-clad steel rod	9,8	0,0016	605	1400	17,5	4,44	14,72
Zinc-coated steel rod	8,6	0,0032	293	419	20,1	3,93	28,96
Stainless steel, 304	2,4	0,0013	749	1400	72	4,03	30,05



### 13.5. Cálculo de la resistencia del sistema de tierra

Según el reglamento ITC-RAT 13 apartado 4.2: La resistencia de tierra del electrodo, que depende de su forma y dimensiones y de la resistividad del suelo, se puede calcular por las fórmulas contenidas en la tabla 3 que sigue, o mediante programas u otras expresiones numéricas suficientemente probadas:

Tabla 3	
Tipo de electrodo	Resistencia en ohmios
Placa enterrada profunda -	$R = 0,8 \cdot \frac{\rho}{P}$
Placa enterrada superficial -	$R = 1,6 \cdot \frac{\rho}{P}$
Pica vertical -	$R = \frac{\rho}{L}$
Conductor enterrado horizontalmente -	$R = \frac{2\rho}{L}$
Malla de tierra -	$R = \frac{\rho}{4r} + \frac{\rho}{L}$

En este caso se empleara la siguiente fórmula:

$$R = \frac{\rho}{4r} + \frac{\rho}{L}$$

Siendo:

- R = resistencia de tierra del electrodo en  $\Omega$
- $\rho$  = resistividad del terreno de  $\Omega \cdot m$ .
- L = longitud en metros de la pica o del conductor, y en malla la longitud total de los conductores enterrados.
- r = radio en metros de un círculo de la misma superficie que el área cubierta por la malla.

Valor de  $\rho$ : *resistividad del terreno*

Como se ha mencionado anteriormente a través de varios métodos: **WENNER**, o, **SCHLUMBERGER**, o, simplemente el aparato de **Megger** de tierras de cuatro terminales. Se ha hallado un valor de 150  $\Omega/m$ .



*Valor de L: longitud en metros de la pica o del conductor*

Para hallar la longitud de los conductores hay que tener en cuenta las dimensiones de la subestaciones que son  $212 \times 175$  metros, pero además hay que dejar como mínimo un metro en cada lado, en este caso se ha optado por dejar  $3$  metros en cada lado, así que las dimensiones finales serian de:  $218 \times 181$  metros, formando una rejilla de malla de  $3 \times 3$  m.

Por lo tanto la longitud de los conductores seria:

- 61 conductores desnudos en 218 metros.
- 73 conductores desnudos en 181 metros.

Así que la longitud de todos los conductores es de:

$$L = 61 \times 218 + 73 \times 181$$

$$L = 26511 \text{ m.}$$

*Valor de r: radio de un círculo de la superficie*

Como se ha dicho anteriormente la subestación está formada por una retícula de  $218 \times 181$  metros, así que para calcular el radio de la superficie de la malla a instalar se parte de que:

$$A = \pi r^2 = b * c$$

$$A = 218 \times 181 = 39458 \text{ m}^2$$

$$r = \sqrt{\frac{A}{\pi}} = \sqrt{\frac{39458}{\pi}} = 112,07 \text{ m}$$

Por último el valor de la resistencia de tierra del electrodo seria de:

$$R = \frac{150}{4 * 112,07} + \frac{150}{26511}$$

$$R = 0,34 \Omega$$



### 13.6. Cálculo de las tensiones de paso y contacto que aparecen en la instalación.

De acuerdo con el apartado 1 del ITC-RAT 13: para determinar las máximas tensiones de contacto y paso admisibles se podrán emplear las expresiones siguientes:

$$U_c = U_{ca} \left[ 1 + \frac{R_{a1} + R_{a2}}{2Z_B} \right] = U_{ca} \left[ 1 + \frac{\frac{Ra1}{2} + 1,5\rho_s}{1000} \right]$$

$$U_p = U_{pa} \left[ 1 + \frac{2R_{a1} + 2R_{a2}}{Z_B} \right] = 10 * U_{ca} \left[ 1 + \frac{2Ra1 + 6\rho_s}{1000} \right]$$

Donde:

- $U_{ca}$  = es el valor admisible de la tensión de contacto aplicada que es función de la duración de la corriente de falta. que en este caso sería de 204 V, según la tabla 1 del ITC-RAT 1

Duración de la corriente de falta, $t_f$ (s)	Tensión de contacto aplicada admisible, $U_{ca}$ (V)
0.05	735
0.10	633
0.20	528
0.30	420
0.40	310
0.50	204
1.00	107
2.00	90
5.00	81
10.00	80
> 10.00	50

- $Z_B$  = Se supone que la resistencia del cuerpo humano es de 1000  $\Omega$ .
- $R_{a1}$  = es la Resistencia del calzado, la resistencia de superficies de material aislante, etc. Para la resistencia del calzado se puede utilizar  $R_{a1} = 2000 \Omega$ .
- $\rho_s$  = es la resistividad superficial = 2013  $\Omega/m$ .
- $R_{a2}$  = Resistencia a tierra del punto de contacto con el terreno de un pie.  $R_{a2} = 3\rho_s$ , donde  $\rho_s$  es la resistividad del suelo cerca de la superficie.



Así que la tensión de contacto sería de:

$$U_c = 204 \left[ 1 + \frac{\frac{2000}{2} + 1,5 * 2013}{1000} \right]$$

$$U_c = 1023,98 \text{ V}$$

Y la tensión de contacto sería de:

$$U_p = 10 * 204 \left[ 1 + \frac{2*2000+6*2013}{1000} \right]$$

$$U_p = 34839,12 \text{ V}$$

### ***13.7. Comprobación de que las tensiones de paso y contacto calculadas son inferiores a los valores máximos.***

La comprobación de las tensiones de paso y contacto calculadas anteriormente, se tendrá lugar cuando haya terminada la construcción final de la subestación eléctrica, que según el apartado 8.1 del ITC-RAT 13: *El Director de Obra deberá verificar que las tensiones de paso y contacto aplicadas están dentro de los límites admitidos con un voltímetro de resistencia interna de mil ohmios. Y que Los equipos de medición deberán tener la opción de medir tensiones de paso y contacto aplicadas, tanto para el caso de que la persona esté calzada o descalza, mediante la inserción de las resistencias correspondientes en el circuito en cada caso.*



## **14. Hilo de guarda**

### **14.1. Generalidades**

La principal función de los hilos de guarda es proteger la subestación y a las personas frente contra las sobretensiones peligrosas de origen atmosférico, para ello hay que determinar la altura a la que se debe colocar y la sección de cable.

### **14.2. Altura mínima de los hilos de guarda de la subestación**

La altura mínima de hilo de guarda, se halla mediante la siguiente fórmula:

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

Siendo que:

- h = altura de equipos a proteger.
- 2a = anchura de celda a calle.
- H = altura mínima de hilo de guarda.

#### **14.2.1. En el nivel de 400 kV**

La altura de equipos a proteger en este nivel según la exigencia de la red eléctrica de España es de 20,5 metros, y la anchura de la celda en este caso es de 18 metros porque los cables están separados por 6 metros. así que la altura mínima de hilo de guarda sería de:

$$H = \frac{4 \cdot 20,5 + \sqrt{16 \cdot 20,5^2 - 12(20,5^2 - 9^2)}}{6}$$

$$H = 22,25 \text{ m}$$

Para respetar las distancias a los elementos de tensión se colocara el hilo de guarda a una altura de 25m, se esta forma estará respetando a su vez la distancia mínima exigida por **REE** que es de 24 m.



### **14.2.2. En el nivel de 220 kV**

La altura de equipos a proteger en este nivel según la exigencia de la red eléctrica de España es de 17,5 metros, y la anchura de la celda en este caso es de 15 metros ya que los cables están separados por 5 metros. así que la altura mínima de hilo de guarda sería de:

$$H = \frac{4 \cdot 17,5 + \sqrt{16 \cdot 17,5^2 - 12(17,5^2 - 7,5^2)}}{6}$$

$$H = 18,93 \text{ m}$$

Para respetar las distancias a los elementos de tensión se colocara el hilo de guarda a una altura de 21 m, se esta forma estará respetando a su vez la distancia mínima exigida por **REE** que es de 21 m.

Aunque esta altura de hilo de guarda en este nivel respeta las distancias mínimas exigidas por el reglamento y por la compañía, sin embargo se colocará el hilo de guarda a la misma altura que el nivel de 400 kV, o sea a 24 metros, como suposición del peor caso posible que pueda producir.



# DOCUMENTO Nº2

# Planos

UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA

ESCUELA DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

2018





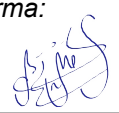

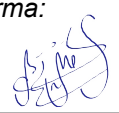

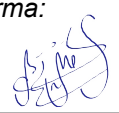
MERIE M LAMGAYAZE



INDICE:

Plano de Localización.....	01.00
Plano de Emplazamiento.....	01.01
Leyenda de los planos .....	01.02
Esquema unifilar del parque de 400 kV.....	02.00
Esquema unifilar del parque de 220 kV.....	02.02
Esquema unifilar general.....	02.02
Esquema de protecciones de línea de 400 kV.....	03.00
Esquema de protecciones de línea de 220 kV.....	03.01
Esquema de protecciones de transformador.....	03.02
Esquema unifilar de protecciones de acoplamiento de barras.....	03.03
Plano de planta general.....	04.00
Plano de planta del parque de 400 kV.....	04.01
Plano de planta del parque de 220 kV.....	04.02
Plano de malla de tierra.....	05.00
Posición de línea 220 kV.....	06.00
Posición de acoplamiento de barras 220 kV.....	06.01
Posición de línea 400 KV (sección A-A).....	06.02
Posición de las dos líneas de entrada de 400 KV (sección B-B).....	06.03
Posición de del transformador 400/220 kV (sección C-C).....	06.04
Plano de planta de edificio de control.....	07.00
Plano de alzado de edificio de control .....	07.01

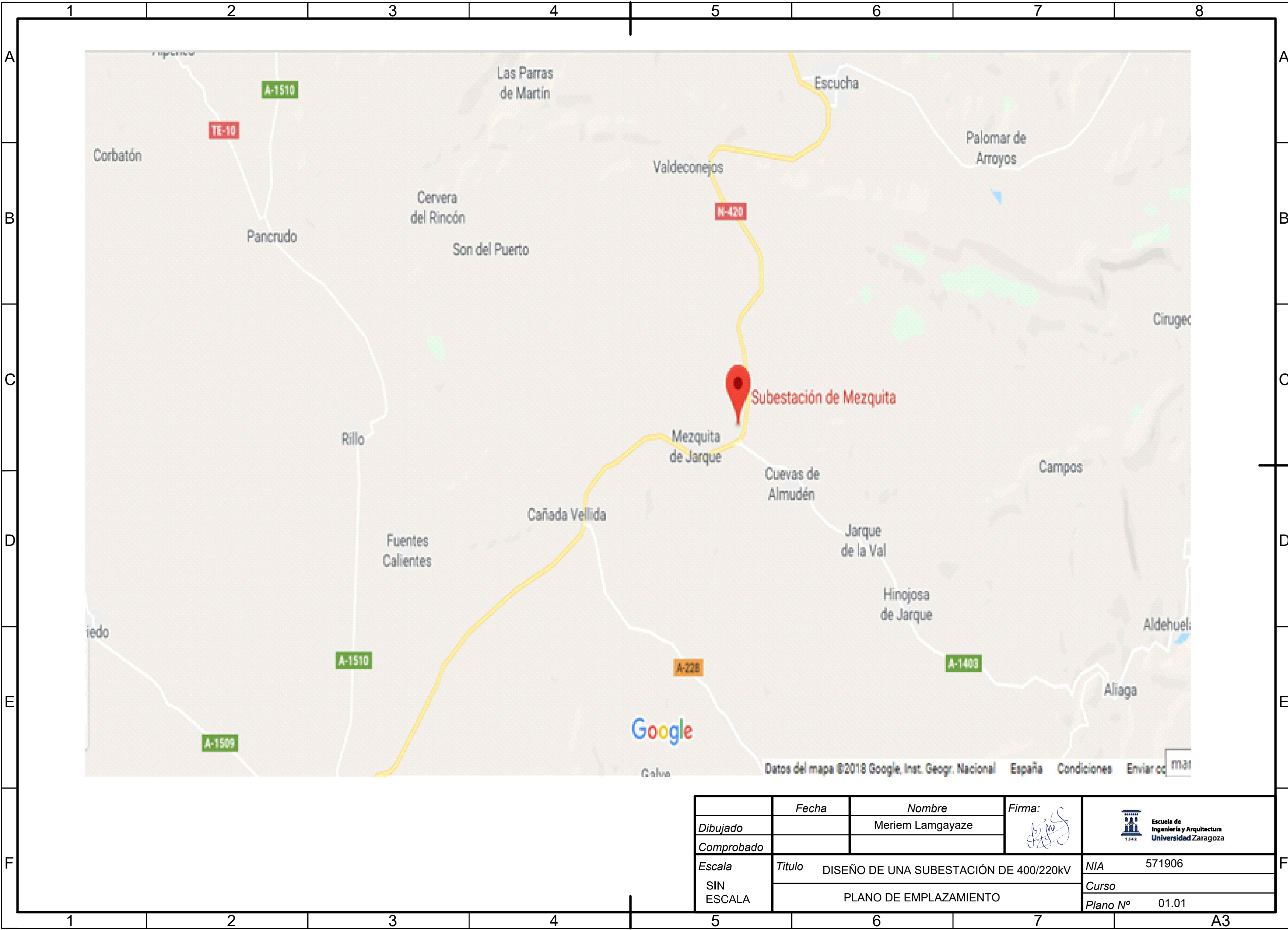



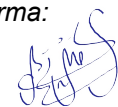
1	2	3	4	5	6	7	8																																	
A								A																																
B								B																																
C								C																																
D								D																																
E								E																																
F	<table border="1"><tr><td></td><td>Fecha</td><td>Nombre</td><td>Firma:</td><td rowspan="2"> Escuela de Ingeniería y Arquitectura Universidad Zaragoza</td></tr><tr><td>Dibujado</td><td></td><td>Meriem Lamgayaze</td><td></td></tr><tr><td>Comprobado</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>Escala</td><td>Titulo</td><td colspan="2">DISEÑO DE UNA SUBESTACIÓN DE 400/220kV</td><td>NIA</td><td>571906</td></tr><tr><td>SIN ESCALA</td><td></td><td colspan="2">PLANO DE LOCALIZACION</td><td>Curso</td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td colspan="2"></td><td>Plano N°</td><td>01.00</td></tr></table>								Fecha	Nombre	Firma:	 Escuela de Ingeniería y Arquitectura Universidad Zaragoza	Dibujado		Meriem Lamgayaze		Comprobado					Escala	Titulo	DISEÑO DE UNA SUBESTACIÓN DE 400/220kV		NIA	571906	SIN ESCALA		PLANO DE LOCALIZACION		Curso						Plano N°	01.00	F
	Fecha	Nombre	Firma:	 Escuela de Ingeniería y Arquitectura Universidad Zaragoza																																				
Dibujado		Meriem Lamgayaze																																						
Comprobado																																								
Escala	Titulo	DISEÑO DE UNA SUBESTACIÓN DE 400/220kV		NIA	571906																																			
SIN ESCALA		PLANO DE LOCALIZACION		Curso																																				
				Plano N°	01.00																																			
1	2	3	4	5	6	7	8																																	

CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK







	Fecha	Nombre	Firma:	 <div>Escuela de Ingeniería y Arquitectura Universidad Zaragoza</div>
Dibujado		Meriem Lamgayaze		
Comprobado				
Escala	Titulo	DISEÑO DE UNA SUBESTACIÓN DE 400/220kV		NIA 571906
SIN		PLANO DE EMPLAZAMIENTO		Curso
ESCALA				Plano Nº 01.01

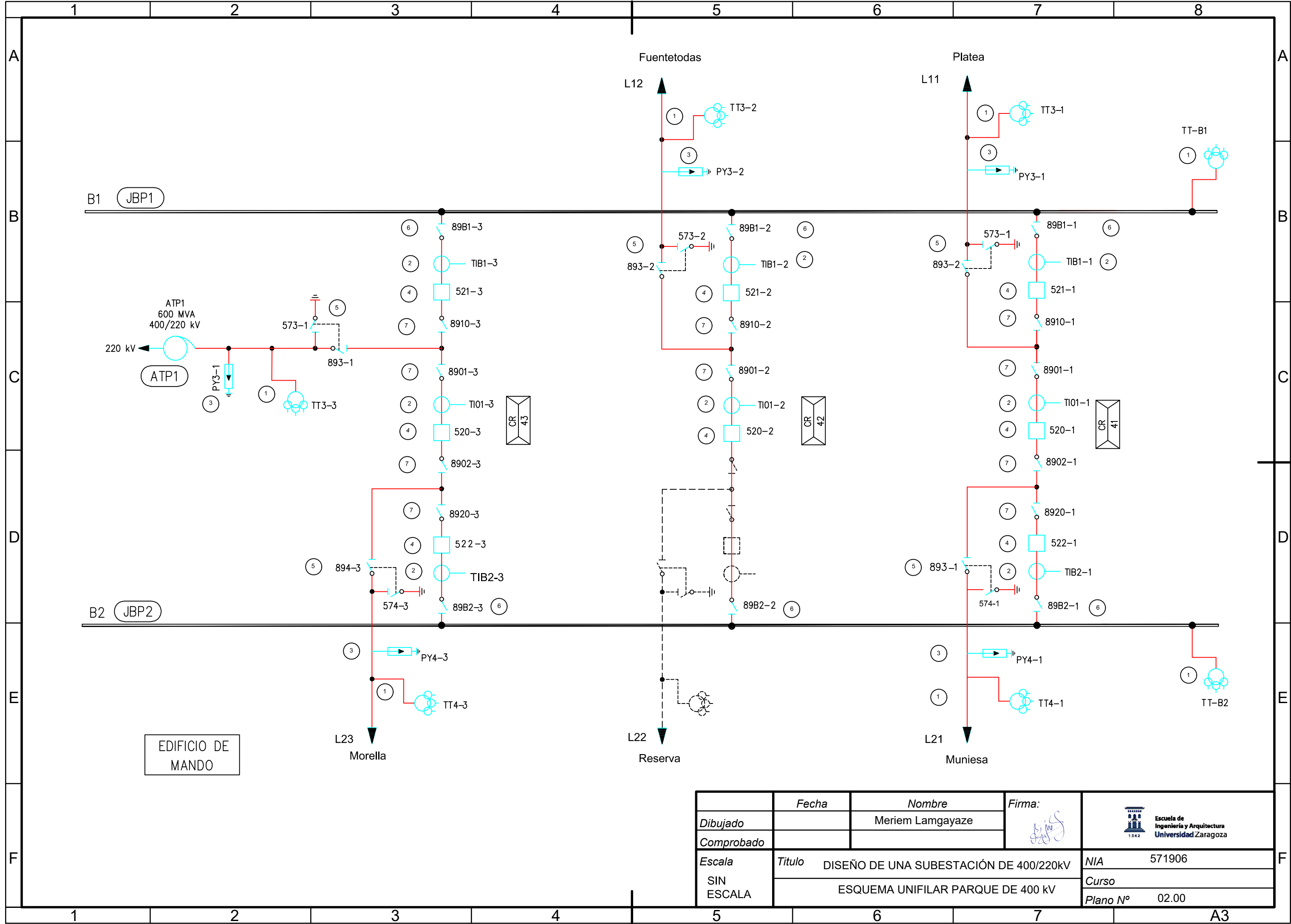
LEYENDA 400 kV

- 1 TRAF0 DE TENSION ARTECHE UTF-420
- 2 TRAF0 DE INTENSIDAD ARTECHE CA-420
- 3 AUTOVÁLVULAS DE ABB EXLIM P330-XH420
- 4 DISYNTOR DE ABB LTB 420 E2
- 5 SECCIONADOR DE MESA DE LÍNEA SG3T-420/4000A
- 6 SECCIONADOR DE MESA DE BARRA SPD 420-4000A
- 7 SECCIONADOR DE MESA DEPOSICIÓN SG3C-420/4000A



LEYENDA 220 kV

- 8 TRAF0 DE TENSION ARTECHE UTG-245
- 9 TRAF0 DE INTENSIDAD ARTECHE CA-420
- 10 AUTOVÁLVULAS DE ABB EXLIM P198-XH245
- 11 DISYNTOR DE ABB LTB 245 E1
- 12 SECCIONADOR DE MESA DE LÍNEA SG3T-245/1600A
- 13 SECCIONADOR DE MESA DE BARRA SPD 245-4000A

	Fecha	Nombre	Firma:	 Escuela de Ingeniería Arquitecta Universidad Zaragoza
Dibujado		Meriem Lamgayaze		
Comprobado				
Escala	Titulo DISEÑO DE UNA SUBESTACIÓN DE 400/220kV			N/A 571906
SIN ESCALA	LEYENDA DE PLANOS			Curso
				Plano N° 01.02

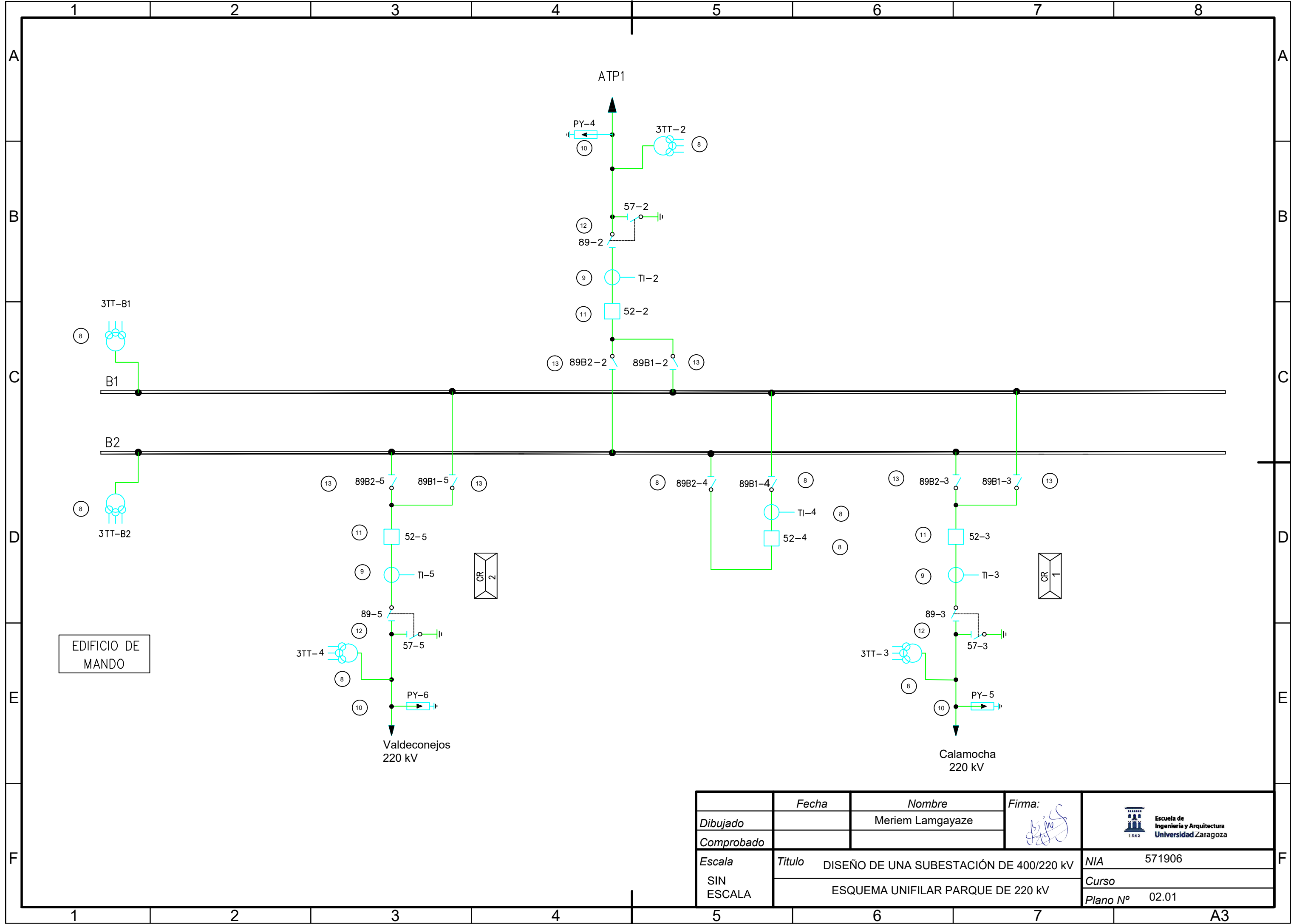


EDIFICIO DE  
MANDO

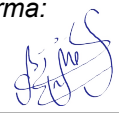

	Fecha	Nombre	Firma:	 Escuela de Ingeniería y Arquitectura Universidad Zaragoza
Dibujado		Meriem Lamgayaze		
Comprobado				
Escala	Titulo DISEÑO DE UNA SUBESTACIÓN DE 400/220kV ESQUEMA UNIFILAR PARQUE DE 400 kV			NIA 571906
SIN ESCALA				Curso
				Plano N° 02.00



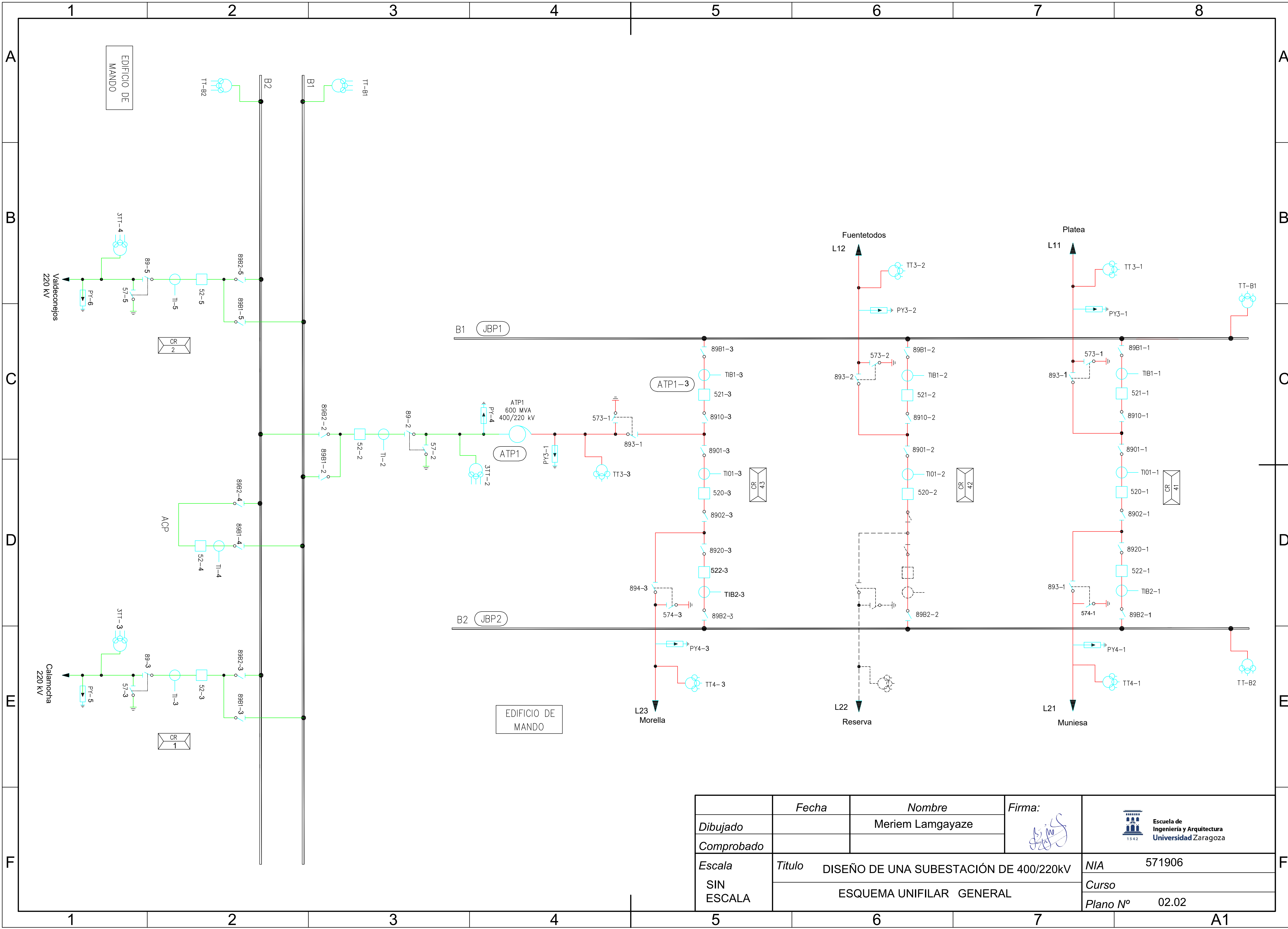
CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

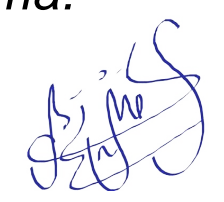



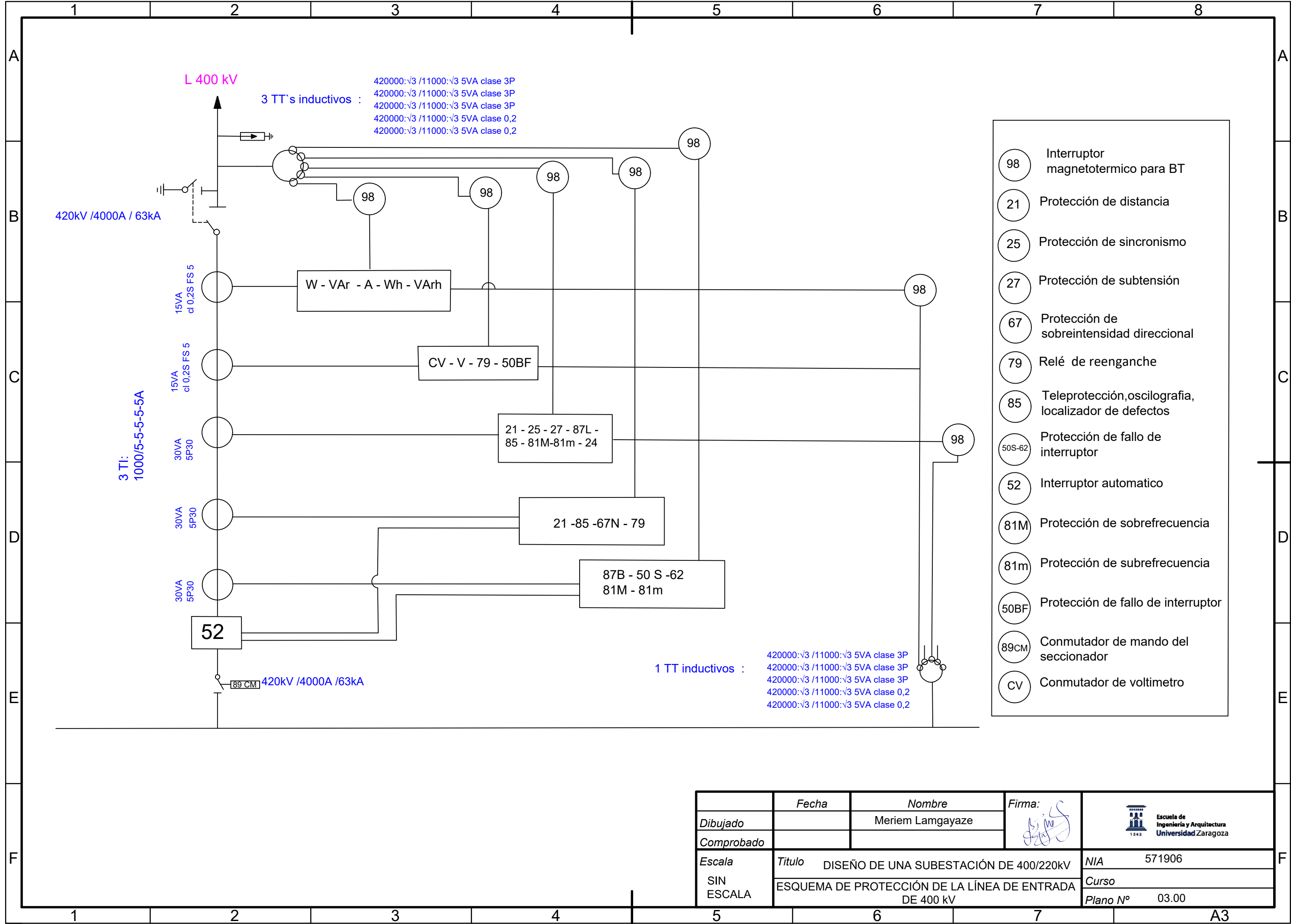
CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK


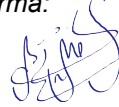
	Fecha	Nombre	Firma: 	 Escuela de Ingenieria y Arquitectura Universidad Zaragoza
Dibujado		Meriem Lamgayaze		
Comprobado				
Escala	Titulo	DISEÑO DE UNA SUBESTACIÓN DE 400/220 kV		NIA 571906
SIN ESCALA		ESQUEMA UNIFILAR PARQUE DE 220 kV		Curso
				Plano N° 02.01

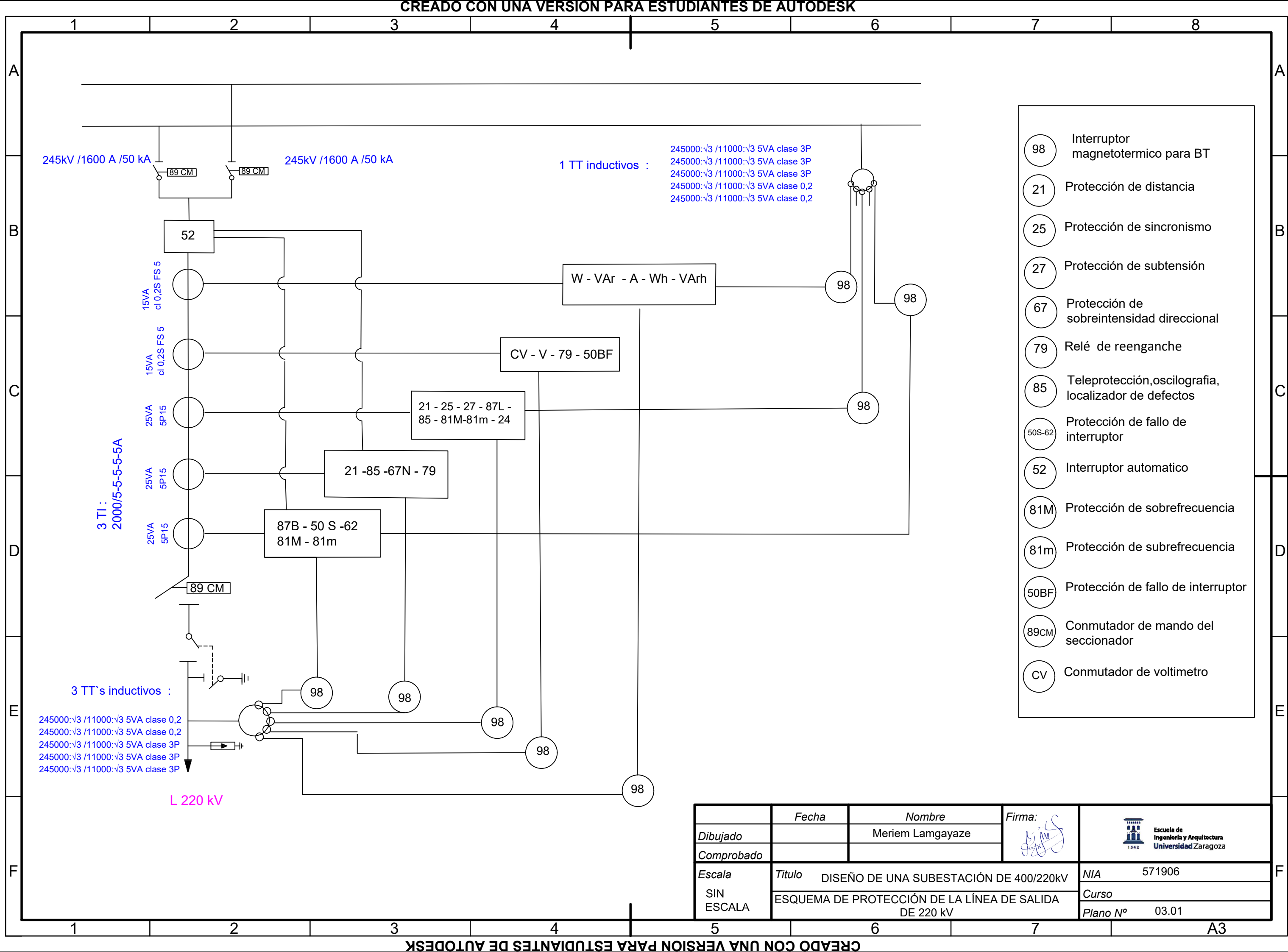
A3



	Fecha	Nombre	Firma: 	 Escuela de Ingeniería y Arquitectura Universidad Zaragoza
Dibujado		Meriem Lamgayaze		
Comprobado				
Escala	Titulo	DISEÑO DE UNA SUBESTACIÓN DE 400/220kV		NIA 571906
SIN ESCALA		ESQUEMA UNIFILAR GENERAL		Curso
				Plano N° 02.02

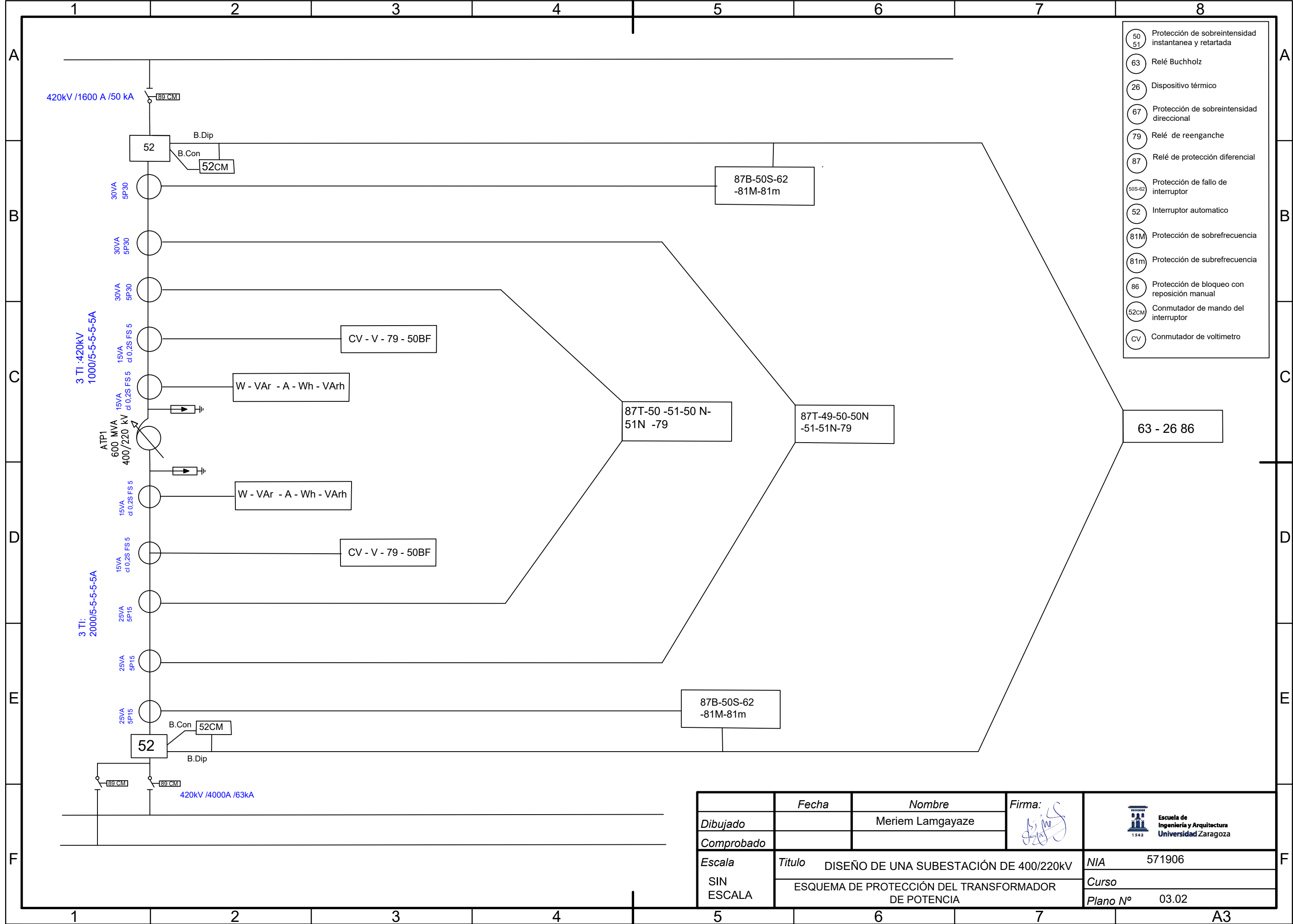


	Fecha	Nombre	Firma:	 Escuela de Ingeniería y Arquitectura Universidad Zaragoza
Dibujado		Meriem Lamgayaze		
Comprobado				
Escala	Título DISEÑO DE UNA SUBESTACIÓN DE 400/220kV ESQUEMA DE PROTECCIÓN DE LA LÍNEA DE ENTRADA DE 400 kV			NIA 571906
SIN ESCALA				Curso
				Plano N° 03.00





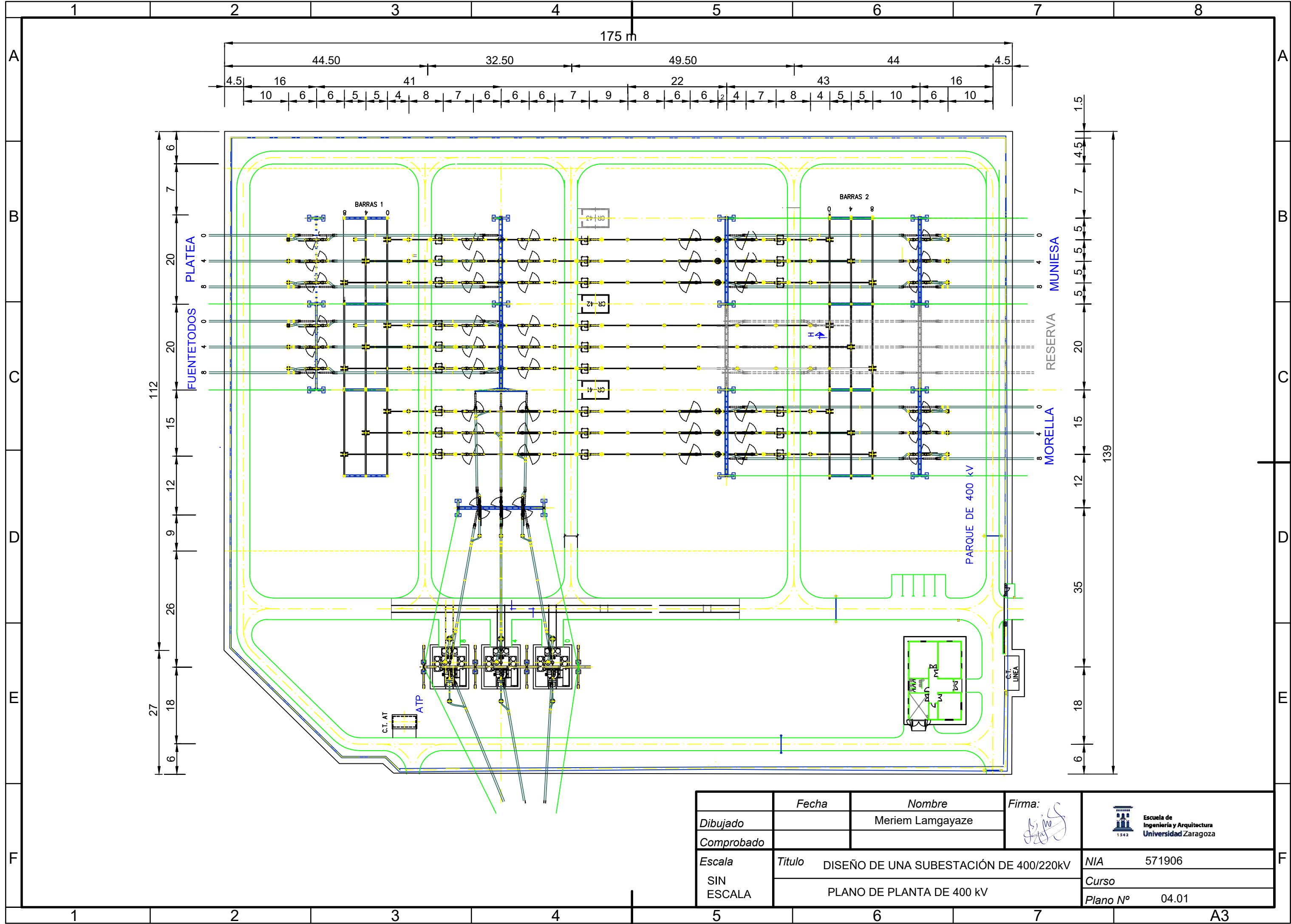
CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK



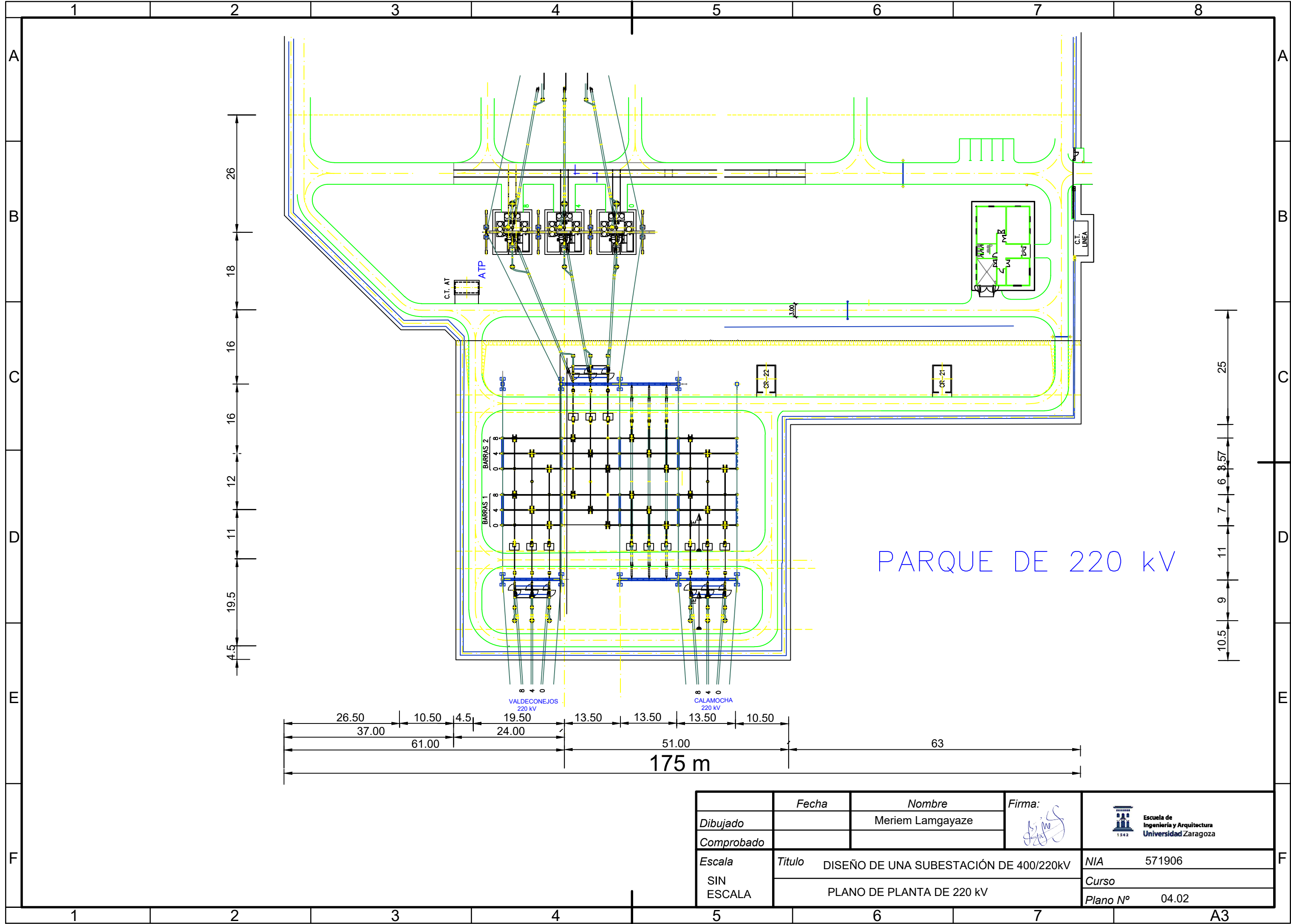
CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK





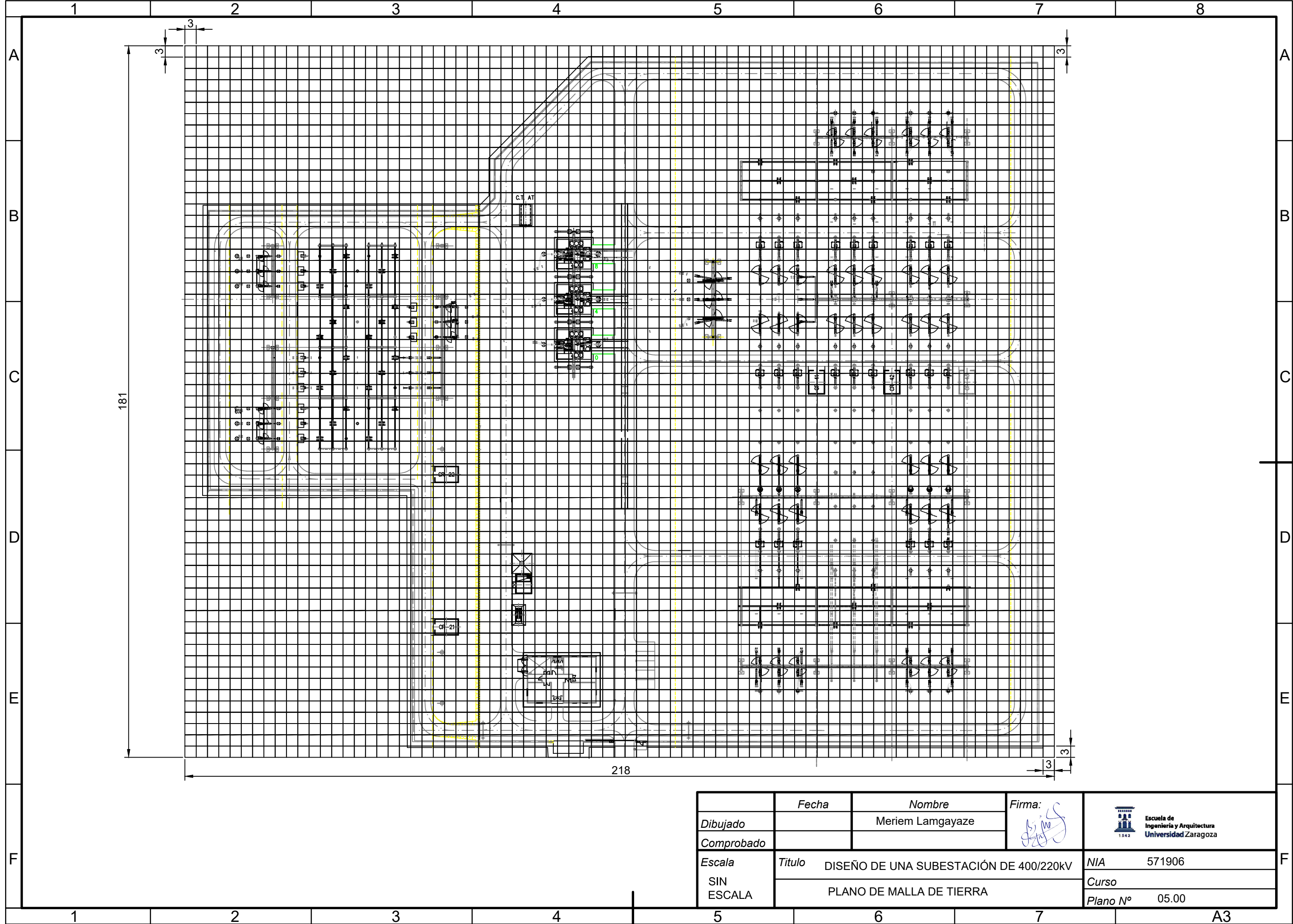






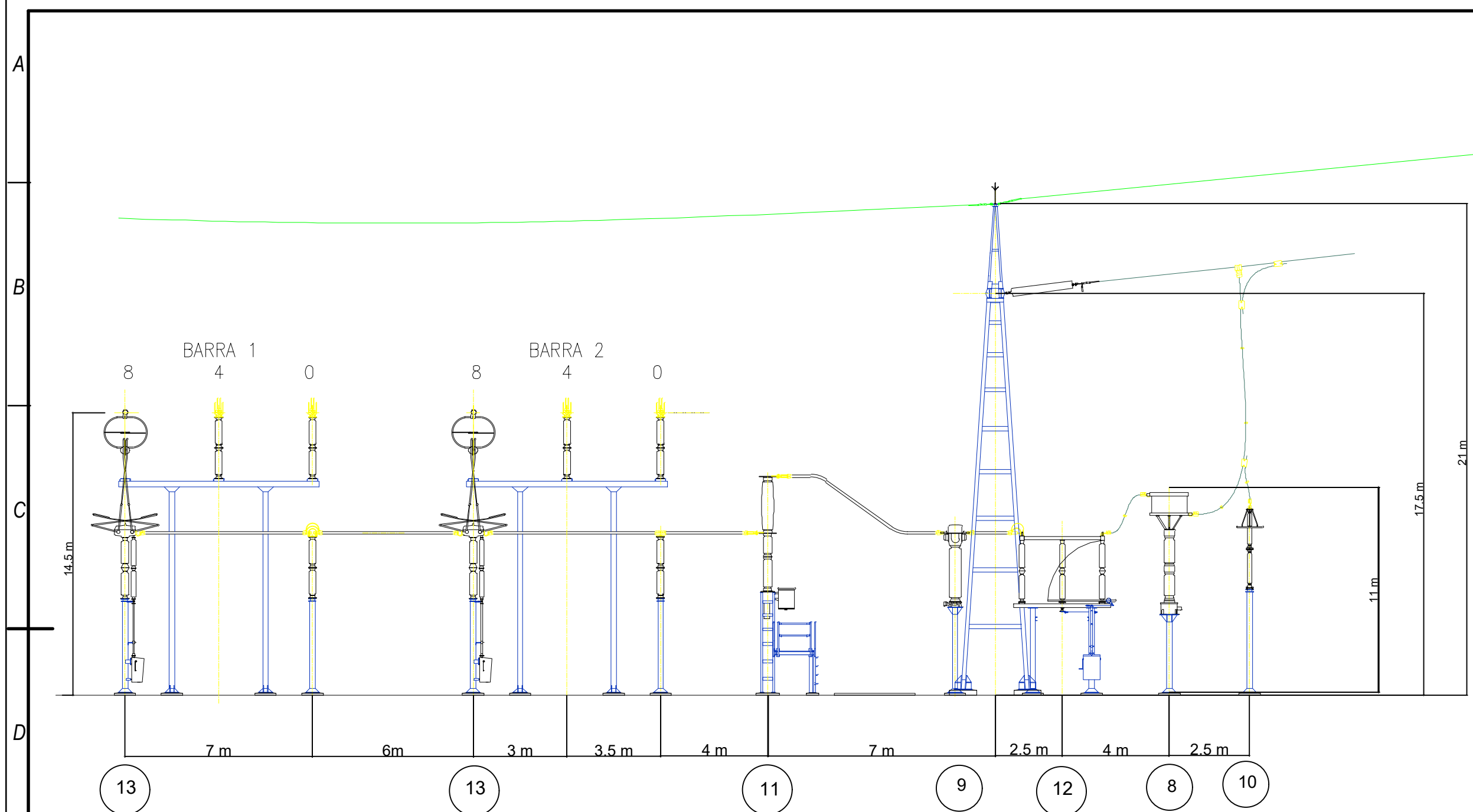




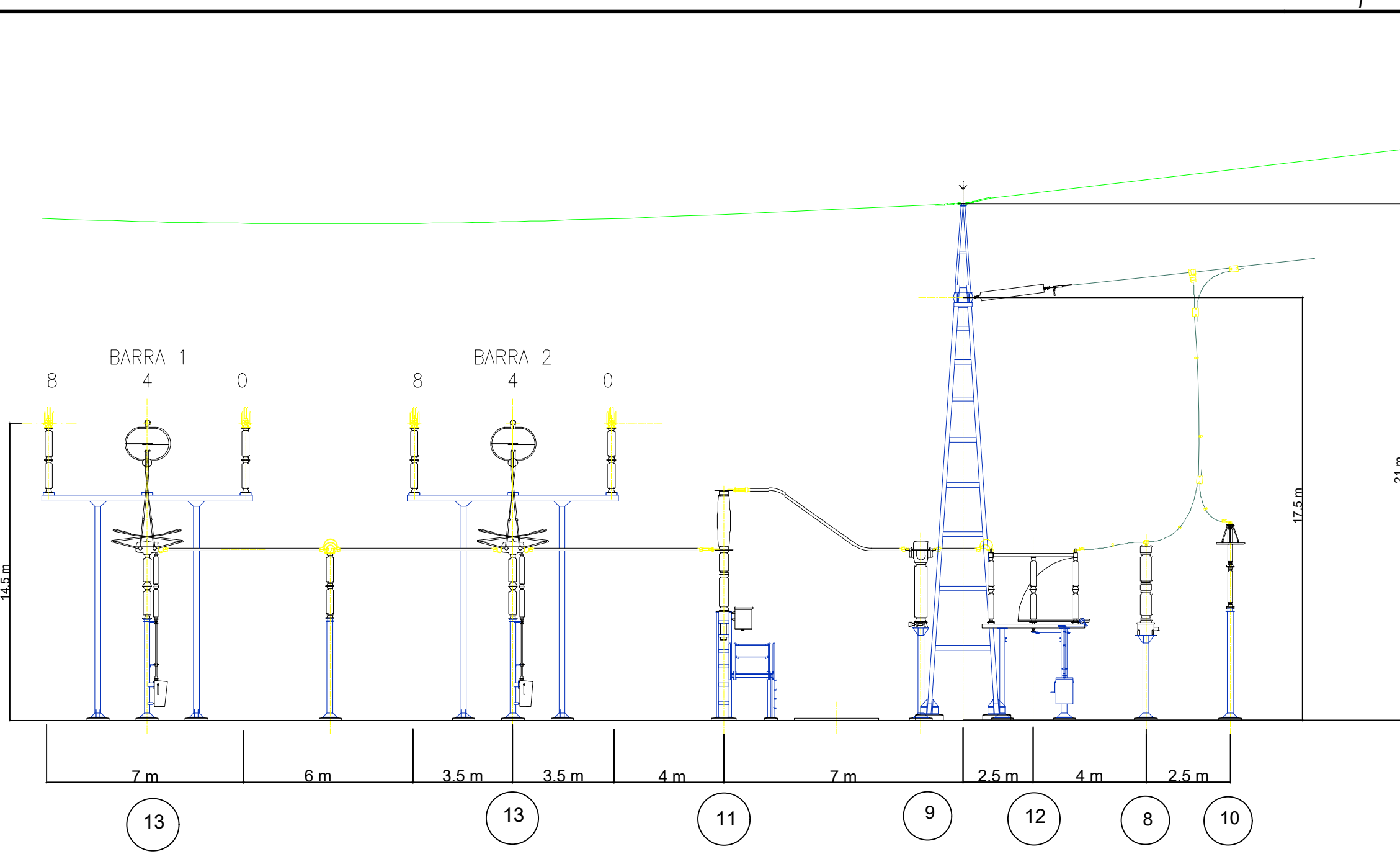
	Fecha	Nombre	Firma:	 Escuela de Ingeniería y Arquitectura Universidad Zaragoza
Dibujado		Meriem Lamgayaze		
Comprobado				
Escala	Titulo	DISEÑO DE UNA SUBESTACIÓN DE 400/220kV		NIA 571906
SIN ESCALA		PLANO DE PLANTA DE 220 kV		Curso
				Plano Nº 04.02



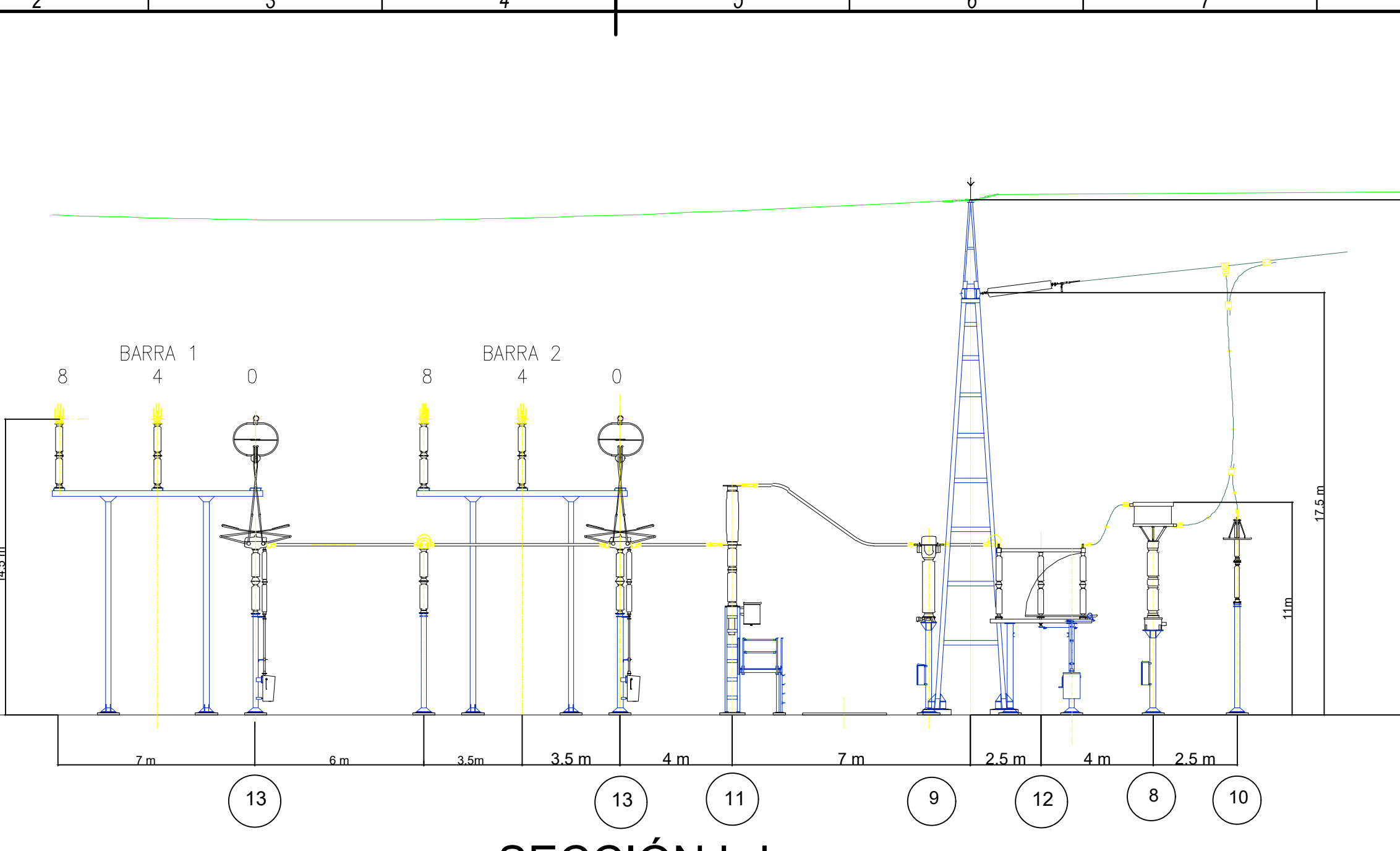
	Fecha	Nombre	Firma:	 <div>Escuela de Ingeniería y Arquitectura Universidad Zaragoza</div>
Dibujado		Meriem Lamgayaze		
Comprobado				
Escala	Titulo	DISEÑO DE UNA SUBESTACIÓN DE 400/220kV		NIA 571906
SIN ESCALA		PLANO DE MALLA DE TIERRA		Curso
				Plano N° 05.00



SECCIÓN N-N  
FASE 8



SECCIÓN M-M  
FASE 4



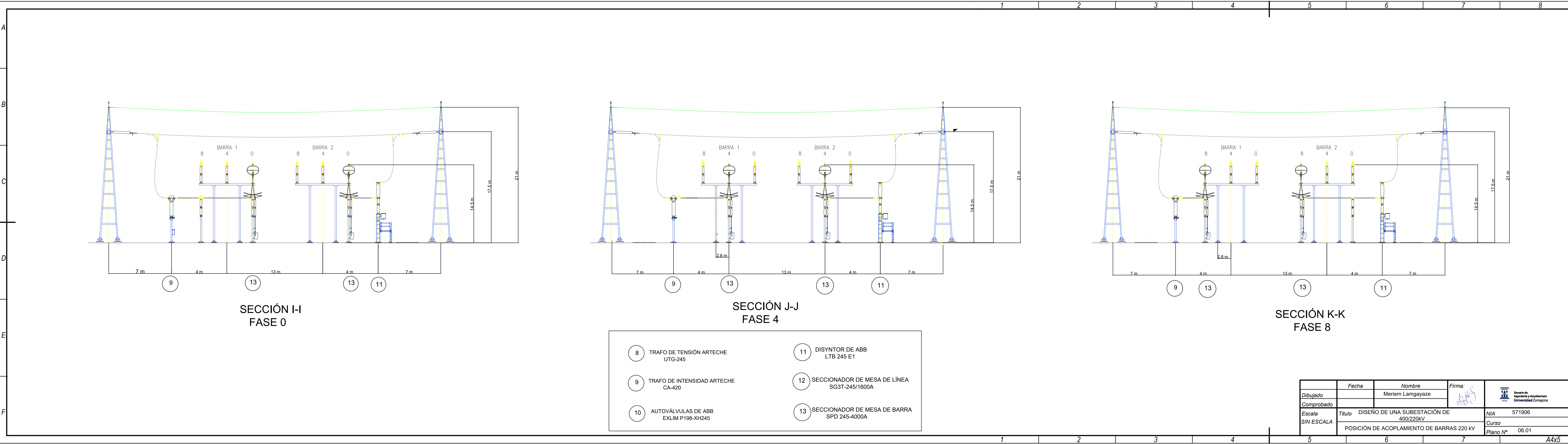
SECCIÓN L-L  
FASE 0

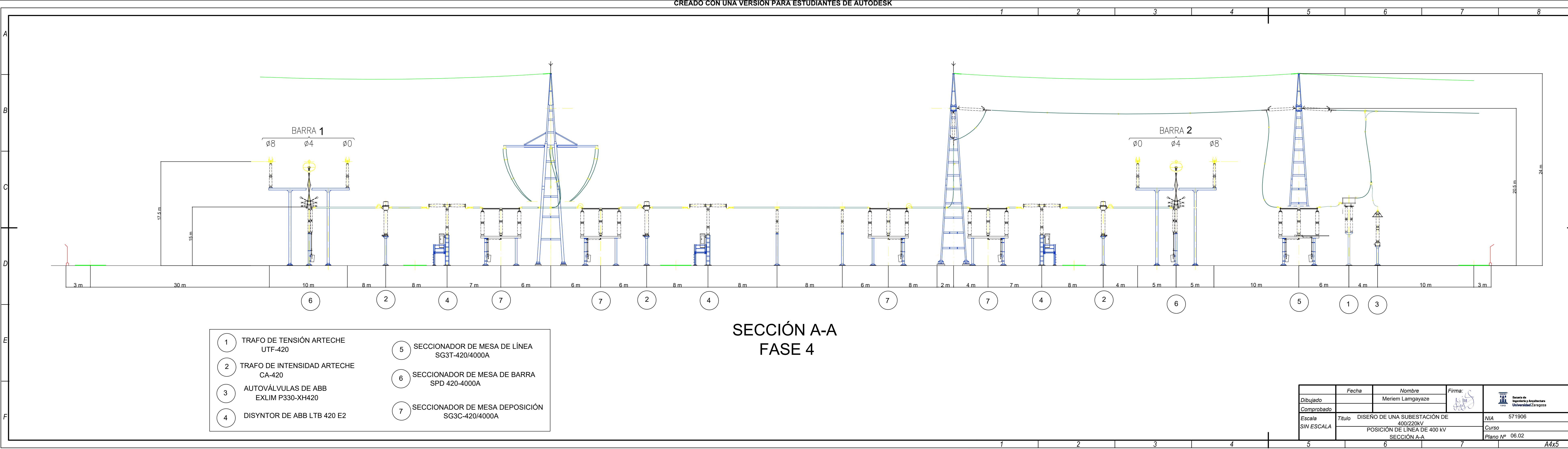
8	TRAFO DE TENSION ARTECHE UTG-245	11	DISYNTOR DE ABB LTB 245 E1
9	TRAFO DE INTENSIDAD ARTECHE CA-420	12	SECCIONADOR DE MESA DE LÍNEA SG3T-245/1600A
10	AUTOVÁLVULAS DE ABB EXLIM P198-XH245	13	SECCIONADOR DE MESA DE BARRA SPD 245-4000A

	Fecha	Nombre	Firma:	
Dibujado		Meriem Lamgayaze		
Comprobado				
Escala	Título DISEÑO DE UNA SUBESTACIÓN DE 400/220kV			N/A 571906
SIN ESCALA	POSICIÓN DE LÍNEA DE 220 kV			Curso
				Plano N° 06.00

A4x5

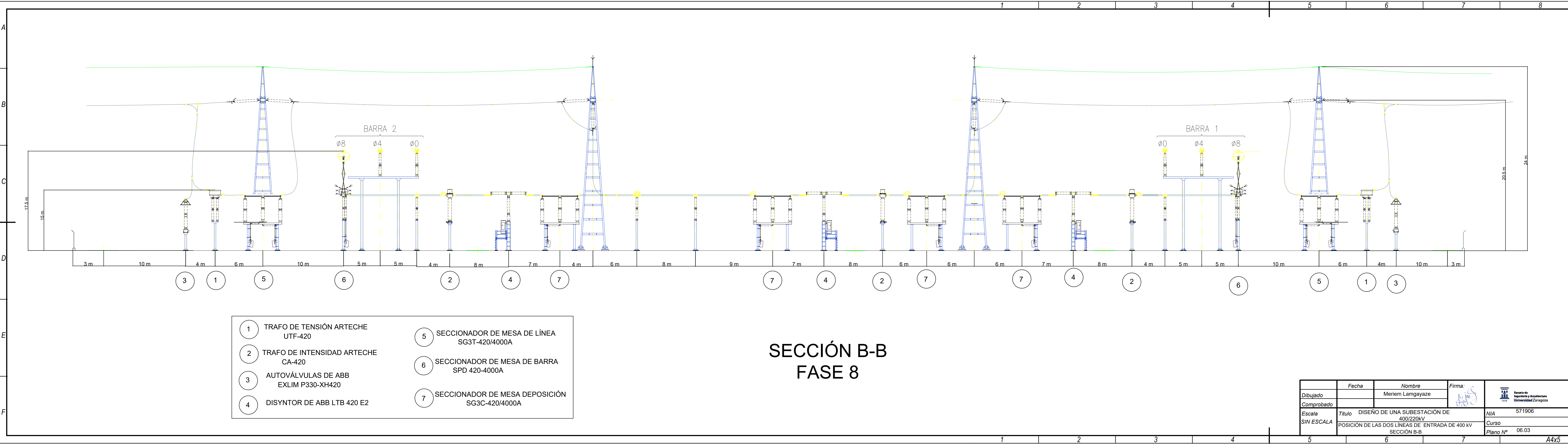






	Fecha	Nombre	Firma:	
Dibujado		Meriem Langayaze		
Comprobado				
Escala	Título			N/A
SIN ESCALA	DISEÑO DE UNA SUBESTACIÓN DE 400/220kV			571906
	POSICIÓN DE LÍNEA DE 400 kV			Curso
	SECCIÓN A-A			Plano N° 06.02

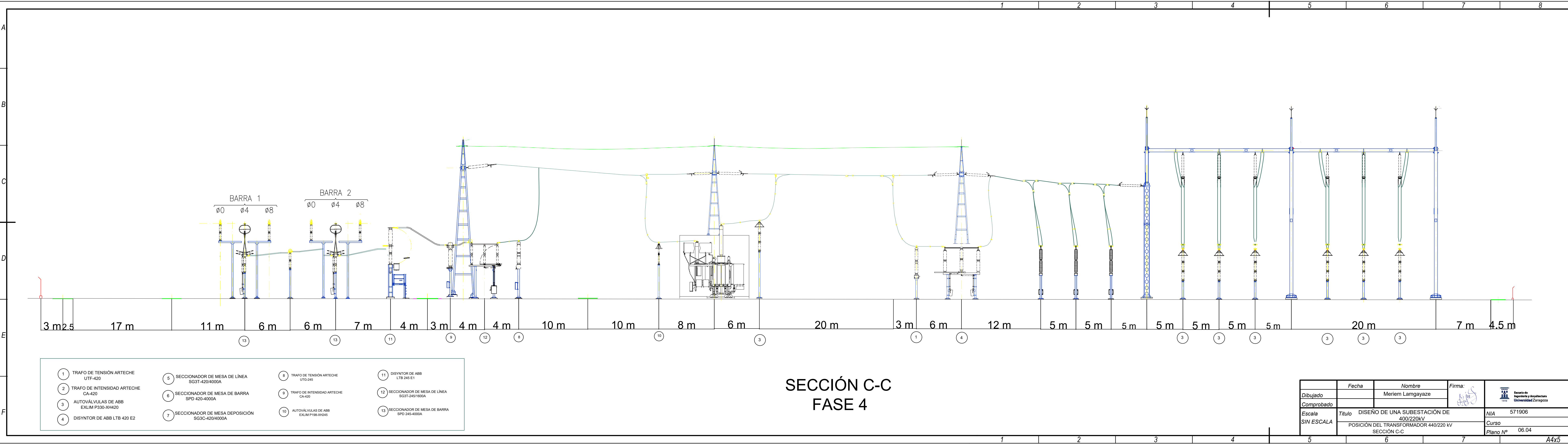
A4x5



- |   |   |   |  |
|---|---|---|--|
| 1 | TRAFO DE TENSIÓN ARTECHE<br>UTF-420     | 5 | SECCIONADOR DE MESA DE LÍNEA<br>SG3T-420/4000A   |
| 2 | TRAFO DE INTENSIDAD ARTECHE<br>CA-420   | 6 | SECCIONADOR DE MESA DE BARRA<br>SPD 420-4000A    |
| 3 | AUTOVÁLVULAS DE ABB<br>EXLIM P330-XH420 | 7 | SECCIONADOR DE MESA DEPOSICIÓN<br>SG3C-420/4000A |
| 4 | DISYNTOR DE ABB LTB 420 E2              |   |  |



## SECCIÓN B-B FASE 8

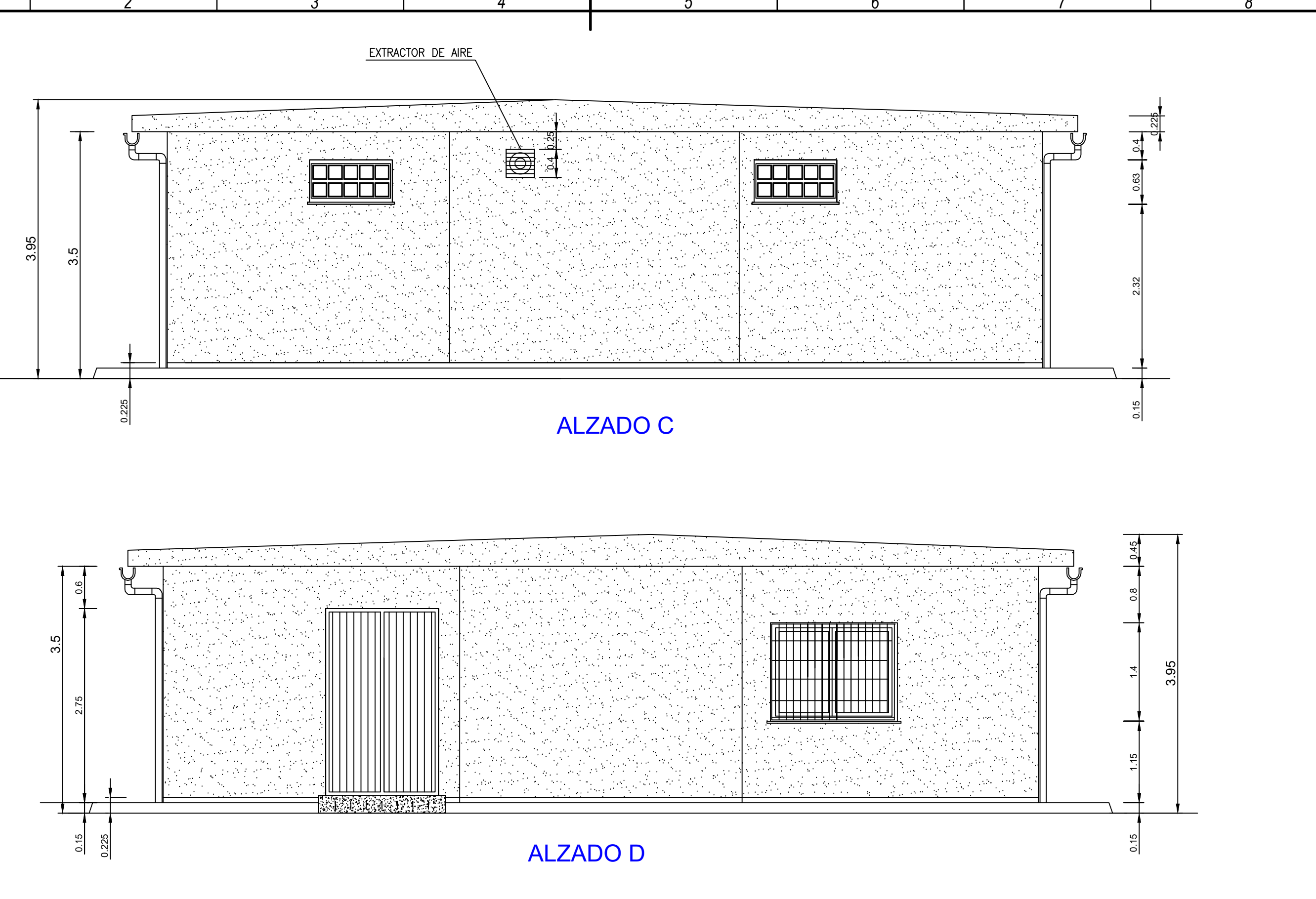
	Fecha	Nombre	Firma:	
Dibujado		Meriem Langayaze		
Comprobado				
Escala	Título DISEÑO DE UNA SUBESTACIÓN DE 400/220kV			NIA 571906
SIN ESCALA	POSICIÓN DE LAS DOS LÍNEAS DE ENTRADA DE 400 kV SECCIÓN B-B			Curso
				Plano N° 06.03







	Fecha	Nombre	Firma:	 Escuela de Ingeniería y Arquitectura Universidad Zaragoza
Dibujado		Meriem Lamgayaze		
Comprobado				
Escala SIN ESCALA	Titulo	DISEÑO DE UNA SUBESTACIÓN DE 400/220 kV		NIA 571906
		PLANTA DE EDIFICIO DE CONTROL		Curso
				Plano N° 07.00



	Fecha	Nombre	Firma:	
Dibujado		Meriem Langayaze		
Comprobado				
Escala	Título DISEÑO DE UNA SUBESTACIÓN DE 400/220kV			NIA 571906
SIN ESCALA	ALZADO DEL EDIFICIO DE CONTROL			Curso
				Plano Nº 07.01

A4x5



# DOCUMENTO Nº3

## Pliego de condiciones

*UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA*

*ESCUELA DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA*

*2018*

*MERIE M LAMGAYAZE*





## **Contenido**

1. OBJETO DE PLIEGO DE CONDICIONES: .....	9
1.1. Definición .....	9
1.2. Denominaciones:.....	9
2. DISPOSICIONES GENERALES: .....	10
2.1. Representacion y personal del contratista .....	10
2.2. Gestion de calidad .....	11
2.3. SEGURIDAD EN EL TRABAJO .....	12
2.4. SEGURIDAD PÚBLICA.....	12
3. NORMATIVA APLICABLE .....	13
3.1. Electricidad.....	13
3.2. Obra civil y estructuras.....	15
3.3. Seguridad e Higiene.....	16
3.4. Impacto ambiental .....	17
3.5. Seguridad contra incendios .....	17
3.6. Telecomunicaciones.....	18
3.7. Patrimonio histórico.....	18
3.8. Otra normativa vigente. ....	18
4. DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS.....	19
4.1. Documentación a entregar al contratista. ....	19
4. 2. Documentos contractuales .....	19
4.3. Documentos que definen las obras y el orden de prelación.....	19
4.4. Libro de órdenes. ....	20
4.5. Cumplimiento de las Ordenanzas y Normativa vigentes. ....	20
4.6. Planos.....	20
4.7. Planos complementarios y de nuevas obras.....	20
4.8. Interpretación de los planos. ....	20
4.9. Confrontación de planos y medidas.....	21
4.10. Planos complementarios de detalle.....	21
4.11. Archivo de documentos que definen las obras.....	21
4.12. Contradicciones, omisiones o errores en la documentación.....	22
5. INICIO DE LAS OBRAS. ....	22



5.1. Plazo de ejecución de las obras.....	22
5.2. Programa de trabajo. ....	23
5.3. Orden de iniciación de las obras. ....	23
5.4. Consideraciones previas a la ejecución de las obras.....	24
5.4.1. Examen de las propiedades afectadas por las obras. ....	24
5.4.2. Servicios públicos afectados.....	24
5.4.3. Vallado de terrenos y accesos provisionales a propiedades.....	25
6. ORGANIZACION DEL TRABAJO .....	25
6.1. Datos de la obra .....	25
6.2. Mejoras y variaciones del proyecto .....	26
6.3. Recepción del material.....	26
6.4. Organización.....	26
6.5. Facilidades para la inspección .....	27
6.6. Ensayos.....	27
6.7. Limpieza y seguridad en las obras .....	27
6.8. Medios auxiliares .....	27
6.9. Subcontratación de las obras .....	28
6.10. Recepción provisional .....	28
6.11. Periodos de garantía .....	29
6.12. Recepción definitiva .....	29
6.13. Pago de obras.....	29
6.14. Abono de materiales acopiados.....	30
7. DESARROLLO Y CONTROL DE LA OBRA .....	30
7.1. Replanteo .....	30
7.1.1. Elementos que se entregan al contratista .....	30
7.1.2. Plan de replanteo. ....	30
7.1.3. Replanteo y nivelación de puntos de alineaciones principales.....	31
7.1.4. Replanteo y nivelación de los restantes ejes y obras de fábrica.....	31
7.1.5. Comprobación del replanteo. ....	31
7.1.6. Responsabilidad del replanteo.....	31
7.2. Equipos y maquinaria.....	32
7.3. Instalaciones, medios y obras auxiliares. ....	32



7.3.1. Proyecto de instalaciones y obras auxiliares.....	32
7.3.2. Ubicación y ejecución.....	32
7.3.3. Retirada de instalaciones y obras auxiliares. ....	32
7.4. Garantía y control de calidad de las obras .....	33
7.4.1. Programa de garantía de calidad del contratista .....	33
7.4.2. Planes de control de calidad y programas de puntos de inspección. ....	35
7.4.3. Abono de los costos del sistema de garantía de calidad.....	36
7.4.4. Nivel de control de calidad.....	36
7.4.5. Inspección y control de calidad por parte de la dirección de obra. ....	36
7.5. Materiales. ....	37
7.6. Extracción de tierra vegetal.....	37
7.7. Acceso a las obras. ....	39
7.7.1. Construcción de caminos de acceso.....	39
7.7.2. Conservación y uso.....	39
7.7.3. Ocupación temporal de terrenos para caminos de acceso.....	39
7.8. Seguridad y salud laboral. ....	40
7.9. Control de ruidos y vibraciones.....	40
7.10. Emergencias. ....	40
7.11. Modificaciones de obra.....	41
7.12. Conservación de las obras ejecutadas durante el plazo de garantía. ....	41
7.13. Limpieza final de las obras. ....	41
8. RESPONSABILIDAD DEL CONTRATISTA.....	42
8.1. Permisos y licencias.....	42
8.2. Seguros.....	42
8.3 Reclamación a terceros.....	42
9. MEDICIÓN Y ABONO.....	42
9.1. Abono de las obras.....	42
9.1.1. Certificaciones .....	43
9.1.2. Precios de aplicación. ....	43
9.1.3. Partidas alzadas.....	44
9.1.4. Trabajos no autorizados y trabajos defectuosos. ....	45
9.1.5. Excesos de obra.....	45



9.1.6. Abono de materiales acopiados.....	45
9.2. Precios contradictorios.....	46
9.3. Trabajos por administración. ....	46
9.4. Gastos por cuenta del contratista.....	47
10. DESVÍOS Y SEÑALIZACIÓN. ....	48
10.1. Desvíos provisionales. ....	48
10.2. Normas generales .....	48
10.3. Normas para la ampliación de la plataforma.....	49
10.4. Señalización y balizamiento de las obras. ....	50
10.5. Consideraciones especiales sobre cruces de cauces de ríos o arroyos, calles, ferrocarriles y .....	51
10.6. Carteles y anuncios. ....	52
11. PROTECCIÓN DEL ENTORNO. ....	52
11.1. Preparación del terreno. ....	52
11.2. Limpieza de cunetas.....	53
11.3. Protección del arbolado existente. ....	53
11.4. Hallazgos históricos.....	54
11.5. Aguas de limpieza.....	54
11.6. Protección de la calidad del agua y de los márgenes de la red de drenaje .....	54
11.7. Prevención de daños y restauración en superficies contiguas a la obra. ....	55
11.8. Integración paisajística.....	56
12. RECEPCIÓN Y LIQUIDACIÓN. ....	57
12.1. Proyecto de liquidación.....	57
12.2. Recepción de las obras.....	57
12.3. Periodo de garantía. Responsabilidad del contratista. ....	57
12.4. Liquidación. ....	58
13. OBRAS COMPRENDIDAS EN LA SUBESTACION: .....	59
14. MATERIALES .....	60
14.1. Cementos .....	60
14.1.1. Condiciones generales.....	60
14.1.2. Empleo.....	60
14.1.3. Medición y abono.....	61



14.2. Arena .....	61
14.3. Grava .....	62
14.4. Hormigón.....	62
14.5. Tubos de hormigón .....	63
14.5.1. Definición y clasificación .....	63
14.5.2. Tubos de hormigón en masa .....	63
14.5.3. Tubos de hormigón armado.....	63
14.6. Envoltentes y soportes de los conductores .....	64
14.6.1. Definición y clasificación .....	64
14.6.2. Características técnicas .....	64
14.7. Áridos .....	66
14.7.1. Definición .....	66
14.7.2. Características petrográficas .....	66
14.8. Cables de Baja Tensión.....	66
14.8.1. Generalidades .....	66
14.8.2. Materiales .....	67
14.8.3. Ejecución .....	67
14.8.4. Comprobaciones .....	68
14.8.5. Suministro .....	68
14.8.6. Recepción .....	68
14.9. Cables de Media Tensión .....	69
14.9.1. Definición .....	69
14.9.2. Documentación de referencia.....	69
14.10. Cabinas / Celdas de Media Tensión .....	69
14.10. 1. Definición.....	69
14.10.2. Documentación de referencia.....	69
14.10.3. Cabinas .....	70
14.10.4. Características de la alimentación .....	70
14.10.5. Embarrado.....	71
14.11. Red de tierra.....	71
14.11.1. Objeto y Alcance .....	71
14.11.2. Desarrollo .....	72



14.11.3. Características de los Materiales .....	72
14.11.4. Ejecución .....	72
14.11.5. Conexionado en los Centros de Transformación .....	72
14.11.6. Inspección y Ensayos .....	72
14.11.7. Registro y Archivo .....	74
14.11.8. Anexos .....	74
15. INSTALACION ELECTRICA:.....	75
15.1. Equipos .....	75
15.2. Identificación de equipos .....	75
15.3. Documentación a entregar con los equipos .....	75
15.4. INSTALACIÓN ELÉCTRICA NIVEL DE 400KV.....	76
15.4.1. Estructura metálica .....	76
15.4.2. Embarrados .....	77
15.4.3. Conductores .....	77
15.4.4. Autovalvula.....	78
14.4.5. aisladores: .....	79
15.4.5. Disyuntores .....	79
15.4.6. Seccionadores .....	80
15.4.7. Transformadoes de intensidad .....	80
15.4.8. Transformadores de tensión .....	81
15.5. INSTALACIÓN ELÉCTRICA NIVEL DE 220KV.....	81
15.5.1. Estructura metálica .....	81
15.5.2. Embarrados .....	81
15.5.3. Conductores .....	82
15.5.4. Autoválvulas:.....	83
15.5.5. Aisladores .....	83
15.5.6. Disyuntores .....	84
15.5.7. Seccionadores .....	84
15.5.8. Transformadores de intensidad .....	85
15.5.9. Transformadores de tensión .....	85
16. SEGURIDAD Y SALUD .....	86
17. NORMAS DE LA EMPRESA SUMINISTRADORA DE ENERGÍA .....	86



18. CONDICIONES FINALES.....	87
------------------------------	----





## **1. OBJETO DE PLIEGO DE CONDICIONES:**

El objeto del presente Pliego de Condiciones es aportar la información necesaria para definir todos los trabajos de los diferentes oficios necesarios para la realización del **PROYECTO DE DISEÑO DE LA SUBESTACION ELECTRICA DE 400 /220 KV EN LA PROVENCIA DE TERUEL**, incluidos los materiales y medios auxiliares, así como la definición de la normativa legal a que están sujetos todos los procesos y las personas que intervienen en la obra y el establecimiento previo de unos criterios y medios con los que puedan estimar y valorar las obras realizadas.

### **1.1. Definición**

El presente Pliego de Prescripciones Técnicas constituye el conjunto de especificaciones, prescripciones, criterios y normas que, juntamente con las establecidas en el Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes PG-3/75 de la Dirección General de Carreteras y Caminos Vecinales, aprobado por la O.M.de 6 de Febrero de 1976, y lo señalado en los Planos, definen todos los requisitos técnicos de las obras que son objeto del **PROYECTO DE DISEÑO DE LA SUBESTACION ELECTRICA DE 400 /220 KV**.

El conjunto de ambos Pliegos contiene además, la descripción general de las obras, las condiciones que han de cumplir los materiales, las instrucciones para la ejecución, medición y abono de las unidades de obra y son la norma guía que han de seguir el Contratista y Director de la Obra.

### **1.2. Denominaciones:**

**COMITENTE:** es la Legislatura Provincial.

**PROPONENTE U OFERENTE:** el término se refiere a la persona física o jurídica que presente los documentos requeridos en este Pliego de Condiciones.

**ADQUIRIENTE:** el término se refiere a la persona física, o, jurídica, o, conjunto de ellas, que hayan adquirido el Pliego de Condiciones.

**ADJUDICATARIO:** es el Proponente al que se le haya notificado la adjudicación, y hasta el momento de la firma del contrato.

**CONTRATISTA:** El Adjudicatario que haya suscripto el contrato respectivo y a partir del momento en que éste adquiera validez legal.

**SUBCONTRATISTA:** el término se refiere Persona física o jurídica que establece relación contractual con la Contratista para la ejecución de obras, suministro de bienes o prestación de servicios inherentes al contrato, bajo su exclusiva responsabilidad y autorizada por el Comitente.



**INSPECCIÓN:** lo realiza un representante del Comitente que tiene a su cargo el control y vigilancia directa de la obra.

**ASESORÍAS:** Profesionales encargados del proyecto, que consiste en los cálculos necesarios e instalaciones, resoluciones de los detalles que surgieren durante el desarrollo de la obra.

**REPRESENTANTE TÉCNICO:** el término se refiere al a la persona que representa al Contratista, encargado de la conducción técnica, debidamente autorizado por el mismo y oficialmente aceptado por el Comitente.

**DÍAS:** Salvo indicación en contrario, se entenderán días corridos, incluso aquellos inhábiles y feriados de cualquier naturaleza.

**PROPUESTA:** Documentos que presentan oferta técnico-económica, presentados en tiempo y forma.

**Obra:** el lugar destinado a la realización de la subestación eléctrica transformadora.

**El Director de Obra:** la persona responsable de comprobar y verificar la realización adecuada de la obra contratada.

## **2. DISPOSICIONES GENERALES:**

### **2.1. Representacion y personal del contratista**

El término de contratista se refiere a la Empresa Constructora que, haya firmado el Contrato de adjudicación, y que dirigirá ejecución de las obras. También puede ser mencionado como CONTRATA o ADJUDICATARIO.

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. Igualmente deberá ser Instalador, provisto del correspondiente documento de calificación empresarial.

El contratista debe:

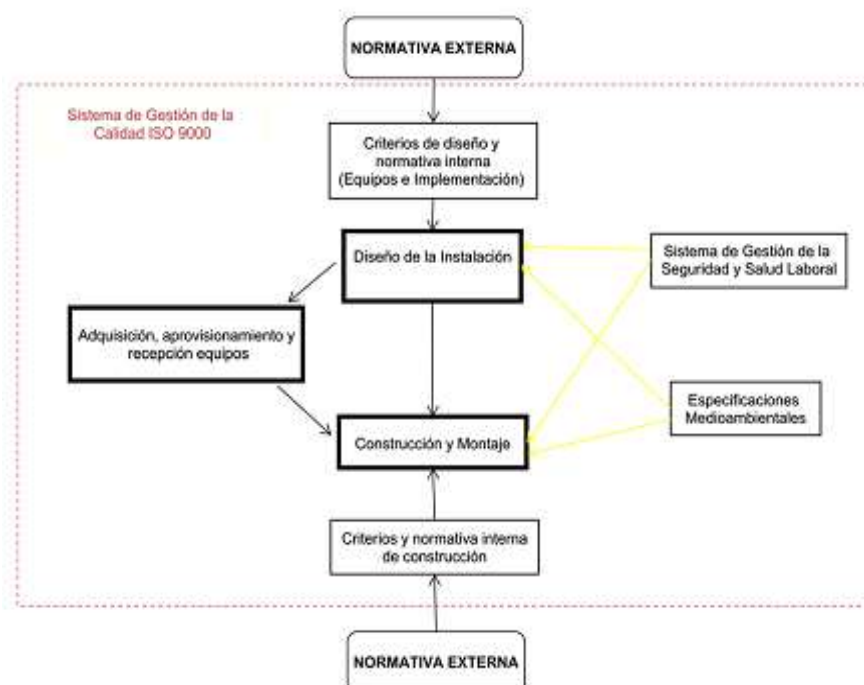
- cumplir en todo momento el reglamento correspondiente al trabajo realizado.
- contratar Seguro Obligatorio, Subsidio familiar y de vejez, Seguro de Enfermedad.
- Realizar un Plan de Control de Calidad y seguimiento a través de una Entidad Colaboradora de reconocido prestigio, que deberá ser aprobada por la Propiedad.
- Garantizar la realización de las obras con estricta sujeción a las Especificaciones aprobadas e indicaciones de la Propiedad, o modificaciones debidamente autorizadas, y el cumplimiento del programa de trabajos.

- Llevar al día los Libros de Ordenes e Incidencias, que se deberán encontrar en todo momento en el lugar de las obras.
- cumplir la legislación vigente, de cualquier rango que le sea aplicable, aún cuando no se cite expresamente en la especificación o en Contrato.
- Ajustar y ejecutar un plan de seguridad y salud.
- Comunicar por escrito el nombre de la persona que estará en frente de las obras para representarle como Delegado de Obra.

La Dirección de Obra puede exigir al Contratista la designación de nuevo personal cualificado. Se presumirá que existe siempre dicho requisito en los casos de incumplimiento de las órdenes recibidas o de negativa a suscribir, con su conformidad o reparos, los documentos que reflejen el desarrollo de las obras, como partes de situación, datos de medición de elementos a ocultar, resultados de ensayos, órdenes de la Dirección y análogos definidos por las disposiciones del contrato o convenientes para un mejor desarrollo del mismo.

## 2.2. Gestión de calidad

La gestión de calidad es un plan que dicta las características técnicas de todos los equipos y sus montajes de la subestación, además de un certificado ISO-9000 que asegura la calidad de la instalación eléctrica.





El plan de gestión de calidad afecta a varios procesos de: ingeniería, construcción, calificación de proveedores, compras, transferencia de instalaciones y gestión de proyectos y también los recursos: cualificación de las personas, equipos de inspección, medida y ensayo y homologación de equipos.

### ***2.3. SEGURIDAD EN EL TRABAJO***

Una de las varias obligaciones del contratista es cumplir las medidas mínimas de seguridad y salud que se indica en el apartado de normativa de la compañía suministradora y en los reales decretos de disposiciones mínimas de seguridad y salud. Asimismo, cumplir los requisitos necesarios para el mantenimiento de las máquinas, herramientas, materiales y útiles de trabajo en debidas condiciones de seguridad.

Los trabajadores contratados para realizar la obra de la instalación, deben usar ropa sin accesorios metálicos, evitar el uso innecesario de objetos de metal: metros, reglas, mangos de aceiteras, útiles limpiadores, etc. Los calzados deben ser aislantes, o, al menos ni clavos en suelas, y las herramientas y los equipos se llevarán en bolsas. El personal está 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.,

Si a los trabajadores se le estima que están expuestos a peligros que son corregibles, el director de Obra puede suspender los trabajos con el fin de evitar accidentes.

Antes o después de iniciar la obra, el contratista puede exigir al director de obra presentar un documento que acredite el hecho de haber formalizado los regímenes de Seguridad Social de todo tipo (afiliación, accidente, enfermedad, etc.) en la forma legalmente establecida.

### ***2.4. SEGURIDAD PÚBLICA***

Todas las medidas de seguridad necesarias, será tomada en cuenta por el contratista que debe usar las operaciones y equipos para proteger al personal de obra, los animales, y cosas de los peligros del trabajo. Ya que el contratista es el responsable de los accidentes procedentes del trabajo, así que mantendrá póliza de seguros suficientemente a él y a sus empleados u obreros frente a las responsabilidades por daños, responsabilidad civil, etc.



### **3. NORMATIVA APLICABLE**

Los equipos y su montaje en la obra del proyecto, será conforme además de lo prescrito en el presente pliego de condiciones, a la normativa legal y su referencia que seguirá el siguiente orden:

1. Normativa de RED ELÉCTRICA DE ESPAÑA (DYES; Procedimientos Técnicos; y Procedimientos de Dirección).
2. Normativa Europea EN.
3. Normativa CENELEC.
4. Normativa CEI.
5. Normativa UNE.
6. Otras normas y recomendaciones (IEEE, MF, ACI, CIGRE, ANSI, AISC, etc).

#### **3.1. Electricidad**

- Decreto 3151/68 de 28 de Noviembre por el que se aprueba el Reglamento Técnico de Líneas Eléctricas Aéreas de Alta Tensión.
- Ley 54/1997, de 27 de Noviembre, del Sector Eléctrico.
- Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento Electrotécnico para baja tensión.
- Real Decreto 1955/2000, de 1 de diciembre, por el que se regulan las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimiento de autorización de instalaciones de energía eléctrica.
- Real Decreto 436/2004, de 12 de marzo, por el que se establece la metodología para la actualización y sistematización del régimen jurídico y económico de la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial
- Real Decreto 2018/1997, de 26 de Diciembre, por el que se aprueba el reglamento de Puntos de Medida de los Consumos y Tránsitos de Energía Eléctrica.
- Orden de 12 de Abril de 1999 por la que se aprueban las Instrucciones Complementarias del Reglamento de Puntos de Medida de los Consumos y Tránsitos de Energía Eléctrica.
- Real Decreto 3275/1982 de 12 de Noviembre por el que se aprueba el Reglamento sobre condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centro de Transformación.
- Orden de 10 de marzo de 2000 por la que se modifican las ITC MIE-RAT 01, 02, 06, 14, 15, 16, 17, 18 y 19 del Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación.
- Orden de 16 de abril de 1991, por la que se modifica el punto 3.6 de la ITC MIE-RAT 06 del Reglamento sobre Condiciones Técnicas y garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación.



- Orden de 23 de junio de 1988, por la que reactualizan las ITC MIE-RAT 01, 02, 07, 09, 15, 16, 17, 18 del Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación.
- Orden de 27 de noviembre de 1987 por la que se actualizan las ITC MIE-RAT 13 y 14 del Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación.
- Orden de 18 de octubre de 1984 complementaria de la de 6 de julio que aprueba las instrucciones técnicas complementarias del reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en centrales eléctricas, subestaciones y centros de transformación (ITC MIE-RAT 20).
- Orden de 6 de Julio de 1984 por la que se aprueban las Instrucciones Técnicas Complementarias del Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación.
- IEEE Std-1094. Recommended Practice for the Electrical Design and of Windfarm Generating Stations.
- IEEE Std-367. Guide for Determining the Maximum Electric Power Station Ground Potential Rise and Induced Voltage from Power Fault.
- IEEE Std-142. Recommended Practice for Grounding Industrial and Commercial Power Systems.
- IEEE Std-80. Guide for Safety in AC Substation Grounding.
- UNE-EN 60071-1:1997. Coordinación de aislamiento. Parte 1: Definiciones, principios y reglas.
- UNE-EN 60071-2:1999. Coordinación de aislamiento.
- UNE-EN 60694:1998. Estipulaciones comunes para las normas de aparamenta de alta tensión.
- UNE-EN 60694 CORR: 1999 Estipulaciones comunes para las normas de aparamenta de alta tensión.
- UNE-EN 60694/A2:2002 Estipulaciones comunes para las normas de aparamenta de alta tensión
- UNE 20.324:1993. Grados de protección proporcionados por las envolventes (código IP). (IEC 529:1989).
- UNE 20.324/1M: 2000. Grados de protección proporcionados por las envolventes (código IP). (IEC 60529/A1:1989).
- UNE-EN 60129/A1:1996. Seccionadores y seccionadores de puesta a tierra de corriente alterna.
- UNE-EN 60129/A2:1997. Seccionadores y seccionadores de puesta a tierra de corriente alterna.
- UNE-EN 60129:1996. Seccionadores y seccionadores de puesta a tierra de corriente alterna.
- UNE-24435-1:1990. Guía para la elección de cables de Alta Tensión.
- UNE-24435-1/1M: 1992. Guía para la elección de cables de Alta Tensión.
- IEC 60.129 (1984-01). Alternating current disconnectors and earthing switches.



- IEC 60.129-am1 (1992-12). Amendment No. 1 to IEC 129.
- IEC 60.129-am2 (1996-07). Amendment No. 2 to IEC 129.
- Las normas incluidas en la ITC MIE-RAT 02 recogida en la Orden de 10 de marzo de 2000 y el propio Reglamento sobre condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centro de Transformación y sus Instrucciones Técnicas Complementarias.

### ***3.2. Obra civil y estructuras***

- Ley 38/1999 de 5 de noviembre. Ordenación de la Edificación.
- Real Decreto 1650/77 de 10 de Junio sobre Normativa de la Edificación por el que se establecen las Normas Básicas de la Edificación NBE.
- Orden de 28 de Julio de 1977 que desarrolla el Real Decreto 1650/77 y sus publicaciones posteriores.
- Orden Ministerial de 6 de Febrero de 1976, por la que se aprueba el Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes de la Dirección General de Carreteras y Caminos Vecinales (PG-3/75) y sus posteriores modificaciones (Orden Ministerial de 21 de Enero de 1988, Orden Ministerial de 8 de Mayo de 1989 y Orden Ministerial de 28 de Septiembre de 1989).
- Decreto 1964/75 de 23 de Mayo por el que se aprueba el Pliego General de Condiciones para la Recepción de Conglomerantes Hidráulicos y sus modificaciones posteriores (Decreto 114/79 de 11 de Enero por el que se reestructura el Pliego de Condiciones Técnicas Generales para la recepción de elementos y Real Decreto 1797/2003 del BOE del 26 de diciembre, Instrucción para la recepción de cementos "RC-03")
- Decreto 3565/72 de 23 de Diciembre por el que se establecen las Normas Tecnológicas de la Edificación NTE y sus publicaciones posteriores (derogada parcialmente por Orden del 11 de Mayo de 1978).
- Ley de Carreteras 25/1988, de 29 de julio.
- Real Decreto 1812/1994, de 2 de septiembre, por el que se aprueba el Reglamento General de Carreteras.
- Orden de 16 de diciembre de 1997, por la que se regulan los accesos a las carreteras del estado, las vías de servicio y la construcción de instalaciones de servicios.
- Real Decreto 2661/1998, de 11 de Diciembre, por el que se aprueba la Instrucción de Hormigón Estructural (EHE).
- Real Decreto 1797/2003 del BOE del 26 de diciembre, Instrucción para la recepción de cementos (RC-03).
- Instrucción 6.1 y 2-IC de Secciones de firme, aprobada por Orden de 23 de mayo de 1989 del entonces Ministro de Obras Públicas y Urbanismo.





### ***3.3. Seguridad e Higiene***

- Ley 54/2003. de 12 de diciembre, de reforma del marco normativo de la prevención de riesgos laborales.
- Real Decreto 171/2004, del 30 de Enero, por el que se desarrolla el artículo 24 de la ley 31/1995, de 8 de noviembre, de prevención de riesgos laborales, en materia de coordinación de actividades empresariales.
- Real Decreto 1627/1997, de 24 de Octubre, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud que deben aplicarse a obras de construcción.
- Ley 50/98. Modificación de la Ley 31/95 de Prevención de Riesgos Laborales.
- Ley 31/95, de 8 de Noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales.
- Real Decreto 39/97. Reglamento de los servicios de Prevención.
- Real Decreto 681/2003, de 12 de junio, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores expuestos a los riesgos derivados de atmósferas explosivas en el lugar de trabajo.
- Real Decreto 230/1998, de 16 de febrero, por el que se aprueba el reglamento de explosivos.
- Real Decreto 614/2.001, de 8 de junio, sobre disposiciones mínimas para protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico.
- Real Decreto 1215/1997, de 18 de julio por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.
- Real Decreto 1435/1992, de 27 de noviembre, por el que se dictan las disposiciones de aplicación de la directiva del consejo 89/392/CEE, relativa a la aproximación de las legislaciones de los estados miembros sobre maquinas.
- Real Decreto 773/97. Disposiciones Mínimas de Seguridad y Salud relativas a la utilización por los trabajadores de Equipos de Protección Individual.
- Real Decreto 488/97. Disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas al trabajo con equipos que incluyen pantallas de visualización.
- Real Decreto 487/97. Disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a manipulación manual de cargas que entrañe riesgos, en particular dorsolumbares, para los trabajadores.
- Real Decreto 486/97. Disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.
- Real Decreto 485/97. Disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.
- O.M. 23.5.77 (B.O.E. 146-77). Reglamento de aparatos elevadores para obras.
- Orden 6-6-73 (B.O.E. 18-7-73). Carteles en obra de carretera.
- Orden de 9 de Marzo de 1971 por la que se aprueba la Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el Trabajo y sus modificaciones posteriores.



- Real Decreto 555/1986, de 21.02.86, de la Presidencia del Gobierno del 21 de Marzo. Obligatoriedad de inclusión de un estudio de seguridad e higiene en el trabajo en los proyectos de edificación y obras públicas.
- Estatuto de los trabajadores.
- Convenio Colectivo Provincial de la Construcción.
- Código de circulación.
- Demás disposiciones oficiales relativas a la Seguridad, Higiene y Medicina del Trabajo, que puedan afectar a los trabajos que se realicen en la obra.

### ***3.4. Impacto ambiental***

- Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido.
- Ley 6/2001, de 8 de mayo, de modificación del Real Decreto legislativo 1302/1986, de 28 de junio, de evaluación de impacto ambiental.
- Real Decreto Ley 9/2000, de 6 de octubre, de modificación del Real Decreto legislativo 1302/1986, de 28 de junio, de evaluación de impacto ambiental.
- Real Decreto Legislativo 1302/86 de 28 de Junio sobre Evaluación del Impacto Ambiental (modificado por Ley 54/97, de 27 de Noviembre, del sector eléctrico).
- Real Decreto 1131/88 de 30 de Septiembre por el que se aprueba el Reglamento para Ejecución del Real Decreto Legislativo 1302/86.
- Ley 29/1985, de 2 de Agosto, de Aguas. Título V: de la protección del dominio público hidráulico y de calidad de las aguas continentales, capítulo I, II, V.
- Ley 20/1986, de 14 de Mayo, básica de residuos tóxicos y peligrosos. Art. 1. ss. Real Decreto 833/1988, de 20 de Junio, por el que se aprueba el Reglamento para la ejecución de la Ley 20/1986.
- Ley 4/1989, de 27 de Marzo, de Conservación de las Especies Naturales y de Flora y Fauna Silvestres.
- Orden 28 de Febrero 1989, que regula las situaciones específicas para las actividades de producción y gestión de los aceites usados. Art. 1-5.
- Real Decreto 439/1990, de 30 de Marzo, por el que se regula el Catálogo Nacional de Especies Amenazadas. Art. 9.

### ***3.5. Seguridad contra incendios***

- Real Decreto 2177/1996, de 4 de Octubre, por el que se aprueba la Norma Básica de la Edificación NBE-CPI/96: Condiciones de Protección contra Incendios de los Edificios.
- Real Decreto 1942/1993, de 5 de noviembre, por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones de Protección contra Incendios.
- Orden de 16 de marzo de 1998 sobre normas de procedimiento y desarrollo del Real Decreto 1942/1993, de 5 de noviembre, por el que se aprueba el Reglamento de



Instalaciones de Protección contra Incendios y se revisa el anexo 1 y los apéndices del mismo.

### ***3.6. Telecomunicaciones.***

- Real Decreto 1066/2001, de 28 de septiembre, por el que se aprueba el Reglamento que establece condiciones de protección del dominio público radioeléctrico, restricciones a las emisiones radioeléctricas y medidas de protección sanitaria frente a emisiones radioeléctricas.

### ***3.7. Patrimonio histórico.***

- Ley 16/1985, de 25 de Junio, del Patrimonio Histórico Español. Art. 1, 23, 76.
- Real Decreto 32/1993 del 16 de Marzo. Reglamento de Actividades arqueológicas

### ***3.8. Otra normativa vigente.***

- Orden de 09.06.71, del Ministerio de la Vivienda del 17 de Junio. Normas sobre el Libro de Órdenes y Asistencia en las obras de edificación.
- Orden de 14.06.71, del Ministerio de la Vivienda del 24 de Julio. Modificación de la Orden 09.06.71.
- Orden de 28.01.72, del Ministerio de la Vivienda del 10 de febrero. Certificado
- Final de la Dirección de Obras de edificación.
- Orden de 26.09.86, del Ministerio de Trabajo y Seguridad Social del 13 de octubre. Modelo de libro de incidencias correspondientes a las obras en las que sea obligatorio un Estudio de seguridad e higiene en el trabajo.

En caso de discrepancia entre lo especificado en dicha documentación, salvo manifestación expresa en contrario en el presente Proyecto, se entenderá que es válida la prescripción más restrictiva, o en su defecto la relacionada en primer lugar en la lista previa.



## **4. DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS**

### ***4.1. Documentación a entregar al contratista.***

La dirección de obra entrega al contratista una copia de los planos y del pliego de condiciones del proyecto, así como otros complementarios y datos necesarios para la completa ejecución de la obra, estos documentos tienen un valor contractual o meramente informativo.

El contratista podrá tomar notas o sacar copia de todos los documentos: memoria, planos, presupuesto, anexos del proyecto,...., además se considera el responsable de la buena conservación de los originales donde ha obtenido las copias, que estarán de vueltas al director de obra.

Una vez terminada la obra del proyecto, el contratista debe actualizar los planos y documentos de acuerdo con las características finales de la obra, en un plazo de dos meses como máximo, entregando al director de obra dos expedientes completos de los trabajos realizados.

### ***4.2. Documentos contractuales***

Los documentos contractuales que se entregan al contratista es todo documento considerado tal como:

- Programa de trabajo.
- Información geotécnica del proyecto.
- Datos sobre procedencia de materiales, ensayos, condiciones locales, diagramas de movimientos de tierras, estudios de maquinaria, de condiciones climáticas.
- Declaración de Impacto Ambiental, que se determina, respecto a los efectos ambientales previsible, la conveniencia o no de realizar la actividad proyectada.
- los estudios específicos realizados para obtener la identificación y la valoración de los impactos ambientales y las Medidas Correctoras y Plan de Vigilancia son de un carácter meramente informativo.

La negligencia o los errores en los datos que afecten al contrato, al planeamiento y a la ejecución de las obras será responsabilidad del contratista.

### ***4.3. Documentos que definen las obras y el orden de prelación.***

Los documentos que definen las obras son: los planos, los Pliegos de Prescripciones, los Cuadros de Precios y la normativa mencionadas anteriormente.

No es propósito sin embargo, de Planos y Pliegos de Prescripciones el definir todos y cada uno de los detalles o particularidades constructivas que puede requerir la ejecución de las obras, ni



será responsabilidad de la Propiedad, del Projectista o del Director de Obra la ausencia de tales detalles, que deberán ser ejecutados, en cualquier caso, por el Contratista, de acuerdo con la normativa vigente y siguiendo criterios ampliamente aceptados en la realización de obras similares.

#### ***4.4. Libro de órdenes.***

El contratista tendrá en la obra el libro de órdenes y asistencia para que la Dirección de obra consigne cuantas instrucciones y observaciones crean oportunas.

#### ***4.5. Cumplimiento de las Ordenanzas y Normativa vigentes.***

El Contratista está obligado al cumplimiento de la legislación vigente que, por cualquier concepto, durante el desarrollo de los trabajos, le sea de aplicación, aunque no se encuentre expresamente indicada en este Pliego o en cualquier otro documento de carácter contractual.

#### ***4.6. Planos.***

Las obras se realizarán de acuerdo con los Planos del Proyecto utilizado para su adjudicación y con las instrucciones y planos complementarios de ejecución que, con detalle suficiente para la descripción de las obras, entregará la Propiedad al Contratista.

#### ***4.7. Planos complementarios y de nuevas obras.***

El Contratista deberá solicitar por escrito dirigido a la Dirección de Obra, los planos complementarios de ejecución necesarios para definir las obras que de realizarse con quince (15) días de antelación a la fecha prevista de acuerdo con el programa de trabajos o cuando sea necesario. Obras nuevas no estarán en el programa. Los planos solicitados en estas condiciones serán entregados al Contratista en un plazo no superior a quince (15) días.

#### ***4.8. Interpretación de los planos.***

Cualquier duda en la interpretación de los planos deberá ser comunicada por escrito al Director de Obra, el cual antes de quince (15) días dará explicaciones necesarias para aclarar los detalles que no estén perfectamente definidos en los Planos. Corresponde exclusivamente a la Dirección Técnica la interpretación de los planos y la consiguiente expedición de órdenes complementarias para su desarrollo. La Dirección Técnica podrá ordenar antes de la ejecución de las obras las modificaciones que crea oportunas, siempre que no alteren las líneas



generales del Proyecto, no excedan las garantías técnicas y sean razonablemente aconsejables por eventualidades surgidas durante la ejecución de los trabajos por mejoras que sea conveniente introducir.

#### ***4.9. Confrontación de planos y medidas.***

El Contratista deberá confrontar inmediatamente después de recibidos todos los Planos que le hayan sido facilitados y deberá informar prontamente al Director de las Obras sobre cualquier anomalía o contradicción. Las cotas de los Planos prevalecerán siempre sobre las medidas a escala. El Contratista deberá confrontar los diferentes Planos y comprobar las cotas antes de aparejar la obra y será responsable por cualquier error que hubiera podido evitar de haberlo hecho.

#### ***4.10. Planos complementarios de detalle***

Será responsabilidad del Contratista la elaboración de cuantos planos complementarios de detalle sean necesarios para la correcta realización de las obras. Estos planos serán presentados a la Dirección de Obra con quince (15) días laborables de anticipación para su aprobación y / o comentarios.

#### ***4.11. Archivo de documentos que definen las obras.***

El Contratista dispondrá en obra de una copia completa del Pliego de Prescripciones y de la normativa legal reflejada en el mismo, un juego completo de los Planos del Proyecto, así como copias de todos los planos complementarios desarrollados por el Contratista y aceptados por la Dirección de Obra y de los revisados suministrados por la Dirección de Obra, junto con las instrucciones y especificaciones complementarias que pudieran acompañarlos.

Mensualmente y como fruto de este archivo actualizado el Contratista está obligado a presentar una colección de los planos "As Built" o planos de obra realmente ejecutada, debidamente contrastada con los datos obtenidos conjuntamente con la Dirección de la Obra, siendo de su cuenta los gastos ocasionados por tal motivo.

Los datos reflejados en los planos "As Built" deberán ser chequeados y aprobados por el responsable de Garantía de Calidad del Contratista. El Contratista estará obligado a presentar mensualmente un informe técnico, a la Dirección de Obra, con relación a las actuaciones y posibles incidencias con repercusión ambiental que se hayan producido. Así mismo se señalará el grado de ejecución de las medidas correctoras y la efectividad de dichas medidas. En caso de ser los resultados negativos, se estudiarán y presentará una propuesta de nuevas medidas correctoras. La Propiedad facilitará planos originales para la realización de este trabajo.



#### ***4.12. Contradicciones, omisiones o errores en la documentación.***

Lo mencionado en los Pliegos de Prescripciones Técnicas y omitido en los planos o viceversa, deberá ser ejecutado como si estuviese contenido en todos estos documentos.

En caso de contradicción entre los Planos del proyecto y los pliegos de prescripciones prevalecerá lo prescrito en éstos últimos.

Las omisiones en Planos y Pliegos o las descripciones erróneas de detalles de la obra, que sean manifiestamente indispensables para llevar a cabo el espíritu o la intención expuestos en los Planos y Pliegos o que por uso y costumbre deban ser realizados, no sólo no eximen al Contratista de la obligación de ejecutar estos detalles de obra omitidos o erróneamente descritos, sino que, por el contrario deberán ser ejecutados como si hubiesen sido completa y correctamente especificados.

Para la ejecución de los detalles mencionados, el Contratista preparará unos croquis que dispondrá al Director de la Obra para su aprobación y posterior ejecución y abono.

En todo caso las contradicciones, omisiones o errores que se adviertan en estos documentos por el Director o por el Contratista, deberán reflejarse preceptivamente en el Libro de Ordenes.

### ***5. INICIO DE LAS OBRAS.***

#### ***5.1. Plazo de ejecución de las obras.***

Las obras a que se refiere el presente Pliego de Prescripciones Técnicas deberán quedar terminadas en el plazo que se señala en las condiciones de la licitación para la ejecución por contrata, o en el plazo que el Contratista hubiese ofrecido con ocasión de dicha licitación y fuese aceptado por el contrato subsiguiente. Lo anteriormente indicado es así mismo aplicable para los plazos parciales si así se hubieran hecho constar.

Todo plazo comprometido comienza al principio del día siguiente al de la firma del acta o del hecho que sirva de punto de partida a dicho plazo. Cuando se fija en días, serán naturales y el último se computará como entero.

Cuando el plazo se fije en meses, se contará de fecha a fecha salvo que se especifique de qué mes del calendario se trata. Si no existe la fecha correspondiente en la que se finaliza, éste terminará el último día de ese mes.





## ***5.2. Programa de trabajo.***

El Contratista está obligado a presentar un programa de trabajos de acuerdo con lo que se indique respecto al plazo y forma en los Pliegos de Licitación, o en su defecto en el anexo del plan de obra de la petición de oferta.

Este programa deberá estar ampliamente razonado y justificado, teniéndose en cuenta las interferencias con instalaciones y conducciones existentes, los plazos de llegada a la obra de materiales y medios auxiliares, y la interdependencia de las distintas operaciones, así como la incidencia que sobre su desarrollo hayan de tener las circunstancias climatológicas, estacionales, de movimiento de personal y cuantas de carácter general sean estimables según cálculos probabilísticos de posibilidades, siendo de obligado ajuste con el plazo fijado en la licitación o con el menor ofertado por el Contratista, si fuese éste el caso, aún en la línea de apreciación más pesimista.

La Dirección de Obra y el Contratista revisarán conjuntamente, y con una frecuencia mínima quincenal, la progresión real de los trabajos contratados y los programas a realizar en el período siguiente, sin que estas revisiones eximan al Contratista de su responsabilidad respecto de los plazos estipulados en la adjudicación.

La maquinaria y medios auxiliares de toda clase que figuren en el programa de trabajo lo serán a efectos indicativos, pero el Contratista está obligado a mantener en obra y en servicio cuanto sean precisos para el cumplimiento de los objetivos intermedios y finales, o para la corrección oportuna de los desajustes que pudieran producirse respecto las previsiones, todo ello en orden al exacto cumplimiento del plazo total y de los parciales contratados para la realización de las obras.

Las demoras que en la corrección de los defectos que pudiera tener el programa de trabajo propuesto por el Contratista, se produjeran respecto al plazo legal para su ejecución, no serán tenidas en cuenta como aumento del concedido para realizar las obras, por lo que el Contratista queda obligado siempre a hacer sus previsiones y el consiguiente empleo de medios de manera que no se altere el cumplimiento de aquél.

## ***5.3. Orden de iniciación de las obras.***

La fecha de iniciación de las obras será aquella que conste en la notificación de adjudicación y respecto de ella se contarán tanto los plazos parciales como el total de ejecución de los trabajos.

El Contratista iniciará las obras tan pronto como reciba la orden del Director de Obra y comenzará los trabajos en los puntos que se señalen, para lo cual será preceptivo que se haya



firmado el acta de comprobación de replanteo y se haya aprobado el programa de trabajo por el Director de Obra.

#### ***5.4. Consideraciones previas a la ejecución de las obras.***

##### ***5.4.1. Examen de las propiedades afectadas por las obras.***

Es obligación del Contratista la recopilación de información apropiada sobre el estado de las propiedades antes del comienzo de las obras, si pueden ser afectadas por las mismas, o causa de posibles reclamaciones de daños.

El Contratista informará al Director de Obra de la incidencia de los sistemas constructivos en las propiedades próximas.

El Director de Obra de acuerdo con los propietarios establecerá el método de recopilación de la información sobre el estado de las propiedades y las necesidades de empleo de actas notariales o similares.

Antes del comienzo de los trabajos, el Contratista presentará al Director de Obra un informe debidamente documentado sobre el estado actual de las propiedades y terrenos.

El Contratista deberá reparar, a su cargo, los servicios públicos o privados que se estropeen, indemnizando a las personas o propiedades que resulten perjudicadas. El Contratista adoptará las medidas necesarias a fin de evitar la contaminación del medio ambiente, por la acción de combustibles, aceites, ligantes, humos, etc., y será responsable de los desperfectos y perjuicios que se puedan causar.

El Contratista deberá mantener durante la ejecución de la obra, y rehacer cuando ésta finalice, las servidumbres afectadas siendo a cuenta del Contratista los trabajos necesarios para tal fin.

##### ***5.4.2. Servicios públicos afectados***

La situación de los servicios y propiedades que se indican en los Planos ha sido definida con la información disponible pero no hay garantía sobre la total exactitud de estos datos. Tampoco se puede garantizar que no existan otros servicios y propiedades que no hayan podido ser detectados.

El Contratista consultará a los afectados antes del comienzo de los trabajos sobre la situación exacta de los servicios existentes y adoptará sistemas de construcción que eviten daños.

El Contratista tomará medidas para el desvío o retirada de servicios que puedan exigir su propia conveniencia o el método constructivo. En este caso requerirá previamente la aprobación del afectado y del Director de Obra. Si se encontrase algún servicio no señalado en el Proyecto el Contratista lo notificará inmediatamente por escrito al Director de Obra.



El programa de trabajo aprobado y en vigor suministra al Director de Obra la información necesaria para organizar todos los desvíos o retiradas de servicios previstos en el Proyecto en el momento adecuado para la realización de las obras.

#### ***5.4.3. Vallado de terrenos y accesos provisionales a propiedades.***

Tan pronto como el Contratista tome posesión de los terrenos procederá a su vallado si así estuviera previsto en el Proyecto o lo exigiese la Dirección de Obra. El Contratista inspeccionará y mantendrá el estado del vallado y corregirá los defectos y deterioros con la máxima rapidez. Se mantendrá el vallado de los terrenos hasta que se terminen las obras en la zona afectada. Antes de cortar el acceso a una propiedad, el Contratista, previa aprobación del Director de Obra, informará con quince días de anticipación a los afectados y proveerá un acceso alternativo.

El Contratista ejecutará los accesos provisionales que determine el Director de Obra a las propiedades adyacentes cuyo acceso sea afectado por los trabajos o vallados provisionales. Los vallados y accesos provisionales y las reposiciones necesarias no serán objeto de abono independiente, y, por tanto, son por cuenta del Contratista.

## **6. ORGANIZACION 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:

### ***6.1. 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.

### ***6.2. 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.

### ***6.3. 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.

### ***6.4. 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.

### ***6.5. Facilidades para la inspección***

El Contratista proporcionará al Director de Obra o Delegados y colaboradores, toda clase de facilidades para los replanteos, reconocimientos, mediciones y pruebas de los materiales, así como la mano de obra necesaria para los trabajos que tengan por objeto comprobar el cumplimiento de las condiciones establecidas, permitiendo el acceso a todas las partes de la obra e incluso a los talleres o fábricas donde se produzcan los materiales o se realicen trabajos para las obras.

### ***6.6. Ensayos***

Los ensayos, análisis y pruebas que deban realizarse para comprobar si los materiales reúnen las condiciones exigibles, se verificarán por la Dirección Técnica, o bien, si ésta lo estima oportuno, por el correspondiente Laboratorio Oficial.

Todos los gastos de pruebas y análisis serán de cuenta del Contratista.

### ***6.7. Limpieza y seguridad en las obras***

Es obligación del Contratista mantener limpias las obras y sus inmediaciones de escombros y materiales, y hacer desaparecer las instalaciones provisionales que no sean precisas, así como adoptar las medidas y ejecutar los trabajos necesarios para que las obras ofrezcan un buen aspecto a juicio de la Dirección técnica.

Se tomarán las medidas oportunas de tal modo que durante la ejecución de las obras se ofrezca seguridad absoluta, en evitación de accidentes que puedan ocurrir por deficiencia en esta clase de precauciones; durante la noche estarán los puntos de trabajo perfectamente alumbrados y cercados los que por su índole fueran peligrosos.

### ***6.8. Medios auxiliares***

No se abonarán en concepto de medios auxiliares más cantidades que las que figuren explícitamente consignadas en presupuesto, entendiéndose que en todos los demás casos el costo de dichos medios está incluido en los correspondientes precios del presupuesto.



### ***6.9. 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 sus obligaciones respecto al Contratante.

### ***6.10. 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.



### ***6.11. 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.

### ***6.12. 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.

### ***6.13. 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, los gastos de replanteo, inspección y liquidación de las mismas, con arreglo a las disposiciones vigentes, y los gastos que se originen por inspección y vigilancia facultativa, cuando la Dirección Técnica estime preciso establecerla.

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.





### ***6.14. 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.

## ***7. DESARROLLO Y CONTROL DE LA OBRA***

### ***7.1. Replanteo***

Como acto inicial de los trabajos, la Dirección de Obra y el Contratista comprobarán e inventariarán las bases de replanteo que han servido de soporte para la realización del Proyecto.

Solamente se considerarán como inicialmente válidas aquellas marcadas sobre monumentos permanentes que no muestren señales de alteración.

#### ***7.1.1. Elementos que se entregan al contratista***

Mediante un acta de reconocimiento, el Contratista dará por recibidas las bases de replanteo que se hayan encontrado en condiciones satisfactorias de conservación. A partir de este momento será responsabilidad del Contratista la conservación y mantenimiento de las bases, debidamente referenciadas y su reposición con los correspondientes levantamientos complementarios.

#### ***7.1.2. Plan de replanteo.***

El Contratista, sobre la base de la información del Proyecto, e hitos de replanteo conservados, elaborará un plan de replanteo que incluya la comprobación de las coordenadas de los hitos existentes y su cota de elevación, colocación y asignación de coordenadas y cota de elevación a las bases complementarias y programa de replanteo y nivelación de puntos de alineaciones principales, secundarias y obras de fábrica.

Este programa será entregado a la Dirección de Obra para su aprobación e inspección y comprobación de los trabajos de replanteo.



### ***7.1.3. Replanteo y nivelación de puntos de alineaciones principales.***

El Contratista procederá al replanteo y estaquillado de puntos característicos de las alineaciones principales partiendo de las bases de replanteo comprobadas y aprobadas por la Dirección de Obra como válidas para la ejecución de los trabajos.

Asimismo ejecutará los trabajos de nivelación necesarios para asignar la correspondiente cota de elevación a los puntos característicos.

La ubicación de los puntos característicos se realizará de forma que pueda conservarse dentro de lo posible en situación segura durante el desarrollo de los trabajos.

### ***7.1.4. Replanteo y nivelación de los restantes ejes y obras de fábrica.***

El Contratista situará y construirá los puntos fijos o auxiliares necesarios para los sucesivos replanteos de detalle de los restantes ejes y obras de fábrica.

La situación y cota quedará debidamente referenciada respecto a las bases principales de replanteo.

### ***7.1.5. Comprobación del replanteo.***

La Dirección de Obra comprobará el replanteo realizado por el Contratista incluyendo como mínimo el eje principal de los diversos tramos de obra y de las obras de fábrica así como los puntos fijos o auxiliares necesarios para los sucesivos replanteos de detalle.

El Contratista transcribirá y el Director de Obra autorizará con su firma el texto del Acta de Comprobación del Replanteo y el Libro de Ordenes.

Los datos, cotas y puntos fijados se anotarán en un anejo al acta.

### ***7.1.6. Responsabilidad del replanteo***

Será responsabilidad del Contratista la realización de los trabajos incluidos en el plan de replanteo, así como todos los trabajos de topografía precisos para la ejecución de las obras, conservación y reposición de hitos, excluyéndose los trabajos de comprobación realizados por la Dirección de Obra.

Los trabajos, responsabilidad del Contratista, anteriormente mencionados, serán a su costa y por lo tanto se considerarán repercutidos en los correspondientes precios unitarios de adjudicación.



## ***7.2. Equipos y maquinaria***

Los equipos y maquinaria necesarios para la ejecución de todas las unidades de obra deberán ser justificados previamente por el Contratista, de acuerdo con el volumen de obra a realizar y con el programa de trabajos de las obras, y presentando a la Dirección de Obra para su aprobación.

Dicha aprobación de la Dirección de Obra se referirá exclusivamente a la comprobación de que el equipo mencionado cumple con las condiciones ofertadas por el Contratista y no eximirá en absoluto a éste de ser el único responsable de la calidad y del plazo de ejecución de las obras.

El equipo habrá de mantenerse en todo momento, en condiciones de trabajo satisfactorias y exclusivamente dedicadas a las obras del contrato, no pudiendo ser retirado sin autorización escrita de la Dirección de Obra, previa justificación de que se han terminado las unidades de obra para cuya ejecución se había previsto.

## ***7.3. Instalaciones, medios y obras auxiliares.***

### ***7.3.1. Proyecto de instalaciones y obras auxiliares.***

El Contratista queda obligado a proyectar y construir por su cuenta todas las edificaciones auxiliares para oficinas, almacenes, cobertizos, instalaciones sanitarias y demás de tipo provisional.

Será asimismo de cuenta del Contratista el enganche y suministro de energía eléctrica y agua para la ejecución de las obras, las cuales deberán quedar realizadas de acuerdo con los reglamentos vigentes y las normas de la Compañía Suministradora.

Los proyectos de las obras e instalaciones auxiliares deberán ser sometidos a la aprobación de la Dirección de Obra.

### ***7.3.2. Ubicación y ejecución***

La ubicación de estas obras, cotas e incluso el aspecto de las mismas cuando la obra principal así lo exija, estarán supeditadas a la aprobación de la Dirección de Obra. Será de aplicación asimismo lo indicado en el apartado sobre ocupación temporal de terrenos.

El Contratista está obligado a presentar un plano de localización exacta de las instalaciones de obra, tales como, parques de maquinaria, almacenes de materiales, aceites y combustibles, etc., teniendo en cuenta la protección y ausencia de afección a los valores naturales del área. Este plano deberá ser sometido a la aprobación de la Dirección de Obra.

### ***7.3.3. Retirada de instalaciones y obras auxiliares.***

El Contratista al finalizar las obras o con antelación en la medida en que ello sea posible, retirará por su cuenta todas las edificaciones, obras e instalaciones auxiliares y / o provisionales.



Una vez retiradas, procederá a la limpieza de los lugares ocupados por las mismas, dejando éstos, en todo caso, limpios y libres de escombros.

El Contratista procederá al tratamiento adecuado de las superficies compactadas por las instalaciones y obras auxiliares y a su posterior restauración de acuerdo con las condiciones técnicas y materiales descritos en el Pliego de Prescripciones del Proyecto de Re-vegetación (caso de haberlo).

#### ***7.4. Garantía y control de calidad de las obras***

Se entenderá por garantía de calidad el conjunto de acciones planeadas y sistemáticas necesarias para proveer la confianza adecuada de que todas las estructuras, componentes e instalaciones se construyen de acuerdo con el contrato, códigos, normas y especificaciones de diseño.

La garantía de calidad incluye el control de calidad el cual comprende aquellas acciones de comprobación de que la calidad está de acuerdo con los requisitos predeterminados. El control de calidad de una obra comprende los aspectos siguientes:

- Calidad de materias primas.
- Calidad de equipos o materiales suministrados a obra, incluyendo su proceso de fabricación.
- Calidad de ejecución de las obras (construcción y montaje).
- Calidad de la obra terminada (inspección y pruebas).

##### ***7.4.1. Programa de garantía de calidad del contratista***

Una vez adjudicada la oferta y un mes antes de la fecha programada para el inicio de los trabajos, el Contratista enviará a la Dirección de Obra un programa de Garantía de Calidad. La Dirección de Obra evaluará el programa y comunicará por escrito al Contratista su aprobación o comentarios.

El programa de garantía de calidad comprenderá como mínimo la descripción de los siguientes conceptos:

##### ***7.4.1.1. Organización.***

Se incluirá en este apartado un organigrama funcional y nominal específico para el contrato. El organigrama incluirá la organización específica de garantía de calidad acorde con las necesidades y exigencias de la obra. Los medios, ya sean propios o ajenos, estarán adecuadamente homologados. El responsable de garantía de calidad del Contratista tendrá una dedicación exclusiva a su función.

##### ***7.4.1.2. Procedimientos, instrucciones y planos.***

Todas las actividades relacionadas con la construcción, inspección y ensayo, deben ejecutarse de acuerdo con instrucciones de trabajo, procedimientos, planos u otros



documentos análogos que desarrollen detalladamente lo especificado en los Planos y Pliegos de Prescripciones Técnicas del Proyecto.

El programa contendrá una relación de tales procedimientos, instrucciones y planos que, posteriormente serán sometidos a la aprobación de la Dirección de Obra, con la suficiente antelación al comienzo de los trabajos.

#### ***7.4.1.3. Control de materiales y servicios comprados.***

El Contratista realizará una evaluación y selección previa de proveedores que deberá quedar documentada y será sometida a la aprobación de la Dirección de Obra. La documentación a presentar para cada equipo o material propuesto será como mínimo la siguiente:

- Plano de equipo
- Plano de detalle
- Documentación complementaria suficiente para que el Director de la Obra pueda tener la información precisa para determinar la aceptación o rechazo del equipo.
- Materiales que componen cada elemento del equipo.
- Normas de acuerdo con las cuales ha sido diseñado.
- Procedimiento de construcción.
- Normas a emplear para las pruebas de recepción, especificando cuales de ellas deben realizarse en banco y cuales en obra.

Asimismo, realizará la inspección de recepción en la que se compruebe que el material está de acuerdo con los requisitos del Proyecto, emitiendo el correspondiente informe de inspección.

#### ***7.4.1.4-Manejo, almacenamiento y transporte.***

El programa de garantía de calidad a desarrollar por el Contratista deberá tener en cuenta los procedimientos e instrucciones propias para el cumplimiento de los requisitos relativos al transporte, manejo y almacenamiento de los materiales y componentes utilizados en la obra.

#### ***7.4.1.5- Procesos especiales.***

Los procesos especiales tales como soldaduras, ensayos, pruebas etc., serán realizados y controlados por personal cualificado del Contratista, utilizando procedimientos homologados de acuerdo con los códigos, normas y especificaciones aplicables. El programa definirá los medios para asegurar y documentar tales requisitos.

#### ***7.4.1.6- Gestión de la documentación.***

Se asegurará la adecuada gestión de la documentación relativa a la calidad de la obra, de forma que se consiga una evidencia final documentada de la calidad de los elementos y actividades incluidos en el programa de garantía de calidad.



El Contratista definirá los medios para asegurarse que toda la documentación relativa a la calidad de la construcción es archivada y controlada hasta su entrega a la Dirección de Obra.

#### ***7.4.2. Planes de control de calidad y programas de puntos de inspección.***

El Contratista presentará a la Dirección de Obra un plan de control de calidad por cada actividad o fase de obra con un mes de antelación a la fecha programada de inicio de la actividad o fase.

La Dirección de Obra evaluará el plan de control de calidad y comunicará por escrito al Contratista su aprobación o comentarios.

Las actividades o fases de obra para las que se presentará plan de control de calidad, serán entre otras, las siguientes:

- Recepción y almacenamiento de materiales.
- Recepción y almacenamiento de equipos.
- Control de voladuras
- Control geométrico de explanaciones.
- Rellenos y compactaciones.
- Obras de fábrica
- Fabricación y transporte de hormigón. Colocación en obra y curado.
- Ejecución y enraizamiento de plantaciones.
- Etc.

El plan de control de calidad incluirá, como mínimo, la descripción de los siguientes conceptos cuando sean aplicables:

- Descripción y objeto del plan.
- Códigos y normas aplicables.
- Materiales a utilizar.
- - Planos de construcción.
- - Procedimientos de construcción.
- - Procedimientos de inspección, ensayo y pruebas.
- - Proveedores y subcontratistas.
- - Embalaje, transporte y almacenamiento.
- - Marcado e identificación.
- - Documentación a generar referente a la construcción, inspección, ensayos y pruebas.

Adjunto al plan de control de calidad se incluirá un programa de puntos de inspección, documento que consistirá en un listado secuencial de todas las operaciones de construcción, inspección, ensayos y pruebas a realizar durante toda la actividad o fase de obra.



Para cada operación se indicará, siempre que sea posible, la referencia de los Planos y procedimientos a utilizar, así como la participación de las organizaciones del Contratista en los controles a realizar. Se dejará un espacio en blanco para que la Dirección de Obra pueda marcar sus propios puntos de inspección.

Una vez finalizada la actividad o fase de obra, existirá una evidencia (mediante protocolos o firmas en el programa de puntos de inspección) de que se han realizado todas las inspecciones, pruebas y ensayos programados por las distintas organizaciones implicadas.

#### ***7.4.3. Abono de los costos del sistema de garantía de calidad.***

Con carácter general, la Dirección ordenará y supervisará todos los ensayos necesarios para garantizar la calidad de ejecución de las unidades de obra, siendo todos los gastos ocasionados por cuenta de la Propiedad.

El control de calidad de los materiales en origen será de cuenta del Contratista, y su alcance será el necesario para garantizar la calidad de los materiales exigidos en el presente Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares o en la normativa general que sea de aplicación al presente Proyecto.

#### ***7.4.4. Nivel de control de calidad.***

En los artículos correspondientes del presente Pliego o en los Planos, se especifican el tipo y número de ensayos a realizar de forma sistemática durante la ejecución de la obra para controlar la calidad de los trabajos. Se entiende que el número fijado de ensayos es mínimo y que en el caso de indicarse varios criterios para determinar su frecuencia, se tomará aquél que exija una frecuencia mayor.

El Director de Obra podrá modificar la frecuencia y tipo de dichos ensayos con objeto de conseguir el adecuado control de la calidad de los trabajos, o recabar del Contratista la realización de controles de calidad no previstos en el Proyecto.

#### ***7.4.5. Inspección y control de calidad por parte de la dirección de obra.***

La Dirección de Obra, por su cuenta, podrá mantener un equipo de inspección y control de calidad de las obras y realizar ensayos de homologación y contradictorios.

La Dirección de Obra, para la realización de dichas tareas con programas y procedimientos propios, tendrá acceso en cualquier momento a todos los tajos de la obra, fuentes de suministro, fábricas y procesos de producción, laboratorios y archivos de control de calidad del Contratista o subcontratista del mismo.

El Contratista suministrará a su costa, todos los materiales que hayan de ser ensayados, y dará facilidades necesarias para ello.

El coste de la ejecución de estos ensayos contradictorios será por cuenta de la Propiedad si como consecuencia de los mismos el suministro, material o unidad de obra cumple las exigencias de calidad.





Los ensayos serán por cuenta del Contratista en los siguientes casos:

- a) Si como consecuencia de los ensayos el suministro, material o unidad de obra es rechazado.
- b) Si se trata de ensayos adicionales propuestos por el Contratista sobre suministros, materiales o unidades de obra que hayan sido previamente rechazados en los ensayos efectuados por la Dirección de Obra.

### ***7.5. Materiales.***

Todos los materiales han de ser adecuados al fin a que se destinen y habiéndose tenido en cuenta en las bases de precios y formación de presupuestos, se entiende que serán de la mejor calidad en su clase de entre los existentes en el mercado.

Por ello, y aunque por sus características particulares o menor importancia relativa no hayan merecido ser objeto de definición más explícita, su utilización quedará condicionada a la aprobación del Ingeniero Director, quien podrá determinar las pruebas o ensayos de recepción que están adecuados al efecto.

En todo 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, se sujetarán a normas oficiales o criterios de buena fabricación del ramo, y el Ingeniero Director podrá exigir su suministro por firma que ofrezca las adecuadas garantías.

Las cifras que para pesos o volúmenes de materiales figuran en las unidades compuestas del cuadro de precios Nº 2, servirán sólo para el conocimiento del coste de estos materiales acopiados a pie de obra, pero por ningún concepto tendrán valor a efectos de definir las proporciones de las mezclas ni el volumen necesario en acopios para conseguir la unidad de éste, compactada en obra.

### ***7.6. Extracción de tierra vegetal.***

Antes de la excavación, se retirará toda la tierra vegetal necesaria para el Proyecto de Revegetación (caso de haberlo), previa separación de los árboles, plantas, tocones, maleza, maderas caídas, escombros, basuras o cualquier otro material existente que pueda alterar la calidad y conservación de esta tierra.

Esta tierra se encuentra en los horizontes superficiales del suelo. Se deberán extraer tan solo aquellos horizontes explorados por las raíces descartándose las capas próximas a la roca excesivamente arcillosas.

Deberá evitarse la compactación por paso de maquinaria de la superficie a decapar.

La tierra se deberá retirar asimismo previamente a cualquier excavación de zanjas, pozos, apertura de pistas, etc.



No se operará con la tierra vegetal en caso de días lluviosos o en los que la tierra esté excesivamente apelmazada.

En caso de que se considere necesario deberán retirarse separadamente las distintas capas del terreno diferenciables fácilmente por su distinto color, abundancia de raíces, textura, etc. Tierras de distinta calidad deberán manejarse separadamente para conservar las cualidades de aquellas tierras mejores.

Como base para la obtención de tierra vegetal se seguirá lo indicado en el plano de Extracción y Acopio de tierra vegetal del Proyecto de Re-vegetación (caso de haberlo), en el que quedarán señaladas las zonas y profundidades de actuación.

Estos espesores están supeditados a lo que establezca en su momento la Dirección de Obra según las observaciones de calidad de tierras realizadas.

La tierra vegetal así obtenida deberá ser acopiada en los lugares señalados en el plano anteriormente mencionado.

El Contratista podrá buscar otros depósitos / acopios temporales si lo estima procedente, siempre que se sitúen dentro de la zona de expropiación y no afecten al entorno, bajo su única responsabilidad y con la aprobación de la Dirección de Obra. Una vez retirados los acopios, la superficie afectada será tratada adecuadamente de acuerdo con las condiciones técnicas y materiales descritos en este Pliego y las del Pliego de Prescripciones del Proyecto de Revegetación (caso de haberlo).

No se proyecta la apertura de cantera para la obtención de préstamos.

Se define acopio de tierra vegetal como el apilado de la tierra vegetal en la cantidad necesaria para su posterior empleo en siembras y plantaciones.

El acopio se llevará a cabo en los lugares elegidos y de acuerdo con la Dirección de Obra, de forma que no interfieran el normal desarrollo de las obras y respetando el entorno y conforme a las instrucciones descritas en la unidad de obra correspondiente. Será aplicado lo indicado en el apartado de ubicación temporal de materiales.

En los acopios, la tierra vegetal se mantendrá exenta de piedras y otro objeto extraños.

El Contratista podrá utilizar en las obras los materiales que obtenga de la excavación siempre que éstos cumplan las condiciones previstas en este Pliego. Estará obligado a eliminar a su costa los materiales de calidad inferior a la exigida que aparezca durante la excavación, y transportarlos a los acondicionamientos de terreno previamente señalados.



## **7.7. Acceso a las obras.**

### **7.7.1. Construcción de caminos de acceso.**

Las rampas y accesos provisionales a los diferentes tajos serán construidos por el Contratista, bajo su responsabilidad y por su cuenta. La Dirección de Obra podrá pedir que todos o parte de ellos sean construidos antes de la iniciación de las obras.

El Contratista deberá presentar un plano con los caminos de acceso, teniendo en cuenta la mínima afección al entorno natural y deberá ser sometido a la aprobación de la Dirección de Obra.

El Contratista procederá al tratamiento adecuado de las superficies compactadas y a su posterior restauración de acuerdo con las condiciones técnicas y materiales descritas en el Proyecto de Re-vegetación (caso de haberlo).

El Contratista quedará obligado a reconstruir por su cuenta todas aquellas obras, construcciones e instalaciones de servicio público o privado, tales como cables, aceras, cunetas, alcantarillado, etc., que se vean afectados por la construcción de los caminos, accesos y obras provisionales.

Igualmente deberá colocar la señalización necesaria en los cruces o desvíos con carreteras nacionales o locales, calles etc. y retirar de la obra a su cuenta y riesgo, todos los materiales y medios de construcción sobrantes, una vez terminada aquélla, dejando la zona perfectamente limpia.

Los caminos o accesos estarán situados, en la medida de lo posible, fuera del lugar de emplazamiento de las obras definitivas. En el caso excepcional de que necesariamente hayan de producirse interferencias, las modificaciones posteriores necesarias para la ejecución de los trabajos serán a cargo del Contratista.

### **7.7.2. Conservación y uso**

El Contratista conservará en condiciones adecuadas para su utilización los accesos y caminos provisionales de obra.

En el caso de caminos que han de ser utilizados por varios Contratistas, éstos deberán ponerse de acuerdo entre sí sobre el reparto de los gastos de su construcción y conservación, que se hará en proporción al tráfico generado por cada Contratista. La Dirección de Obra, en caso de discrepancia, arbitrará el reparto de los citados gastos abonando o descontando las cantidades resultantes, si fuese necesario, de los pagos correspondientes a cada Contratista.

### **7.7.3. Ocupación temporal de terrenos para caminos de acceso.**

En el caso de que la construcción de los accesos afecte a terceros y supongan cualquier tipo de ocupación temporal, el Contratista deberá haber llegado a un acuerdo previo con los afectados, siendo el importe de los gastos a su cuenta.



### ***7.8. Seguridad y salud laboral.***

Se define como seguridad y salud laboral a las medidas y precauciones que el Contratista está obligado a realizar y adoptar durante la ejecución de las obras para prevención de riesgos, accidentes y enfermedades profesionales, así como los derivados de los trabajos de higiene y bienestar de los trabajadores.

De acuerdo con el artículo 7 del Real Decreto 1627/1997 del 24 de octubre, en el presente Proyecto, el Contratista elaborará un plan de seguridad y salud ajustado a su forma y medios de trabajo.

La valoración de ese plan no excederá del presupuesto del proyecto de salud correspondiente a este Proyecto, entendiéndose de otro modo que cualquier exceso está comprendido en el porcentaje de costes indirectos que forman parte de los precios del Proyecto.

El abono del presupuesto correspondiente al proyecto de seguridad y salud se realizará de acuerdo con el correspondiente cuadro de precios que figura en el mismo.

### ***7.9. Control de ruidos y vibraciones***

El Contratista adoptará las medidas adecuadas para minimizar los ruidos y vibraciones.

Las mediciones de nivel de ruido en las zonas urbanas permanecerán por debajo de los límites que se indican en este apartado.

Toda la maquinaria situada al aire libre se organizará de forma que se reduzca al mínimo la generación de ruidos.

En general el Contratista deberá cumplir lo prescrito en las Normas Vigentes, sean de ámbito Nacional o de uso Municipal. En la duda se aplicará la más restrictiva.

### ***7.10. Emergencias.***

El Contratista dispondrá de la organización necesaria para efectuar trabajos urgentes, fuera de las horas de trabajo, necesarios en opinión del Director de Obra, para solucionar emergencias relacionadas con las obras del Contrato.

El Director de Obra dispondrá en todo momento de una lista actualizada de direcciones y números de teléfono del personal del Contratista y responsable de la organización de estos trabajos de emergencia.



### ***7.11. Modificaciones de obra.***

Si durante la ejecución de los trabajos surgieran causas que motivaran modificaciones en la realización de los mismos con referencia a lo proyectado o en condiciones diferentes, el Contratista pondrá estos hechos en conocimientos de la Dirección de Obra para que autorice la modificación correspondiente.

En el plazo de veinte días desde la entrega por parte de la Dirección de Obra al Contratista de los documentos en los que se recojan las modificaciones del Proyecto elaboradas por dicha Dirección, o en su caso simultáneamente con la entrega a la Dirección de Obra por parte del Contratista de los planos o documentos en los que éste propone la modificación, el Contratista presentará la relación de precios que cubran los nuevos conceptos. Para el abono de estas obras no previstas o modificadas se aplicará lo indicado en el apartado sobre precios contradictorios.

### ***7.12. Conservación de las obras ejecutadas durante el plazo de garantía.***

El Contratista queda comprometido a conservar a su costa, hasta que sean recibidas, todas las obras que integren el Proyecto. Asimismo queda obligado a la conservación de las obras durante el plazo de garantía establecido en el contrato a partir de la fecha de recepción, por lo cual se le abonarán, previa justificación, los gastos correspondientes.

A estos efectos, no serán computables las obras que hayan sufrido deterioro por negligencia u otros motivos que le sean imputables al Contratista, o por cualquier causa que pueda considerarse como evitable.

Asimismo los accidentes o deterioros causados por terceros, con motivo de la explotación de la obra, será de obligación del Contratista su reposición y cobro al tercero responsable de la misma.

### ***7.13. Limpieza final de las obras.***

Una vez que las obras se hayan terminado, todas las instalaciones depósitos y edificios construidos con carácter temporal para el servicio de la obra, deberán ser removidos y los lugares de su emplazamiento restaurados a su forma original.

De análoga manera deberán tratarse los caminos provisionales, incluso los accesos a préstamos y canteras.

Todo ello se ejecutará de forma que las zonas afectadas queden completamente limpias y en condiciones estéticas, acordes con el paisaje circundante.



Estos trabajos se considerarán incluidos en el contrato y, por tanto, no serán objeto de abonos directos por su realización.

## **8. RESPONSABILIDAD DEL CONTRATISTA.**

### **8.1. Permisos y licencias.**

El Contratista deberá obtener a su costa, los permisos o licencias necesarios para la ejecución de las obras, con excepción de los correspondientes a la expropiación de las zonas definidas en el proyecto.

### **8.2. Seguros**

El Contratista contratará un seguro "a todo riesgo" que cubra cualquier daño o indemnización que se pudiera producir como consecuencia de la realización de los trabajos.

### **8.3 Reclamación a terceros**

Todas las reclamaciones por daños que reciba el Contratista serán notificadas por escrito y sin demora al Director de Obra.

Un intercambio de información similar se efectuará de las quejas recibidas por escrito.

## **9. MEDICIÓN Y ABONO.**

### **9.1. Abono de las obras.**

Salvo indicación en contrario de los Pliegos de Licitación y / o del Contrato de Adjudicación, las obras contratadas se pagarán como "Trabajos a precios unitarios" aplicando los precios unitarios a las unidades de obra resultantes.

Asimismo podrán liquidarse en su totalidad o en parte, por medio de partidas alzadas.

En todos los casos de liquidación por aplicación de precios unitarios, las cantidades a tener en cuenta se establecerán sobre la base de las cubicaciones deducidas de las mediciones.

Las mediciones son los datos recogidos de los elementos cualitativos y cuantitativos que caracterizan las obras ejecutadas, los acopios realizados, o los suministros efectuados; constituyen comprobación de un cierto estado de hecho y se realizarán por la Dirección de Obra quien la presentará al Contratista, que podrá presenciarla.



El Contratista está obligado a pedir (a su debido tiempo) la presencia de la Dirección de Obra, para la toma contradictoria de mediciones en los trabajos, prestaciones y suministros que no fueran susceptibles de comprobaciones o de verificaciones ulteriores, a falta de lo cual, salvo pruebas contrarias que debe proporcionar a su costa, prevalecerán las decisiones de la Dirección de Obra con todas sus consecuencias.

#### ***9.1.1. Certificaciones***

Salvo indicación en contrario de los Pliegos de Licitación y / o del Contrato de Adjudicación, todos los pagos se realizarán contra certificaciones mensuales de obras ejecutadas.

La Dirección de Obra redactará, a fin de cada mes, una relación valorada provisional de los trabajos ejecutados en el mes precedente y a origen para que sirva para redactar la certificación correspondiente, procediéndose según lo especificado en el pliego de Cláusulas Administrativas Generales para los contratos del Estado.

Se aplicarán los precios de contrato o bien los contradictorios que hayan sido aprobados por la Dirección de Obra. Los precios de contrato son fijos.

El abono del importe de una certificación se efectuará siempre a buena cuenta y pendiente de la certificación definitiva, con reducción del importe establecido como garantía, y considerándose los abonos y deducciones complementarias que pudieran resultar de las cláusulas del Contrato de Adjudicación.

A la terminación total de los trabajos se establecerá una certificación general y definitiva.

El abono de la suma debida al Contratista, después del establecimiento y la aceptación de la certificación definitiva y deducidos los pagos parciales ya realizados, se efectuará, deduciéndose la retención de garantía y aquellas otras que resulten por aplicación de las cláusulas del Contrato de Adjudicación / o Pliegos de Licitación.

Las certificaciones provisionales mensuales, y las certificaciones definitivas, se establecerán de manera que aparezca separadamente, acumulado desde el origen, el importe de los trabajos liquidados por administración y el importe global de los otros trabajos.

En todos los casos los pagos se efectuarán de la forma que se especifique en el Contrato de Adjudicación, Pliegos de Licitación y / o fórmula acordada en la adjudicación con el Contratista.

#### ***9.1.2. Precios de aplicación.***

Los precios unitarios, elementales y alzados de ejecución material a utilizar, serán los que resulten de la aplicación de la baja realizada por el Contratista en su oferta, a todos los precios correspondientes del proyecto, salvo en aquellas unidades especificadas explícitamente en los correspondientes artículos del capítulo "unidades de obra" de este Pliego, en las cuales se





considere una rebaja al ser sustituido un material de préstamo, cantera o cualquier otra procedencia externa, por otro obtenido en los trabajos efectuados en la propia obra.

Todos los precios unitarios o alzados de "ejecución material" comprenden sin excepción ni reserva, la totalidad de los gastos y cargas ocasionados por la ejecución de los trabajos correspondientes a cada uno de ellos, comprendidos los que resulten de las obligaciones impuestas al Contratista por los diferentes documentos del contrato y especialmente por el presente Pliego de Prescripciones Técnicas.

Estos precios comprenderán todos los gastos necesarios para la ejecución de los trabajos correspondientes hasta su completa terminación y puesta a punto, a fin de que sirvan para el objeto que fueron proyectados y, en especial los siguientes:

- Los gastos de mano de obra, de materiales de consumo y de suministros diversos, incluidas terminaciones y acabados que sean necesarios, aún cuando no se hayan descrito expresamente en la justificación de precios unitarios.
- Los gastos de planificación, coordinación y control de calidad.
- Los gastos de realización de cálculos, planos o croquis de construcción.
- Los gastos de almacenaje, transporte y herramientas.
- Los gastos de transporte, funcionamiento, conservación y reparación del equipo auxiliar de obra, así como los gastos de depreciación o amortización del mismo.
- Los gastos de conservación de los caminos auxiliares de acceso de otras obras provisionales.

### ***9.1.3. Partidas alzadas.***

Son partidas del presupuesto correspondiente a la ejecución de una obra, o de una de sus partes, en cualquiera de los siguientes supuestos:

Por un precio fijo definido con anterioridad a la realización de los trabajos y sin descomposición en los precios unitarios (partida alzada de abono íntegro).

Justificándose la facturación a su cargo mediante la aplicación de precios unitarios elementales o alzados existentes a mediciones reales cuya definición resulte imprecisa en la fase de proyecto, (Partida alzada a justificar).

En el primer caso la partida se abonará completa tras la realización de la obra en ella definida y en las condiciones especificadas, mientras que en el segundo supuesto sólo se certificará el importe resultante de la medición real, siendo discrecional para la Dirección de Obra la disponibilidad uso total o parcial de las mismas, sin que el Contratista tenga derecho a reclamación por este concepto.



Las partidas alzadas tendrán el mismo tratamiento en cuanto a su clasificación (ejecución material y por contrata) que el indicado para los precios unitarios y elementales.

#### ***9.1.4. Trabajos no autorizados y trabajos defectuosos.***

Como norma general no serán de abono los trabajos no contemplados en el Proyecto y realizados sin la autorización de la Dirección de Obra, así como aquellos defectuosos que deberán ser demolidos y repuestos en los niveles de calidad exigidos en el Proyecto.

No obstante si alguna unidad de obra que no se haya ejecutado exactamente con arreglo a las condiciones estipuladas en los Pliegos, y fuese sin embargo, admisible a juicio de la Dirección de Obra, podrá ser recibida, pero el Contratista quedará obligado a conformarse sin derecho a reclamación de ningún género, con la rebaja económica que se determine, salvo el caso en que el Contratista prefiera demolerla a su costa y rehacerla con arreglo a las condiciones dentro del plazo contractual establecido.

#### ***9.1.5. Excesos de obra.***

Cualquier exceso de obra que no haya sido autorizado por escrito por el Director de Obra no será de abono.

El Director de Obra podrá decidir en este caso, que se realice la restitución necesaria para ajustar la obra a la definición del Proyecto, en cuyo caso serán de cuenta del Contratista todos los gastos que ello ocasione.

#### ***9.1.6. Abono de materiales acopiados.***

La Dirección de Obra se reserva la facultad de hacer al Contratista a petición de éste, abonos sobre el precio de ciertos materiales acopiados en la obra, adquiridos en plena propiedad y efectivamente pagados por el Contratista.

Los abonos serán calculados por aplicación de los precios elementales que figuran en los cuadros de precios.

Si los cuadros de precios no especifican los precios elementales necesarios, los abonos pueden ser calculados a base de las facturas presentadas por el Contratista.

Los materiales acopiados sobre los que se han realizado los abonos, no podrán ser retirados de la obra sin la autorización de la Dirección de Obra y sin el reembolso previo de los abonos.

Los abonos sobre acopios serán descontados de las certificaciones provisionales mensuales, en la medida que los materiales hayan sido empleados en la ejecución de la obra correspondiente.



## ***9.2. Precios contradictorios.***

Si el desarrollo de la obra hiciera necesaria la ejecución de unidades, de las cuales no existieran precios en el cuadro de precios de este Proyecto, se formularán conjuntamente por la Dirección de Obra y el Contratista, los correspondientes precios unitarios.

Los precios auxiliares (materiales, maquinaria y mano de obra) y los rendimientos medios a utilizar en la formación de los nuevos precios, serán los que figuren en el cuadro de precios elementales y en la descomposición de precios del presente Proyecto, en lo que pueda serles de aplicación.

El precio de aplicación será fijado por la Propiedad, a la vista de la propuesta del Director de Obra y de las observaciones del Contratista.

## ***9.3. Trabajos por administración.***

Cuando la Dirección de Obra considere que las circunstancias particulares de la unidad de obra hace imposible el establecimiento de nuevos precios, le corresponderá exclusivamente la decisión de abonar, de forma excepcional dichos trabajos en régimen de Administración. Para la ejecución de estos trabajos, la Dirección de Obra tratará de llegar a un acuerdo con el Contratista, pudiendo encomendar dichos trabajos a un tercero, si el citado acuerdo no se logra. Las liquidaciones se realizarán sólo por los siguientes conceptos:

a) Empleo de mano de obra y materiales. El importe de "ejecución por contrata" a abonar por estos conceptos, viene dado por la fórmula siguiente:

$$I = (J + M) \cdot (1 + n) \quad \text{en la que:}$$

J es el importe total de mano de obra, obtenido aplicando el total de horas trabajadas por el personal obrero de cada categoría, directamente empleado en estos trabajos, la tarifa media horaria correspondiente, según baremo establecido en el contrato, en el cuadro de precios elementales de "ejecución material", incluyendo jornales, cargas sociales, pluses de actividad y porcentaje de útiles y herramientas.

M es el importe total correspondiente a materiales obtenido aplicando los elementales de "ejecución material" incluidos en el contrato a las cantidades utilizadas. En caso de no existir algún precio elemental para un material nuevo, se pedirán ofertas de dichos materiales de conformidad entre el Contratista y la Dirección de Obra a fin de definir el precio elemental a considerar en los abonos.

n es el porcentaje de aumento, sobre los conceptos anteriores, que cubre los demás gastos, gastos generales y, beneficio para obtener el precio de "ejecución por contrata". Este porcentaje se definirá en el contrato en el cuadro de precios.



En ningún caso se abonarán trabajos en régimen de administración que no hayan sido aprobados previamente por escrito por la Dirección de Obra.

b) Empleo de maquinaria y equipo auxiliar

La mano de obra directa, el combustible y energía correspondientes al empleo de maquinaria o equipo auxiliar del Contratista para la ejecución de los trabajos o prestaciones de servicios pagados por administración, se abonará al Contratista por aplicación de la fórmula anterior.

Además se abonará al Contratista una remuneración según tarifa, en concepto de utilización de la maquinaria, incluyendo los gastos de conservación, reparaciones y recambios.

Se empleará una tarifa, según el tipo de maquinaria, expresadas en un tanto por mil del valor de la máquina por hora efectiva de utilización (o bien por día natural de utilización).

Cuando una maquinaria o equipo auxiliar se traslade a la obra única y exclusivamente para ejecutar un trabajo por administración, por decisión de común acuerdo, reflejado por escrito, entre la Dirección de Obra y el Contratista, se empleará también la fórmula anterior, pero se asegurará al Contratista una remuneración diaria mínima en concepto de inmovilización, expresada también en un tanto por mil del valor de la máquina, por día natural de inmovilización. En ningún otro caso podrá el Contratista reclamar indemnización alguna por este motivo.

Además en este caso, se abonará al Contratista el transporte de la maquinaria a obra, ida y vuelta, y los gastos de montaje y desmontaje, si los hubiera, según la fórmula indicada en el párrafo a).

Los importes obtenidos por todas las expresiones anteriores se mayorarán también en el mismo porcentaje  $n$ , anteriormente citado en el apartado a), que cubre los demás gastos, gastos generales y beneficios para obtener el precio de "ejecución por contrata".

El Contrato de Adjudicación y los Pliegos de Licitación podrán establecer los detalles complementarios que sean precisos.

#### ***9.4. Gastos por cuenta del contratista.***

De forma general son aquellos especificados como tales en los capítulos de este Pliego de Prescripciones Técnicas y que se entienden repercutidos por el Contratista en los diferentes precios unitarios, elementales y / o alzados, como se señala en el apartado segundo del presente Artículo.



## **10. DESVÍOS Y SEÑALIZACIÓN.**

### **10.1. Desvíos provisionales.**

Se define como desvíos provisionales y señalización durante la ejecución de las obras, al conjunto de obras accesorias, medidas y precauciones que el Contratista está obligado a realizar y adoptar durante la ejecución de las obras para mantener la circulación en condiciones de seguridad.

Durante dicho período el Contratista tendrá en cuenta lo previsto en el capítulo II, Sección 1ª, Cláusula 23 del pliego de Cláusulas Administrativas Generales para la Contratación de Obras del Estado, Decreto 3854/1970, de 31 de Diciembre La Orden Ministerial de 14 de Marzo de 1.960, las aclaraciones complementarias que se recogen en la O.C. Nº 67-1-1.960 de la Dirección General de Carreteras, norma de carreteras 8.3-IC sobre señalización de obras y demás disposiciones al respecto que pudiesen entrar en vigor antes de la terminación de las obras.

### **10.2. Normas generales**

El Contratista estará obligado a establecer contacto, antes de dar comienzo a las obras, con el Ingeniero Director de las Obras, con el fin de recibir del mismo las instrucciones particulares referentes a las medidas de seguridad a adoptar así como las autorizaciones escritas que se consideren eventualmente necesarias y cualquier otra prescripción que se considere conveniente.

El Contratista informará anticipadamente al Ingeniero Director acerca de cualquier variación de los trabajos a lo largo de la carretera.

En el caso de que se observe falta de cumplimiento de las presentes normas, las obras quedarán interrumpidas hasta que el Contratista haya dado cumplimiento a las disposiciones recibidas.

En el caso de producirse incidentes o cualquier clase de hechos lesivos para los usuarios o sus bienes por efecto de falta de cumplimiento de las Normas de Seguridad, la responsabilidad de aquellos recaerá sobre el Contratista, el cual asumirá las consecuencias de carácter legal.

Ninguna obra podrá realizarse en caso de niebla, de precipitaciones de nieve o condiciones que puedan, de alguna manera, limitar la visibilidad o las características de adherencia del piso.

En el caso de que aquellas condiciones negativas se produzcan una vez iniciadas las obras, éstas deberán ser suspendidas inmediatamente, con la separación de todos y cada uno de los elementos utilizados en las mismas y de sus correspondientes señalizaciones.



La presente norma no se aplica a los trabajos que tiene carácter de necesidad absoluta en todos los casos de eliminación de situaciones de peligro para la circulación. Tal carácter deberá ser decidido en todo caso por el Ingeniero Director, a quien compete cualquier decisión al respecto.

El Director de Obra ratificará o rectificará el tipo de señal a emplear conforme a las normas vigentes en el momento de la construcción, siendo de cuenta y responsabilidad del Contratista el establecimiento, vigilancia y conservación de las señales que sean necesarias.

El Contratista señalará la existencia de zanjas abiertas, impedirá el acceso a ellas a todas las personas ajenas a la obra y vallará toda zona peligrosa, debiendo establecer la vigilancia necesaria, en especial por la noche para evitar daños al tráfico y a las personas que hayan de atravesar la zona de las obras.

El Contratista bajo su cuenta y responsabilidad, asegurará el mantenimiento del tráfico en todo momento durante la ejecución de las obras.

Cuando la ausencia de personal de vigilancia o un acto de negligencia del mismo produzca un accidente o cualquier hecho lesivo para los usuarios o sus bienes, la responsabilidad recaerá sobre el Contratista, el cual asumirá todas las consecuencias de carácter legal.

A la terminación de las obras, el Contratista deberá dejar perfectamente limpio y despejado el tramo de calzada que se ocupó, sacando toda clase de materiales y de desperdicios de cualquier tipo que existieran allí por causa de la obra.

Si se precisase realizar posteriores operaciones de limpieza debido a la negligencia del Contratista, serán efectuadas por el personal de conservación, con cargo al Contratista.

En los casos no previstos en estas normas o bien en situaciones de excepción (trabajos de realización imprescindible en condiciones precarias de tráfico o de visibilidad), el Ingeniero Director podrá dictar al Contratista disposiciones especiales en sustitución o en derogación de las presentes normas.

### ***10.3. Normas para la ampliación de la plataforma.***

Las excavaciones que se realicen para ampliación de la plataforma cumplirán las siguientes condiciones de seguridad:

- No se comenzarán las excavaciones hasta que no estén preparados los materiales para el relleno.
- No se comenzará la excavación en los dos márgenes de la carretera simultáneamente.



- Los escalones laterales mayores de cuarenta centímetros (40 cm) no podrán permanecer más de siete días (7 d) y serán de longitud menor de doscientos metros (200 m).
- Los escalones laterales comprendidos entre veinticinco y cuarenta centímetros (25 y 40 cm) no permanecerán más de veinte días (20 d) y serán de longitud menor de quinientos metros (500 m).
- Los escalones laterales comprendidos entre diez y veinticinco centímetros (10 y 25 cm) no permanecerán más de cuarenta días (40 d) y su longitud será menor de mil metros (1.000 m).
- En todo caso serán de obligado cumplimiento las indicaciones, planes y croquis expuestos en el presente Proyecto o que pudiera aportar la Dirección de Obra, sobre ejecución de obras de ampliación o modificación de la calzada existente, con mantenimiento de tráfico.
- En los lugares que sea factible la ejecución de desvíos provisionales se procederá en tal sentido.

#### ***10.4. Señalización y balizamiento de las obras.***

El Contratista colocará a su costa la señalización y balizamiento de las obras con la situación y Características que indiquen las ordenanzas y autoridades competentes y el Proyecto de Seguridad. Asimismo cuidará de su conservación para que sirvan al uso al que fueron destinados, durante el período de ejecución de las obras.

Si alguna de las señales o balizas deben permanecer, incluso con posterioridad a la finalización de las obras, se ejecutará de forma definitiva en el primer momento en que sea posible.

Se cumplirán en cualquier caso los extremos que a continuación se relacionan, siempre y cuando no estén en contradicción con el proyecto de Seguridad:

- Las vallas de protección distarán no menos de 1 m del borde de la excavación o de la zanja cuando se prevea paso de peatones paralelo a la dirección de la misma y no menos de 2 m cuando se prevea paso de vehículos.
- Cuando los vehículos circulen en sentido normal al borde de la excavación o al eje de la zanja, la zona acotada se ampliará a dos veces la profundidad de la excavación o zanja en este punto, siendo la anchura mínima 4 m y limitándose la velocidad en cualquier caso.
- El acopio de materiales y tierras extraídas en cortes de profundidad mayor de 1,30 m se dispondrá a una distancia no menor de 2 m de borde.
- En las zanjas o pozos de profundidad mayor de 1,30 m siempre que haya operarios trabajando en el interior, se mantendrá uno de retén en el exterior.
- La iluminación se efectuará mediante lámparas situadas cada 10 m.





- Las zanjas de profundidad mayor de 1,30 m estarán provistas de escaleras que rebasen 1 m la parte superior del corte.
- En zona urbana las zanjas estará completamente circundadas por vallas.
- En zona rural las zanjas estarán acotadas vallando la zona de paso o en la que se presuma riesgo para peatones o vehículos.
- Las zonas de construcción de obras singulares, estarán completamente valladas.
- Al finalizar la jornada o en interrupciones largas, se protegerán las bocas de los pozos de profundidad > 1,30 m con un tablero resistente, red o elemento equivalente.
- Como complemento a los cierres de zanja se colocarán todas las señales de tráfico incluidas en el código de circulación que sean necesarias.

### ***10.5. Consideraciones especiales sobre cruces de cauces de ríos o arroyos, calles, ferrocarriles y otros servicios***

Antes del comienzo de los trabajos que afecten al uso de carreteras, viales o vías ferroviarias, a cauces o a otros servicios, el Contratista propondrá el sistema constructivo que deberá ser aprobado por escrito por el Director de Obra y el Organismo responsable.

Durante la ejecución de los trabajos el Contratista seguirá las instrucciones previa notificación y aceptación del Director de Obra, hechas por el Organismo afectado.

Todas las instrucciones de otros Organismos deberán dirigirse al Director de Obra pero si estos Organismos se dirigiesen al Contratista para darle instrucciones, el Contratista las notificará al Director de Obra para su aprobación por escrito.

El Contratista tomará las medidas adecuadas para evitar que los vehículos que abandonen las zonas de obras depositen restos de tierra, barro, etc., en las calles adyacentes. En todo caso eliminará rápidamente estos depósitos.

El Contratista mantendrá en funcionamiento los servicios afectados, tanto los que deba reponer como aquellos que deban ser repuestos por los Organismos competentes. En el caso de conducciones de abastecimiento y saneamiento, deberá mantener la circulación de aguas potables y residuales en los conductos existentes durante la ejecución de las obras que afecten a los mismos, efectuando en su caso los desvíos provisionales necesarios que, previa aprobación por la Dirección de Obra, se abonarán a los precios del cuadro Nº 1 que le fueran aplicables. Los citados desvíos provisionales serán totalmente estancos.

El Contratista dispondrá del equipo de seguridad necesario para acceder con garantías a conducciones, arquetas y pozos de registro. El Contratista dispondrá de un equipo de



detección de gas, el cual estará en todo momento, accesible al personal del Director de Obra. El equipo incluirá sistemas de detección del anhídrido sulfhídrico.

### ***10.6. Carteles y anuncios.***

Podrán ponerse en las obras las inscripciones que acrediten su ejecución por el Contratista. A tales efectos, éste cumplirá las instrucciones que tenga establecidas la Propiedad y en su defecto las que dé el Director de Obra.

El Contratista no podrá poner, ni en la obra ni en los terrenos ocupados o expropiados por la Propiedad para la ejecución de la misma, inscripción alguna que tenga carácter de publicidad comercial.

## ***11. PROTECCIÓN DEL ENTORNO.***

### ***11.1. Preparación del terreno.***

La preparación del terreno consiste en retirar de las zonas previstas para la ubicación de la obra, los árboles, plantas, tocones, maleza, maderas caídas, escombros, basuras o cualquier otro material existente, que estorben, que no sean compatibles con el Proyecto de Construcción o no sean árboles a proteger.

Las operaciones de desbrozado deberán ser efectuadas con las debidas precauciones de seguridad, a fin de evitar daños en las construcciones existentes, propiedades colindantes, vías o servicios públicos y accidentes de cualquier tipo. Cuando los árboles que se derriben puedan ocasionar daños a otros árboles que deban ser con ser vadoso a construcciones colindantes, se trocearán, desde la copa al pie, o se procurará que caigan hacia el centro de la zona de limpieza.

En los desmontes, todos los tocones y raíces mayores de 10 cm de diámetro se eliminarán hasta una profundidad de 50 cm por debajo de lo explanado.

Antes de efectuar el relleno, sobre un terreno natural, se procederá igualmente al desbroce del mismo, eliminándose los tocones y raíces, de forma que no quede ninguno dentro del cimiento de relleno ni a menos de 15 cm de profundidad bajo la superficie natural del terreno, eliminándose así mismo los que existan debajo de los terraplenes.

Los huecos dejados con motivo de la extracción de tocones y raíces se rellenarán con tierras del mismo suelo, haciéndose la compactación necesaria para conseguir la del terreno existente.



Cuando existan pozos o agujeros en el terreno, su tratamiento será fijado por la Dirección de Obra según el caso.

Todos los materiales que puedan ser destruidos por el fuego serán quemados o retirados a vertedero de acuerdo con lo que indique el Director de la Obra y las normas que sobre el particular existan en cada localidad.

### ***11.2. Limpieza de cunetas.***

Cuando la acumulación de piedras y otros materiales obstaculice la función de las cunetas, éstas se limpiarán mecánica o manualmente.

Se cuidará de no modificar el tamaño ni la forma de la cuneta en su estado inicial. Esta labor se considera incluida en todas las actuaciones que puedan ensuciar las cunetas.

### ***11.3. Protección del arbolado existente.***

En cualquier trabajo en el que las operaciones o pasos de vehículos y máquinas se realicen en terrenos cercanos a algún árbol existente, previamente al comienzo de los trabajos, deberán protegerse los árboles a lo largo del tronco y en una altura no inferior a 3 m desde el suelo con tabloncillos ligados con alambres. Estas protecciones se retirarán una vez terminada la obra.

Los árboles y arbustos deben ser protegidos de forma efectiva frente a golpes y compactación del área de extensión de las raíces.

Cuando se abran hoyos o zanjas próximas a plantaciones de arbolado, la excavación no deberá aproximarse al pie mismo de una distancia igual a cinco veces el diámetro del árbol a la altura normal (1,20 m) y, en cualquier caso, esta distancia será siempre superior a 0,50 m.

En aquellos casos que en la excavación resulten alcanzadas raíces de grueso superior a 5 cm éstas deberán cortar según hacha dejando cortes limpios y lisos, que se pintarán a continuación con cualquier cicatrizante de los existentes en el mercado.

Deberá procurarse que la época de apertura de tronco, zanjas y hoyos, próximos al arbolado a proteger, sea la de reposo vegetal (diciembre, enero y febrero).

Cuando en una excavación de cualquier tipo resulten afectadas raíces de arbolado, el relleno deberá hacerse en un plazo no superior a tres días desde la apertura, procediéndose a continuación a su riego.

El Contratista presentará, en el momento del replanteo, el plan y dispositivos de defensa para su consideración y aprobación en su caso por la Dirección de Obra, incluyendo la delimitación de las superficies a alterar, tanto por la propia excavación, como por las pistas de trabajo,



superficies auxiliares, zonas de préstamos, áreas de depósito temporal de tierra o sobrantes y acondicionamiento de terreno de sobrantes definitivos.

Se respetarán los árboles señalados en el Proyecto de Construcción y los señalados en el Proyecto de Re-vegetación (caso de haberlo).

#### ***11.4. Hallazgos históricos.***

Cuando se produzcan hallazgos de restos históricos de cualquier tipo, deberán interrumpirse las obras y comunicarlo al Director de Obra, no debiendo reanudar la obra sin previa autorización, cumpliendo lo establecido en la normativa del Patrimonio Histórico Artístico.

#### ***11.5. Aguas de limpieza.***

Se establecerán zonas de limpieza de las ruedas para los camiones que puedan acceder a las zonas urbanas manteniéndose las carreteras limpias de barro y otros materiales.

El agua que se utilice en el riego durante las obras, en la limpieza de las ruedas de los camiones o en minimización de polvo en las épocas de más sequía tendrá que cumplir como mínimo las características de calidad siguientes:

- El pH estará comprendido entre 6,5 y 8.
- El oxígeno disuelto será superior a 5 mg/l.
- El contenido en sales solubles debe ser inferior a 2 g/l.
- No debe contener bicarbonato ferroso, ácido sulfhídrico, plomo, selenio, arsénico, cromatos ni cianuros.
- Situar por debajo de los valores establecidos en la Ley de Aguas en su tabla más restrictiva (tabla 3).

Se podrán admitir para este uso todas las aguas que estén calificadas como potables.

La calidad de las aguas para la plantación y el regadío vendrán definidas en el Pliego de Prescripciones del Proyecto de Re-vegetación (caso de haberlo).

#### ***11.6. Protección de la calidad del agua y de los márgenes de la red de drenaje***

Todas las riberas de los cursos de agua afectables son un ecosistema valioso, por lo que debe ser respetado al máximo en las cercanías de las zonas en obras, en las cortas, y en general, en todos los puntos de cruce.



Según el Art. 234, del R.D. 849/1986, de 11 de abril, queda prohibido con carácter general y sin perjuicio de lo dispuesto en el Art. 92 de la Ley de Aguas:

- Efectuar vertidos directos o indirectos que contaminen las aguas.
- Acumular residuos sólidos, escombros o sustancias, cualquiera que sea su naturaleza y el lugar en que se depositen, que constituyan o puedan constituir un peligro de contaminación de las aguas o de degradación de su entorno.
- Efectuar acciones sobre el medio físico o biológico al agua que constituyan o puedan constituir una degradación del mismo.
- El ejercicio de actividades dentro de los parámetros de protección fijados en los Planes Hidrológicos, cuando pudiera constituir un peligro de contaminación o degradación del dominio público hidráulico.

Para lo no definido en este apartado se regulará de acuerdo con la Ley 29/1985, de Aguas, así como por el Real Decreto 849/1986 que aprueba el reglamento del dominio público hidráulico.

Queda establecida la construcción de una balsa de decantación para la recogida y depósito de las partículas en suspensión. Se establecerá un calendario de retirada de los materiales depositados según se observe su evolución y de acuerdo con la Dirección de Obra.

El Contratista presentará a la Dirección de Obra un Plan con los cuidados, precauciones, dispositivos, mantenimiento de la balsa de decantación, operaciones de restauración para el cauce y riberas de los cursos de agua alterados, a fin de conservar en los tramos no ocupados las actuales condiciones de flujo, calidad de aguas (biológicas y físico-químicas), morfológica, etc.

Los daños innecesarios o no previstos sobre la vegetación de ribera y no especificado en el Proyecto, ni en este Plan, serán repuestos a cargo del Contratista.

### ***11.7. Prevención de daños y restauración en superficies contiguas a la obra.***

El Contratista queda obligado a un estricto control y vigilancia durante las obras para no ampliar el impacto de la obra en sí por actuaciones auxiliares, afección

a superficies contiguas: pistas auxiliares, depósitos temporales, vertidos indiscriminados, etc.

El Contratista presentará a la Dirección de Obra un Plan para su aprobación en el que se señalen:

- Delimitación exacta del área afectada. Previsión de dispositivos de defensa según se ha especificado en los artículos anteriores sobre el arbolado, prados, riberas y cauces de ríos y arroyos, etc.



### ***11.8. Integración paisajística.***

La Dirección de Obra podrá exigir un rematado redondeado en las aristas de contacto entre la explanación y el terreno natural o en las aristas entre planos de explanación, tanto horizontales como inclinados, debiendo en todo caso el Contratista evitar la aparición de formas geométricas de ángulos vivos, excepto allí donde los planos y el Proyecto lo señalen.

Los taludes de la explanación deberán quedar, en toda su extensión, conformados de acuerdo con lo que al respecto señale el Director, debiendo mantenerse en perfecto estado, hasta la recepción definitiva de las obras, tanto en lo que se refiere a los aspectos funcionales como a los estéticos.

Los perfilados de taludes que se efectúen para armonizar con el paisaje circundante deben hacerse con una transición gradual, cuidando especialmente las transiciones entre taludes de distinta inclinación.

En las intersecciones de desmonte y rellenos, los taludes se alabearán para unirse entre sí y con la superficie natural del terreno, sin originar una discontinuidad visible.

El acabado de los taludes será suave, uniforme y totalmente acorde con la superficie del terreno y la obra, sin grandes contrastes, y ajustándose a los Planos, procurando evitar daños a árboles existentes o rocas que tengan pátina, para lo cual deberán hacerse los ajustes necesarios. En los taludes que vayan a ser provistos de cubierta vegetal, la superficie no deberá ser alisada ni compactada, sin menoscabo de la seguridad, no sufrirá ningún tratamiento final, siendo incluso deseable la conservación de las huellas del paso de la maquinaria.

El resultado de una siembra está directamente ligado al estado de la superficie del talud: estando en equilibrio estable, quedará rugosa y desigual de tal manera que las semillas y productos de la hidrosiembra o la tierra vegetal a extender encuentren huecos donde resistir el lavado o el deslizamiento.

Puede darse el caso de que existan zonas que con las modificaciones parciales y especiales producidas durante la construcción, el Proyecto de Re-vegetación no las contemple; suelen ser superficies interiores de enlaces, tramos abandonados de vías en desuso, etc. Por lo tanto su acondicionamiento será previsto antes del final de la obra y comprenderá todas las actuaciones necesarias para la obtención de una superficie adecuada para el posterior tratamiento de Revegetación.

Los gastos derivados del acondicionamiento correrán a cargo del Contratista.



## **12. RECEPCIÓN Y LIQUIDACIÓN.**

### **12.1. Proyecto de liquidación.**

El Contratista entregará a la Dirección de Obra para su aprobación todos los croquis y planos de obra realmente construida y que supongan modificaciones respecto al Proyecto o permitan y hayan servido para establecer las ediciones de las certificaciones.

Con toda esta documentación debidamente aprobada, o los planos y mediciones contradictorios de la Dirección de Obra en su caso, se constituirá el

Proyecto de Liquidación, en base al cual se realizará la liquidación de las obras en una certificación única final según lo indicado en el apartado sobre certificaciones.

### **12.2. Recepción de las obras**

Al término de la ejecución de las obras objeto de este pliego se comprobará que las obras se hallan terminadas con arreglo a las condiciones prescritas, en cuyo caso se llevará a cabo la recepción.

En el acta de recepción se hará constar las deficiencias que a juicio de la Dirección de Obra deben ser subsanadas por el Contratista, estipulándose un plazo para subsanarlas. Si transcurrido dicho plazo el contratista no lo hubiere efectuado, podrá concedérsele otro nuevo plazo improrrogable o declarar resuelto el contrato.

### **12.3. Periodo de garantía. Responsabilidad del contratista.**

El plazo de garantía a contar desde la recepción de las obras, será el establecido en el Contrato, durante el cual el Contratista tendrá a su cargo la conservación ordinaria de aquéllas cualquiera que fuera la naturaleza de los trabajos a realizar, siempre que no fueran motivados por causas de fuerza mayor. Igualmente deberá subsanar aquellos extremos que se reflejaron en el acta de recepción de las obras. Serán de cuenta del Contratista los gastos correspondientes a las pruebas generales que durante el período de garantía hubieran de hacerse, siempre que hubiese quedado así indicado en el acta de recepción de las obras.

Durante ese período de garantía se establecerá un mantenimiento y conservación de las plantas, siembras, y obras relacionadas, tal y como se especifica en el Pliego de Prescripciones Particulares del Proyecto de Revegetación (caso de haberlo).

El mantenimiento comprende todos aquellos trabajos que son necesarios realizar de forma periódica, diaria o estacional, sobre las zonas plantadas para permitir su evolución y desarrollo tal y como habían sido diseñadas en el proyecto y así alcanzar las características funcionales y





botánicas que las definen y diferencian, así como para obtener aumentos en el valor ornamental para el que han sido a menudo plantadas.

Para el mantenimiento y conservación se establece en el Proyecto de Revegetación (caso de haberlo) una partida de mantenimiento y conservación de plantaciones a lo largo del período de garantía. La Dirección de Obra, realizará cuantas inspecciones juzgue oportunas para ordenar el buen mantenimiento de las plantas, siembras y construcciones.

En lo que se refiere a la responsabilidad del Contratista corresponde a la Dirección de Obra juzgar la verdadera causa de los deterioros o deficiencias, decidiendo a quién corresponde afrontar los costos de las reparaciones.

Si la obra se arruina con posterioridad a la expiración del plazo de garantía por vicios ocultos de la construcción, debido a incumplimiento del contrato por parte del contratista, responderá éste de los daños y perjuicios durante el término de quince años a contar desde la recepción.

Transcurrido este plazo sin que se haya manifestado ningún daño o perjuicio, quedará totalmente extinguida la responsabilidad del contratista.

#### ***12.4. Liquidación.***

Dentro del plazo máximo de seis meses a contar desde la fecha del acta de recepción deberá acordarse y ser notificada al contratista la liquidación correspondiente y abonársele el saldo resultante, en su caso.



### **13. OBRAS COMPRENDIDAS EN LA SUBESTACION:**

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.



## **14. MATERIALES**

### **14.1. Cementos**

#### **14.1.1. Condiciones generales.**

El cemento empleado podrá ser cualquiera de los que se definen en el Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para la Recepción de Cementos (RC-03), con tal que sea clase resistente 32,5 o superior y satisfaga las condiciones que en dicho Pliego se prescriben. Además, el cemento deberá ser capaz de proporcionar al hormigón las cualidades que a éste se exigen en el artículo 30 de la EHE. La utilización de los cementos se ajustará a lo dispuesto en el anejo 3 de la citada EHE, teniendo en cuenta para su selección las circunstancias de hormigonado y las clases de exposición en servicio.

En los documentos de origen figurarán el tipo, clase y categoría a que pertenece el cemento, así como la garantía del fabricante de que el cemento cumple las condiciones exigidas por el Pliego.

El fabricante enviará, si se le solicita, copia de los resultados de los análisis y ensayos correspondientes a la producción de la jornada a que pertenezca la partida servida.

Salvo indicación en contrario, los cementos serán de clase resistente 32,5 como mínimo.

A la entrega del suministro, ya sea expedido el cemento a granel o en sacos, el vendedor aportará un albarán con documentación anexa, conteniendo, entre otros, la contraseña del certificado de conformidad con los requisitos reglamentarios o número del certificado correspondiente a marca de calidad equivalente.

Se exige en todos los casos la utilización de cemento resistente a los sulfatos, teniéndose ya en cuenta en el precio correspondiente. No habrá por ello aumento alguno de precio en las unidades de obra que contengan cementos.

#### **14.1.2. Empleo**

El cemento a utilizar será del tipo CEM II/A clase 32,5 S, sulforresistente, en todos los hormigones (según Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para la Recepción de Cementos (RC-03)), tanto en masa como armado.

El cemento no llegará a obra excesivamente caliente.

Se recomienda que si su manipulación se va a realizar por medios mecánicos su temperatura no exceda de 70 °C, y si se va a realizar a mano no exceda del mayor de los dos límites siguientes:

- a) Cuarenta grados centígrados.
- b) temperatura ambiente más cinco grados centígrados.



De no cumplirse los límites citados, deberá comprobarse, con anterioridad el empleo del cemento, que éste no presente tendencia a experimentar falso fraguado.

Cuando el suministro se realice en sacos, el cemento se recibirá en obra en los mismos envases cerrados en que fue expedido de fábrica y se almacenará en sitio ventilado y defendido tanto de la intemperie como de la humedad del suelo y de las paredes. Si el suministro se realizara a granel, el almacenamiento se llevará a cabo en silos o recipientes que lo aíslen de la humedad.

Si el período de almacenamiento ha sido superior a un mes se comprobará que las características del cemento continúan siendo adecuadas. Para ello, dentro de los veinte días anteriores a su empleo, se realizarán los ensayos de fraguado y resistencia mecánicas a tres y siete días, sobre una muestra representativa del cemento almacenado, sin excluir los terrones que hallan podido formarse.

De cualquier modo, será de aplicación lo dispuesto en el artículo 26 de la EHE.

#### ***14.1.3. Medición y abono.***

El coste del cemento y su empleo se considera incluido en cada una de las unidades de obra en que se utiliza.

#### ***14.2. Arena.***

Puede proceder de ríos, arroyos y canteras. Debe ser limpia y no contener impurezas orgánicas, arcillosas, carbón, escorias, yeso, mica o feldespatos. Se dará preferencia a la arena cuarzosa, la de origen calizo, siendo preferibles las arenas de superficie áspera o angulosa.

La determinación de la cantidad de arcilla se comprobará según el ensayo siguiente: De la muestra del árido mezclado se separará con el tamiz de 5 mm 100 cm<sup>3</sup> de arena, los cuales se verterán en una probeta de vidrio graduado hasta 300 cm<sup>3</sup>. Una vez llena de agua hasta la marca de 150 cm<sup>3</sup> se agitará fuertemente tapando la boca con la mano; hecho esto se dejará sedimentar durante una hora. En estas condiciones el volumen aparente de arcilla no superará el 8 %.

La proporción de materias orgánicas se determina mezclando 100 cm<sup>3</sup> de arena con una solución de sosa al 3 % hasta completar 150 cm<sup>3</sup>. Después de 24 horas, el líquido deberá quedar sin coloración, o presentar como máximo un color amarillo pálido.

Los ensayos de las arenas se harán sobre mortero de la siguiente dosificación (en peso):

- 1 parte de cemento
- 3 partes de arena



En obras de pequeña importancia, se puede emplear el procedimiento siguiente para determinar la calidad de la arena: Se toma un poco de arena y se aprieta con la mano, si es silíceo y limpia debe crujiir. La mano ha de quedar, al tirar la arena, limpia de arcilla y barro.

### ***14.3. Grava.***

Podrá proceder de canteras o de graveras de río, y deberá estar limpia de materias extrañas como limo o arcilla, no conteniendo más de un 3 % en volumen de cuerpos extraños inertes.

Se prohíbe el empleo de revoltón, o sea, piedra y arenas unidas sin dosificación, así como cascotes o materiales blandos. Deberá ser de tamaño comprendido entre 2 y 6 cm., no admitiéndose piedras ni bloques de mayor tamaño.

### ***14.4. Hormigón.***

El amasado de hormigón se efectuará en hormigonera o a mano, siendo preferible el primer procedimiento; en el segundo caso se hará sobre chapa metálica de suficientes dimensiones para evitar que se mezcle con la tierra y se procederá primero a la elaboración del mortero de cemento y arena, añadiéndose a continuación la grava, y entonces se le dará una vuelta a la mezcla, debiendo quedar ésta de color uniforme; si así no ocurre, hay que volver a dar otras vueltas hasta conseguir la uniformidad; una vez conseguida se añadirá a continuación el agua necesaria antes de verter al hoyo.

Se empleará hormigón cuya dosificación sea de 200 kg/m<sup>3</sup>. La composición normal de la mezcla será:

- Cemento: 1
- Arena: 3
- Grava: 6

La dosis de agua no es un dato fijo, y varía según las circunstancias climatológicas y los áridos que se empleen.

El hormigón obtenido será de consistencia plástica, pudiéndose comprobar su docilidad por medio del cono de Abrams. Dicho cono consiste en un molde tronco-cónico de 30 cm. de altura y bases de 10 y 20 cm. de diámetro. Para la prueba se coloca el molde apoyado por su base mayor, sobre un tablero, llenándolo por su base menor, y una vez lleno de hormigón y enrasado se levanta dejando caer con cuidado la masa. Se mide la altura H del montón formado y en función de ella se conoce la consistencia:



➤ <u>Consistencia</u>	<u>H (cm.)</u>
➤ Seca	30 a 28
➤ Plástica	28 a 20
➤ Blanda	20 a 15
➤ Fluida	15 a 10

En la prueba no se utilizará árido de más de 5 cm

### ***14.5. Tubos de hormigón.***

#### ***14.5.1. Definición y clasificación.***

Se definen como tuberías de hormigón las formadas con tubos prefabricados de hormigón en masa o armado, que se emplean para la conducción de aguas sin presión.

Se excluyen de esta definición los tubos porosos o análogos para captación de aguas subterráneas y los utilizados en tuberías a presión.

Serán de aplicación, el Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para los de Saneamiento de Poblaciones (B.O.E. núm. 228 del 23 de Septiembre de 1.986), siempre que no contradiga el presente pliego.

#### ***14.5.2. Tubos de hormigón en masa***

Los tubos de hormigón en masa serán fabricados mecánicamente por un procedimiento que asegure una elevada compacidad del hormigón, preferiblemente vibro prensado.

#### ***14.5.3. Tubos de hormigón armado.***

Los tubos de hormigón armado se fabricarán mecánicamente por un procedimiento que asegure una elevada compacidad del hormigón.

Para que un tubo esté clasificado como de hormigón armado deberá tener simultáneamente las dos series de armaduras siguientes:

- a) Barras continuas longitudinales colocadas a intervalos regulares según generatrices, y
- b) Espiras helicoidales continuas de paso regular de 15 cm como máximo o cercos circulares soldados y colocados a intervalos regulares distanciados 5 cm como máximo.

La sección de los cercos o espiras cumplirá la prescripción de la cuantía mínima exigida por la Instrucción para el proyecto y ejecución de obras hormigón en masa o armado para flexión simple o compuesta, salvo utilización de armaduras especiales admitidas por el Director de Obra.

Se armará el tubo en toda su longitud llegando las armaduras hasta 25 mm del borde del mismo.



En los extremos del tubo la separación de los cercos o el paso de las espiras deberán reducirse.

El recubrimiento de las armaduras por el hormigón deberá ser al menos de 2 cm. Cuando se prevea ambientes particularmente agresivos, bien exteriores, bien interiores, los recubrimientos deberán ser incrementados por el proyectista.

Cuando el diámetro del tubo sea superior a 1.000 mm y salvo disposiciones especiales de armaduras debidamente justificadas por el proyectista, las espiras o cercos estarán colocadas en dos capas cuyo espacio entre ellas será el mayor posible teniendo en cuenta los límites de recubrimiento antes expuestos.

## ***14.6. Envolvertes y soportes de los conductores***

### ***14.6.1. Definición y clasificación***

Los materiales objeto de este artículo quedan definidos por las características que se describen en los siguientes apartados.

Se distinguen los siguientes materiales:

- Tubo de polietileno de alta densidad (PEHD).
- Tubo de P.V.C.
- Tubo de acero galvanizado (DIN 49.020).
- Bandeja metálica portacables.
- Bandeja de P.V.C. portacables.
- Bandeja de P.R.F.V. portacables.
- Cajas de derivación.

### ***14.6.2. Características técnicas***

#### ***14.6.2.1. Tubo de polietileno de alta densidad (P.E.H.D.)***

El tubo de P.E.H.D. será corrugado de doble capa y tendrá las siguientes características:

- Tipo: Tubo de doble capa, (corrugado exteriormente y de pared lisa interior).
- Material: P.E.H.D.
- Normas: UNE-EN-50086-2-4
- Características:
  - ✚ Imputrescible.
  - ✚ Inalterable a agentes químicos.
  - ✚ Dieléctrico.
- Termoplástico y termosoldable.
- Resistencia al impacto a -5 °C normal.
- resistencia a la compresión: 450 N.
- P47, grado de protección contra daños mecánicos 7, según UNE-20324
- Suministro: Longitud 6 m.
- Unión: -Manguito hembra a presión.





- Color: .rojo RAL 3002.
- Espesor 4 mm
- El diámetro se fijará según proyecto.

#### ***14.6.2.2. Tubo de P.V.C.***

Estará construido en PVC autoextinguible, tendrá una rigidez dieléctrica según UNE 21.316.

Podrán ser rígidos curvables en caliente o flexible corrugado.

El diámetro se fijará según proyecto.

#### ***14.6.2.3. Tubo de acero galvanizado***

Estará construido en acero ST-35 galvanizado en caliente. Tendrá sus extremos roscados y dimensiones según DIN 49.020.

#### ***14.6.2.4. Bandeja metálica portacables***

Está construida en acero galvanizado en caliente. Será de escalera salvo especificación contraria del Proyecto. Tendrá un IP-4 x 9 según UNE 20.324.

Incluirá tornillería y pequeño material.

#### ***14.6.2.5. Bandeja de P.V.C. portacables***

Estará construida en PVC autoextinguible, inalterable al ataque de los gases de escape de los motores de combustión a la radiación solar y humedad. Tendrá una rigidez dieléctrica según UNE 21.316.

Permitirá la posibilidad de incluir tabiques separadores y serán de un grado de protección

IP-4 x 9 según UNE 20.324.

Salvo especificación en contra tendrán un ala de 60 mm para todos sus anchos.

Incluirá todo el pequeño material necesario.

#### ***14.6.2.6. Bandeja de P.R.F.V. portacables***

Construida en poliéster reforzado con fibra de vidrio, inalterable al ataque de gases de motores de combustión, a la radiación solar y a la humedad. Tendrá una rigidez dieléctrica según UNE 21.516.

Permitirá la posibilidad de incluir tabiques separadores y serán de un grado de protección

IP-4 x 9 según UNE 20.324.

Incluirá todo el pequeño material necesario.



#### **14.6.2.7. Caja de derivación**

Construidas en PVC autoextinguible IP-555 o metálica IP-559, incluirán placa de derivación y bornas, prensa-estopas adecuadas y juntas de estanqueidad.

Incluirá todo el pequeño material necesario.

#### **14.6.2.8. Control de recepción**

El adjudicatario pondrá en conocimiento de la Dirección de Obra todos los acopios de materiales, para comprobar que éste corresponde al tipo y fabricante aceptados y que cumplen las Prescripciones Técnicas correspondientes.

La Dirección de Obra podrá realizar cualquier otro ensayo que estime conveniente para comprobar localidad de los materiales.

### **14.7. Áridos**

#### **14.7.1. Definición**

Se definen como áridos los materiales compuestos por una mezcla de partículas, ninguna, alguna o todas trituradas, constituidas por sustancias naturales o sintéticas, y que han sido obtenidos por alguna manipulación o proceso industrial (cribado, trituración, lavado, etc.).

#### **14.7.2. Características petrográficas**

##### **14.7.2.1. Procedencia**

Los materiales procederán de cantera o yacimiento o depósito natural o artificial, o una mezcla de estos.

Es conveniente realizar un análisis petrográfico, para determinar los minerales Componentes, su naturaleza, estructura, modo de ensamblaje, discontinuidades, figuración y porosidad y estado de alteración.

##### **14.7.2.2. Inalterabilidad**

Los materiales no serán susceptibles de una meteorización apreciable bajo las peores condiciones existentes en la zona de empleo, ni producirán soluciones en agua que puedan producir daños a obra de fábrica u otras capas del firme, o contaminar corrientes de agua.

### **14.8. Cables de Baja Tensión**

#### **14.8.1. Generalidades**

En este apartado se incluyen los conductores rígidos y flexibles para el transporte de la energía eléctrica, para tensiones nominales de hasta 1.000 voltios, contruidos en cobre o aluminio, con doble envolvente de goma, PVC, polietileno, goma butílica, etileno-propileno o papel impregnado.

Los conductores flexibles se admitirán solamente de cobre.



#### **14.8.2. Materiales**

Los cables serán normalizados, de doble capa, con conductor de cobre o aluminio, según se indique en planos y mediciones.

Los conductores deberán llevar impresa en la cubierta envolvente la denominación comercial del fabricante y el tipo de cable según la designación actualmente en vigor.

Los cables de hasta 1 KV. de tensión nominal deberán llevar en la cubierta el número de la norma UNE que le corresponda.

Los cables utilizados responderán a las siguientes designaciones y características:

Cables apantallados de señalización y control:

- Tensión de aislamiento: 500 V.
- Tipo de aislamiento: PVC.
- Tipo de pantalla: PVC.
- Tipo de armadura: hilos de acero galvanizado.
- Formación del cable: multipolares.
- Formación del conductor: almaflex. De varios hilos de cobre estirado.
- Temp. Máx. de servicio : 105 °C.
- Cables RV 0,6/1 KV.
- Tensión de aislamiento: 0,6/1 KV.
- Tipo de aislamiento: polietileno reticulado
- Tipo de cubierta: PVC
- Formación del cable: uni o multi-polar.
- Formación del conductor: cobre desnudo.
- Temperatura máxima de servicio: 90 °C.
- Temperatura máxima en cortocircuito. : 250 °C

#### **14.8.3. Ejecución**

Los conductores deberán siempre instalarse protegidos, bajo tubo o sobre bandejas, en galerías, patinillos verticales, falsos techos, etc. No se admitirán conductores directamente empotrados en paramentos.

Cuando se conecten en paralelo dos conductores, los materiales de alma y envolvente deberán ser iguales para los dos conductores y estos deberán tener la misma longitud y la misma sección.

En los cuadros y cajas de registro los conductores se introducirán a través de boquillas protectoras.

No se admitirán derivaciones de circuitos sin su correspondiente caja de registro. Únicamente se permitirán regletas sin cajas en el interior de aparatos de alumbrado, cuando el conductor sea de sección igual o inferior a 2,5 mm<sup>2</sup> y el número de conductores activos sea de uno.



No se admitirán derivaciones y conexiones realizadas mediante retorcimiento de hilos y posterior encintado. Los empalmes se realizarán siempre con regletas o bornes en cajas de registro, nunca en el interior de canalizaciones.

Las conexiones de los conductores se realizarán mediante bornes hasta 6 mm<sup>2</sup> de sección; para secciones superiores se utilizarán terminales de acoplamiento, a fin de que la corriente se reparta uniformemente por todos los alambres. En caso de cables de aluminio, los terminales a emplear serán bimetálicos, al objeto de evitar calentamientos.

#### ***14.8.4. Comprobaciones***

La recepción de éstos materiales se hará comprobando que cumplan las condiciones funcionales y de calidad fijadas en la normativa vigente antes mencionada.

Cuando el material llegue a obra con certificado de origen industrial que acredite el cumplimiento de la normativa vigente, su recepción se realizará comprobando, únicamente, sus características aparentes.

Las pruebas a realizar, así como el número de las mismas y las condiciones de no aceptación de la obra, serán las fijadas en las normas NTE-IEB e IER antes mencionadas.

#### ***14.8.5. Suministro***

Todos los materiales a emplear en estas instalaciones incluyendo también el pequeño material de instalación serán productos normales de un fabricante de reconocida garantía eléctrica y, en general, iguales o similares a los tipos especificados en el presupuesto del Proyecto.

El Contratista someterá a aprobación con antelación a la puesta en obra, muestras de los materiales objeto de su suministro, con objeto de cumplir con una calidad mínima de las instalaciones. De cualquier manera, La Dirección de

Obra será la responsable de la aprobación última de dichos materiales, pudiendo exigir certificados u otra documentación a tal efecto.

Cuando se requieran dos o más unidades de un mismo material éstas serán producto de un mismo fabricante.

Los tipos de terminales a utilizar en el conexionado se presentarán a la

Dirección de Obra para su aprobación.

#### ***14.8.6. Recepción***

Cada extremo del cable habrá de suministrarse con un medio autorizado de identificación. Este requisito tendrá vigencia especialmente para todos los cables que terminen en la parte posterior o en la base de un cuadro de mandos y en cualquier otra circunstancia en que la función del cable no sea evidente de inmediato.



Los medios de identificación serán etiquetas de plástico rotulado, firmemente sujetas al cajetín que precinta el cable o al cable.

Los conductores de todos los cables de control habrán de ir identificados a título individual en todas las terminaciones por medio de células de plástico autorizadas que lleven rotulados caracteres indelebles, con arreglo a la numeración que figure en los diagramas de cableado pertinentes.

### ***14.9. Cables de Media Tensión***

#### ***14.9.1. Definición***

La presente especificación tiene por objeto definir las características de los cables de Media Tensión a u13. Cables de Baja Tensión.

#### ***14.9.2. Documentación de referencia***

Los cables objeto de esta especificación cumplirán con las normas siguientes

- UNE 20435
- UNE 21022
- IEC 60502
- IEC 228

### ***14.10. Cabinas / Celdas de Media Tensión***

#### ***14.10.1. Definición***

Esta Especificación tiene por objeto definir los requisitos que debe cumplir en cuanto a construcción, inspección y ensayo las Cabinas de Media Tensión que se instalen en el interior de la subestación de 400/220 kV.

Esta Especificación se complementa con un Diagrama Unifilar que detalla las principales de las cabinas, su disposición general y elementos principales de que consta y muestra su relación con el resto del equipo eléctrico. Este plano debe ser considerado parte de esta Especificación.

#### ***14.10.2. Documentación de referencia***

Serán de aplicación las siguientes normas:

- UNE EN 60.298:1998. Aparamenta bajo envolvente metálica para corriente alterna de tensiones asignadas superiores a 1 kV e inferiores o iguales a 52 kV.
- UNE EN 60.298 CORR:2000. Aparamenta bajo envolvente metálica para corriente alterna de tensiones asignadas superiores a 1 kV e inferiores o iguales a 52 kV.
- UNE EN 60.298/A11:2000. Aparamenta bajo envolvente metálica para corriente alterna de tensiones asignadas superiores a 1 kV e inferiores o iguales a 52 kV.
- UNE EN 60.298:2000 ERRATUM. Aparamenta bajo envolvente metálica para corriente alterna de tensiones asignadas superiores a 1 kV e inferiores o iguales a 52 kV.



- UNE-EN 60071-1:1997. Coordinación de aislamiento. Parte 1: Definiciones, principios y reglas.
- UNE-EN 60071-2:1999. Coordinación de aislamiento. Parte 2: Guía de aplicación.
- UNE-EN 60694:1998. Estipulaciones comunes para las normas de aparataje de alta tensión.
- UNE-EN 60694 CORR:1999 Estipulaciones comunes para las normas de aparataje de alta tensión.
- UNE-EN 60694/A1:2002 Estipulaciones comunes para las normas de aparataje de alta tensión.
- UNE-EN 60694/A2:2002 Estipulaciones comunes para las normas de aparataje de alta tensión
- UNE 20.324:1993. Grados de protección proporcionados por las envolventes (código IP). (IEC 529:1989).
- UNE 20.324/1M: 2000. Grados de protección proporcionados por las envolventes (código IP). (IEC 60529/A1:1989).
- UNE EN 60265-1:1999. Interruptores de alta tensión. Parte 1: Interruptores de alta tensión para tensiones asignadas superiores a 1 kV e inferiores a 52 kV.
- UNE-EN 60129/A1:1996. Seccionadores y seccionadores de puesta a tierra de corriente alterna.
- UNE-EN 60129/A2:1997. Seccionadores y seccionadores de puesta a tierra de corriente alterna.
- UNE-EN 60129:1996. Seccionadores y seccionadores de puesta a tierra de corriente alterna.
- IEC 60.129 (1984-01). Alternating current disconnectors and earthing switches.
- IEC 60.129-am1 (1992-12). Amendment No. 1 to IEC 129.
- IEC 60.129-am2 (1996-07). Amendment No. 2 to IEC 129.

Las normas incluidas en la ITC MIE-RAT 02 recogida en la Orden de 10 de marzo de 2000 y el propio Reglamento sobre condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centro de Transformación y sus Instrucciones Técnicas Complementarias.

#### **14.10.3. Cabinas**

Las Cabinas se alojarán en el interior de una Sala de Equipo Eléctrico. La temperatura ambiente máxima para la que el equipo debe ser diseñado es 40°C y la mínima es -5°C. La humedad relativa máxima será del 85% y la elevación sobre el nivel del mar menor de 1.000 m.

#### **14.10.4. Características de la alimentación**

Las características eléctricas del sistema de alimentación se indican en el

Diagrama Unifilar, incluyendo el sistema de puesta a tierra del neutro.

La potencia de cortocircuito se indica asimismo en MVA en el Diagrama Unifilar.



La intensidad de cresta asimétrica en el primer ciclo se estimará como de 2,35 veces la intensidad simétrica eficaz.

#### **14.10.5. Embarrado**

Las barras, tanto horizontales como verticales, serán de cobre duro electrolítico y adecuadas para soportar la carga continua e instantánea especificada.

Se instalará una única barra por fase. La densidad de corriente máxima admisible en cada barra será de 1 A/mm<sup>2</sup>. Las conexiones se realizarán por medio de tornillos, tuercas y arandelas de acero galvanizado o cadmiado, con dispositivo de seguridad contra su aflojamiento. Las superficies de contacto de las barras estarán plateadas o estañadas.

Los soportes de barras deberán estar contruidos de materiales aislantes, no higroscópicos, de la mejor calidad.

En caso de largas longitudes de barras, el fabricante proveerá, de acuerdo con su práctica, las necesarias juntas de expansión para no sobrecargar los soportes de las barras.

En los compartimentos de barras no se instalará nunca otro cableado auxiliar.

Las barras se deben proteger mediante fundas aislantes de material termorretráctil.

Las barras estarán identificadas por los siguientes colores:

1. Fase T Rojo.
2. Fase S Amarillo.
3. Fase R Negro.
4. Neutro Azul.
5. Tierra Verde y Amarillo

### **14.11. Red de tierra**

#### **14.11.1. Objeto y Alcance**

Esta especificación tiene por objeto definir las mediciones previas a realizar, el diseño, construcción, características de materiales, pruebas y protocolos de ensayo que debe reunir la red de tierras de la subestación.

El sistema de puesta a tierra de la subestación 400/220 KV está concebido como un único electrodo, La instalación de puesta a tierra se ejecutará con las máximas garantías de funcionamiento, facilidad de control y mantenimiento, siendo estas premisas el objeto de esta especificación.





### **14.11.2. Desarrollo**

#### **14.11.2.1. Medida de la Resistividad del Terreno**

Se tomarán medidas de resistividad en la ubicación de la Subestación y en la de cada Centro de Transformación, asimilándose la resistividad del terreno en la localización de la instalación. Para obtener el valor de la resistividad del terreno se usará el método Wenner.

Se realizarán medidas en dos direcciones perpendiculares, coincidiendo con las direcciones principales de la Subestación o Centro de Transformación. Se dispondrán los electrodos alineados, separados una distancia  $a$ , e hincados a una profundidad de unos 0,3 m.

Los resultados obtenidos se anotarán en el formulario Anexo I que se entregará a la Dirección de Obra. Estos resultados se utilizarán para realizar el diseño de la red de tierras.

#### **14.11.3. Características de los Materiales**

Las uniones cable-cable ó cable-picase realizarán utilizando soldaduras aluminotérmicas, empleando los accesorios y material de aporte especificado por el fabricante. Si no fuera posible ejecutar éstas con total garantía, se comunicará a la Dirección de Obra la solución alternativa (grapas u otros medios) para su aceptación o reparos.

Las conexiones cable-borna ó cable-pletina se realizarán utilizando terminales de cobre de alta conductividad, tipo YCA de Burndy o equivalente. La tornillería será de acero inoxidable.

Se utilizarán arandelas de seguridad en todas las conexiones, para evitar su aflojamiento.

#### **14.11.4. Ejecución**

La ejecución de las Redes de Tierra se realizará conforme al Procedimiento Ejecutivo PE-02/C0030-01.

#### **14.11.5. Conexión en los Centros de Transformación**

El conexionado de las pantallas de los cables de Media Tensión se realizará individualmente a la pletina de puesta a tierra de la cabina de media tensión, mediante terminales de cobre y tornillería de acero inoxidable, para evitar una discontinuidad en el sistema de tierras en caso de desconexión de una de ellas.

Todos los cables de tierra deberán estar marcados mediante un procedimiento que permita su identificación, con objeto de poder ser desconectados en eventuales trabajos de mantenimiento.

#### **14.11.6. Inspección y Ensayos**

##### **14.11.6.1. General**

La ejecución correcta de la red de tierras de la subestación 400/220KV implica necesariamente numerosas inspecciones. Para sistematizar toda esta información, deberá cumplimentarse para cada elemento diferenciando los protocolos incluidos en los anexos al Procedimiento Ejecutivo PE-02/C0030-01



Ejecución de Redes de Tierra.

El subcontratista es directamente responsable de realizar todas y cada una de las comprobaciones y medidas citadas, avisando con suficiente antelación para permitir la presencia de un técnico de ECYR durante su realización.

Una vez cumplimentados los protocolos, serán archivados por el Departamento de Proyectos.

Las inspecciones y ensayos a realizar serán los siguientes.

#### ***14.11.6.2. Medida de Resistencias de Puestas a Tierra y Tensiones de Paso y Contacto***

##### **Resistencia del Electrodo de Puesta a Tierra.**

La base de esta medida es hacer circular una corriente alterna entre la puesta a tierra cuya resistencia queremos medir y un electrodo auxiliar emplazado a una distancia de unos 12 a 20 m.

Se hace circular una corriente  $I$ , entre X y B y con un voltímetro V vamos midiendo la diferencia de potencial entre el electrodo a medir X y un electrodo auxiliar C, que se irá colocando entre X y el electrodo de corriente B a distancias crecientes.

La resistencia R, cociente entre la tensión V y la corriente I que hacemos pasar, en función de la distancia, nos dará la curva representada en la figura, en la cual se distingue una parte E'F' prácticamente plana, cuya ordenada nos dará el valor de la resistencia del electrodo de puesta a tierra.

Para realizar esta medición se usará un aparato de medida tipo Megger o similar.

##### **Tensiones de Paso y Contacto.**

Para determinar experimentalmente estas tensiones, ECYR facilitará al contratista el valor de la intensidad máxima de defecto en el punto de medida.

La intensidad inyectada para el ensayo no será inferior al 1% de dicha corriente y en ningún caso inferior a 5 A para los centros de transformación y 50 A para la subestación.

La realización del circuito de tierra requiere un electrodo auxiliar de tierra, alejado como mínimo 20 m de la puesta a tierra para que las curvas de tensión de los electrodos no se influyan mutuamente.

Los electrodos de tensión en estas mediciones estarán constituidos por dos cuerpos cilíndricos de 25 kg de peso y una superficie en la base de 200 cm<sup>2</sup>, perfectamente plana y niquelada para asegurar un buen contacto con el suelo.



Dispondrán de asas para su transporte y un borne para su conexión.

El aparato de medida suministrará una corriente alterna regulable de 5 a 60 A, como mínimo, con una frecuencia de 50 Hz.

El voltímetro de medida tendrá una resistencia interna de 1.000 ohmios.

Los dos electrodos de contacto con el suelo se colocan uno junto al otro separado 1 m y en la dirección del electrodo de tierra auxiliar, conectándose sus bornes a los bornes de medida del aparato.

Antes de efectuar la medición se impedirá mediante señalizaciones adecuadas, la permanencia o paso de personas o animales por la zona de influencia de los electrodos de tierra.

La tensión de contacto se medirá entre una masa metálica conectada a tierra y los dos electrodos de medida colocados juntos, con una separación de unos 20 cm, unidos entre sí y a una distancia de 1m de la masa metálica.

Las mediciones a efectuar en el sistema de puesta a tierra en la subestación de 400/220 KV comprenderá las siguientes actuaciones:

#### ***14.11.6.3. Ensayos:***

- Resistencia de puesta a tierra resultante de la malla de la Subestación,
- desconectando las pantallas de los cables de media tensión del sistema colector.
- Medida de las tensiones de paso y contacto en el interior y exterior de la Subestación, en todos los puntos susceptibles de aparecer tensiones peligrosas, desconectando las pantallas de los cables de Media Tensión del sistema colector.

#### ***14.11.7. Registro y Archivo***

Este documento será archivado en copia electrónica en la base de datos de documentación de ECYR.

#### ***14.11.8. Anexos***

- Formulario Medida Resistividad Terreno.
- Formulario Medida Tensiones de Paso y Contacto.



## **15. INSTALACION ELECTRICA:**

### **15.1. 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 llevara a cabo este procedimiento, podrán ser rechazados aun 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

### **15.2. Identificación de equipos**

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

### **15.3. 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:
  - 1) Esquemas desarrollados eléctricos.
  - 2) Diagramas cableado interior.
  - 3) Frentes, vistas y planos constructivos con detalles de accesos de cables, cotas y pesos.
  - 4) Listas de materiales.
  - 5) Diagramas de interconexión.
  - 6) Listas de cables asociados.
  - 7) Lista de repuestos recomendada.
  - 8) Instrucciones y recomendaciones de montaje.
  - 9) Instrucciones y recomendaciones de almacenamiento en obra.
  - 10) Instrucciones y recomendaciones de operación y mantenimiento.
  - 11) Protocolos de puesta en servicio, así como de verificación de ajustes.
  - 12) Manuales de programación y configuración de los distintos equipos.
  - 13) Cálculos justificativos varios de ajuste y configuración, y aquellos que sean requeridos.
  - 14) Catálogos de los componentes más significativos.
  - 15) Documentación y dossier final de calidad.

### ***15.4. INSTALACIÓN ELÉCTRICA NIVEL DE 400KV***

Todos los dispositivos y elementos instalados en el nivel de 400KV estarán preparados para su montaje en exterior, ya que este nivel de tensión es la zona de la subestación en intemperie.

#### ***15.4.1. 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.



### **15.4.2. Embarrados**

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

Para su unión a las bornas del aparallaje se utilizaran 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.

### **15.4.3. Conductores**

En el parque de 400 kV se emplear por el efecto de corona que se verá más adelante conductores dobles por fase, de aluminio con alma de acero galvanizado de dominación GULL LA380 cuyas características son las siguientes:

- Sección:  $381\text{mm}^2$
- Numero de alambres de aluminio: 54
- Numero de alambres de acero: 7
- Equivalencia en cobre:  $212\text{ mm}^2$
- Diámetro: 25,38 mm
- Peso total: 1275 kg/km
- Cargo de rotura: 106,5 kN
- Resistencia eléctrica a 20 C: 0,0857
- Modulo de elasticidad (E):  $7000\text{ kg/mm}^2$
- Coeficiente de dilatación lineal:  $19,3 \cdot 10^{-6}\text{mm}$
- Intensidad admisible reglamentaria: 840 A
- Tensión máxima normal (Tmn): 3600 kg

### CONDUCTORES DE ALUMINIO-ACERO

NORMA UNE 21018

Denominación	Sección trans.			Equiv.Cu.	Nº de alambres y diám.		Diám. ext.	Peso unitario			Carga de rotura	Resist. electr. a 20°C
	mm² Aluminio	mm² Acero	mm² Total		Nº x mm Aluminio	Nº x mm Acero		kg/km Aluminio	kg/km Acero	kg/km Total		
LA-30	26,7	4,4	31,1	17	6X2,38	1X2,38	7,14	73,2	34,7	107,9	9,90	1,0794
LA-56	46,8	7,8	54,6	30	6X3,15	1X3,15	9,45	128,3	60,8	189,1	16,40	0,6136
LA-78	67,4	11,2	78,6	42	6X3,78	1X3,78	11,34	185,0	87,0	272,0	23,10	0,4261
LA-110	94,2	22,0	116,2	60	30X2,00	7X2,00	14,00	260,4	172,3	433,0	43,10	0,3066
LA-145	119,3	27,8	147,1	75	30X2,25	7X2,25	15,75	330,0	218,0	548,0	54,10	0,2422
LA-180	147,3	34,3	181,6	93	30X2,50	7X2,50	17,50	407,0	269,0	676,0	63,90	0,1962
LA-280	241,7	39,4	281,1	152	26X3,44	7X2,68	21,80	667,0	310,0	977,0	84,50	0,1194
LA-380	337,3	43,7	381,0	212	54X2,82	7X2,82	25,38	932,0	343,0	1.275,0	106,50	0,0857
LA-455	402,3	52,2	454,5	253	54X3,08	7X3,08	27,72	1.112,0	409,0	1.521,0	124,00	0,0718
LA-545	484,5	62,8	547,3	305	54X3,38	7X3,38	30,42	1.340,0	492,0	1.832,0	148,50	0,0596
LA-635	565,0	71,6	636,6	365	54X3,65	19X2,19	32,85	1.562,0	563,0	2.125,0	175,00	0,0511

#### 15.4.4. Autovalvula

Las autovalvulas se hace referencia a los dispositivos destinados a absorber las sobretensiones producidas por descargas atmosféricas, por maniobras o por otras causas que, en otro caso, se descargarían sobre aisladores o perforando el aislamiento, ocasionando interrupciones en el sistema eléctrico y, en muchos casos, desperfectos en los generadores, transformadores.

Para el parque de nivel 400 kV se escogerá una autovalvulas del catalogo de ABB para autoválvulas de óxido de cinc **EXLIM P330-XH420**, ya que cumple todas las condiciones y los requisitos necesarios para un funcionamiento correcto.

Tensión máxima de red	Tensión nominal	Revesti- miento	Distancia de fuga	Aislamiento externo *)				Dimensiones						
				1,2/50 µs seco	50 Hz húmedo (60s)	60 Hz húmedo (10s)	2502-500 µs húmedo	Masa kg	A <sub>máx.</sub>	B	C	D	Fig.	
U <sub>m</sub> kV <sub>rms</sub>	U <sub>t</sub> kV <sub>rms</sub>		mm.	kV <sub>pico</sub>	kV <sub>rms</sub>	kV <sub>rms</sub>	kV <sub>pico</sub>							
24	18-24	XV024	1363	283	126	126	242	18	481	-	-	-	1	
36	30-36	XV036	1363	283	126	126	242	18	481	-	-	-	1	
	39	XV036	2270	400	187	187	330	29	736	-	-	-	1	
52	42-72	XV052	2270	400	187	187	330	29	736	-	-	-	1	
72	54-72	XV072	2270	400	187	187	330	28	736	-	-	-	1	
	75-84	XV072	3625	578	293	293	462	43	1080	-	-	-	1	
100	75-96	XV100	3625	578	293	293	462	43	1080	-	-	-	1	
123	90-120	XI123	3625	578	293	293	462	42	1080	-	-	-	1	
	90-144	XV123	4540	800	374	374	660	53	1397	-	-	-	2	
	150	XV123	4988	861	419	419	704	54	1486	-	-	-	2	
145	108-120	XI145	3625	578	293	293	462	41	1080	-	-	-	1	
	108-144	XV145	4540	800	374	374	660	52	1397	-	-	-	2	
	150	XV145	4988	861	419	419	704	54	1486	-	-	-	2	
	162-168	XV145	5895	978	480	480	792	65	1741	-	-	-	2	
170	132-144	XI170	4540	800	374	374	660	52	1417	400	-	160	3	
	150	XI170	4988	861	419	419	704	56	1506	400	-	160	3	
	132-192	XV170	5895	978	480	480	792	69	1761	400	-	160	3	
245	192	XM245	5895	978	480	480	792	65	1761	400	-	160	3	
	180-228	XI245	7250	1156	586	586	924	82	2105	400	-	160	3	
	180-198	XV245	8613	1439	712	712	1166	100	2617	800	600	400	5	
	210-228	XV245	8613	1439	712	712	1166	97	2617	600	-	300	4	
300	216-264	XI300	8613	1439	712	712	1166	101	2617	900	600	500	5	
	276	XI300	8613	1439	712	712	1166	97	2617	900	600	500	6	
	216-276	XV300	9520	1556	773	773	1254	109	2872	900	600	500	5	
362	258-288	XI362	9520	1556	773	773	1254	117	2872	1200	800	600	5	
	258-288	XV362	11790	1956	960	960	1584	146	3533	1400	800	700	7	
420	330-360	XI420	10875	1734	879	879	1386	130	3216	1400	800	700	5	



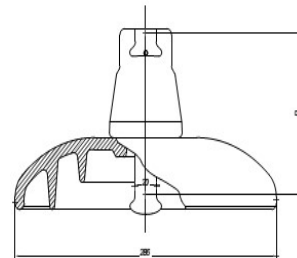
#### 14.4.5. aisladores:

Los aisladores deben ser diseñados, seleccionados y ensayados para que cumplan los requisitos eléctricos y mecánicos determinados en los parámetros de diseño de las líneas aéreas.

Los aisladores deben resistir la influencia de todas las condiciones climáticas, incluyendo las radiaciones solares. Deben resistir la polución atmosférica y ser capaces de funcionar satisfactoriamente cuando estén sujetos a las condiciones de polución.

Se procede a utilizar para la instalación de nivel de 400 kV los aisladores de LA GRANJA, tipo E-160-146 (U160 BS) ya que su mayor línea de fuga permite reducir los efectos de la contaminación sin aumentar la longitud de la cadena, cuyas características son las siguientes:

- |                                    |                 |
|------------------------------------|-----------------|
| ➤ Materia                          | vidrio templado |
| ➤ Peso neto aproximado             | 3,4 kg          |
| ➤ Línea de fuga                    | 380 mm          |
| ➤ Pasó                             | 146 mm          |
| ➤ Tensión de perforación en aceite | 130 kV          |
| ➤ Carga de rotura electromecánica  | 160 KN          |



#### 15.4.5. Disyuntores

Los interruptores automáticos o Disyuntores son aparatos mecánicos cuya finalidad es maniobrar (establecer, mantener, interrumpir) corrientes de carga nominal, sobreintensidades y cortocircuitos durante un tiempo determinado, además en condiciones específicas son capaces de interrumpir automáticamente y establecer las intensidades elevadas, debido a su accionamiento que puede ser manual o mediante relés de maniobra y protección.

Para el nivel de 400 kV se escoge disyuntores con las siguientes características:

- Fabricante: **ABB**
- Modelo: LTB 420E2
- Tensión nominal: **420 KV**
- Frecuencia nominal: **50 Hz**
- Numero de cámaras por polos: **2**
- Tensión soportada a frecuencia industrial a tierra: **520 KV**
- Tensión soportada a frecuencia industrial a través del polo abierto: **610 KV**
- Tensión soportada a impulso tipo rayo a tierra: **1425 KV**
- Tensión soportada a impulso tipo rayo a través del polo abierto: **1425 (+240) KV**
- Corriente nominal de servicio: **4000A**
- Corriente nominal de servicio en cortocircuito: **63 KA**
- Cresta de corriente de cierre: **104**



- Factor de primer polo: **1,3**
- Duración de cortocircuito: **3 s**
- Tiempo de cierre: **< 70 ms**
- Tiempo de apertura: **18 ms**
- Tiempo de corte: **40 ms**
- Tiempo muerto: **300 ms**

#### **15.4.6. Seccionadores**

Los seccionadores son aparatos mecánicos cuya función es unir o separar de forma visible diferentes elementos, componentes o tramos de una instalación o circuito para realizar maniobras de operación o de mantenimiento.

Se instalarán seccionadores de tres columnas giratorias de apertura central, del fabricante de MESA, cuyas características son las siguientes:

Cuyas características son las siguientes:

- Fabricante: **MESA**
- Modelo: SG3CT-420/4000
- Tensión nominal: **420**
- Intensidad nominal: **4000 A**
- Intensidad de corta duración: **63 KA**
- Tipo de aislador: **C8-1550**
- Tensión de ensayo a tierra y entre polos a frecuencia industrial bajo lluvia: **520 kV**
- Tensión de ensayo a tierra y entre polos a impulso tipo rayo: **1425 kV**
- Tensión de ensayo a tierra y entre polos a impulso tipo maniobra: **1050 kV**
- Tensión de ensayo sobre la distancia de seccionamiento a frecuencia industrial bajo lluvia: **610 kV**
- Tensión de ensayo sobre la distancia de seccionamiento impulsos tipo rayo: **1665 kV**
- Tensión de ensayo sobre la distancia de seccionamiento impulsos tipo maniobra: **1245 kV**

#### **15.4.7. Transformadores de intensidad**

A partir del fabricante **ARTECHE**, se escoge el transformador con la siguiente característica:

- Fabricante: **ARTECHE**
- Modelo: **CA-420**
- Tensión máxima de servicio: 420 kV
- Corriente nominal del secundario: 5 A
- Tensión de ensayo de impulso: 1425 KV
- Tensión de ensayo de frecuencia industrial: 630 kV
- Tensión de ensayo de maniobra: 1050 KV
- Tensión de secundario: 110 V
- Línea de fuga: 10500 mm
- Peso: 920 kg



- Dimensiones en milímetros:
  - A = 600
  - T = 3875
  - H = 4355

#### ***15.4.8. Transformadores de tensión***

Los transformadores de tensión son transformadores de medida y protección en los que la tensión secundaria, en las condiciones normales de empleo, es prácticamente proporcional a la tensión primaria y difiere de ella en fase un ángulo que es aproximadamente cero para un sentido apropiado de conexiones.

Del catalogo de **ARTECHE** cuyas características son:

- Fabricante: **ARTECHE**
- Modelo: **UTF-420**
- Tensión máxima de servicio: 420 kV
- Tensión de ensayo de impulso: 1425 KVp
- Tensión de ensayo de frecuencia industrial: 630 KV
- Tensión de ensayo de maniobra: 1050 KVp
- Tensión de secundario:  $110V/\sqrt{3}$  V
- Línea de fuga: 10500 mm
- Peso: 1315 kg
- Dimensiones en milímetros:
  - A = 600
  - B = 600
  - H = 5210

### ***15.5. INSTALACIÓN ELÉCTRICA NIVEL DE 220KV***

Todos los dispositivos y elementos instalados en el nivel de 220 KV estarán preparados para su montaje en exterior, ya que este nivel de tensión es la zona de la subestación en intemperie.

#### ***15.5.1. 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.

#### ***15.5.2. Embarrados***

Se diseñaran de forma que las temperaturas máximas previstas no provoquen calentamientos por encima de 40°C sobre la temperatura ambiente. Asimismo, soportaran los esfuerzos

electrodinámicos y térmicos de las corrientes de cortocircuito previstas, sin que se produzcan deformaciones permanentes.

Para su unión a las bornas del aparallaje 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.

### 15.5.3. Conductores

En el parque de 220 kV se utilizará dos conductores por fase de tipo CONDOR LA 455 con la misma metodología que antes:

Denominación	Sección trans.			Equiv. Cu.	Nº de alambres y diám.		Diám. ext.	Peso unitario			Carga de rotura	Resist. eléct. a 20°C
	mm²	mm²	mm²	mm²	Nº x mm	Nº x mm	mm	kg/km	kg/km	kg/km	KN	ohm/km
	Aluminio	Acero	Total		Aluminio	Acero		Aluminio	Acero	Total		
LA- 30	26,7	4,4	31,1	17	6X2,38	1X2,38	7,14	73,2	34,7	107,9	9,90	1,0794
LA- 56	46,8	7,8	54,6	30	6X3,15	1X3,15	9,45	128,3	60,8	189,1	16,40	0,6136
LA- 78	67,4	11,2	78,6	42	6X3,78	1X3,78	11,34	185,0	87,0	272,0	23,10	0,4261
LA-110	94,2	22,0	116,2	60	30X2,00	7X2,00	14,00	260,4	172,3	433,0	43,10	0,3066
LA-145	119,3	27,8	147,1	75	30X2,25	7X2,25	15,75	330,0	218,0	548,0	54,10	0,2422
LA-180	147,3	34,3	181,6	93	30X2,50	7X2,50	17,50	407,0	269,0	676,0	63,90	0,1962
LA-280	241,7	39,4	281,1	152	26X3,44	7X2,68	21,80	667,0	310,0	977,0	84,50	0,1194
LA-380	337,3	43,7	381,0	212	54X2,82	7X2,82	25,38	932,0	343,0	1.275,0	106,50	0,0857
LA-455	402,3	52,2	454,5	253	54X3,08	7X3,08	27,72	1.112,0	409,0	1.521,0	124,00	0,0718
LA-545	484,5	62,8	547,3	305	54X3,38	7X3,38	30,42	1.340,0	492,0	1.832,0	148,50	0,0596
LA-635	565,0	71,6	636,6	365	54X3,65	19X2,19	32,85	1.562,0	563,0	2.125,0	175,00	0,0511

El conductor de tipo **CONDOR LA 455** tiene las siguientes características:

- Sección:  $454,5 \text{ mm}^2$
- Numero de alambres de aluminio: 54
- Numero de alambres de acero: 7
- Equivalencia en cobre:  $253 \text{ mm}^2$
- Diámetro: 27,72 mm
- Peso total: 1521 kg/km
- Cargo de rotura: 124kN
- Resistencia eléctrica a 20 C: 0,0718
- Modulo de elasticidad (E):  $7000 \text{ kg/mm}^2$
- Coeficiente de dilatación lineal:  $19,3 \cdot 10^{-6} \text{ mm}$
- Intensidad admisible reglamentaria: 751 A
- Tensión máxima normal (T<sub>mn</sub>): 3000 kg

#### 15.5.4. Autoválvulas:

Las autoválvulas se hace referencia a los dispositivos destinados a absorber las sobretensiones producidas por descargas atmosféricas, por maniobras o por otras causas que, en otro caso, se descargarían sobre aisladores o perforando el aislamiento, ocasionando interrupciones en el sistema eléctrico y, en muchos casos, desperfectos en los generadores, transformadores.

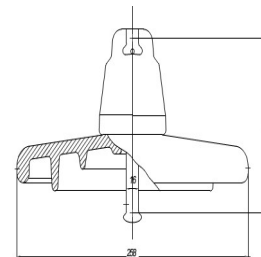
Para el parque de nivel 220 kV se escogerá una autoválvulas del catalogo de ABB para autoválvulas de óxido de cinc **EXLIM P198-XH245**.

Tensión máxima de red	Tensión nominal	Revestimiento	Distancia de fuga	Aislamiento externo *)				Dimensiones					
				1,2/50 $\mu$ s seco	50 Hz húmedo (60s)	60 Hz húmedo (10s)	250/2.500 $\mu$ s húmedo	Masa	A <sub>máx.</sub>	B	C	D	Fig.
U <sub>m</sub> kV <sub>rms</sub>	U <sub>r</sub> kV <sub>rms</sub>		mm	kV <sub>pico</sub>	kV <sub>rms</sub>	kV <sub>rms</sub>	kV <sub>pico</sub>	kg					
24	18-24	XV024	1363	283	126	126	242	18	481	-	-	-	1
36	30-36	XV036	1363	283	126	126	242	18	481	-	-	-	1
	39	XV036	2270	400	187	187	330	29	736	-	-	-	1
52	42-72	XV052	2270	400	187	187	330	29	736	-	-	-	1
72	54-72	XV072	2270	400	187	187	330	28	736	-	-	-	1
	75-84	XV072	3625	578	293	293	462	43	1080	-	-	-	1
100	75-96	XV100	3625	578	293	293	462	43	1080	-	-	-	1
123	90-120	XH123	3625	578	293	293	462	42	1080	-	-	-	1
	90-144	XV123	4540	800	374	374	660	53	1397	-	-	-	2
	150	XV123	4988	861	419	419	704	54	1486	-	-	-	2
145	108-120	XH145	3625	578	293	293	462	41	1080	-	-	-	1
	108-144	XV145	4540	800	374	374	660	52	1397	-	-	-	2
	150	XV145	4988	861	419	419	704	54	1486	-	-	-	2
	162-168	XV145	5895	978	480	480	792	65	1741	-	-	-	2
170	132-144	XH170	4540	800	374	374	660	52	1417	400	-	160	3
	150	XH170	4988	861	419	419	704	56	1506	400	-	160	3
	132-192	XV170	5895	978	480	480	792	69	1761	400	-	160	3
245	192	XM245	5895	978	480	480	792	65	1761	400	-	160	3
	180-228	XH245	7250	1156	586	586	924	82	2105	400	-	160	3
	180-198	XV245	8613	1439	712	712	1166	100	2617	800	600	400	5
	210-228	XV245	8613	1439	712	712	1166	97	2617	600	-	300	4
300	216-264	XH300	8613	1439	712	712	1166	101	2617	900	600	500	5
	276	XH300	8613	1439	712	712	1166	97	2617	900	600	500	6
	216-276	XV300	9520	1556	773	773	1254	109	2872	900	600	500	5
362	258-288	XH362	9520	1556	773	773	1254	117	2872	1200	800	600	5
	258-288	XV362	11790	1956	960	960	1584	146	3533	1400	800	700	7
420	330-360	XH420	10875	1734	879	879	1386	130	3216	1400	800	700	5

#### 15.5.5. Aisladores

Se procede a utilizar los aisladores de LA GRANJA, tipo E-120-146 (U120B), que tiene las siguientes características:

- Materia : vidrio templado
- Peso neto aproximado : 3,8 kg
- Línea de fuga : 315 mm
- Pasó : 146 mm
- Tensión de perforación en aceite : 130 kV
- Carga de rotura electromecánica : 120 KN





### **15.5.6. Disyuntores**

Los interruptores automáticos o Disyuntores son aparatos mecánicos cuya finalidad es maniobrar (establecer, mantener, interrumpir) corrientes de carga nominal, sobreintensidades y cortocircuitos durante un tiempo determinado, además en condiciones específicas son capaces de interrumpir automáticamente y establecer las intensidades elevadas, debido a su accionamiento que puede ser manual o mediante relés de maniobra y protección.

Para el nivel de 220 kV se escogen disyuntores con las siguientes características:

- Fabricante: **ABB**
- Modelo: LTB 245E1
- Tensión nominal: **245 KV**
- Frecuencia nominal: **50 Hz**
- Número de cámaras por polos: **1**
- Tensión soportada a frecuencia industrial a tierra: **460 KV**
- Tensión soportada a frecuencia industrial a través del polo abierto: **460 KV**
- Tensión soportada a impulso tipo rayo a tierra: **1050 KV**
- Tensión soportada a impulso tipo rayo a través del polo abierto: **1050 KV**
- Corriente nominal de servicio: **4000A**
- Corriente nominal de servicio en cortocircuito: **50KA (con una petición al fabricante)**
- Cresta de corriente de cierre: **104**
- Factor de primer polo: **1,5 s**
- Duración de cortocircuito: **3 s**
- Tiempo de cierre: **< 65ms**
- Tiempo de apertura: **17 ms**
- Tiempo de corte: **40 ms**
- Tiempo muerto: **300 ms**

### **15.5.7. Seccionadores**

Los seccionadores son aparatos mecánicos cuya función es unir o separar de forma visible diferentes elementos, componentes o tramos de una instalación o circuito para realizar maniobras de operación o de mantenimiento.

Se instalarán seccionadores de tres columnas giratorias de apertura central, del fabricante de MESA, cuyas características son las siguientes:

Cuyas características son las siguientes:

- Fabricante: **MESA**
- Modelo: **SG3CT-245/1600**
- Tensión nominal: **245 KV**





- Intensidad nominal: **1600A**
- Intensidad de corta duración: 50 KA (BAJO PEDIDO AL FABRICANTE)
- Tipo de aislador: **C4-1050**
- Tensión de ensayo a tierra y entre polos a frecuencia industrial bajo lluvia: **460 kV**
- Tensión de ensayo a tierra y entre polos a impulso: **1050 kV**
- Tensión de ensayo sobre la distancia de seccionamiento a frecuencia industrial bajo lluvia: **530 kV**
- Tensión de ensayo sobre la distancia de seccionamiento impulsos: **1200 KV**

#### ***15.5.8. Transformadores de intensidad***

Para el nivel de 220 kV, se instalara unos transformadores de intensidad de tipo **ARTECHE CA-245**, que tendrá 4 devanados un de medida y tres de protección.

Con la siguiente característica:

- Fabricante: **ARTECHE**
- Modelo: **CA-245**
- Tensión máxima de servicio: 245 kV
- Corriente nominal del secundario: 5 A
- Tensión de ensayo de impulso: 1059 KV
- Tensión de ensaya de frecuencia industrial: 460 KV
- Línea de fuga: 6125 mm
- Peso: 560 kg
- Dimensiones en milímetros:
- A = 450
- T = 2755
- H = 3055

#### ***15.5.9. Transformadores de tensión***

Los transformadores de tensión son transformadores de medida y protección en los que la tensión secundaria, en las condiciones normales de empleo, es prácticamente proporcional a la tensión primaria y difiere de ella en fase un ángulo que es aproximadamente cero para un sentido apropiado de conexiones.

- Fabricante: **ARTECHE**
- Modelo: **UTG-245**
- Tensión máxima de servicio: 245 kV
- Tensión de ensayo de impulso: 1050 KVp
- Tensión de ensaya de frecuencia industrial: 460 KV





- Tensión de secundario:  $110V/\sqrt{3} V$
- Línea de fuga: 6125 mm
- Peso: 800 kg
- Dimensiones en milímetros:
  - A = 500
  - B = 640
  - H = 3260

## ***16. SEGURIDAD Y SALUD***

El adjudicatario deberá cumplir cuantas disposiciones se hallen vigentes en materia de seguridad y salud en el trabajo, y cuantas normas de buena práctica sean aplicables en esas materias, así como lo establecido en el documento de Seguridad y de este Proyecto.

El Contratista, según el Real Decreto 1627/97 de 24 de Octubre, BOE 25/10/97, deberá presentar un Plan de Seguridad y Salud adaptado al Proyecto y pondrá a disposición de la Administración un libro de Incidencias.

En cada certificación mensual se abonará la parte proporcional de Seguridad y Salud en el mismo porcentaje de la obra ejecutada durante el mes en que se certifica.

## ***17. 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.



## ***18. CONDICIONES FINALES***

Teniendo en cuenta las especificaciones y condiciones detalladas anteriormente, se espera que el presente pliego de condiciones, será base para la correcta ejecución de la instalación de la subestación transformadora proyectada.

Meriem Lamgayaze

Zaragoza 09 noviembre 2018

Firma



**Universidad**  
**Zaragoza**

# DOCUMENTO Nº4

## Presupuesto

UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA

ESCUELA DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

2018

MERIEM LAMGAYAZE



## Contenido

1. Aparata de alta tensión.....	3
2. Transformador de potencia .....	7
3. Red de tierra.....	8
4. Equipos de medidas y de protecciones .....	9
4.1. Protecciones de posición de línea.....	9
4.2. Protecciones de posición de transformador .....	9
4.3. Protecciones de diferencial de barras.....	10
4.4 Protecciones de posición de acoplamiento .....	10
5. Conductores: .....	11
6. Obra civil.....	13
6.1. Movimiento de tierra .....	13
6.2. Urbanización: .....	14
6.3. Cimentación .....	14
6.4. Edificio de control .....	15
6.5. Casetas de relés.....	15
6.6. Casetas de centro de transformación .....	16
7. Servicios diversos .....	17
7.1. Alumbrado y baja tensión .....	17
7.2. Detección y extinción de incendios en la subestación:.....	17
7.3. Sistema de seguridad contra intrusión en edificio de la subestación.....	17
8. Resumen del presupuesto.....	18
9. Conclusión .....	19



## 1. Aparata de alta tensión

concepto	cantidad	Precio unitario	Precio total
<p>Suministro y montaje de pararrayos autoválvula de AT en una instalación con una tensión de servicio de 400 kV del fabricante ABB: <b><u>EXLIM P330-XH420.</u></b></p> <p>Incluye el propio suministro, el transporte, la carga y la descarga del material a pie de obra, el montaje, los desplazamientos, pequeño material, herramientas, maquinaria y medios auxiliares.</p>	15 Ud	8.000 €	120.000 €
<p>Suministro y montaje de pararrayos autoválvula de AT en una instalación con una tensión de servicio de 220 kV del fabricante ABB: <b><u>EXLIM P198-XH245.</u></b></p> <p>Incluye el propio suministro, el transporte, la carga y la descarga del material a pie de obra, el montaje, los desplazamientos, pequeño material, herramientas, maquinaria y medios auxiliares.</p>	9 Ud	5000 €	45.000 €
<p>Suministro y montaje de Disyuntor de AT en una instalación con una tensión de servicio de 400 kV del fabricante ABB: <b><u>LTB 420 E2.</u></b></p> <p>Incluye el propio suministro, el transporte, la carga y la descarga del material a pie de obra, el montaje, los desplazamientos, pequeño material, herramientas, maquinaria y medios auxiliares.</p>	8 Ud	102.500 €	820.000 €
<p>Suministro y montaje de Disyuntor de AT en una instalación con una tensión de servicio de 220 kV del fabricante ABB: <b><u>LTB 245 E1.</u></b></p> <p>Incluye el propio suministro, el transporte, la carga y la descarga del material a pie de obra, el montaje, los desplazamientos, pequeño material, herramientas, maquinaria y medios auxiliares.</p>	4 Ud	72.340 €	289.360 €



<p>Suministro y montaje de seccionador de tres columnas giratorias de apertura central, con puesta a tierra de 4000 A Y 420 kV, en la instalación con una tensión de servicio de 400 kV, del fabricante de MESA:</p> <p><b><u>SG3CT-420/4000.</u></b></p> <p>Incluye suministro, transporte, carga y descarga del material a pie de obra, desplazamientos, pequeño material, herramientas, maquinaria, medios auxiliares. Regulación y pruebas hasta su correcto funcionamiento.</p>	5 Ud	40.000 €	200.000 €
<p>Suministro y montaje de seccionador de tres columnas giratorias de apertura central, con puesta a tierra de 1600 A Y 245 kV, en la instalación con una tensión de servicio de 220 kV del fabricante de MESA:</p> <p><b><u>SG3CT-245/1600</u></b></p> <p>Incluye suministro, transporte, carga y descarga del material a pie de obra, desplazamientos, pequeño material, herramientas, maquinaria, medios auxiliares. Regulación y pruebas hasta su correcto funcionamiento.</p>	3 Ud	35.000 €	105.000 €
<p>Suministro y montaje de Seccionador tripolar de columna central giratoria, de 4000A Y 420 kV, en la instalación con una tensión de servicio de 400 kV del fabricante de MESA:</p> <p><b><u>SG3C-420/4000</u></b></p> <p>Incluye suministro, transporte, carga y descarga del material a pie de obra, desplazamientos, pequeño material, herramientas, maquinaria, medios auxiliares. Regulación y pruebas hasta su correcto funcionamiento.</p>	10 Ud	21.500 €	215.000 €
<p>Suministro y montaje de seccionador pantógrafo de mando unipolar de motorizado, de 4000 A Y 420 kV, en la instalación con una tensión de servicio de 400 kV del fabricante de MESA:</p> <p><b><u>SPD 420-4000</u></b></p> <p>Incluye suministro, transporte, carga y descarga del material a pie de obra, desplazamientos, pequeño material, herramientas, maquinaria, medios auxiliares. Regulación y pruebas hasta su correcto funcionamiento.</p>	5 Ud	18.700 €	93.500 €



<p>Suministro y montaje de seccionador pantógrafo de mando unipolar de motorizado, de 4000 A Y 245 kV, en la instalación con una tensión de servicio de 220 kV del fabricante de MESA:</p> <p><b><u>SPD 245-4000</u></b></p> <p>Incluye suministro, transporte, carga y descarga del material a pie de obra, desplazamientos, pequeño material, herramientas, maquinaria, medios auxiliares. Regulación y pruebas hasta su correcto funcionamiento</p>	8 Ud	13.875 €	111.000 €
<p>Suministro y montaje de transformador de intensidad para una tensión de servicio de 400 KV, del fabricante ARTECHE: <b><u>CA-420</u></b>.</p> <p>Incluye el suministro, el transporte, la carga y la descarga del material a pie de obra, el aislamiento a tierra del transformador principal, el propio montaje, pruebas hasta su correcto funcionamiento, los desplazamientos, pequeño material, herramientas, maquinaria, medios auxiliares</p>	24 Ud	15.500 €	372.000 €
<p>Suministro y montaje de transformador de intensidad para una tensión de servicio de 220 KV, del fabricante ARTECHE: <b><u>CA-245</u></b>.</p> <p>Incluye el suministro, el transporte, la carga y la descarga del material a pie de obra, el aislamiento a tierra del transformador principal, el propio montaje, pruebas hasta su correcto funcionamiento, los desplazamientos, pequeño material, herramientas, maquinaria, medios auxiliares</p>	12 Ud	12.800 €	153.600 €
<p>Suministro y montaje de transformador de tensión para una tensión de servicio de 400 KV, del fabricante ARTECHE: <b><u>UTF-420</u></b>.</p> <p>Incluye el suministro, el transporte, la carga y la descarga del material a pie de obra, el aislamiento a tierra del transformador principal, el propio montaje, pruebas hasta su correcto funcionamiento, los desplazamientos, pequeño material, herramientas, maquinaria, medios auxiliares</p>	21 Ud	13.600 €	285.600 €





Suministro y montaje de transformador de tensión para una tensión de servicio de 220 KV, del fabricante ARTECHE: <b><u>UTF-245</u></b> . Incluye el suministro, el transporte, la carga y la descarga del material a pie de obra, el aislamiento a tierra del transformador principal, el propio montaje, pruebas hasta su correcto funcionamiento, los desplazamientos, pequeño material, herramientas, maquinaria, medios auxiliares	15 Ud	12.300 €	184.500 €
---	-------	----------	-----------

Suministro y montaje de aisladores para la instalación de tensión de servicio de 400 KV, del fabricante la Granja : <b><u>U160 UBS</u></b>  Incluye el suministro, el transporte, la carga y la descarga del material a pie de obra, el aislamiento a tierra del transformador principal, el propio montaje, pruebas hasta su correcto funcionamiento, los desplazamientos, pequeño material, herramientas, maquinaria, medios auxiliares	145Ud	250 €	36.250 €
Suministro y montaje de aisladores para la instalación de tensión de servicio de 220 KV, del fabricante la Granja : <b><u>U120 B</u></b>  Incluye el suministro, el transporte, la carga y la descarga del material a pie de obra, el aislamiento a tierra del transformador principal, el propio montaje, pruebas hasta su correcto funcionamiento, los desplazamientos, pequeño material, herramientas, maquinaria, medios auxiliares	76 Ud	200€	15.200 €

**COSTE TOTAL DE APARAMENTA: 3.046.010,00 €**



## 2. Transformador de potencia

concepto	cantidad	Precio unitario	Precio total
Suministro y montaje de transformador de potencia de 600 MVA (400/220 kV) del fabricante ABB .bajo demanda.  Incluye el suministro, el transporte, la carga y la descarga del material a pie de obra, el aislamiento a tierra del transformador principal, el propio montaje, pruebas hasta su correcto funcionamiento, los desplazamientos, pequeño material, herramientas, maquinaria, medios auxiliares	1 Ud	4.850.000 €	4.850.000 €

**COSTE TOTAL DETRANSFORMADOR DE POTENCIA: 4.850.000 ,00 €**



### 3. Red de tierra

concepto	cantidad	Precio unitario	Precio total
Suministro y tendido de la malla de la red de tierra, que está compuesta por un conductor de Cu desnudo galvanizado de 120 mm <sup>2</sup> de sección, enterrado. Incluye el propio suministro, el transporte, la carga y la descarga del material a pie de obra, el tendido, montaje de grapas, terminales y elementos de fijación, empalmes y conexiones con otros circuitos, los desplazamientos, pequeño material, herramientas, maquinaria y medios auxiliares.	26511 m	11,05 € /m	292.976,7€
Suministro y tendido del conductor de cobre desnudo que conecta el neutro del transformador de potencia a la malla de tierra.de sección de 160 mm <sup>2</sup> Incluye el propio suministro, el transporte, la carga y la descarga del material a pie de obra, el tendido, montaje de grapas, terminales y elementos de fijación, empalmes y conexiones con otros circuitos, los desplazamientos, pequeño material, herramientas, maquinaria y medios auxiliares.	15 m	18,5 € /m	277,5 €
Suministro y tendido del conductor de cobre latiguillo de sección 63 mm <sup>2</sup> que conecta a tierra distintos elementos como aparamenta ,soportes o vallado , el transporte, la carga y la descarga del material a pie de obra, el tendido, montaje de grapas, terminales y elementos de fijación, empalmes y conexiones con otros circuitos, los desplazamientos, pequeño material, herramientas, maquinaria y medios auxiliares.	2466m	14,5 € /m	35.757 €

**COSTE TOTAL DE LA MALLA DE TIERRA: 329.011,2 €**



#### 4. Equipos de medidas y de protecciones

##### 4.1. Protecciones de posición de línea

concepto	cantidad	Precio unitario	Precio total
Suministro y montaje de relés de protección de diferencial de línea. Incluye el suministro, transporte, carga y descarga del material, desplazamientos, pequeño material, pruebas hasta su correcto funcionamiento y puesta en servicio	7 Ud	9.000 €	63.000 €
Suministro y montaje de relés de protección de distancia. Incluye el suministro, transporte, carga y descarga del material, desplazamientos, pequeño material, pruebas hasta su correcto funcionamiento y puesta en servicio	14 Ud	7.000 €	98.000 €
Suministro y montaje de relés de protección de interruptor. Incluye el suministro, transporte, carga y descarga del material, desplazamientos, pequeño material, pruebas hasta su correcto funcionamiento y puesta en servicio	7 Ud	7.000 €	49.000 €

##### 4.2. Protecciones de posición de transformador

concepto	cantidad	Precio unitario	Precio total
Suministro y montaje de relés de protección de diferencial de transformador. Incluye el suministro, transporte, carga y descarga del material, desplazamientos, pequeño material, pruebas hasta su correcto funcionamiento y puesta en servicio.	2 Ud	3.800 €	7.600 €



#### 4.3. Protecciones de diferencial de barras

concepto	cantidad	Precio unitario	Precio total
Suministro y montaje de relés de protección de diferencial de barras. Incluye el suministro, transporte, carga y descarga del material, desplazamientos, pequeño material, pruebas hasta su correcto funcionamiento y puesta en servicio	8 Ud	20.300 €	162.400 €

#### 4.4 Protecciones de posición de acoplamiento

concepto	cantidad	Precio unitario	Precio total
Suministro y montaje de relés de protección de interruptor. Incluye el suministro, transporte, carga y descarga del material, desplazamientos, pequeño material, pruebas hasta su correcto funcionamiento y puesta en servicio	1 Ud	7.000 €	7.000 €

**COSTE TOTAL DE PROTECCION: 387.000,00 €**



## 5. Conductores

concepto	cantidad	Precio unitario	Precio total
Suministro y montaje de cable de hilo de guarda, que consiste en cable acero cubierto de aluminio, de 50 mm <sup>2</sup> de sección. Incluye el suministro, transporte, carga y descarga del material, desplazamientos, pequeño material, pruebas hasta su correcto funcionamiento y puesta en servicio	1875 m	16,34 €/m	30.637,5 €
Suministro y montaje del conductor aéreo desnudo de aluminio con alma de acero galvanizado de dominación <b>GULL LA380</b> para la instalación de nivel de 400 kV.  Incluye el suministro, transporte, carga y descarga del material, desplazamientos, pequeño material, pruebas hasta su correcto funcionamiento y puesta en servicio	4750m	7,2 €/m	32.400 €
Suministro y montaje del conductor aéreo desnudo de aluminio con alma de acero galvanizado de dominación <b>CONDOR LA 455</b> para la instalación de nivel de 220 kV.  Incluye el suministro, transporte, carga y descarga del material, desplazamientos, pequeño material, pruebas hasta su correcto funcionamiento y puesta en servicio	3060m	12,05 €/m	36.873 €
Suministro y montaje de tubo de aluminio para embarrado de la instalación de nivel de 400 kV. <b>De tipo 6063-T6 de 250 mm de diámetro exterior y 228 mm de diámetro interior</b> , a partir del catálogo de VALGAÑON  Incluye el suministro, transporte, carga y descarga del material, desplazamientos, pequeño material, pruebas hasta su correcto funcionamiento y puesta en servicio	450 m	684 €/m	307.800 €



Suministro y montaje de tubo de aluminio para embarrado de la instalación de nivel de 400 kV. De tipo <b>6063-T6 de 150 mm de diámetro exterior y 134 mm de diámetro interior</b> , a partir del catálogo de VALGAÑON	370 m	600 € /m	222.000 €
Incluye el suministro, transporte, carga y descarga del material , desplazamientos, pequeño material, pruebas hasta su correcto funcionamiento y puesta en servicio			

**COSTE TOTAL DE CONDUCTORES: 629.710,5 €**





## 6. Obra civil

### 6.1. Movimiento de tierra

concepto	cantidad	Precio unitario	Precio total
Excavación en cimentaciones, y en Zanjas	1056 m <sup>3</sup>	34 €/m <sup>3</sup>	35904 €
Excavación de vaciado con máquina de terrenos compactos para subestación, viales y aceras	1786 m <sup>3</sup>	3,88€/m <sup>3</sup>	6.929 €
Excavación zanja a máquina terreno compacto muros intermedios y muretes de cerramiento	672 m <sup>3</sup>	11.8 €/m <sup>3</sup>	7.929,6 €
Relleno general	2347 m <sup>3</sup>	5,6 €/m <sup>3</sup>	13.143,2 €
Relleno y apisonado mecánico a cielo abierto de zahorra bajo transformadores	84 m <sup>3</sup>	16.5€/m <sup>3</sup>	1.386 €
Relleno con material seleccionado procedente de la excavación	125 m <sup>3</sup>	9.6€/m <sup>3</sup>	1200 €

**COSTE TOTAL DE MOVIMIENTO DE TIERRA: 66491, 80 €**



## 6.2. Urbanización:

concepto	cantidad	Precio unitario	Precio total
Ejecución de viales	175 m <sup>2</sup>	54.1 €/m <sup>3</sup>	9467.5€
Ejecución de aceras	2 Ud	23.480 €/m <sup>3</sup>	46960 €
Zanjas para cableado eléctrico	1 Ud	98.547 €/m <sup>3</sup>	98.547 €

**COSTE TOTAL DE ORBANIZACION: 154974, 50 €**

## 6.3. Cimentación

concepto	cantidad	Precio unitario	Precio total
Hormigón, limpieza, vertido con grúa de zapatas, muros y muretes de urbanización exterior	1080 m <sup>2</sup>	65 €/m <sup>3</sup>	70.200€
Encofrados en madera para zapatas y viga	508 m <sup>2</sup>	17,2 €/m <sup>3</sup>	8737,6€
Hormigón general para macizos de cimentación.	205 m <sup>2</sup>	82.4€/m <sup>3</sup>	16892€

**COSTE TOTAL DE CONDUCTORES: 95829,60 €**



#### 6.4. Edificio de control

concepto	cantidad	Precio unitario	Precio total
Suministro y montaje de nuevo edificio con capacidad suficiente para alojar todos los equipos necesarios para el correcto funcionamiento de dimensiones aproximadas de 20,4 x 14,3 metros.	1 Ud	120.000€	120.000€

**COSTE TOTAL DE CONDUCTORES: 120.000 €**

#### 6.5. Casetas de relés

concepto	cantidad	Precio unitario	Precio total
Suministro y montaje de casetas de relés en todas la subestación eléctrica. Incluye el suministro, transporte, carga y descarga del material , desplazamientos, pequeño material, pruebas hasta su correcto funcionamiento y puesta en servicio	5 Ud	50.000€	250.000€

**COSTE TOTAL DE CONDUCTORES: 250.000 €**



### 6.6. Casetas de centro de transformación

concepto	cantidad	Precio unitario	Precio total
Suministro y montaje de casetas de centro de transformación una en cada nivel de la subestación eléctrica. Incluye el suministro, transporte, carga y descarga del material , desplazamientos, pequeño material, pruebas hasta su correcto funcionamiento y puesta en servicio	2 Ud	20.000€	40.000€

**COSTE TOTAL DE CONDUCTORES: 40.000 €**

**COSTE TOTAL DE LA OBRA CIVIL: 727.295,9 €**



## 7. Servicios diversos

### 7.1. Alumbrado y baja tensión

concepto	cantidad	Precio unitario	Precio total
Suministro y montaje de la Luminarias de la subestación, los extractores de aire y parte proporcional de cableado. Totalmente conexionado y puesta en servicio	1 Ud	27.439,52	27.439,52

### 7.2. Detección y extinción de incendios en la subestación:

concepto	cantidad	Precio unitario	Precio total
Suministro y montaje de una central para la detección de incendios y extinción de CO <sub>2</sub> , conectada y puesta en servicio.	1 Ud	9356,8	9356,8

### 7.3. Sistema de seguridad contra intrusión en edificio de la subestación

concepto	cantidad	Precio unitario	Precio total
Suministro y montaje de sistema de vigilancia anti-intrusión y control de accesos, incluido elementos, tubo cable, cajas y accesorios, totalmente conexionado y puesto en servicio.	1 Ud	54.975,8	54.975,8

**COSTE TOTAL DE SERVICIO DIVERSOS: 91.772,12€**



## 8. Resumen del presupuesto

DESCRIPCION	PRECIO [€]
Aparamenta de alta tensión	3.046.010,00 €
Transformador de potencia	4.850.000,00 €
Red de tierra	329.011,2 €
Relés de medidas y de protecciones	387.000,00 €
Conductores	629.710,5 €
Obra civil	727.295,9 €
Servicios diversos	91.772,12 €
Subtotal presupuesto	10.060.799,72 €

<b>Subtotal Presupuesto:</b>	<b>10.060.799,72 €</b>
<b>Gastos generales (13%):</b>	<b>1.307.903,964 €</b>
<b>Beneficio industrial (6%):</b>	<b>603.647,9832 €</b>
<b>Subtotal antes de impuestos:</b>	<b>12.512.351,67 €</b>
<b>I.V.A. (21%):</b>	<b>2.627.593,85 €</b>
<b>Total presupuesto:</b>	<b>15.139.945,52 €</b>



## **9. Conclusión**

El coste TOTAL de la “Subestación transformadora de 400/220kV en la provincia de Teruel” asciende a la cantidad de:

**QUINCE MILLONES CIENTO TRENTA Y NUEVE MIL NOVECIENTOS  
CUARENTA Y CINCO COMA CINCUENTA Y DOS EUROS.**

Meriem Lamgayaze

Zaragoza 09 noviembre 2018

Firma