



Universidad
Zaragoza

Trabajo Fin de Grado

Ampliación de una Subestación
de 400/220 kV

Autor

Alejandro Lamiel Terrén

Director

Antonio Joaquín Montañés Espinosa



Escuela de
Ingeniería y Arquitectura
Universidad Zaragoza

2014

Repositorio de la Universidad de Zaragoza – Zaguan

<http://zaguan.unizar.es>



Universidad
Zaragoza



Escuela de
Ingeniería y Arquitectura
Universidad Zaragoza

MEMORIA

UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA

ESCUELA DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA (EINA)

2014

ALEJANDRO LAMIEL TERRÉN

ÍNDICE

1. <i>Antecedentes y finalidad de la instalación</i>	4
2. <i>Objeto del proyecto</i>	4
3. <i>Emplazamiento</i>	4
4. <i>Reglamentación y disposiciones oficiales y particulares</i>	4
5. <i>Descripción general de la instalación</i>	5
5.1. Subestación.....	5
5.2. Acondicionamiento del terreno y cimentaciones.....	6
5.3. Parque de intemperie.....	6
5.4. Canalizaciones subterráneas.....	7
5.5. Edificio de control.....	7
5.6. Valla	7
6. <i>Descripción de la instalación eléctrica</i>	7
7. <i>Aparamenta eléctrica</i>	8
7.1. Seccionadores	8
7.2. Disyuntores	12
7.3. Transformadores de tensión	14
7.4. Transformadores de intensidad.....	16
7.5. Autoválvulas	17
7.6. Aparamenta existente	22
8. <i>Conductores</i>	22
8.1. Conductores de Alta Tensión.....	22
8.2. Conductores de Tierra.....	23
8.3. Conductores de Baja Tensión	25
9. <i>Transformadores de potencia</i>	25
10. <i>Hilos de guarda</i>	27
11. <i>Estructuras de la Subestación</i>	27
12. <i>Aisladores</i>	27
13. <i>Red de tierras</i>	30
14. <i>Protecciones de la subestación</i>	31
14.1. Relés de protección	31
14.1.1. Relés de protección en posición de línea.....	31
14.1.2. Relés de protección en posición de transformador	32

14.1.3.	Relés de protección en posición de acoplamiento de barras	33
14.1.4.	Relés de protección de barras.....	33
14.1.5.	Relé de protección de fallo de interruptor.....	33
14.2.	Reenganchador.....	34
15.	<i>Aparatos de medida</i>	34
15.1.	Funciones de medida en posición de línea	34
15.2.	Funciones de medida en posición de transformador	34
15.3.	Funciones de medida en cada barra.....	34
16.	<i>Servicios auxiliares</i>	35
17.	<i>Alumbrado de seguridad</i>	35
18.	<i>Resumen del presupuesto</i>	35
19.	<i>Conclusión</i>	36

1. Antecedentes y finalidad de la instalación

Se redacta el presente proyecto de una instalación de muy alta tensión, de “Ampliación de una Subestación 400/220 kV”, por encargo de Red Eléctrica de España (en adelante REE).

La finalidad prevista del presente proyecto es plantear la ampliación de la Subestación Eléctrica Transformadora (en adelante S.E.T.) de Peñaflor, sita en el término municipal de Villamayor (Zaragoza).

Debido al crecimiento de la ciudad de Zaragoza e inmigraciones, así como el crecimiento de la generación, en su mayor parte eólica, que la zona de Aragón está experimentando, se ve necesaria la repotenciación de algunas líneas y la construcción de otras nuevas para garantizar la evolución de la energía y la calidad de suministro. Como parte de esta mejora de la red se hace necesaria la ampliación de diversas S.E.T., dotándolas de nuevas posiciones y transformadores.

En el caso de la S.E.T. Peñaflor se ha pedido la instalación de un nuevo transformador y la instalación de dos nuevas posiciones de línea en 400 kV.

2. Objeto del proyecto

El objeto del presente proyecto es exponer ante los Organismos Competentes que la instalación que nos ocupa reúne las condiciones y garantías mínimas exigidas por la reglamentación vigente, con el fin de obtener la Autorización Administrativa y la de Ejecución de la instalación, así como servir de base a la hora de proceder a su ejecución.

Se comprobará en el presente proyecto la validez de la aparamenta eléctrica existente en la instalación actual tras la ampliación, principalmente por el aumento de la potencia de cortocircuito.

3. Emplazamiento

La S.E.T. se sitúa en el término municipal de Villamayor, a unos 6 km del núcleo urbano de dicha población. A la instalación se accede desde la carretera Zaragoza-Sariñena A-129 (p.k. 9,2). En los planos de situación y emplazamiento se detalla la localización de la S.E.T.

4. Reglamentación y disposiciones oficiales y particulares

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

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

- Orden de 10 de Marzo de 2000, modificando ITC MIE RAT en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación.
- Real Decreto 223/2008 de 15 de Febrero, por el que se aprueba el Reglamento Técnico de Líneas Eléctricas Aéreas de Alta Tensión.
- 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.
- Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión. Aprobado por Decreto 842/2002, de 2 de Agosto, B.O.E. 224 de 18-09-02.
- Normas particulares y de normalización de la compañía propietaria de la instalación (Red Eléctrica de España).
- Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales.
- Ley 7/1994, de 18 de mayo, de Protección Ambiental.
- Condiciones impuestas por los Organismos Públicos afectados.
- Ordenanzas Municipales.
- Real Decreto 614/2001 de 8 de junio, por el que se regulan las disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico.
- Normas UNE y recomendaciones UNESA.
- Normas y recomendaciones de diseño de aparamenta eléctrica.
- Normas y recomendaciones de diseño de transformadores.
- Cualquier otra normativa y reglamentación de obligado cumplimiento para este tipo de instalaciones.

Durante la elaboración del proyecto se ha publicado en el BOE de 9 de junio de 2014 el 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, que sustituye y deroga el actualmente en vigor Real Decreto 3275/1982 de 12 de Noviembre, sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación, así como a sus Instrucciones Técnicas Complementarias. Debido a esta publicación, algunos de los capítulos del presente proyecto se han diseñado y calculado con el objeto de cumplir este reglamento, de obligado cumplimiento a partir de junio de 2016.

5. Descripción general de la instalación

5.1. Subestación

La S.E.T. tendrá el objetivo de interconectar la red de 400 kV con la de 220 kV. La S.E.T. ya existente cuenta con dos autotransformadores 400/220 kV de 325 MVA. El parque de 400 kV cuenta con dos entradas de línea en configuración de interruptor y medio, mientras el parque de 220 kV cuenta con cuatro posiciones de línea en configuración de doble barra con acoplamiento de barras.

La ampliación constará de un nuevo parque con dos nuevas entradas de línea de 400 kV en configuración de doble barra y un transformador adicional 400/220

kV de 325 MVA que se conectará al embarrado de 220 kV existente. Todas las posiciones estarán diseñadas y protegidas para una correcta utilización.

La S.E.T. dispone actualmente así mismo de salidas en 132 kV gestionadas por la compañía distribuidora de la zona, alimentadas desde el embarrado de 220 kV a través de un autotransformador 220/132 kV de 150 MVA.

5.2. Acondicionamiento del terreno y cimentaciones

Se deberá disponer de un terreno llano, para lo cual se realizarán los movimientos de tierras necesarios para conseguir nivelar toda la zona de la subestación. Una vez realizados los movimientos de tierras se dispondrá sobre el terreno una capa de 10 cm de grava para conseguir un correcto drenado de la instalación y además proporcionar una mayor seguridad eléctrica contra tensiones de paso y contacto. En las zonas previstas para paso de vehículos la grava se verá sustituida por hormigón.

El terreno deberá estar limpio de obstáculos que impidan o dificulten el trabajo o el tránsito por la S.E.T. Además de la comentada grava, el terreno deberá disponer de mecanismos de drenaje para facilitar la evacuación del agua en condiciones de seguridad, este alcantarillado se dispondrá siempre por debajo de las canalizaciones eléctricas. Los depósitos y conducciones de agua se dispondrán alejados de las zonas en tensión, situando dichas conducciones en un plano inferior a las canalizaciones de energía eléctrica.

Bajo cada transformador de potencia se situará un foso, el cual tendrá la suficiente capacidad como para albergar todo el volumen de aceite que contiene la cuba del transformador. Para minimizar el riesgo de incendio del aceite en caso de rotura de la cuba o fuga del transformador, se dispondrán en dicho foso piedras de gran tamaño.

Las cimentaciones podrán ser de hormigón armado u hormigón en masa en función de las características del terreno obtenidas del estudio correspondiente. Para todas las estructuras se atenderá en las recomendaciones de sus fabricantes homologados, acudiendo a los catálogos donde indicarán el tamaño de las cimentaciones necesarias.

5.3. Parque de intemperie

Tras acondicionar el terreno como se ha indicado, se procederá a construir las vías de acceso necesarias para que las máquinas y aparatos puedan llegar a la zona a trabajar.

La aparamenta se colocará sobre soportes metálicos que deberán anclarse al suelo mediante su correspondiente cimentación, como se ha detallado anteriormente.

Se dispondrá de un edificio de control conectado a los diferentes aparatos eléctricos, se utilizará el ya existente en la instalación. Para los cables de control se construirán las correspondientes canalizaciones, detalladas a continuación.

5.4. Canalizaciones subterráneas

Los conductores subterráneos que dispone esta subestación serán exclusivamente de baja tensión, por lo que sus canalizaciones correspondientes deberán ser realizadas cumpliendo el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (REBT).

Estos conductores, para permitir su revisión periódica, se colocarán en atarjeas revisables, tapadas con bloques de hormigón para dotarles de la resistencia mecánica necesaria.

5.5. Edificio de control

En el edificio ya existente se ubicarán los elementos de control y protección de la subestación. El edificio deberá estar adecuadamente acondicionado para favorecer el trabajo y el rendimiento de los equipos, se dispondrá de rejillas para favorecer la ventilación y evacuación del calor disipado por los equipos.

Las medidas de dicho edificio son 110x20 metros.

5.6. Valla

Se dispondrá una valla en todo el perímetro de instalación para evitar que cualquier persona o animal pueda entrar a la misma causando daños o accidentes, así como para evitar robos de material. Estará provista de las correspondientes señales de advertencia por peligro por alta tensión.

La valla será metálica, de acero galvanizado reforzado de 2,5 m de altura, con postes metálicos puestos a tierra mediante sus correspondientes latiguillos.

La valla cubrirá la totalidad del perímetro de la instalación (274x242 metros), excepto el tramo en el que se encuentra el edificio de control.

6. Descripción de la instalación eléctrica

La instalación tomará energía eléctrica de dos líneas de 400 kV ya existentes y de otras dos líneas de 400 kV de próxima construcción y la transforma a 220 kV mediante tres autotransformadores 400/220 kV de 350 MVA de potencia (dos ya existentes), evacuándose la energía a través de 4 líneas de 220 kV y de un autotransformador 220/132 kV.

El parque ya existente de 400 kV es de embarrado doble, con esquema de interruptor y medio, mientras el de nueva construcción se realizará como embarrado doble, realizado con tubo de aluminio. El parque de 220 kV está realizado en su totalidad con embarrado doble.

La aparamenta eléctrica constará de: seccionadores, disyuntores, transformadores capacitivos de tensión, transformadores de intensidad y autoválvulas.

7. Aparamenta eléctrica

Las características generales de la aparamenta son los parámetros que determinan las condiciones de funcionamiento, tanto en condiciones normales como en condiciones anormales (sobrecarga, sobreintensidad, sobretensión, cortocircuitos...) El fabricante de la aparamenta deberá proporcionar, al menos, las características que se indican a continuación:

- Tensión nominal: tensión que se refiere a sus condiciones de funcionamiento normal. Se puede dar tanto como tensión nominal de la red como tensión más elevada.
- Corriente nominal: intensidad que el dispositivo es capaz de dejar circular permanentemente en condiciones nominales de servicio sin deteriorarse.
- Nivel de aislamiento: sobretensión máxima que es capaz de soportar el aparato a frecuencia industrial, con sobretensiones de origen atmosférico (tipo rayo) y con sobretensiones de maniobra.
- Poder de corte: intensidad que es capaz de cortar un disyuntor en condiciones de seguridad.
- Poder de conexión: intensidad máxima instantánea que puede alcanzar la corriente de cortocircuito en el momento de cierre de un disyuntor.
- Corriente máxima admisible de corta duración: valor máximo de intensidad que es capaz de soportar el aparato durante un tiempo determinado.
- Intensidad límite térmico: intensidad máxima a partir de la cual los esfuerzos térmicos adicionales ocasionados no resultan admisibles para el aparato.
- Intensidad límite dinámica: intensidad máxima a partir de la cual los esfuerzos electrodinámicos ocasionados en el aparato no resultan admisibles para el mismo.

A continuación se detallan las características principales de la aparamenta a utilizar en la subestación.

7.1. Seccionadores

El seccionador es un aparato mecánico que garantiza, en su posición de abierto, una distancia de seccionamiento que satisface unas condiciones específicas. Dado que este aparato carece de mecanismos para la extinción del arco, los circuitos que deba interrumpir deberán hallarse libres de corriente, es decir, se deberá maniobrar en vacío.

El seccionador es capaz de soportar las corrientes que se presenten en el circuito, tanto en condiciones normales como en condiciones de cortocircuito durante un tiempo especificado.

En nuestra instalación se utilizarán dos tipos de seccionadores:

AMPLIACIÓN DE UNA SUBESTACIÓN DE 400/220 kV

- Seccionadores de 3 columnas: en este tipo de seccionadores, la columna central gira mientras las otras 2 permanecen fijas.
- Seccionadores pantógrafos: simplifican la concepción y realización de las instalaciones de intermedia. Se realiza la conexión mediante un contacto móvil directamente sobre la línea.

A continuación se detallan las características técnicas mínimas de los modelos de los seccionadores utilizados en la instalación:

- Tres columnas de 220 kV:
 - Tensión nominal: 245 kV
 - Intensidad nominal: 2000 A
 - Tensión de ensayo a frecuencia industrial: 460 kV
 - Tensión de ensayo a impulso tipo rayo: 1050 kV
 - Intensidad de corta duración: 63 kA
 - Valor de la intensidad de cresta: 160 kA

Tipo SG3CT-245/2000 de MESA (pidiendo al fabricante una intensidad de cortocircuito de 63 kA y una intensidad de cresta de 160 kA) o similar.

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 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		2000					40	100		
		SG3C-52/2750 SG3CT-52/2750		2750					40	100		
		SG3C-72/1600 SG3CT-72/1600	72,5	1600	140	325	160	375	40	100	C4-325	
SG3C-72/2000 SG3CT-72/2000		2000		40					100			
SG3C-72/2750 SG3CT-72/2750		2750		40					100			
SG3C-123/1600 SG3CT-123/1600	123	1600	230	550	265	635	40	100	C4-550			
SG3C-123/2000 SG3CT-123/2000		2000					40	100				
SG3C-123/2750 SG3CT-123/2750		2750					40	100				
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		2000					40	100			
	SG3C-145/2750 SG3CT-145/2750		2750					40	100			
	SG3C-170/1600 SG3CT-170/1600	170	1600	325	750	375	860	40	100	C4-750		
	SG3C-170/2000 SG3CT-170/2000		2000					40	100			
	SG3C-170/2750 SG3CT-170/2750		2750					40	100			
	SG3C-245/1600 SG3CT-245/1600	245	1600	460	1050	530	1200	40	100	C4-1050		
	SG3C-245/2000 SG3CT-245/2000		2000					40	100			
	SG3C-245/2750 SG3CT-245/2750		2750					40	100			

AMPLIACIÓN DE UNA SUBESTACIÓN DE 400/220 kV

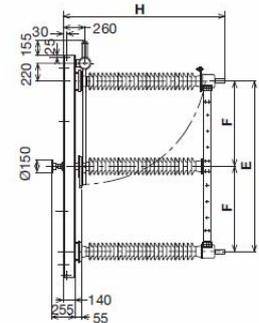
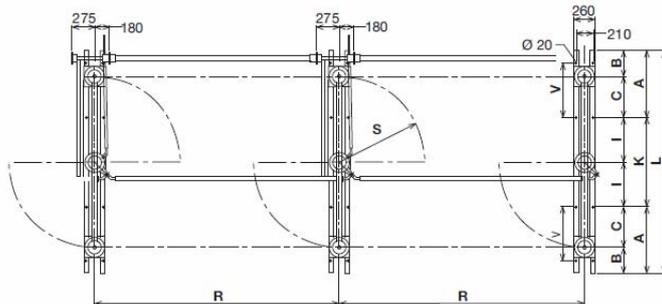
Dimensiones

Dimensions

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

(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.

C SG3C, SG3CT: 145 kV ≤ U_n ≤ 245 KV 1600 A ≤ I_n ≤ 2750 A

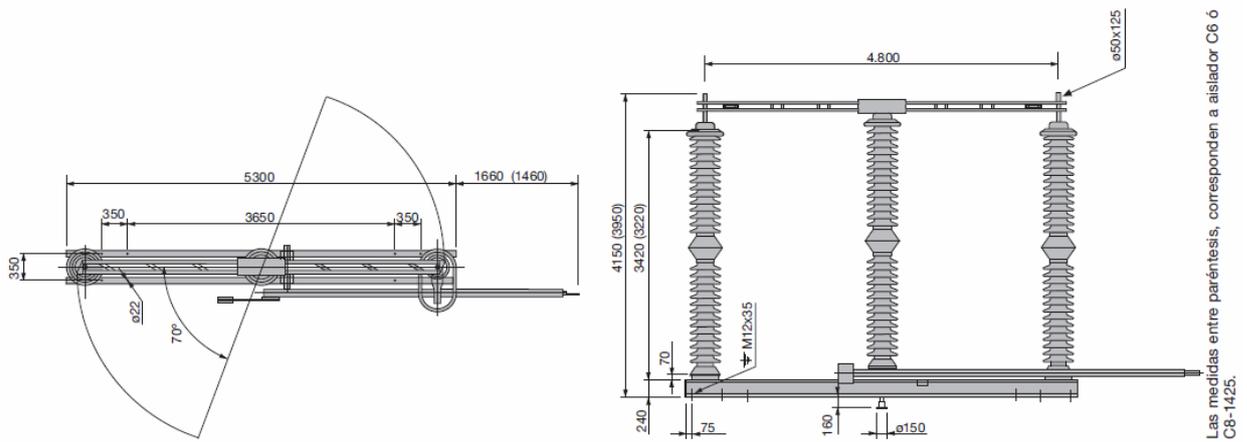


- Tres columnas de 400 kV:
 - Tensión nominal: 420 kV
 - Intensidad nominal: 4000 A
 - Tensión de ensayo a frecuencia industrial: 520 kV
 - Tensión de ensayo a impulso tipo rayo: 1425 kV
 - Tensión de ensayo a impulso tipo maniobra: 1050 kV
 - Intensidad de corta duración: 63 kA
 - Valor de la intensidad de cresta: 160 kA

Tipo SG3CT-420/4000 de MESA o similar.

Referencia	Peso kg	Referencia	Peso kg	Tensión Nominal kV	Intensidad Nominal A	Tensión de ensayo			Sobre la distancia de seccionamiento			Intensidad de corta duración (Valor eficaz) (RMS)	Valor cresta de la intensidad	Tipo de aislador
						A tierra y entre polos	A impulso tipo rayo	A impulso tipo maniobra	A frecuencia industrial bajo lluvia	A impulso	A impulso tipo maniobra			
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

AMPLIACIÓN DE UNA SUBESTACIÓN DE 400/220 kV



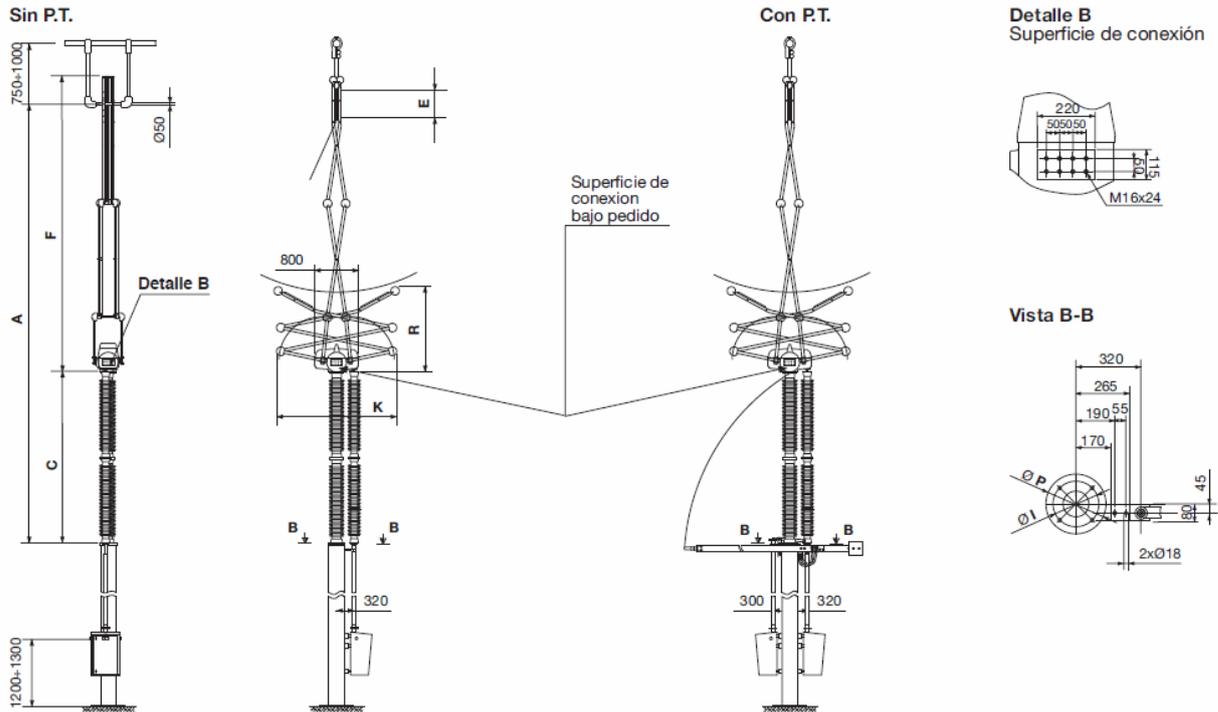
- Pantógrafo de 400 kV:
 - Tensión nominal: 420 kV
 - Intensidad nominal: 4000 A
 - Tensión de ensayo a frecuencia industrial: 520 kV
 - Tensión de ensayo a impulso tipo rayo: 1425 kV
 - Tensión de ensayo a impulso tipo maniobra: 1050 kV
 - Intensidad de corta duración: 63 kA
 - Valor de la intensidad de cresta: 160 kA

Tipo SPDT-245/4000 de MESA o similar.

Montaje	Referencia	Fig.	Peso (1)	Referencia (con PAT)	Peso (1)	Tensión nominal (kV)	Intensidad nominal (A)	Tensión de ensayo					Intensidad de corta duración (valor eficaz) (kA)	Valor cresta de la intensidad (1) (kA)	Tipo de aislador (1)	
								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



7.2. Disyuntores

Los disyuntores, o interruptores automáticos, son aparatos capaces de maniobrar y soportar carga de corriente nominal, además de sobrecorrientes y cortocircuitos durante un tiempo determinado. Los disyuntores se accionan manualmente o mediante relés de maniobra y protección.

Este tipo de aparatos deben ser capaces de disipar la energía producida por el arco sin dañarse, así como de restablecer la rigidez dieléctrica del medio entre los contactos.

En nuestra instalación se utilizarán exclusivamente disyuntores de Hexafluoruro de Azufre (SF_6), un gas inerte con excepcionales características de aislamiento eléctrico y de extinción del arco. Las características mínimas de estos disyuntores deberán ser las siguientes:

- Como disyuntor de 220 kV se utilizará un modelo cuyas características mínimas sean:
 - Tensión nominal: 245 kV
 - Tensión de aislamiento a frecuencia industrial: 460 kV
 - Tensión de aislamiento a impulso tipo rayo: 1050 kV
 - Intensidad nominal: 4000 A
 - Intensidad de cortocircuito (3s): 63 kA

Tipo LTB 245E1 de ABB (pidiendo al fabricante una intensidad de cortocircuito de 63 kA) o similar.

AMPLIACIÓN DE UNA SUBESTACIÓN DE 400/220 kV

- Como disyuntor de 400 kV se utilizará un modelo cuyas características mínimas sean:
 - Tensión nominal: 420 kV
 - Tensión de aislamiento a frecuencia industrial: 520 kV
 - Tensión de aislamiento a impulso tipo rayo: 1425 kV
 - Tensión de aislamiento a impulso tipo maniobra: 1050 kV
 - Intensidad nominal: 4000 A
 - Intensidad de cortocircuito (3s): 63 kA.

Tipo LTB 420E2 de ABB (se pedirá al fabricante que sea capaz de aguantar 63 kA) o similar.

		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 ¹⁾											
- 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 ²⁾	ms	< 40	< 40	< 40	< 40	< 65	< 65	< 65	< 70	< 70	< 65
Opening time ²⁾	ms	22	22	22	22	17	17	17	18	18	20
Break time ²⁾	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									

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

²⁾ Depending on operating mechanism

AMPLIACIÓN DE UNA SUBESTACIÓN DE 400/220 kV

LTB E1, Single-pole operation, BLK mechanism
 Rated voltage: 72.5 - 245 kV

Dimensions (mm)

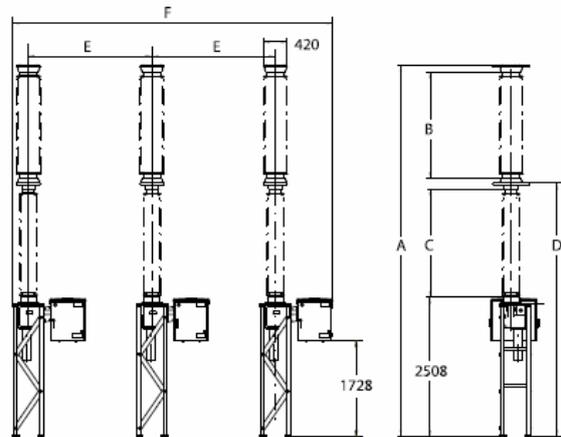
Rated voltage	A	B	C	D	E*	F
72.5 kV	4790	1292	655	3244	2500	6298
170 kV	5400	1292	1265	3854	2500	6298
245 kV	6703	1914	1955	4544	3500	8208

*1 Recommended phase distances

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

Rated voltage	Height to lowest part of insulator				
72.5-245 kV	1442	2508*	2992	3642	4142

*1 Standard



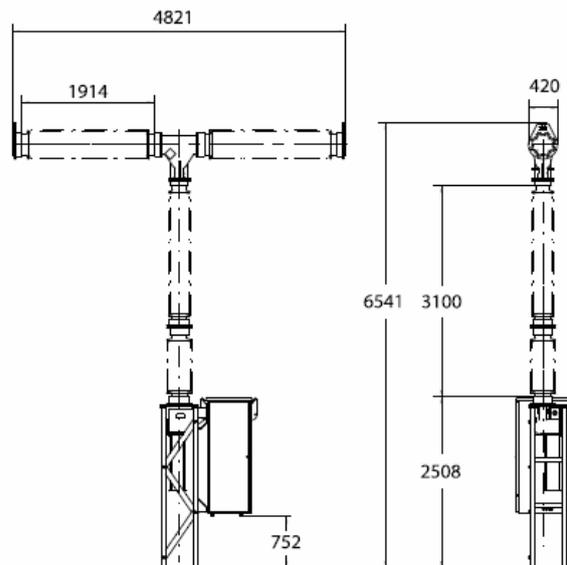
LTB 420E2, Single-pole operation, BLG mechanism
 Rated voltage: 362 - 420 kV

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

*1 Standard



7.3. Transformadores de tensión

En un transformador de tensión para medida y protección la tensión en bornes del secundario se mantiene prácticamente proporcional a la tensión del primario y con un desfase próximo a cero.

En nuestra S.E.T. se utilizarán transformadores de tensión de valor secundario 110 V, si bien, al conectarse a tierra, la tensión secundaria utilizada será $110/\sqrt{3}$ V, excepto en el secundario conectado en triángulo abierto, que será de $110/3$ V. Cada transformador de tensión dispondrá de al menos 4 devanados, uno para medida y tres para protección, utilizándose la mitad de ellos y dejando el resto libres para futuras aplicaciones. La

AMPLIACIÓN DE UNA SUBESTACIÓN DE 400/220 kV

precisión del transformador está indicada por su clase. Para medida se utilizarán transformadores de tensión de clase 0,2 y para protección de clase 3P.

Únicamente será necesario instalar transformadores de tensión en el nivel de 400 kV.

Las características mínimas que deberán cumplir estos transformadores serán:

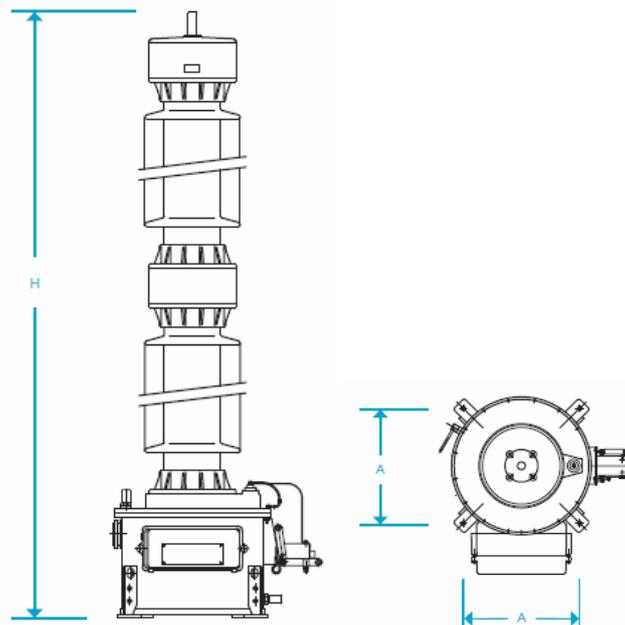
- Tensión máxima de servicio: 420 kV
- Tensión de ensayo a frecuencia industrial: 630 kV
- Tensión de ensayo a impulso tipo rayo: 1425 kV
- Tensión de ensayo a impulso tipo maniobra: 1050 kV

El resto de características mínimas se detallan en el anexo de cálculos.

Tipo ARTECHE DFK-420 o similar, con las siguientes características:

Transformadores de tensión capacitivos										
Modelo	Tensión máxima de servicio (kV)	Tensiones de ensayo			Capacidad estándar (pF)	Alta capacidad (pF)	Línea de fuga estándar (mm)	Dimensiones		Peso (kg)
		Frecuencia Industrial (kV)	Impulso (kVp)	Maniobra (kVp)				A (mm)	H (mm)	
DDB-72	72,5	140	325	-	10.300	25.500	1.825	450	1.510	245
DDB-100	100	185	450	-	5.700	14.300	2.500	450	1.600	255
DDB-123	123	230	550	-	5.600	14.000	3.075	450	1.830	300
DDB-145	145	275	650	-	3.900	19.500	3.625	450	1.920	310
DDB-170	170	325	750	-	7.500	16.500	4.250	450	2.065	330
DFK-245	245	460	1.050	-	5.800	11.000	6.125	450	2.885	450
		395	950	-						
DFK-300	300	460	1.050	850	6.000	12.500	7.500	450	3.205	480
DFK-362	362	510	1.175	950	4.500	10.100	9.050	450	3.675	520
DFK-420	420	630	1.425	1.050	3.500	7.700	10.500	450	4.595	670
		575	1.300	950						
DFK-525	(525) 550	680	1.550	1.175	3.000	6.200	13.125	450	5.560	1.065
		800	1.800	1.175						
DFK-765	(765) 800	880	1.950	1.425	3.000	4.500	15.300	450	7.010	1.270
		975	2.100	1.550						

Dimensiones y pesos aproximados. Para necesidades especiales, consultar. Posibilidad de valores superiores de capacidad bajo pedido.



7.4. Transformadores de intensidad

Estos transformadores se conectan en serie con el circuito en que se desea medir la intensidad. El secundario se conecta a los aparatos, conectados igualmente en serie. Cada secundario tiene un único núcleo magnético para él, de forma que no están influenciados entre ellos, además el núcleo de los secundarios de medida y el núcleo de los secundarios de protección están realizados con un material distinto para impedir que el segundo se sature al circular la intensidad de cortocircuito, permitiendo la correcta actuación de los relés de protección.

En este tipo de transformadores, en caso que el secundario se prevea que va a estar sin carga o se van a realizar actuaciones en el circuito que este alimenta, se debe tener la precaución de cortocircuitar sus bornas. Si el circuito secundario de estos transformadores se abriese, la tensión inducida en las bornas podría ser peligrosa.

En nuestra S.E.T. se utilizarán transformadores de intensidad de intensidad secundaria nominal 5 A. Cada transformador de intensidad tendrá 4 devanados, uno para medida y tres para protección, utilizándose la mitad de ellos dejando el resto cortocircuitados en reserva para futuras aplicaciones. La clase de precisión será 0,2 para medida y 5P para protección.

Las características mínimas que deberán cumplir estos transformadores serán:

Para el nivel de 220 kV:

- Tensión máxima de servicio: 245 kV
- Tensión de ensayo a frecuencia industrial: 460 kV
- Tensión de ensayo a impulso tipo rayo: 1050 kV

Para el nivel de 400 kV:

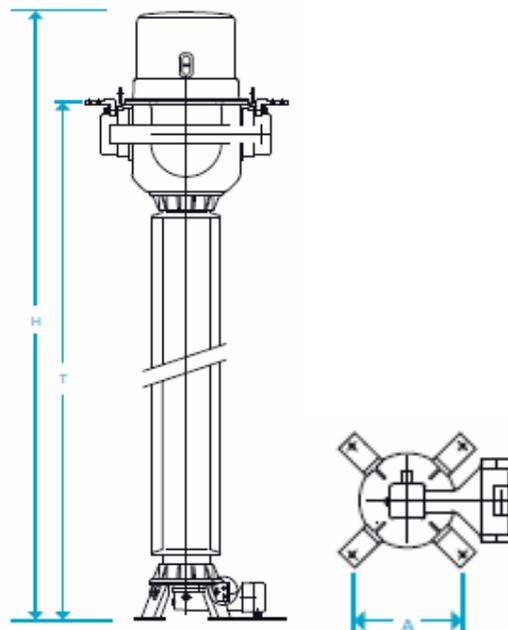
- Tensión máxima de servicio: 420 kV
- Tensión de ensayo a frecuencia industrial: 630 kV
- Tensión de ensayo a impulso tipo rayo: 1425 kV
- Tensión de ensayo a impulso tipo maniobra: 1050 kV

El resto de características se detallan en el anexo de cálculos.

Tipo ARTECHE CA-245 y CA-420 para el nivel de 220 kV y 400 kV respectivamente similares, con las siguientes características:

Aislamiento papel-aceite > Modelo CA									
Modelo	Tensión máxima de servicio (kV)	Tensiones de ensayo			Linea 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
CA-300	300	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
CA-420	420	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-550	550	880	1.950	1.425	-	-	-	-	-
CA-765	(765) 800	975	2.300	1.550	15.300	600	5.770	6.590	2.050

Dimensiones y pesos aproximados. Para necesidades especiales, consultar.
 Intensidades primarias: desde 1 A hasta 5.000 A. Intensidades de cortocircuito: hasta 120 kA.



7.5. Autoválvulas

Las autoválvulas son dispositivos cuya función principal es proteger la instalación contra sobretensiones, se colocarán siempre lo más cerca posible al transformador de potencia en el caso de las autoválvulas destinadas a proteger este equipo, y lo más cercanas posible al pórtico de entrada a la subestación, en el caso de autoválvulas de entrada de línea.

AMPLIACIÓN DE UNA SUBESTACIÓN DE 400/220 kV

Se utilizarán autoválvulas de óxidos metálicos, dada su capacidad para soportar grandes valores energéticos y de evacuar las presiones producidas en su interior. El aislamiento exterior de las autoválvulas utilizadas será de polímero, el cual da mayor seguridad tanto de aislamiento eléctrico como en caso de rotura de la envolvente.

Se utilizarán dos modelos diferentes de autoválvulas según la tensión a la que estén conectadas, con las siguientes características mínimas.

- Nivel 220 kV:
 - Tensión asignada: 176,4 kV
 - Tensión de funcionamiento continuo: 141,5 kV
 - Intensidad de descarga nominal: 10 kA
 - Para el cálculo de tensión residual máxima se tomará un margen de protección del 30%.
 - Tensión residual máxima: 807,7 kV
 - Tensión de aislamiento a frecuencia industrial: 460 kV
 - Tensión de aislamiento a onda tipo rayo: 1050 kV
 - Línea de fuga: 4900 mm

Tipo PEXLIM Q180-XH245 de ABB o similar con las siguientes características:

Max. system voltage	Rated voltage	Max. continuous operating voltage ¹⁾		TOV capability ²⁾		Max. residual voltage with current wave						
		as per IEC	as per ANSI/IEEE	1 s	10 s	30/60 μs			8/20 μs			
						U _c	MCOV	0.5 kA	1 kA	2 kA	5 kA	10 kA
U _m	U _r	U _c	MCOV	1 s	10 s	0.5 kA	1 kA	2 kA	5 kA	10 kA	20 kA	40 kA
kV _{rms}	kV _{rms}	kV _{rms}	kV _{rms}	kV _{rms}	kV _{rms}	kV _{peak}	kV _{peak}	kV _{peak}	kV _{peak}	kV _{peak}	kV _{peak}	kV _{peak}
145	108	86	86.0	124	118	208	214	223	242	254	280	313
	120	92	98.0	138	132	231	238	248	268	282	311	347
	132	92	106	151	145	254	262	272	295	311	342	382
	138	92	111	158	151	265	274	285	309	325	357	399
	144	92	115	165	158	277	286	297	322	339	373	417
	150	92	121	172	165	288	298	309	335	353	388	434
	162	92	131	186	178	312	321	334	362	381	419	469
	168	92	131	193	184	323	333	346	376	395	435	486
170	132	106	106	151	145	254	262	272	295	311	342	382
	144	108	115	165	158	277	286	297	322	339	373	417
	150	108	121	172	165	288	298	309	335	353	388	434
	162	108	131	186	178	312	321	334	362	381	419	469
	168	108	131	193	184	323	333	346	376	395	435	486
245	192	108	152	220	211	369	381	396	429	452	497	555
	180	144	144	207	198	346	357	371	402	423	466	521
	192	154	154	220	211	369	381	396	429	452	497	555
	198	156	160	227	217	381	393	408	443	466	512	573
	210	156	170	241	231	404	417	433	469	494	543	608
	216	156	175	248	237	415	428	445	483	508	559	625
	219	156	177	251	240	421	434	451	489	515	567	634
	222	156	179	255	244	427	440	458	496	522	574	642
228	156	180	262	250	438	452	470	510	536	590	660	

AMPLIACIÓN DE UNA SUBESTACIÓN DE 400/220 kV

Max. system voltage	Rated voltage	Housing	Creepage distance	External insulation *)				Dimensions					
				1.2/50 μ s dry	50 Hz wet (60s)	60 Hz wet (10s)	250/2500 μ s wet	Mass	A _{max}	B	C	D	Fig.
U _m	U _r			kV _{peak}	kV _{rms}	kV _{rms}	kV _{peak}	kg	mm	mm	mm	mm	
kV _{rms}	kV _{rms}		mm										
24	24	XV024	1363	283	126	126	242	21	481	-	-	-	1
36	30-36	XV036	1363	283	126	126	242	21	481	-	-	-	1
52	42-72	XV052	2270	400	187	187	330	25	736	-	-	-	1
72	54-72	XV072	2270	400	187	187	330	25	736	-	-	-	1
	75-84	XV072	3625	578	293	293	462	38	1080	-	-	-	1
100	75-96	XV100	3625	578	293	293	462	38	1080	-	-	-	1
123	90-120	XH123	3625	578	293	293	462	37	1080	-	-	-	1
	90-144	XV123	4540	800	374	374	660	45	1397	-	-	-	2
	150	XV123	4988	861	419	419	704	52	1486	-	-	-	2
145	108-120	XH145	3625	578	293	293	462	36	1080	-	-	-	1
	108-144	XV145	4540	800	374	374	660	45	1397	-	-	-	2
	150	XV145	4988	861	419	419	704	52	1486	-	-	-	2
	162-168	XV145	5895	978	480	480	792	56	1741	-	-	-	2
170	132-144	XH170	4540	800	374	374	660	48	1400	400	-	160	3
	150	XH170	4988	861	419	419	704	54	1489	400	-	160	3
	132-192	XV170	5895	978	480	480	792	59	1744	400	-	160	3
245	192	XM245	5895	978	480	480	492	59	1761	600	-	300	4
	180-228	XH245	7250	1156	586	586	924	73	2105	600	-	300	4
	180-198	XV245	8613	1439	712	712	1166	94	2617	800	-	500	5
	210-228	XV245	8613	1439	712	712	1166	91	2617	600	-	300	5

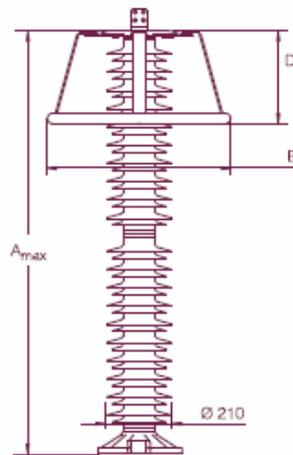


Figure 4

- Nivel de 400 kV:
 - Tensión asignada: 302,5 kV
 - Tensión de funcionamiento continuo: 242,5 kV
 - Intensidad de descarga nominal a impulso tipo rayo: 20 kA
 - Intensidad de descarga nominal a impulso tipo maniobra: 2 kA
 - Para el cálculo de tensión residual máxima se tomará un margen de protección del 30%.
 - Tensión residual máxima a impulso tipo maniobra: 807,7 kV
 - Tensión residual máxima a impulso tipo rayo: 1096 kV
 - Tensión de aislamiento a frecuencia industrial: 630 kV
 - Tensión de aislamiento a onda tipo rayo: 1425 kV
 - Tensión de aislamiento a onda tipo maniobra: 1050 kV
 - Línea de fuga: 8400 mm

AMPLIACIÓN DE UNA SUBESTACIÓN DE 400/220 kV

Tipo PEXLIM P330-XH420 de ABB o similar con las siguientes características:

Max. system voltage U_m kV _{rms}	Rated voltage U_r kV _{rms}	Max. continuous operating voltage ¹⁾		TOV capability ²⁾		Max. residual voltage with current wave							
		as per IEC U_c kV _{rms}	as per ANSI/IEEE MCOV kV _{rms}	1 s kV _{rms}	10 s kV _{rms}	30/60 μs			8/20 μs				
						1 kA kV _{peak}	2 kA kV _{peak}	3 kA kV _{peak}	5 kA kV _{peak}	10 kA kV _{peak}	20 kA kV _{peak}	40 kA kV _{peak}	
145	144	92	115	167	158	281	291	299	312	328	359	394	
	150	92	121	174	165	293	304	311	325	342	374	410	
	162	92	131	187	178	316	328	336	351	369	404	443	
	168	92	131	194	184	328	340	348	364	383	419	459	
170	132	106	106	153	145	258	267	274	286	301	329	361	
	144	106	115	167	158	281	291	299	312	328	359	394	
	150	106	121	174	165	293	304	311	325	342	374	410	
	162	106	131	187	178	316	328	336	351	369	404	443	
	168	106	131	194	184	328	340	348	364	383	419	459	
	180	106	144	208	198	351	364	373	390	410	449	492	
	192	106	152	222	211	375	388	398	415	437	479	525	
	210	106	160	238	217	403	410	428	451	484	541	607	
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	228	217	387	403	410	428	451	484	541	
	210	156	170	243	231	410	425	435	454	478	524	574	
	214	156	173	248	235	419	434	445	464	488	535	585	
	216	156	175	250	237	422	437	448	467	492	539	590	
	219	156	177	254	240	427	443	454	474	499	546	598	
	222	156	179	257	244	433	449	460	480	506	554	607	
	228	156	180	264	250	445	461	473	493	519	568	623	
	240	156	185	278	258	468	485	497	519	546	598	655	
300	228	182	182	264	250	445	461	473	493	519	568	623	
	240	191	191	278	264	468	485	497	519	546	598	655	
	258	191	209	299	283	504	522	535	558	587	643	705	
	264	191	212	306	290	515	534	547	571	601	658	721	
	276	191	220	320	303	539	558	572	597	628	688	754	
	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	
362	288	230	230	334	315	582	582	597	623	655	718	787	
	330	264	267	382	363	644	667	684	714	751	823	901	
	336	267	272	389	369	656	679	696	727	765	838	918	
	342	267	277	396	376	667	691	709	740	779	852	934	
	360	267	291	417	396	702	728	746	779	819	897	983	
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	
	342	267	277	396	376	667	691	709	740	779	852	934	
	360	267	291	417	396	702	728	746	779	819	897	983	

¹⁾ The continuous operating voltages U_c (as per IEC) and MCOV (as per ANSI) differ only due to deviations in type test procedures. U_c has to be considered only when the actual system voltage is higher than the tabulated.
Any arrester with U_c higher than or equal to the actual system voltage divided by $\sqrt{3}$ can be selected.

AMPLIACIÓN DE UNA SUBESTACIÓN DE 400/220 kV

Max. system voltage U_m	Rated voltage U_r	Housing	Creepage distance	External insulation *				Dimensions					
				1.2/50 μ s dry	50 Hz wet (60s)	60 Hz wet (10s)	250/2500 μ s wet	Mass	A_{max}	B	C	D	Fig.
kV _{rms}	kV _{rms}		mm	kV _{peak}	kV _{rms}	kV _{rms}	kV _{peak}	kg	mm	mm	mm	mm	
24	24	XV024	1363	283	126	126	242	19	481	-	-	-	1
36	30-36	XV036	1363	283	126	126	242	19	481	-	-	-	1
	39	XV036	2270	400	187	187	330	30	736	-	-	-	1
52	42-72	XV052	2270	400	187	187	330	30	736	-	-	-	1
72	54-72	XV072	2270	400	187	187	330	29	736	-	-	-	1
	75-84	XV072	3625	578	293	293	462	44	1080	-	-	-	1
100	75-96	XV100	3625	578	293	293	462	44	1080	-	-	-	1
123	90-120	XH123	3625	578	293	293	462	43	1080	-	-	-	1
	90-144	XV123	4540	800	374	374	660	54	1397	-	-	-	2
145	150	XV123	4988	861	419	419	704	55	1486	-	-	-	2
	108-120	XH145	3625	578	293	293	462	42	1080	-	-	-	1
	108-144	XV145	4540	800	374	374	660	53	1397	-	-	-	2
	150	XV145	4988	861	419	419	704	55	1486	-	-	-	2
170	162-168	XV145	5895	978	480	480	792	66	1741	-	-	-	2
	132-144	XH170	4540	800	374	374	660	53	1400	400	-	160	3
	150	XV170	4988	861	419	419	704	57	1489	400	-	160	3
	132-192	XV170	5895	978	480	480	792	70	1744	400	-	160	3
245	180-192	XM245	5895	978	480	480	792	66	1744	400	-	160	3
	180-228	XH245	7250	1156	586	586	924	83	2088	400	-	160	3
	180-198	XV245	8613	1439	712	712	1166	101	2547	800	-	500	4
	210-228	XV245	8613	1439	712	712	1166	98	2617	800	-	300	4
300	216-276	XH300	8613	1439	712	712	1166	101	2617	800	-	500	4
	216-276	XV300	9520	1556	773	773	1254	110	2872	800	-	500	4
362	258-288	XH362	9520	1556	773	773	1254	118	2872	1200	1000	600	5
	258-288	XV362	11790	1956	960	960	1584	148	3533	1400	1000	700	6
420	330-360	XH420	10875	1734	879	879	1386	131	3216	1400	1000	700	5

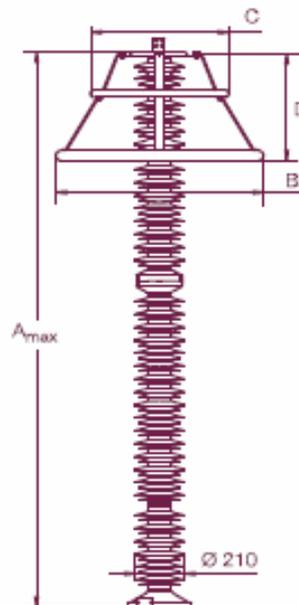


Figure 5

Todas las autoválvulas dispondrán de un contador de descargas, que dará datos acerca de las condiciones atmosféricas para poder mejorar mediante estudios estadísticos las protecciones instaladas.

7.6. Apararmenta existente

Actualmente, la instalación cuenta con apararmenta de todos los tipos mencionados. Por el aumento de potencia de cortocircuito, se han pedido al promotor las características de la apararmenta instalada en cuanto a corrientes de corta duración. Estas características se detallan a continuación:

- Nivel 220 kV:
 - Seccionadores: 60 kA
 - Interruptores: 63 kA
 - Transformador de intensidad y autoválvulas: 60 kA

- Nivel 400 kV:
 - Seccionadores: 63 kA
 - Interruptores: 63 kA
 - Transformador de intensidad y autoválvulas: 63 kA

8. Conductores

Un conductor eléctrico es un material por el cual puede haber un flujo de cargas, sin ofrecer resistencia al paso del mismo y sin que se descomponga químicamente.

A la hora de la elección del conductor se tendrán en cuenta las siguientes características:

- Resistencia eléctrica pequeña, para disminuir las pérdidas.
- Resistencia mecánica elevada, para poder resistir los esfuerzos mecánicos ocasionados sin dañarse.
- Económicos, procurando el mínimo coste y máxima rentabilidad.

8.1. Conductores de Alta Tensión

En nuestra S.E.T. se utilizarán como conductores principales para la corriente eléctrica en Alta Tensión, tubos huecos de aluminio. Este tipo de conductor permite una alta resistencia a los esfuerzos de tracción y compresión, con una baja resistividad eléctrica y bajo peso (aprovechando la característica de la corriente alterna de “efecto skin”) y permitiendo una flecha casi nula, lo que simplifica el cálculo y diseño de la instalación.

Se utilizarán tubos de diámetros 200/184 mm (exterior/interior), tamaño homologado por REE, cortados al tamaño que cada vano necesite.

Tipo tubos del fabricante *BRONMETAL*, con un peso de 13,03 kg/m o similar en toda la subestación, con las siguientes características mecánicas y físicas o similares.

CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS Y FÍSICAS
MECHANICAL AND PHYSICAL PROPERTIES / CARACTERÍSTICAS MECÂNICAS E FÍSICAS / CARACTÉRISTIQUES MÉCANIQUES ET PHYSIQUES

	Estado Temper Estado État	Resistencia a la tracción Tensile strength Resistência à tração Résistance à la traction N/mm ²	Limite 0,2% convencional 0.2% yield strength Limite 0,2% convencional Limite 0,2 % conventionnelle N/mm ²	Módulo de elasticidad Elasticity modulus Módulo de elasticidade Module d'élasticité N/mm ²	Alargamiento Elongation Alongamento Allongement %	Coefficiente de dilatación lineal térmica Linear thermal expansion coefficient Coeficiente de dilatação térmica linear Coefficient de dilatation thermique lineaire 1/K x 10 ⁻⁶	Conductividad térmica Thermal conductivity Conductividade térmica Conductivité thermique W/mxK	Conductividad eléctrica específica a 20°C Specific electrical conductivity at 20°C Conductividade elétrica específica a 20°C Conductivité électrique spécifique 20°C m/Ohmxmm ²	Dureza Hardness Dureza Dureté
EN AW-6063	T6	Min. 215	Min. 170	69500	Min. 6 (A ₅₀)	23,5	200	33	Min. 70

AMPLIACIÓN DE UNA SUBESTACIÓN DE 400/220 kV

Se utilizarán soportes y accesorios de *ARRUTI* o similares para fijarlos al aislador soporte y a la aparatamiento o cables que puedan utilizarse.

Además, para los cruzamientos sobre las barras y los diferentes empalmes que pudieran necesitarse, se utilizarán cables bimetalicos de aluminio reforzados con acero galvanizado (ACSR) tipo LA-380, de General Cable u otro fabricante, con las características mínimas según la 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
	mm ²	mm ²	mm ²		Nº x mm	Nº x mm		kg/km	kg/km	kg/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

Composición	Módulo de elasticidad	Coefficiente de dilatación lineal
	Kg/mm ²	°C
6+1	8,100	19.1 x 10 ⁻⁶
6+7	7,700	19.8 x 10 ⁻⁶
26+7	7,700	18.9 x 10 ⁻⁶
30+7	8,200	17.8 x 10 ⁻⁶
30+19	8,000	18.0 x 10 ⁻⁶
54+7	8,000	19.3 x 10 ⁻⁶
54+19	6,800	19.4 x 10 ⁻⁶

8.2. Conductores de Tierra

Los conductores de tierra pueden ser de distintos tipos atendiendo a su aplicación:

- Hilos de guarda para la protección frente a descargas atmosféricas, se utiliza cable de acero recubierto de aluminio de mínimo 50 mm².
- Latiguillos de acero para la unión de los distintos elementos a la malla de tierra, se utilizará cable de acero recubierto de aluminio, desnudo, de mínimo 50 mm².
- Malla de tierra, que cubre toda la superficie de la instalación, se utilizará cobre de mínimo 240 mm².
- Por último, para la tierra de los neutros de los transformadores de potencia, se utilizará cable de cobre desnudo de mínimo 160 mm².

Para la unión de los elementos de acero o aluminio con los de cobre se utilizarán conectores bimetalicos de *ARRUTI* o similares a efectos de evitar la oxidación galvánica.

Para el cable de acero recubierto de aluminio se utilizarán conductores de acero recubierto de aluminio, según la norma IEC 61089, tipo *ARAWELD* de *GENERAL CABLE* o similar con las siguientes características:

Características cables de tierra Araweld® según norma IEC

Código	Sección mm ²	Nº Alambres	Diámetros		Peso Kg / Km	Carga Rotura Kn	Resistencia DC W/Km
			Alambre mm	Cond. mm			
16	16	7	1,71	5,12	106,6	19,20	5,3588
25	25	7	2,13	6,40	166,6	30,00	3,4297
40	40	7	2,70	8,09	266,5	48,00	2,1435
63	63	7	3,39	10,20	419,8	74,30	1,3610
100	100	7	4,26	12,80	666,3	107,00	0,8574
125	125	19	2,89	14,50	836,8	150,00	0,6891
160	160	19	3,27	16,40	1071,1	192,00	0,5384
200	200	19	3,66	18,30	1338,8	228,00	0,4307
250	250	37	2,93	20,50	1677,8	300,00	0,3454
315	315	37	3,29	23,00	2114,0	371,70	0,2742
400	400	37	3,71	26,00	2684,5	440,00	0,2159
450	450	37	3,94	27,50	3020,1	495,00	0,1919
500	500	37	4,15	29,00	3355,6	535,00	0,1727
560	560	37	4,39	30,70	3758,3	599,20	0,1542
630	630	37	4,66	32,60	4228,1	630,00	0,1371
710	710	61	3,85	34,60	4773,4	781,00	0,1218

Para el cable de cobre desnudo se utilizarán conductores de cobre recocido desnudo construidos según la norma IEC 60228, del fabricante *GENERAL CABLE* o similar con las siguientes características:

Código General Cable	Sección mm ²	Composición	Pesos Aprox.	
			kg/m	m/kg
T05110799P	1x16	7x1,77	0,136	7,38
T05120799P	1x25	7x2,35	0,216	4,63
T05130799P	1x35	7x2,77	0,302	3,32
T05140799P	1x50	10x2,77	0,412	2,43
T05150799P	1x70	14x2,77	0,590	1,69
T05160799P	1x95	19x2,77	0,820	1,22
T05170799P	1x120	23x2,77	1,039	0,96
T05180799P	1x150	29x2,77	1,270	0,79
T05190799P	1x185	37x2,77	1,615	0,62
T05200799P	1x240	48x2,77	2,110	0,47
T05210799P	1x300	57x2,77	2,655	0,38

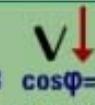
8.3. Conductores de Baja Tensión

Se utilizarán estos conductores para llevar las señales eléctricas de mando y protección a los distintos elementos del sistema además de alimentar a los receptores de B.T. que sean necesarios (relés, transformadores, motores auxiliares...), así como para alimentar a los receptores de Alumbrado.

Se utilizarán cables de cobre, de aislamiento 0,6/1 kV. Todos serán de características idénticas, salvo la sección, que podrá diferir en función del circuito no siendo menor de 6 mm^2 .

El cable utilizado será del tipo ENERGY RV-K FOC de *GENERAL CABLE*, o similar, de designación RV-K, cuyas características son las siguientes:

Cable de cobre flexible (clase 5), aislamiento de polietileno reticulado (XLPE), cubierta de Policloruro de Vinilo (PVC), unipolar.

 mm^2	 mm	 kg/km	 mm	 40°C A	 25°C A	 $\cos\phi=0.8$ V/A.km	 $\cos\phi=1$ V/A.km
1x1.5	5,7	45	25	19	27	23,65	29,37
1x2.5	6,1	60	25	27	36	14,24	17,62
1x4	6,7	75	30	37	46	8,873	10,93
1x6	7,2	95	30	48	58	5,95	7,288
1x10	8,2	140	35	67	78	3,484	4,218
1x16	9,2	195	40	91	100	2,24	2,672
1x25	10,8	285	45	122	125	1,476	1,723
1x35	11,9	375	50	153	150	1,073	1,224
1x50	13,5	515	55	188	185	0,773	0,852
1x70	15,6	710	65	243	225	0,568	0,601
1x95	17,4	920	70	298	260	0,449	0,455
1x120	19,4	1160	80	348	300	0,368	0,356
1x150	21,4	1435	90	404	340	0,311	0,285
1x185	23,3	1735	95	464	380	0,27	0,234
1x240	26,6	2290	135	552	445	0,223	0,177
1x300	30,2	2885	155	639	500	0,193	0,142
1x400	34,8	3920	175	748	590	0,164	0,107
1x500	39,1	5015	200	860	670	0,146	0,085
1x630	43,7	6585	220	990	790	0,128	0,063

9. Transformadores de potencia

El transformador es el elemento principal de la subestación, dado que es el aparato encargado de aumentar y disminuir la tensión de un circuito de corriente alterna manteniendo su frecuencia. En el caso de nuestra S.E.T. la tensión se debe disminuir de 400 kV a 220 kV, para ello se tienen dos autotransformadores de 325 MVA a los cuales

se le añadirá, como resultado de la ampliación que se plantea, un autotransformador más de 325 MVA.

El autotransformador estará ubicado a la intemperie, aislado en aceite y será de ventilación forzada por aire, además dispondrá de un regulador en carga en el arrollamiento primario. El neutro del autotransformador estará puesto rígidamente a tierra.

Los transformadores deberán tener los siguientes accesorios:

- Conservador de aceite con indicador de nivel.
- Válvulas de llenado y vaciado.
- Válvula para toma de muestra de aceite.
- Terminales de puesta a tierra.
- Radiadores con sus correspondientes ventiladores.
- Placa de características.
- Relé Buchholz y termómetro.
- Indicador de temperatura y de paso del aceite.

Los fabricantes de transformadores no disponen en catálogo productos para las altas tensiones y potencia requeridas, por lo que la construcción del transformador se realizará bajo pedido a *ABB* u otro fabricante de reconocido prestigio facilitándole las características elegidas, que serán las siguientes:

- Autotransformador de intemperie
- Frecuencia nominal: 50 Hz
- Tensión nominal: 400/220 kV
- Potencia nominal: 325 MVA
- Grupo de conexión e índice horario: YNyn0
- Regulador en carga.
- Refrigeración: ONAF mediante radiadores y ventiladores.
- Intensidad de corta duración mínima: 63 kA en ambos devanados.
- Reactancia de cortocircuito: 20% en base 325 MVA.

El fabricante deberá ensayar el transformador para comprobar su resistencia a cortocircuitos y a esfuerzos mecánicos además de ensayarlo a su tensión y potencia nominales.

A los lados del transformador se construirá una pared de hormigón de la resistencia mecánica y al fuego adecuada para evitar daños propios o a la zona circundante en caso de accidente o avería. El cálculo de esta estructura se escapa al ámbito de este proyecto y deberá ser calculada y detalladas sus características por un Ingeniero competente.

El autotransformador se situará sobre un bastidor con ruedas para permitir su desplazamiento en caso necesario, estas ruedas, mientras el autotransformador se encuentre en servicio, estarán bloqueadas.

10. Hilos de guarda

Para proteger la S.E.T. contra descargas atmosféricas directas se utilizarán hilos de guarda, dado el alto nivel iso-cerámico de la zona. Los hilos de guarda se conectarán rígidamente y sin aislamiento a las estructuras de la S.E.T. utilizándose a este efecto soldadura aluminio-térmica. El cable que se utilizará será de acero recubierto de aluminio, de mínimo 50 mm^2 de sección. El resto de características de este cable están descritas en el apartado 8.2 de la presente memoria.

Se instalarán a una altura adecuada para proteger eficazmente a los conductores y equipos bajo tensión. La altura de estos hilos se detalla en el Anexo de Cálculos.

11. Estructuras de la Subestación

La S.E.T. contendrá una serie de estructuras metálicas para sujetar los conductores y favorecer su distribución a una altura que debe ser suficiente para cumplir los requisitos de seguridad. Estas estructuras metálicas irán conectadas a la malla de tierra mediante latiguillos de acero para evitar que puedan inducirse tensiones elevadas en los soportes.

Los apoyos utilizados deberán, por tanto, ser capaces de soportar el peso propio de conductores, herrajes y aisladores, teniendo una altura suficiente sobre el suelo, se realizarán con celosía metálica, dada su economía y simplicidad en transporte y montaje.

El apoyo deberá estar correctamente anclado al suelo mediante una cimentación apropiada, para cuyo dimensionamiento se observarán las recomendaciones que el fabricante detalle en su catálogo.

La armadura irá colocada sobre soportes de celosía metálica con objeto de levantarla lo suficiente sobre el suelo para cumplir las distancias de seguridad que contempla el reglamento. En el Anexo de Cálculos se detallan las alturas de los distintos soportes necesarios, reflejadas así mismo en los planos correspondientes.

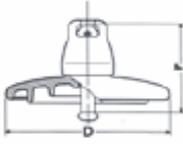
Si bien se enuncian las características mínimas que deben cumplir las estructuras, las especificaciones mecánicas se salen del ámbito del presente proyecto.

12. Aisladores

En la subestación se colocarán aisladores cuya misión será unir los conductores de potencia a la estructura metálica de forma que esta quede protegida frente a las tensiones que puedan aparecer en la línea, tanto en condiciones normales de explotación como en condiciones de falta.

Se utilizarán aisladores de vidrio, de tipo caperuza-vástago para unir los cables de las entradas de línea y los cruzamientos sobre las barras a los pórticos. A este efecto se utilizarán aisladores de clase U160BL tipo *La Granja E-160-170* o similar, su cálculo justificativo se detalla en el Anexo de Cálculos. Las características de este aislador se detallan en la tabla siguiente:

AMPLIACIÓN DE UNA SUBESTACIÓN DE 400/220 kV

		100		120	160	
		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	6,3	6,3
	embalaje nº de un/caja madera	6	6	6	6	6

Los ensayos y tolerancias en dimensiones están de acuerdo con las normas CEI 383 y CEI 305

Los aisladores se sujetarán a las estructuras, embarrados y cables mediante el accesorio o grapa adecuada a cada aplicación del fabricante *ARRUTI* o similar.

Así mismo se utilizarán aisladores de tipo columna tanto para los soportes de la armadura y de los tubos de aluminio como para la unión de estos últimos con las estructuras. A este efecto, se utilizarán aisladores de silicón tipo *CSPI 16-950* y *CSPI 16-1300* de *ABB* o similar, cuyo cálculo justificativo se encuentra en el Anexo de Cálculos y cuyas características son las siguientes:

- Aislador CSPI 16-950 (Nivel 220 kV):

		CSPI	CSPI	CSPI	CSPI	CSPI	CSPI
Product		10-850	12,5-850	16-850	10-950	12,5-950	16-950
General dimensions							
Corresponding to figure		AC	AC	AC	AC	AC	AC
Equivalent to (IEC 60273)		C10-850	C12,5-850	C16-850	C10-950	C12,5-950	C16-950
Weight	kg	77	77	77	84	84	86
Height (H)	mm	1900	1900	1900	2100	2100	2100
Diameter of bolt circle (D_{BC})	mm	275***	275***	275	275***	275	300
Diameter of sheds (D_S)	mm	326	326	326	326	326	326
Electrical							
Creepage distance (min.)	mm	5243	5243	5243	5860	5860	5841
Arcing distance	mm	1628	1628	1628	1828	1828	1808
Max. Service voltage	kV	245	245	245	245	245	245
Dry lightning impulse withstand	kV	850	850	850	950	950	950
Wet switching impulse withstand	kV	-	-	-	750	750	750
Wet power frequency withstand	kV	360	360	360	395	395	395
Mechanical							
Bending strength (El. limit 1.5MML)	kN	10	12,5	16	10	12,5	16
Deflection @1.5MML	mm	19	24	31	26	33	52
Tensile strength	kN	250	250	250	250	250	250
Torsional strength	kNm	45	45	45	45	45	45

*** / Deviation from IEC 60273

AMPLIACIÓN DE UNA SUBESTACIÓN DE 400/220 kV

- Aislador CSPI 16-1300 (Nivel 400 kV):

Product		CSPI 10-1050	CSPI 12,5-1050	CSPI 16-1050	CSPI 10-1175	CSPI 12,5-1175	CSPI 16-1175	CSPI 8-1300	CSPI 10-1300	CSPI 12,5-1300	CSPI 16-1300	CSPI 8-1425	CSPI 10-1425	CSPI 12,5-1425	CSPI 16-1425
General dimensions															
Corresponding to figure		AC	AC	AC	AC	AC	AC	AC	AC	AC	AC	AC	AC	AC	AC
Equivalent to (IEC 60273)		C10-1050	C12,5-1050	C16-1050	C10-1175	C12,5-1175	C16-1175	C8-1300	C10-1300	C12,5-1300	C16-1300	C8-1425	C10-1425	C12,5-1425	C16-1425
Weight	kg	91	91	93	103	105	127	111	111	113	137	120	122	148	151
Height (H)	mm	2300	2300	2300	2650	2650	2650	2900	2900	2900	2900	3150	3150	3150	3150
Diameter of bolt circle (D _{bc})	mm	275	275	300	275	300	325	275	275	300	325	275	300	325	356
Diameter of sheds (D _s)	mm	326	326	326	326	326	361	326	326	326	361	326	326	361	361
Electrical															
Creepage distance (min.)	mm	6617	6617	6598	7802	7783	7783	8749	8749	8589	8729	9555	9535	9535	9346
Arcing distance	mm	2028	2028	2008	2378	2358	2358	2628	2628	2608	2608	2878	2858	2858	2808
Max. Service voltage	kV	420	420	420	420	420	420	420	420	420	420	550	550	550	550
Dry lightning impulse withstand	kV	1050	1050	1050	1175	1175	1175	1300	1300	1300	1300	1425	1425	1425	1425
Wet switching impulse withstand	kV	750	750	750	850	850	850	950	950	950	950	950	950	950	950
Wet power frequency withstand	kV	460	460	460	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mechanical															
Bending strength (El. limit 1.5MML)	kN	10	12,5	16	10	12,5	16	8	10	12,5	16	8	10	12,5	16
Deflection @1.5MML	mm	34	43	55	53	66	47	55	69	86	58	55	88	61	78
Tensile strength	kN	250	250	250	250	250	300	250	250	250	300	250	250	300	300
Torsional strength	kNm	45	45	45	45	45	60	45	45	45	60	45	45	60	60

13. Red de tierras

La red de tierras debe proporcionar un medio para facilitar el flujo de corriente del sistema de potencia a tierra en cualquier condición. Las funciones de la red de tierras son:

- Proporcionar un circuito de baja impedancia para la circulación de las corrientes de tierra, ya se deban a una falta o a la operación de una autoválvula.
- Evitar que exista una diferencia de potencial peligrosa entre dos puntos de la instalación.
- Brindar una referencia de potencial cerca a los aparatos eléctricos, evitando la aparición de sobretensiones peligrosas.
- Brindar una conexión a tierra para protección contra descargas atmosféricas.

El dimensionado de la red de tierras es función de la intensidad de defecto que, en caso de falta, pueda circular y la duración de esta. La red de tierras irá protegida contra la corrosión durante toda la vida de la instalación.

Se podrán a tierra todas las masas metálicas de la subestación que no estén normalmente en tensión pero puedan llegar a estarlo a consecuencia de averías, accidentes, descargas atmosféricas o sobretensiones.

El electrodo de puesta a tierra de nuestra S.E.T., como ya se ha detallado en el apartado 8.2, será una malla de cable de cobre de 240 mm², desnudo, enterrado 80 cm en el terreno que cubrirá toda la superficie de la S.E.T., para ello se instalará una malla de 168x132 metros que, unida a la ya existente, ocupará una superficie de 276x243 metros, formando una retícula de 3x3 m, a una profundidad de 80 cm. Todas las uniones de la malla estarán realizadas con soldadura aluminotérmica.

En el Anexo de Cálculos se detalla la resistencia de puesta a tierra así conseguida, al igual que los valores límite de tensiones de paso y contacto de acuerdo al reglamento.

14. Protecciones de la subestación

14.1. Relés de protección

La tarea de los relés de protección es coordinar los distintos elementos de protección y maniobra para conseguir la selectividad de las protecciones a la hora de actuar y desconectar de esta forma la mínima parte de la instalación que se ha visto afectada.

Los relés actuarán sobre las bobinas de desconexión (o de conexión en el caso del reenganchador) del interruptor o interruptores correspondientes, a los cuales se cablearán según esquema correspondiente (ver planos).

Para la elección de las protecciones se tendrán en cuenta los Criterios Generales de Protección del Sistema Eléctrico Peninsular Español de REE.

Se utilizarán diferentes funciones de protección según sean posiciones de línea, transformador o acoplamiento de barras, además se instalarán protecciones de barras y contra fallo de interruptor. Pese a que las protecciones se enumeran por separado, se instalarán todas las funciones en dos dispositivos de diferentes fabricantes para otorgar mayor fiabilidad al sistema en el caso de posiciones de línea o transformador.

Se configurarán las protecciones para que el disparo sea monofásico.

14.1.1. Relés de protección en posición de línea

- Relé de distancia (función 21), mide la impedancia que ve la línea. Cuando esta impedancia disminuye de cierto valor se entiende que se ha producido una falta y da orden de disparo. Estas protecciones se suelen utilizar mediante zonificación de impedancias, es decir, se dan diferentes tramos de impedancias crecientes a cada uno de los cuales les corresponde un tiempo de disparo también creciente para lograr selectividad con el siguiente extremo. Este tipo de protección puede utilizarse con o sin enlace de comunicaciones, este enlace, en caso de existir, suele utilizarse para bloquear el disparo o acelerarlo. En nuestra instalación se utilizará el sistema de protección en subalance permisivo, cuyo funcionamiento se describe en la siguiente figura:

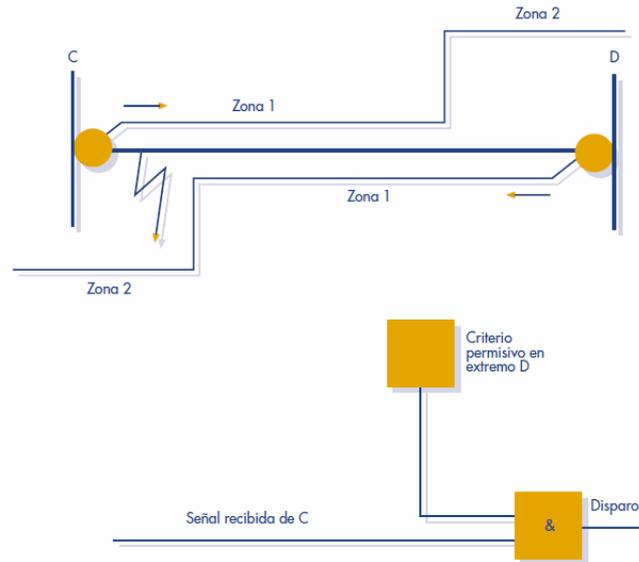
La operación en zona 1 de la protección en C iniciará el disparo en C, y además transmitirá señal a D.

La recepción de la señal en D iniciará el disparo, sólo si existe un criterio apropiado permisivo local.

Pueden ser criterios permisivos:

- Arrancadores (zona 3) de protección de distancia;
- Relé de subimpedancia direccional o no direccional;
- Relé de mínima tensión;
- Relé de sobreintensidad;
- Protección de distancia.

Figura 3. Sistema de protección en subalcance permisivo



- Relé de sobreintensidad homopolar direccional (función 67N), funciona midiendo la intensidad homopolar que circula por la línea (la cual solo existe en caso de faltas a tierra) y su dirección, en caso de que la dirección sea hacia fuera de la instalación y su valor sea lo suficientemente alto, el relé dará la orden de disparo. Esta función se suele ajustar como protección de apoyo a la anterior debido a que las faltas a tierra suelen tener impedancia de carga y la protección de distancia podría no actuar correctamente. Para el correcto funcionamiento de este relé se deberán cablear los secundarios de los transformadores de intensidad en estrella y llevar el neutro de la estrella al relé, además de conectar las tres tensiones secundarias para que la protección calcule internamente la tensión homopolar o la tensión resultante de la conexión de los secundarios de los TTs en triángulo abierto.
- Relé diferencial longitudinal (función 87L), necesita de un medio de transmisión de datos entre los extremos de la línea. Compara los valores de módulo y ángulo de las intensidades a ambos lados de la línea y, si difieren de un valor dado, da la orden de disparo. Este tipo de protección es inherentemente selectiva y por tanto da disparo instantáneo.

Para implementar estas protecciones se utilizarán los relés de protección *RED670 (ABB)* y *SEL421 (SCHWEITZER)*.

14.1.2. Relés de protección en posición de transformador

Además de las protecciones propias de la máquina (Buchholz, temperatura...) se utilizarán las siguientes funciones de protección:

- Relé diferencial de transformador (función 87T), que mide las intensidades de ambos devanados y las suma. Si su suma no diese cero, como enuncia la Primera Ley de Kirchoff, habría falta en la zona protegida y daría orden de disparo a ambos extremos del transformador de manera instantánea debido a su inherente

selectividad (solo puede dar orden de disparo en caso de falta en zona protegida).

- Relé de sobreintensidad y sobreintensidad homopolar, tanto instantáneo como temporizado (50/51/50N/51N), que mide la intensidad que circula por los devanados del transformador y por el neutro del mismo (intensidad homopolar) y dará orden de disparo en caso que alguna sobrepase cierto valor, ya sea de forma instantánea o con una característica de tiempo inverso. Además de servir como apoyo de la 87T para todo tipo de faltas, se aprovechará la no direccionalidad para servir de protección de apoyo asimismo en caso de faltas en barras o líneas.
- Relé de imagen térmica (49), funciona midiendo la intensidad que circula por los devanados de la máquina, calculando el incremento o disminución de la temperatura provocado por la circulación de dicha intensidad. Da disparo cuando la temperatura estimada por el relé sobrepasa un valor prefijado.

Para implementar estas protecciones se utilizarán los relés de protección *RET670 (ABB)* y *T60 (General Electric)*.

14.1.3. Relés de protección en posición de acoplamiento de barras

Relé de sobreintensidad temporizada (función 51), que dará orden de apertura al interruptor de acoplamiento de barras. Su temporización debe ser mayor que la segunda zona de líneas (para mantener la selectividad en caso de falta en una línea) pero menor a la de fallo de interruptor (para evitar un cero en barras).

Esta protección se realizará mediante un relé MICOM P132 de (Areva / Schneider).

14.1.4. Relés de protección de barras

Relé diferencial de barras (función 87B), este tipo de relé se basa en la Primera Ley de Kirchoff, que dice que el sumatorio vectorial de las intensidades entrantes en un nudo debe ser igual a 0. El relé verifica esta propiedad tomando señal de todos los transformadores de intensidad de las distintas posiciones y, en caso que no se cumpla por encima de un cierto valor que asume los errores de los transformadores de intensidad, da la orden de disparo en tiempo instantáneo (debido a que, como todas las protecciones diferenciales, es inherentemente selectiva).

Esta protección se realizará mediante un relé REB670 (ABB).

14.1.5. Relé de protección de fallo de interruptor

Este tipo de protección se basa en la posibilidad de que una falta se de entre el transformador de intensidad y el interruptor. En caso de que esto ocurriese, el disparo del interruptor no despejaría la falta y las protecciones de la posición seguirían viéndola. En este caso, transcurrida la temporización elegida, se dará orden de disparo al resto de posiciones conectadas a la barra, con lo que la falta quedará finalmente despejada.

Esta protección se realizará mediante las funciones que incorporan los relés instalados.

14.2. Reenganchador

El reenganchador tiene la función de emitir orden de recierre a los interruptores tras actuar las protecciones que tenga definidas para iniciar la secuencia de reenganche. Anteriormente a la orden de cierre, se hace necesario verificar las condiciones de sincronismo, para esto, el reenganchador (o relé de sincronismo en caso de no llevar incorporada la función) debe recibir señal de las tensiones a cada lado del interruptor y, en caso de que el desfase y la diferencia de los módulos sean menores a un valor ajustado, permitirá que se de la orden de reenganche.

El reenganchador es una función incluida en los diferentes relés a instalar.

15. Aparatos de medida

Se utilizarán diversas funciones de medida según la posición. Si bien se enumeran separadamente se instalará un único módulo con todas las funciones en cada posición, tipo RES670 de ABB o similar.

15.1. Funciones de medida en posición de línea

- Voltímetro
- Amperímetro
- Frecuencímetro
- Vatímetro
- Varímetro
- Cosfímetro

15.2. Funciones de medida en posición de transformador

- Amperímetro
- Vatímetro
- Varímetro
- Cosfímetro

15.3. Funciones de medida en cada barra

Se instalará un voltímetro para medir las tensiones que tiene cada barra, además, en la posición de acoplamiento se instalará un amperímetro.

Todos los modelos de protecciones y sistemas de medida anteriormente mencionados pueden ser sustituidos por otros de iguales o superiores características siempre y cuando estén homologados y autorizados por REE para su uso conjunto.

16. Servicios auxiliares

Los servicios auxiliares de la S.E.T. tienen como objetivo dar alimentación a todos los receptores de la subestación: alumbrado, motores, tomas de corriente, etc. Estos receptores son imprescindibles para el adecuado funcionamiento de la subestación.

Para la alimentación de estos receptores, en nuestra S.E.T. se utilizarán los devanados terciarios de los ya existentes autotransformadores 400/220 kV. Estos terciarios, de tensión nominal 10 kV, alimentan a dos transformadores de servicios auxiliares 10000/420 V a cuyo devanado secundario se conectan los diferentes circuitos de servicios auxiliares y de baterías.

En la distribución de energía eléctrica a los diferentes receptores y señales de mando se observarán las disposiciones del REBT, utilizándose los cables ya detallados en el apartado correspondiente.

17. Alumbrado de seguridad

Se deberá instalar alumbrado de seguridad en la zona de la ampliación, para complementar al ya existente y dar unas condiciones de luminosidad suficiente como para poder vislumbrar a una persona en caso de intrusión.

Para ello, se instalarán focos de 250 W con lámparas de halogenuros metálicos, con objeto de conseguir una eficiencia y durabilidad óptimas. Se situarán en el suelo, a lo largo del perímetro de la zona ampliada (excepto zonas de servidumbre de líneas).

Se estima una cantidad mínima de 20 focos para conseguir una cantidad de luz suficiente como para vislumbrar a una persona en el interior de la instalación.

18. Resumen del presupuesto

Subtotal presupuesto:	5.254.780,00 €
Gastos generales (13%):	683.121,40 €
Beneficio industrial (6%):	315.286,80 €
Subtotal antes de impuestos:	6.253.188,20 €
I.V.A. (21%):	1.313.169,52 €
Total Presupuesto:	6.567.949,52 €

El coste TOTAL de la “Ampliación de una Subestación 400/220 kV” asciende a la cantidad de SEIS MILLONES QUINIENTOS SESENTA Y SIETE MIL NOVECIENTOS CUARENTA Y NUEVE EUROS CON CINCUENTA Y DOS CÉNTIMOS.

19. Conclusión

Por todo lo anteriormente expuesto, así como por los datos suministrados en el resto de documentos del presente proyecto se espera por parte del autor que la información sea suficiente para definir la instalación a ejecutar, así como para que las diversas autoridades competentes procedan a su aprobación si lo consideran oportuno, conduciendo finalmente a la puesta en servicio de las nuevas posiciones.

Firmado:

El Ingeniero Técnico Industrial
Alejandro Lamiel Terrén
Zaragoza, a 8 de Septiembre de 2014