

Proyecto Constructivo de la
Subestación Eléctrica de Tracción
de Maltzaga.

**ANEJO N° 12. CÁLCULO DE
INSTALACIONES AUXILIARES**

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	1
2. INSTALACIONES DE BT DE LA SUBESTACIÓN DE MALTZAGA	2
2.1 Cálculos eléctricos	2
2.1.1 Consideraciones de cálculo	2
2.1.2 Criterios de cálculo de las líneas.....	2
2.1.3 Cálculos justificativos de las líneas	5
2.2 Sistema de alumbrado exterior de la subestación	14
2.2.1 Generalidades.....	14
2.2.2 Cálculos	14
2.3 Sistema de alumbrado interior de la subestación	15
2.3.1 Generalidades.....	15
2.3.2 Cálculos	15
3. VENTILACIÓN	16
3.1 Cálculo del sistema de ventilación	17
3.1.1 Cálculo de pérdidas	17
3.1.1.1 Pérdidas de los transformadores.....	17
3.1.1.2 Pérdidas de los rectificadores	17
3.1.1.3 Otras pérdidas	18
3.1.2 Caudal de aire necesario	18
3.1.3 Descripción del sistema de ventilación	19
3.1.3.1 Zona transformadores.....	19
3.1.3.2 Zona rectificadores	24
4. INSTALACIONES DE PROTECCIÓN CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS	25
4.1 Generalidades	25
4.1.1 Instalación captadora.....	25
4.1.2 Derivaciones.....	25
4.1.3 Red de tierras	25
4.2 Normativa	25
4.3 Cálculo	26
4.3.1 Procedimiento.....	26
4.3.2 Densidad de impactos sobre el terreno.....	26
4.3.3 Frecuencia esperada de impactos sobre la estructura (Ne).....	27
4.3.4 Selección del nivel de protección	28
4.4 Sistema elegido y volumen protegido	28

1. INTRODUCCIÓN

El presente anejo incluye los cálculos justificativos de las instalaciones auxiliares de baja tensión, del sistema de alumbrado, del sistema de ventilación y del sistema de protección contra descargas atmosféricas de la nueva Subestación Eléctrica de Tracción de Maltzaga.

2. INSTALACIONES DE BT DE LA SUBESTACIÓN DE MALTZAGA

2.1 Cálculos eléctricos

2.1.1 Consideraciones de cálculo

Para el cálculo de los conductores se han tenido en cuenta las siguientes consideraciones:

Para cada circuito se ha considerado la potencia máxima que pueda darse en el circuito en cuestión (producto del número de equipos por las potencias asignadas a los mismos), subestimada en algunos casos para tener en cuenta posibles sobrecargas, contenidos de armónicos, puntas de arranque etc.

Por el hecho de tratarse de una alimentación de un transformador de distribución propio, se considerará que la instalación interior de baja tensión tiene su origen en la salida del transformador, y en consecuencia la máxima caída de tensión entre el origen de la instalación y cualquier punto de la instalación será (ITC-BT-19):

- Cargas de alumbrado: 4,5%
- Cargas de fuerza: 6,5%

La tabla de resultados, incluida en la colección de Planos del Proyecto, muestra para cada salida del cuadro una descripción del mismo, el código asignado y la composición de dicho circuito (el número de fases y si/no se distribuye el neutro y el conductor de protección PE). Los esquemas unifilares también indican los calibres de cada una de las protecciones y la necesidad de diferencial, así como su sensibilidad.

Las tablas, por tanto, muestran los datos y resultados del cálculo de las secciones de los cables en función del calentamiento y de la caída de tensión máximos permitidos.

Los cálculos se han llevado a cabo mediante el software Caneco BT para el cálculo de los cuadros y circuitos de corriente alterna y mediante tabla Excel para los circuitos de corriente continua.

2.1.2 Criterios de cálculo de las líneas

Generalidades

Los cálculos de secciones comprenden desde bornas de Baja Tensión de Transformadores de potencia, hasta el último punto de consumo. El circuito correspondiente a la alimentación desde el secundario del transformador de auxiliares, hasta el cuadro general de baja tensión (servicios auxiliares) está calculado en el *Anejo N°11. Cálculos de sistemas eléctricos de potencia*, siendo su configuración de $3 \times (1 \times 240 \text{ mm}^2) + 1 \times 70 \text{ mm}^2$ con conductor de cobre y aislamiento XLPE 0,6/1 kV.

La red general de distribución de fuerza será trifásica, con neutro, con tensiones de servicio de 400/230 V.

La red de distribución de fuerza auxiliar (tomas de corriente) y alumbrado, será, dependiendo de los casos, trifásica 400/230 V o monofásica 230 V.

Los cálculos se han realizado según:

- Reglamento electrotécnico de Baja Tensión.
- Normativa UNE o CEI en aquellos aspectos no cubiertos por el Reglamento.
- Normativa VDE para cálculos de cortocircuito.

La elección de la sección de los cables se ha realizado de la siguiente forma:

- Por intensidad térmica.
- Por caída de tensión.
- Por intensidad de cortocircuito.

- Sección de cable por intensidad térmica

A efectos de cálculo de secciones de cables, se ha considerado una temperatura ambiental de 40°C, a excepción de cables entubados y envueltos en dado de hormigón por túneles que se ha considerado de 25°C.

El factor de corrección de intensidad k por agrupamiento de cables en bandejas, y conducciones entubadas empotradas en hormigón por túnel, se ha considerado de 0,7.

Para el cálculo de las distintas intensidades de corriente y para distintos receptores se han utilizado las siguientes fórmulas:

$$I = \frac{P}{1,73 \times U_c \times \cos\varphi} \quad (1)$$

$$I = \frac{P}{U_s \times \cos\varphi} \quad (2)$$

Siendo:

- I = Intensidad (A)
- P = Potencia activa (W)
- U_c = Tensión compuesta (V)
- U_s = Tensión simple (V)
- $\cos\varphi$ = Factor potencia

Las fórmulas anteriores se utilizarán para:

- Fuerza distribución trifásica 400 V
- Fuerza distribución monofásica 230 V

Todos los valores de intensidad I , estarán afectados por el coeficiente de corrección $k = 0,7$ por agrupamiento en las conducciones.

Los valores de intensidad, una vez aplicado el coeficiente de corrección, no serán inferiores, para la elección de la sección del cable, a los indicados en las tablas A.3.1 y A.3.2 de la Norma UNE 211435.

- Sección de cable por caída de tensión

De acuerdo con el REBT, las caídas de tensión máximas previstas, tal y como se ha citado, entre bornas de secundario transformadores de potencia y último receptor, son las siguientes:

- 6,5% para circuitos de fuerza
- 4,5% para circuitos de alumbrado

Para el cálculo de la caída de tensión (c.d.t.) en líneas en que la reactancia X del cable es despreciable respecto a la resistencia R , generalmente en cargas monofásicas y trifásicas de fuerza auxiliar y alumbrado, las fórmulas a utilizar serán las siguientes:

- Para sistemas trifásicos:

$$\sigma = \frac{P \times L \times 100}{56 \times U_C \times U_C \times S} \cdot \text{c.d.t. en \%}$$

- Para sistema monofásico:

$$\sigma = \frac{2 \times P \times L \times 100}{56 \times U_s \times U_s \times S} \cdot \text{en \%}$$

Siendo:

- σ = c.d.t. (%)
- P = Potencia activa (W)
- L = Longitud (m)
- U_C = Tensión compuesta (V)
- U_s = Tensión simple (V)
- S = Sección del cable de cobre (mm²)

Para el cálculo de la caída de tensión en líneas en que la X del cable no es despreciable respecto a R, generalmente para receptores de gran consumo, se utilizará la siguiente fórmula:

$$\Delta U = 1,73 \times L \times I (R \cos \varphi + X \sin \varphi)$$

Siendo:

- ΔU = c.d.t. en voltios
- L = Longitud en km
- I = Intensidad en amperios
- R = Resistencia del cable en Ω/km
- X = Reactancia del cable en Ω/km
- $\cos \varphi$ = factor de potencia

De donde X, se considera para 3 cables en triángulo y en contacto mutuo.

$X = 2 \pi f \cdot L$, siendo f = frecuencia red 50 Hz y L inductancia del cable

$$L = \left(0,05 + 0,46 \log \cdot \frac{2 \times \phi_{\text{ext}}}{\phi_{\text{int}}} \right) \times 10^{-3} \text{ henrios/m}$$

Para el cálculo de la c.d.t. y para estas secciones, se han seguido los coeficientes K1, indicados en el catálogo de Prysmian, que en la práctica coinciden en el desarrollo de las formulas indicadas anteriormente y de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$\Delta U = K1 \times L (\text{km}) \times I$$

- Sección de cable por intensidad de cortocircuito

Este cálculo solamente se ha realizado, para los cables principales de baja tensión:

- Interconexión transformadores de potencia con CGBT
- Salidas CGBT a Cuadros Auxiliares y Receptores

Las salidas de cuadros secundarios de distribución no se han calculado por este procedimiento, ya que la intensidad de cortocircuito disminuye considerablemente. El instalador deberá comprobar estos datos en base al fabricante de protecciones seleccionado.

Para el cálculo de la sección, se ha seguido el criterio de la Norma UNE 211003-1, en la que el valor máximo de la temperatura alcanzado en el conductor de un cable durante el cortocircuito, y de duración no superior a 5 s, en contacto con un aislamiento XLPE, será de 250°C y la fórmula aplicada es $I^2 \times t = 20.449 \times S^2$ para un cable de cobre y $I^2 \times t = 8.836 \times S^2$ para un cable de aluminio, siendo:

- I = Intensidad de cortocircuito (Icc)
- T = Duración del cortocircuito
- S = Sección del cable en mm²

Las Icc serán las indicadas en el apartado correspondiente de este anejo. Los tiempos de duración serán los de corte de los interruptores de protección en los cuadros de distribución, que corresponde a ≤ 30 m/s para interruptores generales protección secundario transformadores y ≤ 60 m/s para interruptores protección salidas a receptores.

2.1.3 Cálculos justificativos de las líneas

En las hojas adjuntas se indica el cálculo de las secciones de cables, y que siguiendo el mismo criterio, se han aplicado para todos los circuitos que se indican en los listados completos de cables, que se adjuntan en el Proyecto.

Los cálculos se representan de forma tabulada. A continuación se presenta una explicación de cada celda:

- N°: número de circuito
- Descripción circuito: Denominación de la carga que alimenta cada circuito.
- Tensión: nivel de tensión compuesta en caso de circuito trifásico o tensión monofásica.
- Potencia: en general potencia activa. Algunas cargas singulares se representan con su potencia aparente. En batería de condensadores se muestra su potencia reactiva.
- Factor de potencia: es el $\cos \varphi$. En general:
 - para alumbrados, por su alto factor, $\cos \varphi = 0,95$
 - para motores, $\cos \varphi = 0,85$
 - resto de cargas, $\cos \varphi = 0,8$
- Intensidad de cálculo:
 - En circuitos monofásicos es el resultado de dividir la potencia activa entre el $\cos \varphi$ y entre la tensión monofásica (230 V)
 - En circuitos trifásicos es el resultado de dividir la potencia activa entre raíz de 3 (1,73) y entre la tensión compuesta de 400 V.
- Intensidad de calentamiento: en general, independientemente de la disposición de cada tendido se aplica un único coeficiente. Se trata de un coeficiente de 0,7, por lo que la intensidad de cálculo se divide por 0,7 en todos los casos. Para el caso de la batería de condensadores, lo que se aplica es un coeficiente sobre la I_n (intensidad de cálculo) de 1,8 que multiplica a dicha intensidad para seguir reglamento. Esta intensidad se utiliza únicamente para la estimación del cable necesario pero no será la intensidad nominal que vaya a circular por dicho cable.
- Tipo:
 - II: circuito monofásico
 - IV: circuito trifásico

- Tipo (s/UNE): aislamiento de cada conductor. Para determinar tipo de cable se recomienda revisar el P.P.T.P.
- N° cables/fase: el número de conductores existentes por cada fase.
- Dimensionado del cable: donde se representa el número de conductores por fase, neutro y tierra según corresponda.
- Long. (m): longitud en metros de cada circuito.
- Calibre aprox. Se trata de una cifra en torno a la cual se encontrará el calibre de cada protección. El calibre de cada protección estará siempre entre la intensidad admisible (se explica más adelante) y la intensidad de cálculo ya mencionada. Este calibre aproximado se obtiene de sumar a la intensidad de cálculo la mitad de la diferencia entre la intensidad admisible y la citada intensidad de cálculo.
- Intensidad admisible: se trata del valor que da el fabricante de la corriente admisible que tiene cada cable en función de su aislamiento, tipo de conductor y sección del mismo. Se trata de la intensidad admisible de un conductor.
- Intensidad admisible nominal: se trata de la intensidad admisible nominal por fase. Coincide con el valor anterior, caso de tratarse de un conductor por fase.
- Factor de corrección: como ya se ha citado se supone 0,7 para todos los circuitos excepto para el de conexión de la batería de condensadores.
- Intensidad admisible > intensidad de calentamiento: debe cumplirse esta condición para todos los casos.
- Intensidad de cortocircuito: la calculada en este anejo para las protecciones de acometida a embarrado de C.G.B.T y para consumos importantes. Para consumos menores (menores calibres) se considera según curva de protección "C" salto de la protección en la zona magnética considerando 20 veces la intensidad nominal con disparo al de 10 ms.
- Caída de tensión: para cada circuito y la acumulada considerando para alumbrados un límite de un 4,5 % y para resto de cargas no mayor del 6,5%.
- Comprobación para el arranque de los motores: solo se considera para cargas importantes, como son los motores de las ventilaciones de emergencia. El $\cos \varphi$ en el arranque se supone de 0,35 para el cálculo de la caída de tensión. En los arranques la caída de tensión no debe superar el 10%.

En el arranque de motores dado que son de potencia menor de 1 kW, se considera arranque directo, - permitido por el REBT - de su motor trifásico, con una intensidad de arranque de 8 veces la nominal.

El apartado siguiente incluye las tablas con los cálculos eléctricos de los cuadros de la nueva subestación de Maltzaga.

Revisión		A		A		A		A		A		A		A		A					
RED																					
Reg.de N		TT																			
Tensión		400 V																			
DISTRIBUCIÓN																					
Ag_arriba		TRAFO SSAA																			
Localizador		C1																			
Designación		Cuadro general de baja tensión																			
I Total		154,96 A																			
I instalada		230,94 A																			
Ik3 máx		5708 A																			
Ik1 máx		5637 A																			
dU máx		Normal 0,02 % Socorro																			
CIRCUITO	Localizador	TRAFO SSAA		F2		F3		F4		F5		F6		F7		F8		F9		F10	
	Designación	Cuadro general de baja tensión		Alimentación a cuadro fuerza y alumbrado		Alimentación cargador/rectificador 1		Alimentación cargador/rectificador 2		Reserva equipada		Alimentación auxiliar celdas 30 kV		Alimentación auxiliar celdas CC		Alimentación auxiliar celdas 3 kV		Reserva equipada		Reserva equipada	
	Nº	1		1		1		1		1		1		1		1		1		1	
	Consumo	160KVA		68.2A		10000W		10000W		6200W		3360W		3780W		2800W		3200W		3000W	
Alimentación	Normal		Normal		Normal		Normal		Normal		Normal		Normal		Normal		Normal		Normal		
ENLACE	Jdb Ag_arriba																				
	Tipo	RZ1-K (AS) (90°C)		RZ1-K (AS) (90°C)		RZ1-K (AS) (90°C)		RZ1-K (AS) (90°C)		RZ1-K (AS) (90°C)		RZ1-K (AS) (90°C)		RZ1-K (AS) (90°C)		RZ1-K (AS) (90°C)		RZ1-K (AS) (90°C)		RZ1-K (AS) (90°C)	
	Longitud	Alma		Cobre		Cobre		Cobre		Cobre		Cobre		Cobre		Cobre		Cobre		Cobre	
	L.máx prot.			96 m (CC)		103 m (CC)		103 m (CC)		75 m (CC)		76 m (CC)		76 m (DU)		76 m (CC)		89 m (CC)		95 m (DU)	
	dU Circuito	0 %		0,28 %		0,30 %		0,9 %		0,09 %		0,04 %		3,79 %		4,26 %		3,15 %		0,01 %	
	dU Total	0,02 %		0,30 %		0,91 %		0,91 %		0,05 %		3,80 %		4,28 %		3,17 %		0,03 %		0,08 %	
Cable	3X(1x150)		5G25		4G2.5		4G2.5		5G2.5		3G4		3G4		3G4		5G6		3G4		
Neutro	1x70																				
PE/PEN	Separado																				
PROT.	Protección	CVS250B		C120N		iDPN N		iDPN N		iDPN N		iDPN F		iDPN F		iDPN F		iDPN N		iDPN F	
	Calibre	250 A		80 A		20 A		20 A		16 A		25 A		20 A		25 A		32 A		16 A	
	Ir DDR	2500 A		1120 A		300 mA		300 mA		300 mA		30 mA		30 mA		30 mA		300 mA		30 mA	
	Im / Isd	230,94 A		2500 A		200 A		200 A		160 A		250 A		200 A		250 A		320 A		160 A	
Reparto de fases	123		123		123		123		123		2		3		2		123		1		
		SUBESTACION TRACCION MALTZAGA																			
		Unif cuadro obra 10 cir C1																			
												PROYECTO:									
												DOC:									
												Fecha: 14/10/2021 Norma: REBT11-14									
												Folio 1/5									

Archivo : bentaberr_i_cgbt.afr

©ALPI Caneco BT 5.10 Authorized user

Revisión		A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	
RED												
Reg.de N	TT											
Tensión	400 V											
DISTRIBUCIÓN												
Ag_arriba	TRAFO SSAA											
Localizador	C1											
Designación		Cuadro general de baja tensión										
I Total	154,96 A											
I instalada	230,94 A											
Ik3 máx	5708 A											
Ik1 máx	5637 A											
dU máx	Normal 0,02 % Socorro											
CIRCUITO	Localizador	F11	F12	F13	F14	F15	F16	F17	F18	F19	F20	
	Designación	Reserva equipada	Reserva equipada	Reserva equipada	Alimentación analizador de red	Alimentación control extractores	Reserva equipada	Reserva equipada	Alimentación extractor 1	Alimentación extractor 2	Alimentación extractor 3	
	Nº Consumo	1 3000W	1 1000W	1 1000W	1 200W	1 50W	1 2000W	1 2000W	1 350W	1 350W	1 350W	
	Alimentación	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	
ENLACE	Jdb Ag_arriba											
	Tipo	RZ1-K (AS) (80°C)	RZ1-K (AS) (80°C)	RZ1-K (AS) (80°C)	RZ1-K (AS) (80°C)	RZ1-K (AS) (80°C)	RZ1-K (AS) (80°C)	RZ1-K (AS) (80°C)	RZ1-K (AS) (80°C)	RZ1-K (AS) (80°C)	RZ1-K (AS) (80°C)	
	Longitud	Alma	1 m Cobre	1 m Cobre	1 m Cobre	10 m Cobre	10 m Cobre	1 m Cobre	1 m Cobre	25 m Cobre	22 m Cobre	19 m Cobre
	L.máx prot.	95 m (DU)	121 m (CC)	121 m (CC)	121 m (CC)	83 m (CC)	89 m (CC)	89 m (CC)	89 m (CC)	145 m (CC)	145 m (CC)	145 m (CC)
	dU Circuito	dU Total	0,07 % 0,08 %	0,04 % 0,05 %	0,04 % 0,05 %	0,07 % 0,09 %	0,02 % 0,04 %	0,01 % 0,02 %	0,01 % 0,02 %	0,05 % 0,07 %	0,05 % 0,06 %	0,04 % 0,06 %
	Cable	Neutro PE/PEN	3G4	3G2.5	3G2.5	3G2.5	3G2.5	5G6	5G6	4G2.5	4G2.5	4G2.5
PROT.	Protección	iDPN F	iDPN F	iDPN F	iDPN F	iC60N	iDPN N	iDPN N	iC60LMA	iC60LMA	iC60LMA	
	Calibre	Ir DDR	16 A 300 mA	10 A 300 mA	10 A 300 mA	10 A 300 mA	10 A 300 mA	32 A 300 mA	32 A 300 mA	10 A 300 mA	10 A 300 mA	10 A 300 mA
	Ir	Im / Isd	160 A	100 A	100 A	100 A	144 A	320 A	320 A	0,59 A 120 A	0,59 A 120 A	0,59 A 120 A
	Reparto de fases		1	3	3	3	3	123	123	123	123	123
		SUBESTACION TRACCION MALTZAGA										
		Unif cuadro obra 10 cir C1										
		A					PROYECTO:					
		Ind.					MODIFICACIONES					
		Fecha : 14/10/2021					Norma : REBT11-14					
		DOC:					Folio					
							2					
							5					

Archivo : bentaberri_cgbt.af

©ALPI Caneco BT 5.10 Authorized user

Revisión		A	A	A	A	A	A	A	A	A	A		
RED													
Reg.de N		TT											
Tensión		400 V											
DISTRIBUCIÓN													
Ag_arriba		F2											
Localizador		C4											
Designación		Cuadro fuerza y alumbrado											
I Total		31,06 A											
I instalada		68,20 A											
Ik3 máx		5296 A											
Ik1 máx		4807 A											
dU máx		Normal 0,30 % Socorro											
CIRCUITO	Localizador	F2	A121	A122	AE123	A124	A125	A126	A127	A128	A129		
	Designación	Cuadro fuerza y alumbrado	Alumbrado sala general línea 1	Alumbrado sala general línea 2	Alumbrado evacuación emergencia	Alumbrado recinto transformador SSAA	Alumbrado recinto transformador GR1	Alumbrado recinto transformador GR2	Alumbrado recinto filtros de armónicos	Alumbrado recinto bobina alisamiento 1	Alumbrado recinto bobina alisamiento 2		
	Nº Consumo	1 68,2A	1 750W	1 750W	1 90W	1 40W	1 40W	1 40W	1 40W	1 40W	1 40W		
Alimentación		Normal											
ENLACE	Jdb Ag_arriba												
	Tipo	RZ1-K (AS) (90°C)		RZ1-K (AS) (90°C)		RZ1-K (AS) (90°C)		RZ1-K (AS) (90°C)		RZ1-K (AS) (90°C)		RZ1-K (AS) (90°C)	
	Longitud	Alma	10 m Cobre	50 m Cobre	50 m Cobre	100 m Cobre	30 m Cobre	24 m Cobre	21 m Cobre	35 m Cobre	21 m Cobre	29 m Cobre	
	L.máx prot.		96 m (CC)	120 m (CC)	120 m (CC)	120 m (CC)	120 m (CC)	120 m (CC)	120 m (CC)	120 m (CC)	120 m (CC)	120 m (CC)	
	dU Circuito	dU Total	0,28 % 0,30 %	1,34 % 1,63 %	1,34 % 1,63 %	0,32 % 0,62 %	0,04 % 0,34 %	0,03 % 0,33 %	0,03 % 0,33 %	0,05 % 0,35 %	0,03 % 0,33 %	0,04 % 0,34 %	
	Cable		5G25	3G2.5	3G2.5	3G2.5	3G2.5	3G2.5	3G2.5	3G2.5	3G2.5	3G2.5	
Neutro		Separado											
PE/PEN		Separado											
PROT.	Protección	C120N	iDPN F	iDPN F	iDPN F	iDPN F	iDPN F	iDPN F	iDPN F	iDPN F	iDPN F		
	Calibre	Ir DDR	80 A	10 A	10 A	10 A	10 A	10 A	10 A	10 A	10 A	10 A	
	Ir	Im / lsd	800 A	300 mA	300 mA	300 mA	300 mA	300 mA	300 mA	300 mA	300 mA	300 mA	
Reparto de fases		123	1	1	3	1	3	2	1	2	3		
		SUBESTACION TRACCION MALTZAGA											
		Unif cuadro obra 10 cir C4											
		A											
		Ind. MODIFICACIONES											
		Fecha : 14/10/2021 Norma : REBT11-14											
		PROYECTO:											
		DOC:											
		Folio 3											
		5											

Archivo : bentaberri_cgbt.af

©ALPI Caneco BT 5.10 Authorized user

Revisión		A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	
RED												
Reg.de N	TT											
Tensión	400 V											
DISTRIBUCIÓN												
Ag_arriba	F2											
Localizador	C4											
Designación		Cuadro fuerza y alumbrado										
I Total	31,06 A											
I instalada	68,20 A											
Ik3 máx	5296 A											
Ik1 máx	4807 A											
dU máx	Normal 0,30 % Socorro											
CIRCUITO	Localizador	A130	A131	A132	A133	A134	A135	A136	A137	A138	F150	
	Designación	Alumbrado recinto pórtico interior seccionadores	Alumbrado cuarto comunicaciones	Alumbrado cuarto seccionamiento compañía	Alumbrado exterior	Alumbrado aseos	Reserva equipada	Reserva equipada	Reserva equipada	Reserva equipada	Tomas corriente monofásicas línea 1	
	Nº Consumo	1 40W	1 40W	1 40W	1 40W	1 40W	1 40W	1 40W	1 40W	1 40W	1 3680W	
	Alimentación	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	
ENLACE	Jdb Ag_arriba											
	Tipo	RZ1-K (AS) (90°C)	RZ1-K (AS) (90°C)	RZ1-K (AS) (90°C)	RZ1-K (AS) (90°C)	RZ1-K (AS) (90°C)	RZ1-K (AS) (90°C)	RZ1-K (AS) (90°C)	RZ1-K (AS) (90°C)	RZ1-K (AS) (90°C)	RZ1-K (AS) (90°C)	
	Longitud Alma	23 m Cobre	35 m Cobre	30 m Cobre	50 m Cobre	50 m Cobre	1 m Cobre	1 m Cobre	1 m Cobre	1 m Cobre	50 m Cobre	
	L.máx prot.	120 m (CC)	120 m (CC)	120 m (CC)	120 m (CC)	120 m (CC)	120 m (CC)	120 m (CC)	120 m (CC)	120 m (CC)	74 m (DU)	
	dU Circuito dU Total	0,03 % 0,33 %	0,05 % 0,35 %	0,04 % 0,34 %	0,07 % 0,37 %	0,07 % 0,37 %	0,00 % 0,30 %	0,00 % 0,30 %	0,00 % 0,30 %	0,00 % 0,30 %	0,00 % 0,30 % 4,15 % 4,45 %	
	Cable	3G2.5	3G2.5	3G2.5	3G2.5	3G2.5	3G2.5	3G2.5	3G2.5	3G2.5	3G4	
Neutro PE/PEN	Separado											
PROT.	Protección	iDPN F	iDPN F	iDPN F	iDPN F	iDPN F	iDPN F	iDPN F	iDPN F	iDPN F	iDPN F	
	Calibre Ir DDR	10 A 300 mA	10 A 300 mA	10 A 300 mA	10 A 300 mA	10 A 300 mA	10 A 300 mA	10 A 300 mA	10 A 300 mA	10 A 300 mA	25 A 30 mA	
	Ir Im / lsd	100 A	100 A	100 A	100 A	100 A	100 A	100 A	100 A	100 A	250 A	
Reparto de fases		2	1	3	3	2	2	2	3	2	1	
		SUBESTACION TRACCION MALTZAGA										
		Unif cuadro obra 10 cir C4										
							A Ind. MODIFICACIONES Fecha : 14/10/2021 Norma : REBT11-14					
							PROYECTO: DOC: Folio 4/5					

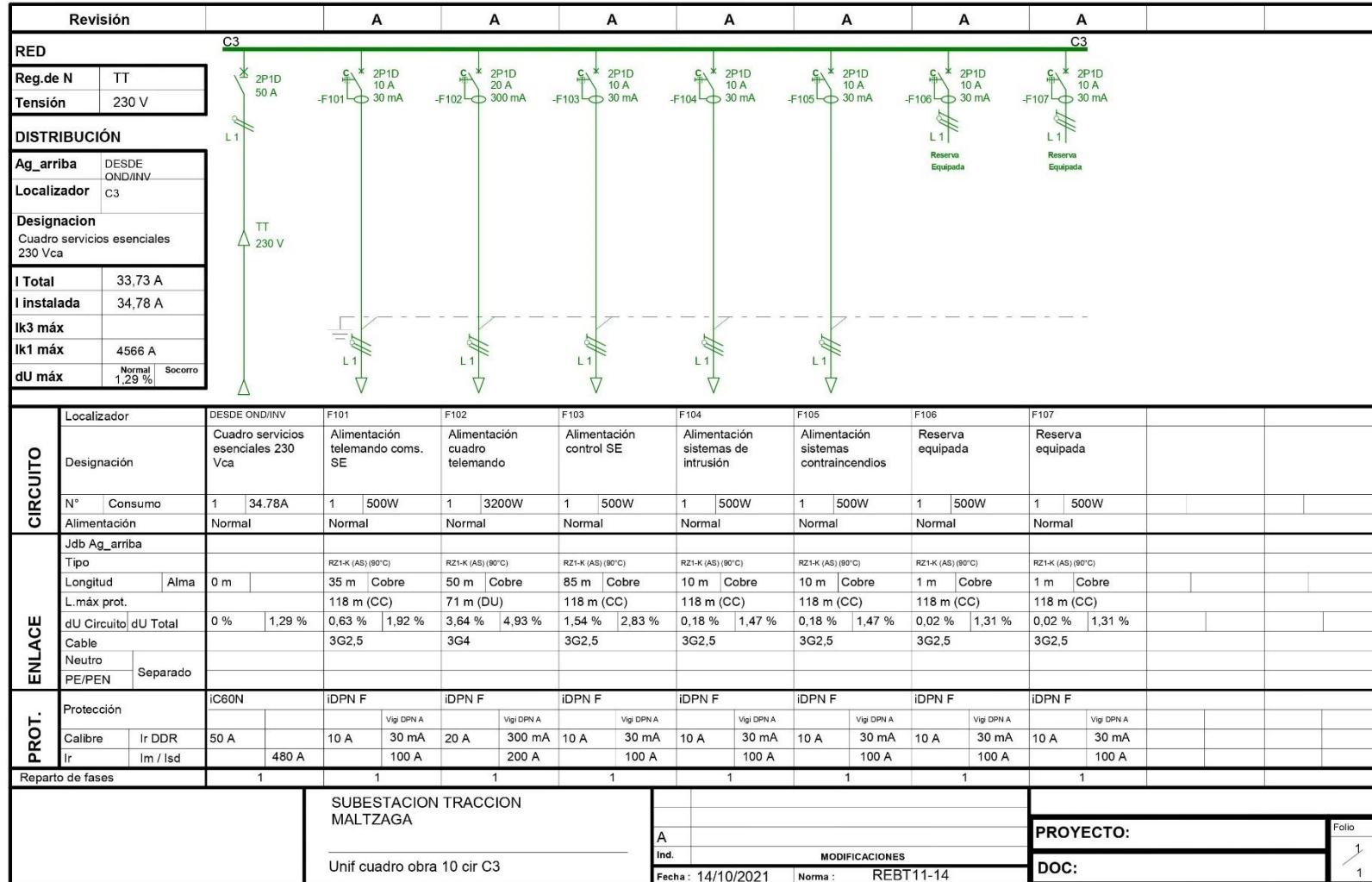
Archivo : bentaberri_cgbt.af

©ALPI Caneco BT 5.10 Authorized user

Revisión		A	A	A	A	A	A						
RED													
Reg.de N	TT												
Tensión	400 V												
DISTRIBUCIÓN													
Ag_arriba	F2												
Localizador	C4												
Designación		Cuadro fuerza y alumbrado											
I Total	31,06 A												
I instalada	68,20 A												
Ik3 máx	5296 A												
Ik1 máx	4807 A												
dU máx	Normal 0,30 % Socorro												
CIRCUITO	Localizador	F151	F152	F153	F154	F155	F160						
	Designación	Tomas corriente monofásicas línea 2	Tomas corriente trifásicas	Reserva equipada	Reserva equipada	Reserva equipada	Alimentación control cuadro						
	Nº Consumo	1 3680W	1 7880W	1 7880W	1 10500W	1 10500W	1 50W						
	Alimentación	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal						
ENLACE	Jdb Ag_arriba												
	Tipo	RZ1-K (AS) (80°C)	RZ1-K (AS) (80°C)	RZ1-K (AS) (80°C)	RZ1-K (AS) (80°C)	RZ1-K (AS) (80°C)	RZ1-K (AS) (80°C)						
	Longitud	Alma 50 m Cobre	25 m Cobre	1 m Cobre	1 m Cobre	1 m Cobre	50 m Cobre						
	L.máx prot.	74 m (DU)	119 m (CC)	119 m (CC)	101 m (DU)	101 m (DU)	202 m (CC)						
	dU Circuito dU Total	4,15 % 4,45 %	0,74 % 1,04 %	0,03 % 0,33 %	0,06 % 0,36 %	0,06 % 0,36 %	0,09 % 0,39 %						
	Cable	3G4	5G4	5G4	3G16	3G16	3G2.5						
PROT.	Protección	iDPN F	iDPN N	iDPN N	C120N	C120N	iDPN F						
	Calibre Ir DDR	25 A 30 mA	16 A 30 mA	16 A 30 mA	63 A 30 mA	63 A 30 mA	6 A 30 mA						
	Ir Im / lsd	250 A	160 A	160 A	630 A	630 A	60 A						
Reparto de fases		1	123	123	2	3	1						
		SUBESTACION TRACCION MALTZAGA											
		Unif cuadro obra 10 cir C4											
		A					PROYECTO:						
		Ind. MODIFICACIONES					Folio 5						
		Fecha : 14/10/2021 Norma : REBT11-14					DOC: 5						

Archivo : bentaberri_cgbt.af

©ALPI Caneco BT 5.10 Authorized user



Archivo : Maltzaga_esenciales.af

©ALPI Caneco BT 5.10 Authorized user

Nº	Descripción	Tensión (V)	Potencia (W)	Factor potencia	Intensidad calculada (A)	Factor agrupamiento	Intensidad corregida (A)	Aislamiento	Sección (mm2 Cu)	Longitud (m)	Calibre protección	Diferencial	Intensidad admisible (A)	I adm > I corregida	Factor K	Caída tensión (V)	Caída tensión (%)	Caída tensión acumulada (%)
F32-1	Alimentación convertidor 110/24 Vcc	110	2000	1	18,18	0,70	25,97	XLPE 0,6/1 kV	10	3	40	NO	63	SI	4,06	0,22	0,20	1,11
F32-2	Alimentación ondulador/inversor	110	6000	1	54,55	0,70	77,92	XLPE 0,6/1 kV	16	3	63	NO	85	SI	2,56	0,42	0,38	1,29
F33	Alimentación a celdas 30 kV	110	200	1	1,82	0,70	2,60	XLPE 0,6/1 kV	2,5	50	10	NO	27	SI	16,23	1,48	1,34	2,25
F34	Alimentación a celdas 3 kV	110	200	1	1,82	0,70	2,60	XLPE 0,6/1 kV	2,5	50	10	NO	27	SI	16,23	1,48	1,34	2,25
F35	Alimentación a celda Rectificador 1	110	200	1	1,82	0,70	2,60	XLPE 0,6/1 kV	2,5	50	10	NO	27	SI	16,23	1,48	1,34	2,25
F36	Alimentación a celda Rectificador 2	110	200	1	1,82	0,70	2,60	XLPE 0,6/1 kV	2,5	50	10	NO	27	SI	16,23	1,48	1,34	2,25
F37	Reserva	110	200	1	1,82	0,70	2,60	XLPE 0,6/1 kV	2,5	0	10	NO	27	SI	16,23	0,00	0,00	0,91
F38	Reserva	110	200	1	1,82	0,70	2,60	XLPE 0,6/1 kV	2,5	0	10	NO	27	SI	16,23	0,00	0,00	0,91
F39	Alimentación a celda Bypass	110	200	1	1,82	0,70	2,60	XLPE 0,6/1 kV	2,5	50	10	NO	27	SI	16,23	1,48	1,34	2,25
F40	Alimentación a celda Retornos	110	200	1	1,82	0,70	2,60	XLPE 0,6/1 kV	2,5	50	10	NO	27	SI	16,23	1,48	1,34	2,25
F41	Alimentación a celda Feeder 1	110	200	1	1,82	0,70	2,60	XLPE 0,6/1 kV	2,5	50	10	NO	27	SI	16,23	1,48	1,34	2,25
F42	Alimentación a celda Feeder 2	110	200	1	1,82	0,70	2,60	XLPE 0,6/1 kV	2,5	50	10	NO	27	SI	16,23	1,48	1,34	2,25
F43	Alimentación a celda Feeder 3 (reserva)	110	200	1	1,82	0,70	2,60	XLPE 0,6/1 kV	2,5	0	10	NO	27	SI	16,23	0,00	0,00	0,91
F44	Alimentación a celda Feeder 4 (reserva)	110	200	1	1,82	0,70	2,60	XLPE 0,6/1 kV	2,5	0	10	NO	27	SI	16,23	0,00	0,00	0,91
F45	Alimentación a mando interruptor Q1 en celda C1	110	200	1	1,82	0,70	2,60	XLPE 0,6/1 kV	2,5	50	10	NO	27	SI	16,23	1,48	1,34	2,25
F46	Reserva	110	1000	1	9,09	0,70	12,99	XLPE 0,6/1 kV	4	0	16	NO	36	SI	10,16	0,00	0,00	0,91
F47	Reserva	110	500	1	4,55	0,70	6,49	XLPE 0,6/1 kV	4	0	10	NO	36	SI	10,16	0,00	0,00	0,91
F48	Reserva	110	500	1	4,55	0,70	6,49	XLPE 0,6/1 kV	4	0	10	NO	36	SI	10,16	0,00	0,00	0,91
F49	Reserva	110	1000	1	9,09	0,70	12,99	XLPE 0,6/1 kV	4	0	16	NO	36	SI	10,16	0,00	0,00	0,91
F50	Reserva	110	500	1	4,55	0,70	6,49	XLPE 0,6/1 kV	4	0	10	NO	36	SI	10,16	0,00	0,00	0,91
F70	Protección acometidas 24 Vcc	24	1300	1	54,17	0,70	77,38	XLPE 0,6/1 kV	16	3	63	NO	85	SI	2,56	0,42	1,73	3,02
F71	Alimentación a celdas 30 kV	24	350	1	14,58	0,70	20,83	XLPE 0,6/1 kV	16	30	16	NO	85	SI	2,56	1,12	4,67	5,96
F72	Alimentación a celdas 3 kV	24	50	1	2,08	0,70	2,98	XLPE 0,6/1 kV	4	30	10	NO	36	SI	10,16	0,64	2,65	3,94
F73	Reserva	24	50	1	2,08	0,70	2,98	XLPE 0,6/1 kV	4	0	10	NO	36	SI	10,16	0,00	0,00	1,29
F74	Alimentación a celda Rectificador 1	24	50	1	2,08	0,70	2,98	XLPE 0,6/1 kV	4	30	10	NO	36	SI	10,16	0,64	2,65	3,94
F75	Alimentación a celda Rectificador 2	24	50	1	2,08	0,70	2,98	XLPE 0,6/1 kV	4	30	10	NO	36	SI	10,16	0,64	2,65	3,94
F76	Reserva	24	50	1	2,08	0,70	2,98	XLPE 0,6/1 kV	4	0	10	NO	36	SI	10,16	0,00	0,00	1,29
F77	Alimentación a celda Bypass	24	50	1	2,08	0,70	2,98	XLPE 0,6/1 kV	4	30	10	NO	36	SI	10,16	0,64	2,65	3,94
F78	Alimentación a celda Retornos	24	50	1	2,08	0,70	2,98	XLPE 0,6/1 kV	4	30	10	NO	36	SI	10,16	0,64	2,65	3,94
F79	Alimentación a celda Feeder 1	24	50	1	2,08	0,70	2,98	XLPE 0,6/1 kV	4	30	10	NO	36	SI	10,16	0,64	2,65	3,94
F80	Alimentación a celda Feeder 2	24	50	1	2,08	0,70	2,98	XLPE 0,6/1 kV	4	30	10	NO	36	SI	10,16	0,64	2,65	3,94
F81	Alimentación a celda Feeder 3 (reserva)	24	50	1	2,08	0,70	2,98	XLPE 0,6/1 kV	4	0	10	NO	36	SI	10,16	0,00	0,00	1,29
F82	Alimentación a celda Feeder 4 (reserva)	24	50	1	2,08	0,70	2,98	XLPE 0,6/1 kV	4	0	10	NO	36	SI	10,16	0,00	0,00	1,29
F83	Alimentación a celda BT SSAA y tarjetas PLC SSAA	24	150	1	6,25	0,70	8,93	XLPE 0,6/1 kV	2,5	10	10	NO	27	SI	16,23	1,01	4,23	5,52
F84	Alimentación a PLC Auxiliares	24	50	1	2,08	0,70	2,98	XLPE 0,6/1 kV	2,5	10	10	NO	27	SI	16,23	0,34	1,41	2,70
F85	Alimentación a Rack Arrastres	24	200	1	8,33	0,70	11,90	XLPE 0,6/1 kV	10	30	10	NO	63	SI	4,06	1,02	4,23	5,52

2.2 Sistema de alumbrado exterior de la subestación

2.2.1 Generalidades

El sistema de alumbrado que aquí se propone estará formado por diez luminarias adosadas a la pared exterior del edificio de la subestación de Maltzaga, estando tres de ellas alineadas a la fachada norte y sur del edificio, y dos más en las fachadas oeste y este.

El objetivo es asegurar un nivel mínimo de luminosidad en el exterior de la subestación, en los accesos a la instalación, que permita la realización de tareas de explotación y mantenimiento en ausencia de luz natural.

2.2.2 Cálculos

Datos de partida

El cálculo lumínico de la subestación requiere además del conocimiento de los siguientes datos:

- Dimensiones del espacio a iluminar:
- El edificio de la subestación tiene unas dimensiones aproximadas de 24,7 x 10,4 m. La zona a iluminar será de 3 m desde la pared de la subestación hacia el exterior.
- Se tomará un nivel de iluminación necesario medio de al menos 50 lux en el plano de trabajo (80 centímetros por encima del suelo), no siendo menor de 30 luxes en ningún punto.
- La clase de fuente luminosa, por su mejor respuesta fotométrica, serán lámparas de vapor de sodio a alta presión con tubo de descarga cerámico. Alta eficacia luminosa con flujo lumínico de 6400 Lm.
- El tipo de luminaria serán cerradas.
- Las características ópticas de la luminaria y lámpara a utilizar (Curvas isolux, Curva de utilización, etc.) serán las necesarias para que el conjunto luminaria - lámpara proporcione una buena regularidad lumínica y ausencia de zonas oscuras.

Se recomienda una altura de montaje superior a 3 m.

Tomando una altura de 4,5 m del punto de luz, y conocida la anchura total de la subestación, se calcula la relación:

$$R = \frac{h_{\text{punto}}}{\text{anchura}} = \frac{4,5}{3} = 1.5$$

Procedimiento de cálculo

Se va a utilizar el denominado "Método de los lúmenes". Partiendo de los anteriores datos y de los obtenidos de las tablas de los fabricantes, se calcula el flujo luminoso para la subestación mediante la fórmula siguiente:

$$\phi = \frac{E \cdot A \cdot D}{\eta \cdot f_c}$$

donde:

- Φ : flujo luminoso = 6400 para la lámpara considerada
- E : nivel luminoso requerido = 50 lux
- A : anchura de la superficie a iluminar = 3 m
- D: distancia entre luminarias
- η : factor de utilización (obtenida de la curva de utilización) = 0,3
- f_c : factor de conservación (de luminaria y lámpara) = 0,7

Despejando de la fórmula anterior la distancia entre luminarias:

$$D = \frac{6400 \cdot 0,3 \cdot 0,7}{50 \cdot 3} = 8,96\text{m}$$

Conocido el perímetro de la subestación susceptible de ser iluminado, el número de luminarias necesarias será el siguiente:

$$N_L = \frac{L}{D} + 1 = \frac{70,2}{8,96} + 1 = 8,83$$

Son necesarias un mínimo de 9 luminarias a lo largo del perímetro de la subestación, susceptible de ser iluminado.

2.3 Sistema de alumbrado interior de la subestación

2.3.1 Generalidades

El sistema de alumbrado que aquí se propone está formado por un conjunto de luminarias para tubos fluorescentes suspendidas del techo de la subestación.

2.3.2 Cálculos

Datos de partida

Para la realización de los cálculos luminotécnicos se toman los siguientes tipos de luminarias:

- Para suspender o adosar al techo de IP-65 con LED de 48 W en las condiciones descritas en el Pliego de Condiciones Técnicas (sala central).
- Para suspender o adosar al techo de IP-65 con LED de 29 W en las condiciones descritas en el Pliego de Condiciones Técnicas (resto).

Una vez seleccionado la marca y modelo de las luminarias, los cálculos se realizarán bajo las siguientes consideraciones:

- Factor de mantenimiento: 0,85
- Coeficiente de utilización: 0,568
- Factores de reflexión:
 - Paredes: 0,4
 - Techos: 0,6
 - Suelo: 0,3

Altura del plano de trabajo analizado: 0,8 metros.

Deseando una luminosidad media en el plano de trabajo según la zona a iluminar de 300 LUX.

3. VENTILACIÓN

A partir de la maquinaria instalada (transformadores y rectificadores) y considerando la emisión de calor radiado por estos equipos, se establece necesariamente una circulación permanente de aire con la finalidad de limitar la temperatura interior y de esta manera evitar calentamientos excesivos que puedan estropear la maquinaria instalada.

El sistema de ventilación previsto se basa en el principio físico de la estratificación del aire en función de la temperatura. Es decir el aire caliente tiene una menor densidad que el aire frío lo que hace que tenga tendencia a ascender, en cambio el aire frío tiene una mayor densidad que el aire caliente lo que hace que tenga tendencia a bajar, esto hace que el aire caliente siempre se sitúe en la partes superiores de un edificio cerrado y el aire frío en las partes más bajas.

En esta instalación se contemplan 2 sistemas de ventilación: uno para la sala principal en la que están ubicados los rectificadores y otro para la zona de transformadores.

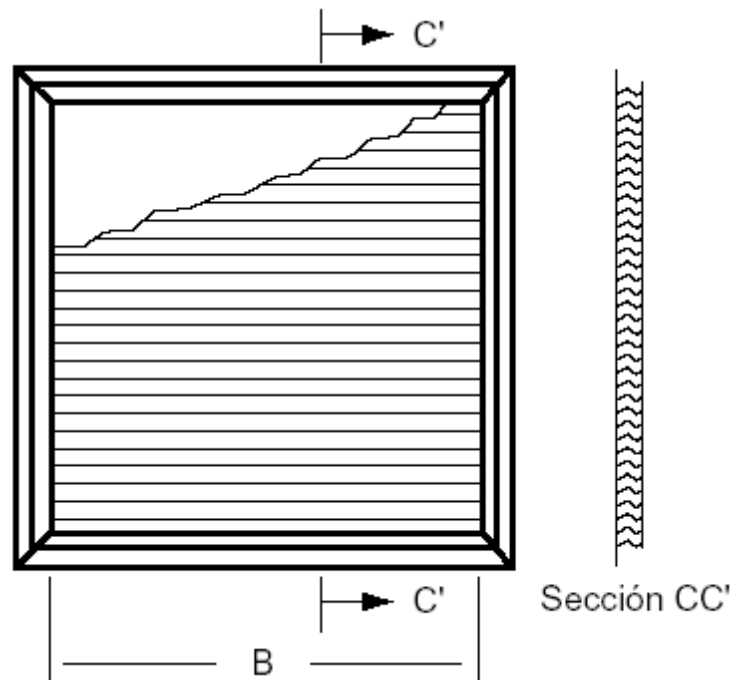
Así pues para el caso de los transformadores y con el propósito de conseguir una ventilación óptima, que para estos dispositivos debe ser vertical (de tal forma que el aire circule entre los devanados primario y secundario o secundarios de los mismos), según lo descrito anteriormente, se instalarán rejillas en las partes inferiores de las puertas exteriores para asegurar la entrada de aire desde la parte inferior y se instalarán varios extractores helicoidales con sus respectivos conductos que aspirarán el aire caliente para expulsarlo al exterior. Por lo tanto, en este caso se tendrá una impulsión natural y una extracción forzada. El conjunto conducto-extractor estará ligeramente desplazado para que no quede ubicado justo encima del transformador, con el fin de mejorar las labores de mantenimiento pertinentes.

Por otro lado, para la sala principal se instalará un sistema de ventilación natural con rejilla y filtro en la puerta de acceso principal y salida del aire por las rejillas que se encuentran en la parte superior de la fachada opuesta.

En el aseo también se ha considerado ventilación natural con 2 rejillas.

Las aperturas en fachadas irán cubiertas con rejas metálicas. La reja metálica tendrá las lamas suficientemente juntas y en forma de Z o Λ para evitar la entrada de agua y de roedores a la subestación. No se considera necesario instalar mosquitera debido al tipo de lamas utilizadas.

Según el Reglamento de Alta Tensión (ITC-RAT 14), los huecos destinados a la ventilación deben estar protegidos de forma tal que impidan el paso de pequeños animales, cuando su presencia pueda ser causa de averías o accidentes y estarán dispuestos o protegidos de forma que en el caso de ser directamente accesibles desde el exterior, no puedan dar lugar a contactos inadvertidos al introducir por ellos objetos metálicos. Deberán tener la forma adecuada o disponer de las protecciones precisas para impedir la entrada del agua de lluvia. Debe pues disponerse en ellas unas persianas con láminas tipo L.



3.1 Cálculo del sistema de ventilación

3.1.1 Cálculo de pérdidas

3.1.1.1 Pérdidas de los transformadores

Según datos facilitados por fabricantes, las pérdidas aproximadas, expresadas en potencia, en cada uno de los transformadores son:

Equipo	Pérdidas en vacío (W)	Pérdidas en carga (W)
Tracción nº 1 de 2.250 kVA	5.100	10.500
Tracción nº 2 de 2.250 kVA	5.100	10.500
Potencia 160 kVA	960	2.100
Total	11.160	23.100

Las pérdidas totales son de 34.260 kW.

3.1.1.2 Pérdidas de los rectificadores

Según datos facilitados por fabricantes, las pérdidas totales, expresadas en potencia, en cada uno de los rectificadores, son:

Equipo	Pérdidas (W)
Rectificador nº 1 de 2.000 kW	5.000
Rectificador nº 2 de 2.000 kW	5.000
Total	10.000

3.1.1.3 Otras pérdidas

Además de las anteriores, en la Subestación hay otras fuentes de calor que en resumen son:

- Calor producido por las cabinas.
- Calor producido por alumbrado.
- Calor producido por la instalación de bobinas de alisamiento.

Los valores de estas fuentes de calor son despreciables en comparación con los transformadores y rectificadores, por lo cual no serán consideradas en el cálculo.

3.1.2 Caudal de aire necesario

El caudal necesario se obtendrá a partir de la fórmula siguiente:

$$Q = \frac{W}{\delta \cdot C \cdot (t_s - t_e)}$$

Siendo:

- Q Caudal de aire mínimo necesario, en m³/s
- W Potencia calorífica a disipar, en kW
- C Calor específico del aire (a 30°C): 1,005 kJ/°C•kg
- δ Densidad de aire (30°C i 68% HR): 1,16 kg/m³
- $t_s=40$ °C. Temperatura máxima ambiental normal para la que está calculado el funcionamiento de los transformadores, definida por la Norma UNE 20101.
- $t_e=30$ °C. Temperatura máxima ambiental prevista del aire exterior

A continuación se adjuntan los cálculos de caudal necesario por elemento, el total de elementos en la subestación es el siguiente:

Transformadores de tracción de 2.250 kVA

- Pérdidas en vacío, W_{Fe} : 5,1 kW
- Pérdidas en carga, W_{Cu} : 10,5 kW
- Pérdidas en funcionamiento totales: 15,6 kW

$$Q = \frac{15,6}{1,16 \cdot 1,005 \cdot (40 - 30)} = 1,35 m^3 / s = 4.848,17 m^3 / h$$

Transformador de 160 kVA

- Pérdidas en vacío, W_{Fe} : 0,96 kW
- Pérdidas en carga, W_{Cu} : 2,1 kW
- Pérdidas en funcionamiento totales: 3,06 kW

$$Q = \frac{3,06}{1,16 \cdot 1,005 \cdot (40 - 30)} = 0,28 m^3 / s = 1019,04 m^3 / h$$

Rectificadores de 2.000 kW de potencia:

- Pérdidas en funcionamiento totales: 5 kW

$$Q = \frac{5}{1,16 \cdot 1,005 \cdot (40 - 30)} = 0,43 m^3 / s = 1.553,73 m^3 / h$$

El caudal de aire total será:

Equipo	Caudal (m ³ /h)
Tracción nº 1 de 2.250 kVA	4.848,17
Tracción nº 2 de 2.250 kVA	4.848,17
Potencia 160 kVA	1.019,04
Rectificador nº 1 de 2.000 kW	1.553,73
Rectificador nº 2 de 2.000 kW	1.553,73
Total	13.822,84

3.1.3 Descripción del sistema de ventilación

3.1.3.1 Zona transformadores

El 100% del aire introducido en cada uno de los locales provendrá del exterior. El aire se tomará mediante unas rejillas equipadas con filtros, a una altura inferior a 0,5 m del suelo, y se expulsará mediante ventiladores de aspiración a una cota por encima de las puertas de acceso.

Así el sistema de ventilación estará formado por:

- Circuito de impulsión (toma de aire exterior), mediante rejillas con filtros.
- Circuito de aspiración (expulsión del aire al exterior), mediante ventiladores más silenciador.

El accionamiento del sistema será manual y automático.

- El accionamiento manual se efectuará a través de pulsadores situados en el cuadro de distribución de la subestación.
- El accionamiento automático, se controlará desde el PLC de servicios auxiliares, con un termostato interior y con la temperatura de los devanados de los transformadores.

En caso de fuego se apagarán los equipos de ventilación, permaneciendo en este estado mientras dure la emergencia.

Las rejillas de entrada serán con lamas tipo "Λ", que servirán para realizar la aspiración de aire del exterior.

La salida de aire caliente, se realizará con rejillas con lamas tipo "Z" instaladas en la parte superior.

Rejillas de entrada

La superficie de entrada de aire (A_{ent}), será:

$$A_t = \frac{Q}{v}$$

$$A_{ent} = \frac{A_t}{1 - k}$$

Siendo:

- A_t : Área teórica de entrada de aire, en m^2 .
- A_{ent} : Área real de entrada de aire, en m^2 .
- K : Factor de lamas, para lamas con láminas en forma de Z o Λ normales de mercado $k=0,3$
- V : Velocidad de entrada del aire frío, en m/s (adoptado 3 m/s).

Tabla resumen con los cálculos de ventilación y superficies de entrada de aire

Elemento	Q [m^3/h]	Velocidad entrada aire [m/s]	Área entrada aire A_{ent} [m^2]
Tracción nº 1 de 2250 kVA	4.848,17	3	0,64
Tracción nº 2 de 2250 kVA	4.848,17	3	0,64
Potencia 160 kVA	1019,04	3	0,14
Total	10.715,38		1,42

Las rejillas de entrada a instalar serán todas de las mismas dimensiones con el fin de unificar la instalación.

Por tanto, se instalarán dos rejillas en cada puerta doble de acceso a cada transformador, una en cada hoja. Todas las rejillas serán iguales y tendrán unas dimensiones de 90 cm de anchura y 60 cm de altura.

Rejillas de salida

La superficie de salida de aire (A_{sal}), será:

$$A_t = \frac{Q}{v}$$

$$A_{sal} = \frac{A_t}{1 - k}$$

Siendo:

- A_t : Área teórica de salida de aire, en m^2 .
- A_{sal} : Área real de salida de aire, en m^2 .
- K : Factor de lamas, para lamas con láminas en forma de Z o Λ normales de mercado $k=0,3$

- V: Velocidad de salida del aire caliente, en m/s. Adoptado 6 m/s (ventilación forzada, por lo que se supone será la superficie de salida al exterior de la rejilla del ventilador helicoidal.

Tabla resumen con los cálculos de ventilación y superficies de salida de aire

Elemento	Q [m ³ /h]	Ventrada aire [m/s]	Área salida aire Asal [m ²]
Tracción nº 1 de 2250 kVA	4.848,17	6	0,32
Tracción nº 2 de 2250 kVA	4.848,17	6	0,32
Potencia 160 kVA	1.019,04	6	0,06
Total	10.715,38		0,7

Igualmente se unificarán todas las rejillas de salida de aire para simplificar el diseño de la instalación.

Estas rejillas se adaptarán a la superficie de salida de cada uno de los ventiladores, que se analizan en el siguiente apartado.

En resumen, para la zona de transformadores la aspiración de aire exterior se realizará a través de las rejillas a instalar en cada una de las dos hojas de las puertas de acceso a cada uno de los transformadores, que tendrán una rejilla con lamas tipo "Λ" y filtro, situada a cota inferior y con una superficie de 1,08 m² (0,9 m x 0,6 m) por cada hoja de cada puerta, es decir, en total seis rejillas en las tres puertas.

La salida de aire caliente se realizará por medio de 3 ventiladores (uno en cada dependencia de los transformadores) ubicados en cota superior de fachada, por encima la puerta de acceso, y con rejilla con lamas tipo "Z". Las dimensiones de esta rejilla se adaptarán al ventilador, siendo unas dimensiones de 0,9 x 0,9 m suficiente.

3.1.3.1.1 Determinación de las características de los ventiladores

Los ventiladores serán del tipo helicoidal con descarga libre. Al elegir el ventilador se buscará de forma que el caudal deseado corresponda a presión cero, o en todo caso, con algunos mm de columna de agua (mmca) coincidiendo prácticamente con el caudal máximo que proporcione el ventilador.

El caudal para el caso del transformador de tracción, el peor de los casos, es 4.848,17 m³/h.

Si se considera una pérdida de carga máxima de 1 mmca, los ventiladores deberán cumplir las siguientes solicitaciones:

- Caudal: 4.848,17 m³/h
- Pérdida de carga: 10 mmca

Aunque para el caso del transformador de SSAA no sería necesario tanto caudal se tomará el mismo modelo para unificar el diseño.

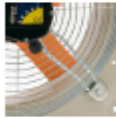
A esta característica se ajusta un ventilador tipo helicoidal, con una potencia eléctrica de 470 W. Admite alimentación monofásica en 240 V c.a. o trifásica en 380 V c.a.

En las siguientes hojas se adjuntan datos técnicos de este ventilador.



INFORME PROYECTO
28/09/2021

HEP-45-4T/H



Ventiladores helicoidales murales, con motor IP65

Ventiladores helicoidales murales, con hélice de plástico reforzada en fibra de vidrio.



Ventilador:

- Dirección aire motor-hélice.
- Hélice en poliamida 6 reforzada con fibra de vidrio.
- Marco soporte en chapa de acero.
- Rejilla de protección contra contactos según norma UNE-EN ISO 12499.

Motor:

- Motores clase F con rodamientos a bolas y protección IP65.
- Monofásico 220-240 V 50 Hz y trifásico 240 V / 380-415 V 50 Hz.
- Temperatura de trabajo: -25 °C +60 °C para motores de 4-6-8 polos y -25 °C +45 °C para motores de 2 polos.

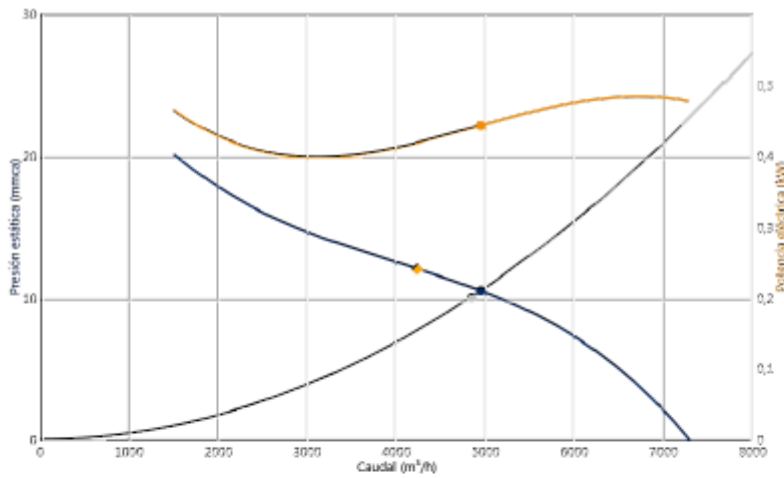
Acabado:

- Anticorrosivo en resina de poliéster polimerizada a 190 °C, previo desengrase con tratamiento nanotecnológico libre de fosfatos.

Bajo demanda:

- Conjunto motor, hélice y rejilla (versión F).
- Conjunto motor, hélice (versión G).
- Dirección aire hélice-motor.
- Bobinados especiales para diferentes tensiones.

CURVA CARACTERÍSTICA Y ACÚSTICA PARA 1,2KG/M³

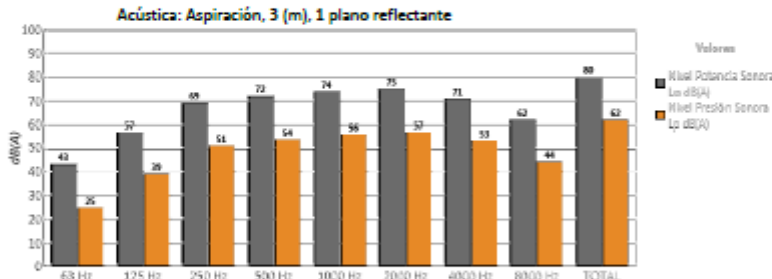


Punto Diseño

Q (m ³ /h)	4848
Pe (mmca)	10

Punto Servicio (PS)

Q (m ³ /h)	4956
Pe (mmca)	10,45
Pd (mmca)	4,209
Pt (mmca)	14,66
Velocidad (rpm)	1400
Máx. Temp. (°C)	60
Velocidad salida aire (m/s)	8,294
Rendimiento (%)	44,78
SFP (kW/m ³ /s)	0,321
Potencia eléctrica (kW)	0,442



Banda	Lw dB(A)	Lp dB(A)
63 Hz	43	25
125 Hz	57	39
250 Hz	69	51
500 Hz	72	54
1000 Hz	74	56
2000 Hz	75	57
4000 Hz	71	53
8000 Hz	63	44
TOTAL	80	62





INFORME PROYECTO
28/09/2021

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Caudal máximo (m³/h)	7289
Velocidad (rpm)	1400
Presión estática máxima (mmca)	20,11
Presión total máxima (mmca)	20,3

ERP

Rendimiento	33,1%
Grado eficiencia N	41,8
Categoría de medición	A
Categoría eficiencia	Estático
Relación específica	1,00
Caudal (m³/h)	4233

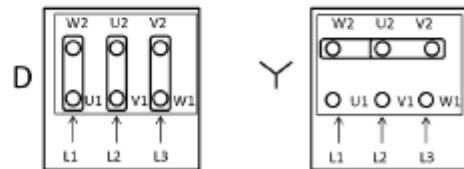
Presión (Pa)	117
Potencia eléctrica (kW)	0,420
Velocidad (rpm)	1447
Variador de velocidad	VSD no necesario
Cumplimiento ErP	2015

♦ Datos establecidos en el punto de máxima eficiencia

DATOS DEL MOTOR

Potencia Eléctrica Máx. (kW)	0,47
Hz/fases	50/3
Motor (rpm)	1400
Polos	4P
Corriente máx. (A) 380-415 V Y	1,22
Corriente máx. (A) 220-240 V D	2,11

Los datos pueden cambiar, por favor consulte la placa del motor

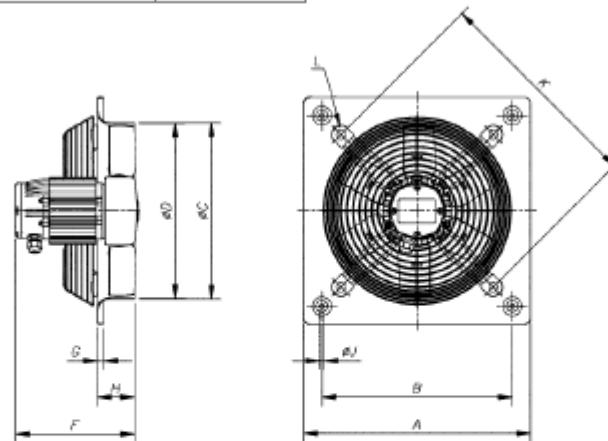


DIMENSIONES

A	B	C	D	F	G	H	J	K	L
396	304	462,3	460	281	11	103	10,3	360	M8

Las dimensiones sin unidades definidas explícitamente se muestran en milímetros (mm). Dimensiones dependientes del motor son aproximadas

Peso aprox. (kg)	12,3
------------------	------



3.1.3.2 Zona rectificadores

Los rectificadores así como las cabinas de 30kV, 3 kV y continua se encuentran en una gran sala de 257 m² aproximadamente. El 100% del aire introducido a esta sala provendrá del exterior, se tomará mediante unas rejillas equipadas con filtros, ubicadas en la puerta de simple hoja situada en la fachada sur, y se expulsará por la fachada norte mediante varias rejillas con filtros creando un sistema de ventilación natural.

Para la impulsión de aire desde el exterior hacia el interior de la sala general se instalará en la puerta una rejilla con lamas en la parte inferior con 0,54 m² (sección de 0,9 x 0,6 m) con las que se asegurará la ventilación natural de la sala. Las lamas de la reja serán tipo "Λ".

Para la extracción del aire caliente, se instalarán siete rejillas tipo "Z" que serán iguales con una altura de 330 mm y una largura de 400 mm y hueco de 280 x 350 mm, que estarán ubicadas en la fachada este encima de la puerta de entrada simple a la subestación.

Así el sistema de ventilación estará formado por:

- Circuito de impulsión (toma de aire exterior), mediante rejilla con filtro en puerta de acceso.
- Circuito de aspiración (expulsión del aire al exterior), mediante rejillas con filtro en fachada opuesta.

Las rejas serán con lamas tipo "Λ" para la puerta y "Z" para las lamas de la rejilla.

Rejillas de entrada y salida

La superficie de entrada de aire (A_{ent}), será:

$$A_t = \frac{Q}{v}$$

$$A_{ent} = \frac{A_t}{1 - k}$$

Siendo:

- A_t Área teórica de entrada de aire, en m².
- A_{ent} Área real de entrada de aire, en m².
- K Factor de lamas, para lamas con láminas en forma de Z o Λ normales de mercado $k=0,3$
- V: Velocidad de entrada del aire frío, en m/s. Adoptado 3 m/s.
- V: Velocidad de salida del aire frío, en m/s. Adoptado 2 m/s.

Tabla resumen con los cálculos de ventilación y superficies de entrada y salida de aire

Elemento	Q [m ³ /h]	Ventrada aire [m/s]	Vsalida aire [m/s]	Área entrada aire Aent [m ²]	Área salida aire Asal [m ²]
Rectificador nº1	1.553,73	3	2	0,21	0,30
Rectificador nº2	1.553,73	3	2	0,21	0,30
Total	3.107,46			0,42	0,60

El área de entrada de aire necesario será de 0,42 m².

El área de salida de aire necesario será de 0,60 m².

4. INSTALACIONES DE PROTECCIÓN CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS

4.1 Generalidades

Se instalará un sistema de protección contra descargas atmosféricas con un radio suficiente para proteger la instalación.

Se ha basado por una parte en el CTE (Código Técnico de la Edificación) así como en la norma IEC 62305.

La instalación se compondrá principalmente de un pararrayos situado en la parte más alta, que en esta ocasión corresponde con la cubierta del edificio.

La instalación de protección contra el rayo estará formada por:

- Instalación captadora.
- Derivaciones.
- Red de tierras suplementaria y conexión a la red de tierras general.

4.1.1 Instalación captadora

Dichas puntas estarán montadas sobre mástiles de altura adecuada, y situadas en una posición elevada sobre la cubierta del edificio; en este caso, sobre el pórtico exterior de seccionadores.

4.1.2 Derivaciones

El captador deberá disponer de su propio cable de unión a tierra (conductor de bajada), y se conectará a la red de tierra general de la instalación.

Se instalará también un contador de descargas, de tal forma que quede registrado en caso de actuación por la caída de un rayo.

4.1.3 Red de tierras

Se instalará una red de tierras con resistencia de puesta a tierra máxima de 10 Ω , y conectada a la red de tierras general de la instalación.

4.2 Normativa

La instalación ha sido calculada de acuerdo con las Normas que le son aplicables y que se definen a continuación:

- NET IPP "Instalaciones de Protección contra el rayo"
- ITC-RAT 13 sobre las instalaciones de Puesta a Tierra
- Norma del C.E.I nº 1024 - 1.
- Norma UNE 21.185 "Protección de las estructuras contra el rayo. Principios generales"
- Norma UNE 21.186. ANEXO B "Guía de evaluación del riesgo de impacto de rayo y selección del nivel de protección para una instalación exterior de protección contra el rayo".
- Código Técnico de la Edificación (CTE)

- IEC 62305

4.3 Cálculo

4.3.1 Procedimiento

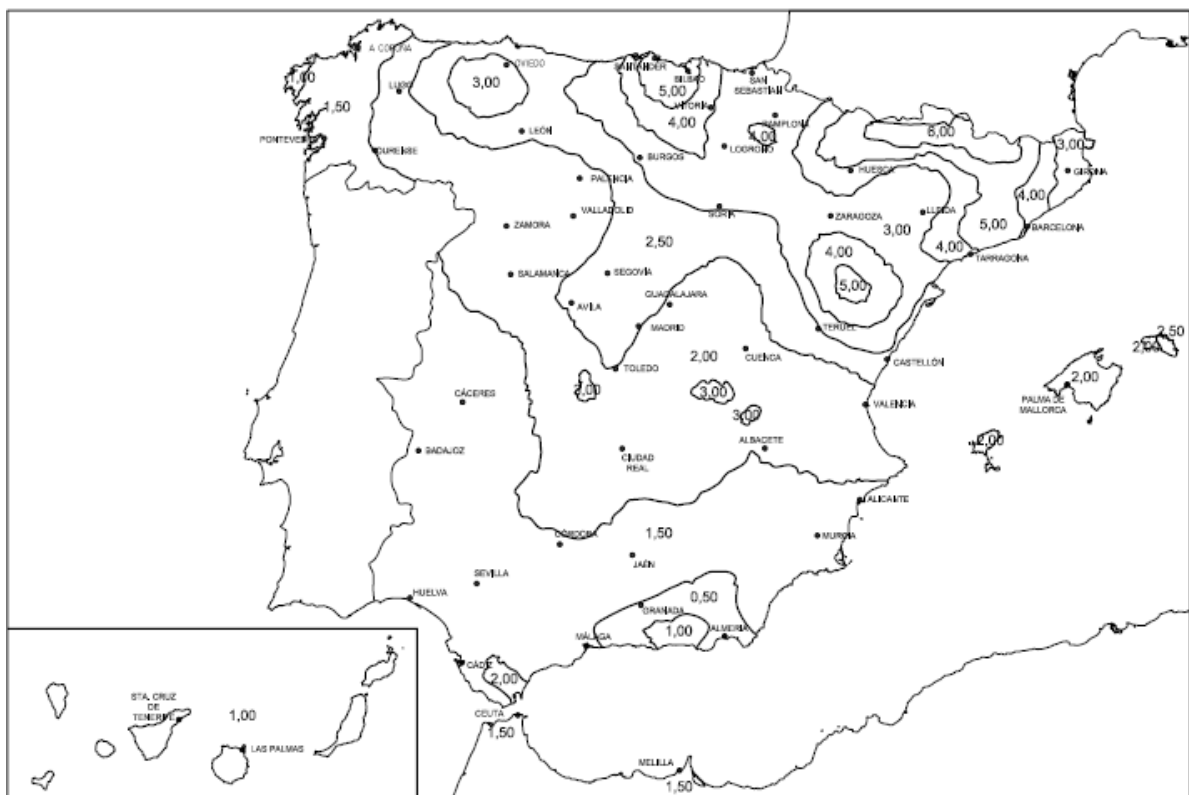
Todos los cálculos que se muestran a continuación se basan en el procedimiento de cálculo que consta en el Código Técnico de la Edificación (CTE SU 8).

4.3.2 Densidad de impactos sobre el terreno

La densidad de impactos de rayo sobre el terreno, N_g , expresado en número de rayos por km^2 se puede calcular a partir del nivel cerámico local, N_k , expresado en número de rayos por año, mediante la siguiente expresión:

$$N_g = 0,02 \cdot N_k^{1,67}$$

No obstante, se conoce la densidad de impactos sobre el terreno, N_g , estadísticamente a partir de los datos meteorológicos registrados, en las diferentes zonas de la geografía peninsular (UNE 21186 Anexo B):



En este caso, en Maltzaga, se consideran 5 impactos por año y km^2 .

4.3.3 Frecuencia esperada de impactos sobre la estructura (Ne)

La frecuencia anual media Ne de impactos directos sobre una estructura se evalúa a partir de la expresión:

$$N_e = N_g \cdot 1,1 \cdot A_e \cdot C_1 \cdot 10^{-6} \text{ Impactos / año}$$

donde:

- Ng: Densidad anual media de impactos de rayo en la región donde está situada la estructura (número de impactos / año km²)
- 1,1: Coeficiente de seguridad ligado a la evaluación de impactos
- Ae: Superficie de captura equivalente de la estructura aislada (m²)
- C1: Coeficiente relacionado con el entorno

Situación del edificio	C ₁
Próximo a otros edificios o árboles de la misma altura o más altos	0,5
Rodeado de edificios más bajos	0,75
Aislado	1
Aislado sobre una colina o promontorio	2

	Cubierta metálica	Cubierta de hormigón	Cubierta de madera
Estructura metálica	0,5	1	2
Estructura de hormigón	1	1	2,5
Estructura de madera	2	2,5	3

Edificio con contenido inflamable	3
Otros contenidos	1

Edificios no ocupados normalmente	0,5
Usos Pública Concurrencia, Sanitario, Comercial, Docente	3
Resto de edificios	1

Edificios cuyo deterioro pueda interrumpir un servicio imprescindible (hospitales, bomberos, ...) o pueda ocasionar un impacto ambiental grave	5
Resto de edificios	1

SE Maltzaga	
Ng	5
C1	0,5
C2	1
C3	1
C4	0,5
C5	5

Densidad de impactos sobre el terreno	
Frecuencia esperada de impactos:	$N_e = N_g \times A_e \times C_1 \times 10^{-6}$
Riesgo asumible:	$N_a = 5,5 \times 10^{-3} / (C_2 C_3 C_4 C_5)$
Eficiencia:	$E = 1 - N_a / N_e$

	A_e (m²)	N_e	N_a	E
SET Maltzaga	2.816,5	0,0070412	0,0022	0,6875

4.3.4 Selección del nivel de protección

Para seleccionar el nivel de protección se deben comparar los valores de Na y Ne, pudiendo darse los siguientes casos:

- $N_e \leq N_a$: el sistema de protección no es necesario
- $N_e > N_a$: se debe instalar un Sistema de Protección Contra el Rayo (SPCR) de eficiencia:

En función de la eficacia calculada del sistema se determina el nivel de protección:

Eficiencia calculada (E)	Nivel de protección
$E > 0,98$	Nivel I
$0,95 < E \leq 0,98$	Nivel II
$0,80 < E \leq 0,95$	Nivel III
$0 < E \leq 0,80$	Nivel IV

Por tanto el nivel de eficiencia sería el "IV".

4.4 Sistema elegido y volumen protegido

Se considera sistema de protección contra el rayo con dispositivo de cebado electrónico.

Estos sistemas aparecen registrados en el CTE y no requieren de ninguna alimentación auxiliar de ningún tipo, dándose el cebado de manera automática a resultas de la propia ionización de la atmósfera en los momentos previos a una descarga, "atrayendo" el rayo.

Se extrae del CTE la explicación del volumen protegido por un tipo de pararrayo con dispositivo de cebado:

B.1.1.2 Volumen protegido mediante pararrayos con dispositivo de cebado

1 Cuando se utilicen pararrayos con dispositivo de cebado, el volumen protegido por cada punta se define de la siguiente forma (véase figura B.4):

a) bajo el plano horizontal situado 5 m por debajo de la punta, el volumen protegido es el de una esfera cuyo centro se sitúa en la vertical de la punta a una distancia D y cuyo radio es:

$$R = D + \Delta L$$

siendo

R el radio de la esfera en m que define la zona protegida

D distancia en m que figura en la tabla B.4 en función del nivel de protección

ΔL distancia en m función del tiempo del avance en el cebado Δt del pararrayos en μs . Se adoptará $\Delta L = \Delta t$ para valores de Δt inferiores o iguales a 60 μs , y $\Delta L = 60$ m para valores de Δt superiores.

Tabla B.4 Distancia D

Nivel de protección	Distancia D m
1	20
2	30
3	45
4	60

b) por encima de este plano, el volumen protegido es el de un cono definido por la punta de captación y el círculo de intersección entre este plano y la esfera.

El radio de la esfera protectora sería de 60 metros. Ver gráfico explicativo en la siguiente hoja.

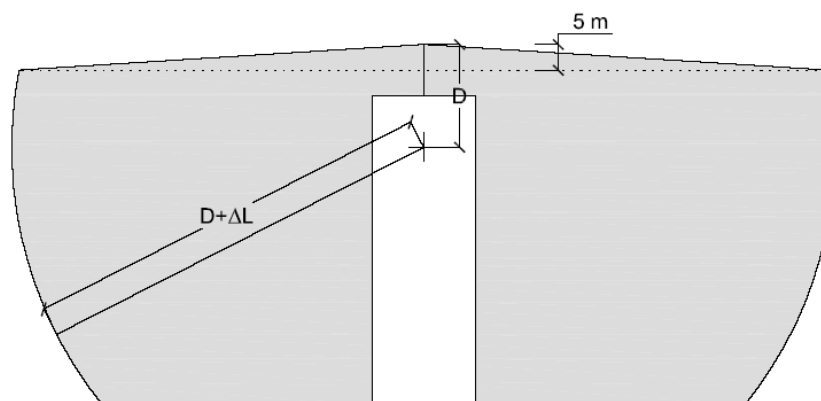


Figura B.4 Volumen protegido por pararrayos con dispositivo de cebado

Por tanto, la situación considerada para dicha protección sería la siguiente:

Se situará un pararrayos sobre el poste de catenaria más centrado respecto al edificio de la nueva subestación.

El mástil sobre el que se apoya la punta del pararrayos será de 2 m y bastará con que sobresalga el equipo con la punta del pararrayos del poste del pórtico, dado que este se encuentra a un nivel muy superior del edificio al que protege.